



A cultura do mamoeiro

*Arlene Maria Gomes Oliveira
Paulo Ernesto Meissner Filho*

Editores Técnicos

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Mandioca e Fruticultura
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

A cultura do mameieiro

*Arlene Maria Gomes Oliveira
Paulo Ernesto Meissner Filho*

Editores Técnicos

Embrapa
Brasília, DF
2021

Embrapa Mandioca e Fruticultura

Rua Embrapa s/nº
Caixa Postal 007,
CEP 44380-000, Cruz das Almas, BA
Fone: (75) 3312-8048
Fax: (75) 3312-8097
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Responsável pelo conteúdo

Embrapa Mandioca e Fruticultura

Comitê Local de Publicações

Presidente

Francisco Ferraz Laranjeira Barbosa

Secretária-executiva

Lucidalva Ribeiro Gonçalves Pinheiro

Membros

Fabiana Fumi Cerqueira Sasaki

Eliseth de Souza Viana

Harllen Sandro Alves Silva

Aldo Vilar Trindade

Leandro de Souza Rocha

Marcela Silva Nascimento

Ana Lúcia Borges

Responsável pela edição

Embrapa, Secretaria-Geral

Coordenação editorial

Alexandre Aires de Freitas

Heloiza Dias da Silva

Nilda Maria da Cunha Sette

Supervisão editorial

Cristiane Pereira de Assis

Revisão de texto

Jane Baptistone de Araújo

Normalização bibliográfica

Rejane Maria de Oliveira

Projeto gráfico e diagramação

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Capa

Paula Cristina Rodrigues Franco

Foto da capa

Paulo Ernesto Meissner Filho

1ª edição

Publicação digital – PDF (2021)

Nota: A Embrapa é uma empresa que respeita os direitos autorais. No entanto, não conseguimos localizar os autores de algumas imagens utilizadas nesta obra. Se você é autor de alguma ou conhecer quem o seja, por favor, entre em contato com a Embrapa, no endereço acima.

Note: Embrapa is a company that respects copyrights. However, the authors of some images used in this book could not be found. If you are or if you know who is the author of any image, please, contact Embrapa, which address is above.

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, Secretaria-Geral

A cultura do mamoeiro / Arlene Maria Gomes Oliveira, Paulo Ernesto Meissner Filho, editores técnicos. – Brasília, DF : Embrapa, 2021.
PDF (426 p.) : il. color.

ISBN 978-65-87380-40-7

1. Mamão. 2. Melhoramento genético. 3. Fisiologia. 4. Nutrição mineral. 5. Doenças. 6. Processamento. I. Título.

CDD (21. ed.) 634.651

Rejane Maria de Oliveira (CRB-1/2913)

© Embrapa, 2021

Autores

Adelaide de Fátima Santana da Costa

Engenheira-agrônoma, doutora em Fitotecnia, pesquisadora aposentada do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), Vitória, ES

Aline Kelly Queiroz do Nascimento

Engenheira-agrônoma, doutora em Fitopatologia, supervisora do Laboratório de Quarentena da Syngenta/MA, Aracati, CE

Aloyséia Cristina da Silva Noronha

Engenheira-agrônoma, doutora em Entomologia, pesquisadora da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA

Angelo Pedro Jacomino

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, professor do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (Esalq/USP), Piracicaba, SP

Antonio Alberto Rocha Oliveira

Engenheiro-agrônomo, doutor em Biologia Pura e Aplicada, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE

Antonio Souza do Nascimento

Engenheiro-agrônomo, doutor em Entomologia, pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

Arlene Maria Gomes Oliveira

Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia (Ciência do Solo), pesquisadora da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

Áurea Fabiana Apolinário de Albuquerque Gerum

Economista, doutora em Economia Agrícola, pesquisadora da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

Aureliano Nogueira da Costa

Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador aposentado do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), Vitória, ES

Carlos Alberto da Silva Ledo

Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

Cícero Cartaxo de Lucena

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, analista da Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral, CE

Cristiane de Jesus Barbosa

Engenheira-agrônoma, doutora em Fitopatologia (Virologia), pesquisadora da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

Cristina Ferreira Nepomuceno

Bióloga, doutora em Ciências Biológicas (Botânica), bolsista do Programa Nacional de Pós-Doutorado (PNPD) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA

Eliseth de Souza Viana

Economista doméstica, doutora em Microbiologia Agrícola, pesquisadora da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

Eugênio Ferreira Coelho

Engenheiro-agrônomo, doutor em Engenharia da Irrigação, pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

Fabiana Fumi Cerqueira Sasaki

Engenheira-agrônoma, doutora em Fisiologia e Bioquímica de Plantas, pesquisadora da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

Fabiane Mendes da Camara

Engenheira de alimentos, doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos, engenheira de alimentos da Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (Ceagesp), São Paulo, SP

Flávia Fernandes Lopes

Engenheira-agrônoma, fiscal agropecuário da Agência de Defesa Agropecuária da Bahia (Adab), Eunápolis, BA

Flávio Luís Schmidt

Engenheiro de alimentos, doutor em Ciência de Alimentos, professor da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Campinas, SP

Francisco de Assis Câmara Rabelo Filho

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitopatologia, engenheiro-agrônomo na Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, CE

Gabriel Vicente**Bitencourt de Almeida**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia (Horticultura), chefe da Seção do Centro de Qualidade Hortigranjeira (SECQH) da Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (Ceagesp), São Paulo, SP

Hermes Peixoto Santos Filho

Engenheiro-agrônomo, mestre em Microbiologia Agrícola, pesquisador aposentado, Cruz das Almas, BA

Ingrid Vieira Machado de Moraes

Engenheira de alimentos, doutora em Tecnologia de Alimentos, pesquisadora da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

Jailson Lopes Cruz

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências Agrárias (Fisiologia Vegetal), pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

Jorge Alberto Marques Rezende

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitopatologia, professor da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (Esalq/USP), Piracicaba, SP

José Albersio de Araújo Lima

Engenheiro-agrônomo, doutor em Virologia Vegetal, professor da Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, CE

José da Silva Souza

Engenheiro-agrônomo, mestre em Economia Rural, pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

José Eduardo Borges de Carvalho

Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

Jurandi Gonçalves de Oliveira

Engenheiro-agrônomo, doutor em Biologia Vegetal, professor da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (Uenf), Campos dos Goytacazes, RJ

Laianny Morais Maia

Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia (Fitotecnia/Nematologia), assistente técnica em Pesquisa e Desenvolvimento de Produtos da Syngenta, Fortaleza, CE

Luis Miguel Mazzora Morales

Bioquímico, doutor em Biological Sciences (Plant Physiology), pesquisador da Universidad Nacional de la Plata, La Plata, Argentina

Luiz Aurélio Peres Martelleto

Engenheiro-agrônomo, doutor em Produção Vegetal, professor do Instituto de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, RJ

Marcelo do Amaral Santana

Administrador, especialista em Economia Financeira e Análise de Investimentos, analista da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

Marcelo Gomes da Silva

Físico, doutor em Física, professor da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (Uenf), Campos dos Goytacazes, RJ

Márcio Eduardo Canto Pereira

Engenheiro-agrônomo, doutor em Horticultural Science, pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

Marco Antonio da Silva Vasconcellos

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia (Horticultura), professor do Instituto de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, RJ

Maria Fernanda Berlingieri Durigan

Engenheira-agrônoma, doutora em Produção Vegetal, pesquisadora da Embrapa Instrumentação, São Carlos, SP

Marilene Fancelli

Engenheira-agrônoma, doutora em Entomologia, pesquisadora da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

Maurício Antonio Coelho Filho

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia (Irrigação e Drenagem), pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

Maurício dos Santos da Silva

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências Agrárias pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Cruz das Almas, BA

Nilton Fritzens Sanches

Engenheiro-agrônomo, mestre em Entomologia, pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

Patrícia Lígia Dantas de Moraes

Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia (Fisiologia Vegetal),

professora da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (Ufersa), Mossoró, RN

Paulo Ernesto Meissner Filho

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitopatologia (Virologia), pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

Rafaela Vieira Façanha

Bióloga, doutora em Fisiologia e Bioquímica de Plantas, professora da Faculdade Ieducare (Fied), Tianguá, CE

Ronielli Cardoso Reis

Engenheira de alimentos, doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos, pesquisadora da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

Rossana Catie Bueno de Godoy

Engenheira-agrônoma, doutora em Tecnologia de Alimentos, pesquisadora da Embrapa Florestas, Colombo, PR

Sebastião de Oliveira e Silva

Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, professor visitante da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Cruz das Almas, BA

Tullio Raphael Pereira de Pádua

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

Apresentação

O Brasil é exportador de mamão e um dos maiores produtores mundiais dessa fruta, que tem grande importância para o País. Além disso, o mamão faz parte do consumo da maioria da população brasileira e é uma excelente fonte de nutrientes. O cultivo do mamoeiro ocorre em praticamente todo o Brasil, havendo maior concentração de plantios no Espírito Santo, na Bahia e no Ceará.

Nesta publicação, são abordados seus aspectos socioeconômicos; classificação botânica; melhoramento genético; fisiologia; nutrição mineral; implantação da cultura e práticas culturais; calagem e adubação; irrigação e fertirrigação; pragas (fungos, bactérias, oomicetos, viroses, insetos e ácaros); uso de agrotóxicos; colheita, pós-colheita e valoração de frutos; fisiologia e tecnologia pós-colheita; e processamento de mamão. Em cada capítulo, são descritas tecnologias e informações atualizadas da cultura, direcionadas para toda a cadeia produtiva, tanto para produtores e técnicos extensionistas, quanto para pesquisadores, professores, estudantes e órgãos agropecuários públicos e privados.

Este livro é o resultado do trabalho de uma equipe com experiência e qualificação acadêmica e prática, que desenvolve atividades de pesquisa e extensão rural no agronegócio do mamoeiro desde 1995, reunindo profissionais da Embrapa, de universidades, de agências de defesa agropecuária, de institutos estaduais de pesquisa e de centrais de comercialização. Espera-se que os temas abordados possam disponibilizar para o público interessado um conteúdo de consulta que lhes possibilite ganhos econômicos, sociais e ambientais no desenvolvimento da atividade ligada à cadeia produtiva do mamoeiro.

Alberto Duarte Vilarinhos
Chefe-Geral da Embrapa Mandioca e Fruticultura



Sumário

- 9** **Capítulo 1**
Aspectos socioeconômicos
- 41** **Capítulo 2**
Classificação botânica
- 51** **Capítulo 3**
Melhoramento genético
- 97** **Capítulo 4**
Fisiologia
- 125** **Capítulo 5**
Nutrição mineral
- 153** **Capítulo 6**
Implantação da cultura e práticas culturais
- 191** **Capítulo 7**
Calagem e adubação
- 213** **Capítulo 8**
Irrigação e fertirrigação
- 237** **Capítulo 9**
Doenças causadas por
fungos, bactérias e oomicetos
- 277** **Capítulo 10**
Viroses
- 307** **Capítulo 11**
Manejo de insetos e ácaros
- 339** **Capítulo 12**
Uso de agrotóxicos
- 357** **Capítulo 13**
Colheita, pós-colheita e valoração de frutos
- 373** **Capítulo 14**
Fisiologia e tecnologia pós-colheita
- 401** **Capítulo 15**
Processamento

CAPÍTULO 1

Aspectos socioeconômicos

Cícero Cartaxo de Lucena

Áurea Fabiana Apolinário de Albuquerque Gerum

Marcelo do Amaral Santana

José da Silva Souza

Introdução

A cultura do mamão possui grande importância na fruticultura nacional, e o Brasil se destaca como segundo produtor mundial da fruta, com uma produção de 1,06 milhão de toneladas em uma área colhida de 26 mil hectares (FAO, 2017).

Por gerar empregos e renda, a cultura do mamoeiro é de grande importância social e econômica. Em razão das atividades desenvolvidas durante todo o ano, de maneira contínua, com os tratamentos culturais, com a colheita e com a comercialização, a lavoura absorve quantidade expressiva de mão de obra. Além disso, outro fato que contribui para o aumento da geração de empregos é o fato de a cultura ter os seus plantios renovados, em média, a cada 2 ou 3 anos.

O mamão ocupa posição de destaque no cenário do agronegócio brasileiro, especialmente nos estados da Bahia, do Espírito Santo, do Ceará e do Rio Grande do Norte, e constitui um dos principais itens das pautas de exportação de frutas frescas do País. Entretanto, é importante ressaltar que, apesar de sua importância, a cultura só se expandiu no Brasil a partir do ano de 1973, com a introdução do mamão havaí, papaia ou mamão-da-amazônia. Essa variedade do grupo Solo teve rápida aceitação pelos consumidores e, por apresentar características que se adaptam às exigências do mercado internacional, abriu novo e importante mercado externo para o País (Dantas et al., 2011). Outra variedade também produzida é a do grupo Formosa, que, juntamente com a anterior, predomina nos plantios comerciais das principais regiões produtoras.

De 2001 a 2018, a área colhida com mamão vem ocupando, em média, 33 mil hectares em todo o País. A produção é de 1,6 milhão de toneladas e a produtividade média de 47 t ha⁻¹. No Nordeste brasileiro, há 20,2 mil hectares que produzem cerca de 1,0 milhão de toneladas, com produtividade média de 48 t ha⁻¹. Na região Sudeste, os plantios ocupam 9,2 mil hectares, entretanto a produção é de 568,3 mil toneladas

e a produtividade em torno de 61 t ha⁻¹ (IBGE, 2018). Isso indica maiores índices tecnológicos nos cultivos ali existentes.

Embora o mamão ocupe pequena área plantada em relação a outras culturas, utilizando-se as boas práticas agrícolas sua rentabilidade tende a ser atraente quando comparada com outras atividades tradicionais. Com isso, a cultura torna-se uma opção de atividade econômica viável para pequenos e médios produtores. Essa rentabilidade das lavouras é maior para os produtores que exportam, ao remunerar melhor e de forma estável, promovendo dessa forma melhoria significativa na lucratividade do setor.

Além da utilização alimentar, trabalhos científicos recentes vêm apresentando resultados que, somados às descobertas existentes, ampliam o rol de utilização de componentes do mamoeiro em várias indústrias, sobretudo a farmacêutica e a química. Tais descobertas vêm ao encontro da demanda de um mercado mais interessado em produtos de origem natural, em substituição aos artificiais. Um bom exemplo é a utilização da polpa de mamão em filmes e revestimentos (a partir de biopolímeros), cuja biodegradabilidade diminui os impactos sobre o meio ambiente quando do descarte indevido de embalagens e materiais plásticos (Lorevice et al., 2014).

Atualmente, no mercado de exportações, o Brasil ocupa a terceira posição. Em 2018, o País comercializou um volume de 42,67 mil toneladas (Brasil, 2018). Os principais destinos do mamão brasileiro no ano de 2018 foram a União Europeia, os Estados Unidos, o Mercosul (Argentina e Uruguai) e o Canadá, com importações de 91,60%, 6,44%, 1,14%, e 0,63%, respectivamente, dos volumes exportados pelo Brasil (Brasil, 2018).

De acordo com as estatísticas da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), em 2017 o principal país exportador de mamão foi o México (162,9 mil toneladas), seguido da Guatemala (60,7 mil toneladas). Os principais mercados importadores foram os Estados Unidos (194,7 mil toneladas) e a União Europeia (59,7 mil toneladas) (FAO, 2017).

Entretanto, apesar de sua participação nas exportações, as estatísticas indicam que 96% da produção de mamão no País é absorvida pelo próprio mercado interno. Em 2017, a participação do Brasil nas exportações de mamão foi de aproximadamente 11% do volume das exportações mundiais, que somaram 366,9 mil toneladas (FAO, 2017). O mamão brasileiro, até meados da década de 1990, era exportado por via marítima e aérea, entretanto, após o ano de 1997, as exportações passaram a ser realizadas, predominantemente, pelo modal aéreo. Em 2018, as exportações de mamão por esse modal corresponderam a 95,3%, enquanto 3,69% ocorreram por via marítima e 0,83% por meio de transporte rodoviário (Brasil, 2018). O aumento da incidência dos problemas de pós-colheita verificados nos transportes marítimos e do nível de exigência nos padrões de qualidade da fruta inviabilizou o transporte do mamão por meio desse modal.

Embora a maior parte da produção brasileira de mamão seja destinada ao mercado interno, o Brasil detém potencial para se tornar qualitativa e quantitativamente competitivo no mercado internacional, mediante o aumento da produção em áreas produtoras tradicionais como as observadas no Extremo Sul da Bahia e no Norte do Espírito Santo, além dos polos produtores potiguar e cearense.

Concomitantemente ao crescimento da importância socioeconômica da cultura, aliada à expansão da área plantada, foram surgindo demandas por pesquisas nas áreas de melhoramento genético, fitossanidade, nutrição, fertilidade do solo, irrigação, manejo da cultura, pós-colheita, entre outras. Essas demandas vêm sendo atendidas por centros e instituições de pesquisa federais e estaduais, universidades, além das ações da iniciativa privada, e têm gerado um volume considerável de informações e tecnologias em diferentes áreas. Nesse contexto, destacam-se as contribuições do melhoramento genético, dos sistemas de Produção Integrada, das normas de classificação do produto e da implantação do *systems approach* (Dantas et al., 2011).

Reconhece-se que, ao longo dos últimos anos, o crescimento do agronegócio do mamão no Brasil tem sido favorecido por um desenvolvimento tecnológico razoável. Entretanto, existem ainda muitos entraves para maior expansão da cultura, a exemplo das doenças e da escassez de cultivares disponíveis para plantio que atendam às exigências dos mercados interno e externo (Dantas et al., 2011), além do desenvolvimento de tecnologias pós-colheita e da redução dos níveis de resíduos de agroquímicos.

A cultura do mamão no mundo

A produção global de frutas alcançou 926 milhões de toneladas em 2017 (FAO, 2017). Considerando apenas o ranking de produção de fruteiras tropicais, o mamão ocupa atualmente o sétimo lugar com 13 milhões de toneladas, o equivalente a 1,4% da produção mundial de frutas, ficando atrás da produção de banana (16,5%), melancia (12,8%), coco (6,6%), manga (5,5%), melão (3,4%) e abacaxi (3,0%).

O mamão é cultivado em cerca de 60 países, e a maior parte da produção está localizada em países em desenvolvimento. O cultivo do mamoeiro ocorre em todo o mundo, à exceção do continente europeu. A Ásia é responsável por 58,2% da produção, com aproximadamente 7,6 milhões de toneladas em 201,5 mil hectares. O continente americano produz aproximadamente 4,0 milhões de toneladas em 98,0 mil hectares, o que corresponde a 30,6% da produção mundial. Por sua vez, o continente africano é responsável por 11,07% da produção, o equivalente a 1,44 milhão de toneladas (em 140,12 mil hectares), e a Oceania por 0,11%, que corresponde à produção de 13,7 mil toneladas colhidas em 857 ha (Figura 1). Em 2017, os maiores produtores, em milhões de toneladas, foram os seguintes: Índia (5,94), Brasil (1,05), México (0,96), Indonésia (0,90), República Dominicana (0,87) e Nigéria (0,83) (FAO, 2017). Em 2017, a produtividade média brasileira foi a

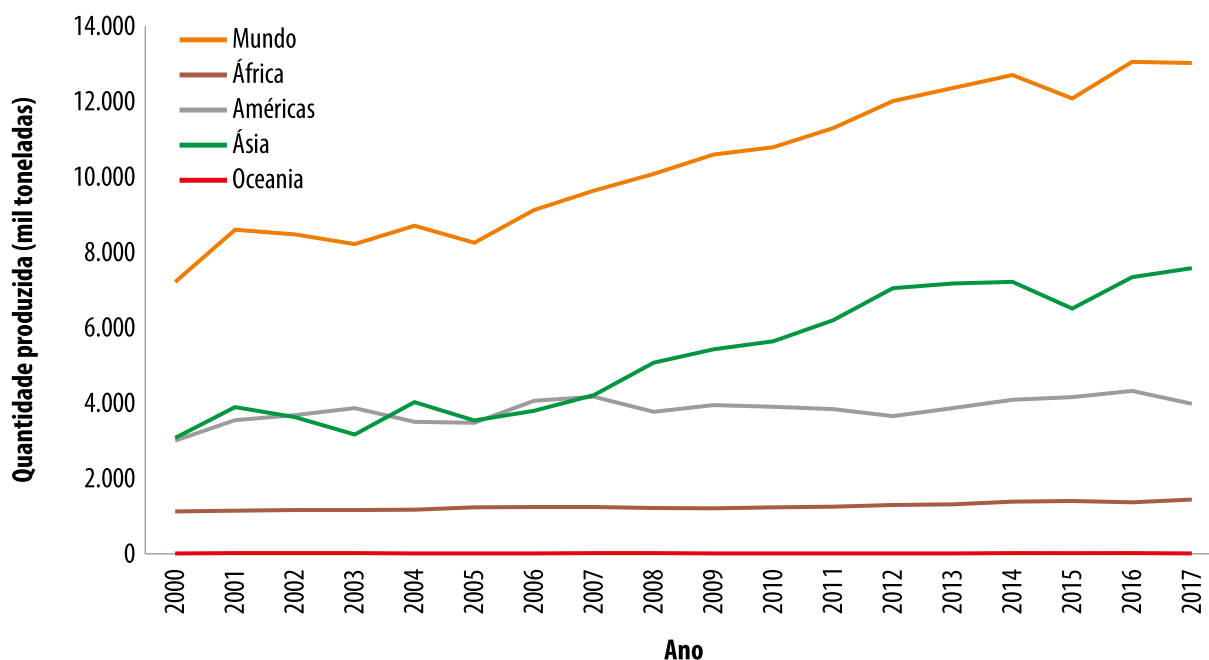


Figura 1. Evolução da produção mundial de mamão no período de 2000 a 2017.

Fonte: FAO (2017).

sétima maior do mundo, com aproximadamente $39,8 \text{ t ha}^{-1}$, atrás da República Dominicana ($281,6 \text{ t ha}^{-1}$), da Indonésia ($92,1 \text{ t ha}^{-1}$), da Costa Rica (60 t ha^{-1}), do México ($57,7 \text{ t ha}^{-1}$), da Índia ($44,3 \text{ t ha}^{-1}$) e de Taiwan ($43,1 \text{ t ha}^{-1}$). Há que se frisar que os pomares brasileiros altamente tecnificados – e voltados sobretudo às exportações – possuem produtividade similar à costarriquenha, cuja produção de mamão é praticamente toda voltada ao comércio exterior e pautada nas boas práticas agrícolas exigidas pelo consumidor externo.

A produção mundial de mamão tem crescido significativamente nos últimos anos. Entre 2000 e 2017, a taxa¹ foi de 3,46% ao ano, principalmente em virtude do aumento da produção no continente asiático. O grande crescimento na produção mundial de mamão iniciou-se em 2005, grande parte pelo aumento crescente da produção da Índia, que apresentou taxa² de

11,6% ao ano no período entre 2005 e 2014. Nos anos de 1986 a 1990, a produção brasileira chegou a ocupar o primeiro lugar no ranking dos maiores produtores. A partir desse período, a Índia vem reinando absoluta. O Brasil só voltou a ocupar esse posto novamente na safra específica de 2003. No entanto, a partir desse ano, o impressionante crescimento da Índia prevaleceu e está associado à combinação de aumento da área plantada, melhoramento genético e melhoria na gestão da cadeia produtiva (Evans; Ballen, 2018). Os principais países produtores de mamão são Índia, Brasil, México, Indonésia, República Dominicana e Nigéria (Tabela 1).

Comércio internacional

O mamão tornou-se um item importante na exportação agrícola para os países em desenvolvimento, embora os volumes exportados representem apenas 2,82% da produção global da fruta.

Em 2017, as exportações mundiais de mamão totalizaram 366,9 mil toneladas (FAO, 2017). O Brasil foi o terceiro maior exportador, com um

¹ Taxa geométrica de crescimento (% a.a.) calculada por regressão (anamorfose logarítmica).

² Taxa geométrica de crescimento (% a.a.) calculada por regressão (anamorfose logarítmica).

Tabela 1. Produção, área colhida e produtividade dos principais países produtores de mamão em 2017.

| País | Produção (t) | Área colhida (ha) | Produtividade (t ha ⁻¹) |
|--------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------------|
| Índia | 5.940.000 | 134.000 | 44,33 |
| Brasil | 1.057.101 | 26.526 | 39,85 |
| México | 961.768 | 16.664 | 57,72 |
| Indonésia | 875.112 | 9.497 | 92,15 |
| República Dominicana | 869.306 | 3.087 | 281,60 |
| Nigéria | 837.738 | 97.023 | 8,63 |
| República Democrática do Congo | 214.836 | 12.694 | 16,92 |
| Cuba | 189.086 | 6.759 | 27,98 |
| Colômbia | 179.979 | 6.184 | 29,10 |
| Venezuela | 178.740 | 9.271 | 19,28 |
| Peru | 177.995 | 12.938 | 13,76 |
| Tailândia | 175.782 | 4.650 | 37,80 |
| Filipinas | 167.043 | 7.787 | 21,45 |
| Bangladesh | 134.647 | 29.700 | 4,53 |
| Outros | 1.057.148 | 63.850 | 16,56 |
| Mundo | 13.016.281 | 440.630 | 29,54 |

Fonte: FAO (2017).

volume de 39,1 mil toneladas, ficando atrás apenas do México e da Guatemala, que exportaram 162,9 mil e 60,7 mil toneladas, respectivamente (Figura 2). A participação do México foi de 44% do volume do mercado exportador, enquanto a do Brasil foi de apenas 11%.

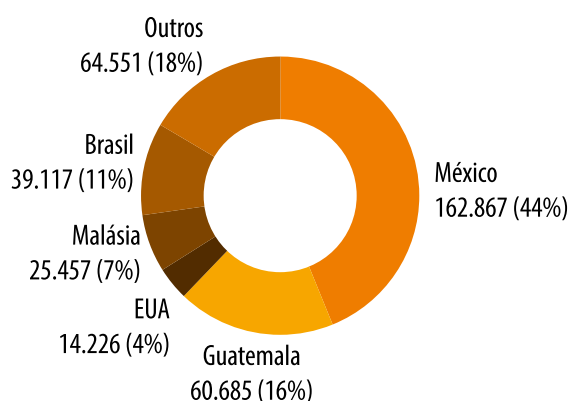


Figura 2. Distribuição das exportações mundiais de mamão no ano de 2017 (valores em toneladas).

Fonte: FAO (2017).

O continente americano é a principal região exportadora de mamão, responsável por aproximadamente 80% das exportações mundiais da fruta, seguida do continente asiático (com 15,7%). A grande expressão desse continente no mercado de exportações se deve ao México, à Guatemala e ao Brasil, responsáveis por aproximadamente 44,40%, 16,54% e 10,66%, respectivamente, dos volumes exportados em 2017. Já no continente asiático, Malásia e Índia representam cerca de 10,10% das exportações mundiais de mamão. A taxa³ de crescimento das exportações de mamão observada no período entre 2000 e 2017 foi de 3,05% ao ano.

Quanto às importações mundiais de mamão, os Estados Unidos se destacaram, demandando um total de 54,21% do volume total comercializado em 2017, o que o levou a ocupar a primeira

³ Taxa geométrica de crescimento (% a.a.) calculada por regressão (anamorfose logarítmica).

posição no mercado comprador de mamão. A União Europeia foi o segundo importador, com participação de 16,63% nas importações do mamão fresco. Singapura, El Salvador, Canadá e Países Baixos são mercados importantes, com participações de 7%, 7%, 5% e 3%, respectivamente. Os demais países participaram com 24% das importações mundiais de mamão (Figura 3).

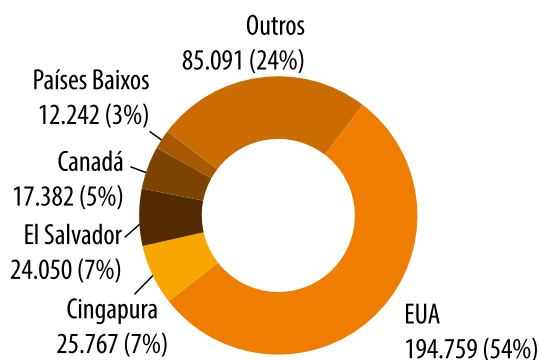


Figura 3. Distribuição das importações mundiais de mamão no ano de 2017 (valores em toneladas).

Fonte: FAO (2017).

Nesse sentido, é importante destacar que os principais mercados consumidores mundiais em geral são ocupados por um fornecedor exclusivo: os Estados Unidos importam a maior parte do México; o Brasil é o principal fornecedor da União Europeia; as importações do Japão são provenientes dos Estados Unidos por meio da sua produção no Havaí.

O mamão havaí é o tipo mais exportado, por possuir porte menor (acomodação e transporte mais fáceis) e por sua maior aceitação no mercado externo. Entretanto, o mamão do grupo Formosa possui mercado cativo em determinados nichos, como em alguns supermercados na Alemanha, por exemplo.

A vantagem competitiva do Brasil em relação aos competidores no comércio internacional de mamão é a produção ininterrupta dessa fruta ao longo do ano, o que possibilita a oferta regular do produto aos principais mercados compradores. Entretanto, a distância das áreas produtoras brasileiras quando comparada às áreas

produtoras do México em relação ao mercado americano – incorrendo em limitações de transporte na pós-colheita, bem como as dificuldades dos produtores brasileiros para se adequarem às exigências fitossanitárias do mercado externo, como, por exemplo, o atendimento aos limites máximos de resíduos (LMR) permitidos – fazem com que o Brasil fique “estagnado” no que se refere ao volume de exportações.

Os principais mercados compradores de mamão do Brasil em 2017 foram os seguintes: Portugal (7,8 mil toneladas); Países Baixos (Holanda), com 7,7 mil toneladas; Espanha (6,2 mil toneladas); Reino Unido (5,0 mil toneladas); Alemanha (4,3 mil toneladas); e os demais países com 8,1 mil toneladas, totalizando 39,1 mil toneladas de mamão exportadas para 18 países (Figuras 4 e 5).

A Figura 6 apresenta a evolução das exportações mundiais no período de 2000 a 2017.

Embora a cultura do mamão esteja presente em mais de 60 países, o mercado de exportações é concentrado em poucos países produtores. Mais de 70% do total das exportações mundiais de papaia são atribuídas ao México, à Guatemala e ao Brasil (Tabela 2), e metade das exportações desses países é destinada aos Estados Unidos (Tabela 3).

Não obstante a concentração do mercado das exportações de mamão – mais de 50% para os Estados Unidos e 16,6% para a União Europeia –, o mamão é importado por cerca de 100 países e tem alcançado mercados considerados emergentes, como Singapura e Emirados Árabes Unidos. Já os volumes importados por El Salvador são creditados à localização geográfica estratégica do Porto de Acajutla, que funciona como entreposto de exportações da América Central (Tabela 3).

Em cargas de mamão exportadas para os EUA nas quais são detectados resíduos de agrotóxicos considerados altos (acima do padrão mínimo aceitável pelas autoridades locais), as

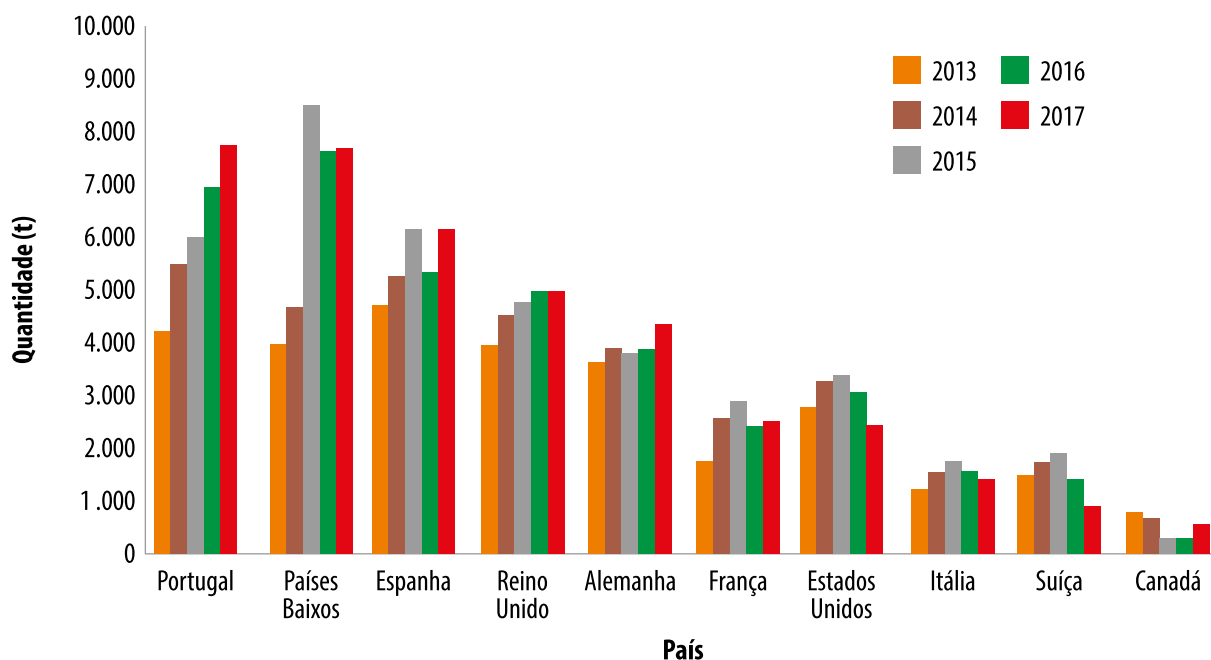


Figura 4. Volume das exportações brasileiras de mamão no período de 2013 a 2017.

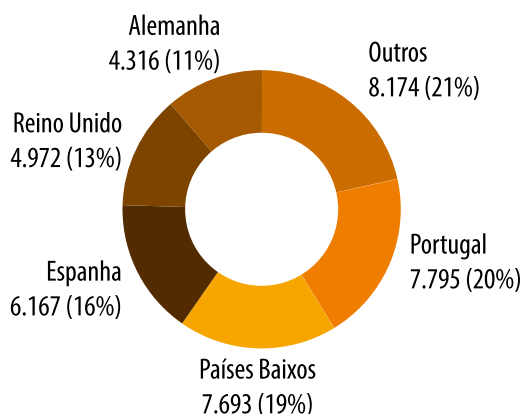


Figura 5. Participação dos principais países importadores do mamão brasileiro em 2017 (valores em toneladas).

Fonte: Brasil (2018).

exportações para esse país são suspensas até que o problema seja resolvido. A suspensão também ocorre quando existe a ameaça da presença da mosca-das-frutas nos produtos exportados. Entretanto, a excelente qualidade do produto e o cumprimento efetivo das normas e dos cuidados fitossanitários por parte dos produtores certificados vêm diminuindo a ocorrência de interrupções no fluxo de exportação da fruta.

A cultura do mamão no Brasil

No Brasil, historicamente, o cultivo do mamoeiro com expressão comercial passou a ser registrado a partir da década de 1970, principalmente nos seguintes estados: Rio de Janeiro, São Paulo e Pará (Ruggiero et al. 2003). Quando predominava a cultura na região de Monte Alto, SP, a variedade cultivada era o mamão comum, caracterizada por possuir plantas masculinas e femininas. No início dessa década, verificaram-se as primeiras introduções de sementes melhoradas do mamão havaí e posteriormente dos híbridos do grupo Formosa (Ruggiero et al., 2003).

Até 1970, a maior região produtora no estado de São Paulo estava sob a coordenação da Divisão Regional Agrícola de Ribeirão Preto (Dira), com destaque para os municípios de Monte Alto, Vista Alegre do Alto e Pirangi. Com o surgimento do mosaico do mamoeiro na região, por volta de 1967, a cultura iniciou um processo migratório, indo para o oeste e norte do estado, passando por vários municípios próximos

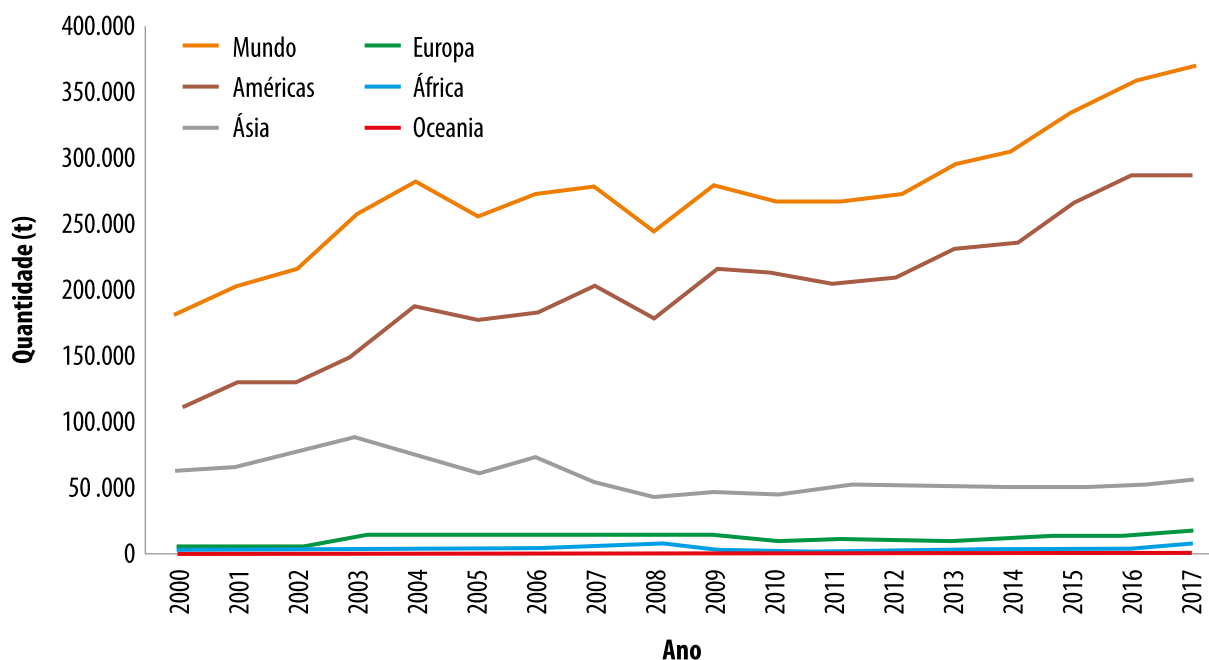


Figura 6. Evolução das exportações mundiais de mamão no período de 2000 a 2017.

Fonte: FAO (2017).

Tabela 2. Quantidade e participação dos principais países na exportação mundial de mamão em 2017.

| País | Quantidade (t) | Participação (%) |
|----------------|----------------|------------------|
| México | 162.867 | 44,39 |
| Guatemala | 60.685 | 16,54 |
| Brasil | 39.117 | 10,66 |
| Malásia | 25.457 | 6,94 |
| Estados Unidos | 14.226 | 3,88 |
| Índia | 11.508 | 3,14 |
| Holanda | 8.597 | 2,34 |
| China | 8.553 | 2,33 |
| Sri Lanka | 5.072 | 1,38 |
| Outros | 30.821 | 8,40 |
| Mundo | 366.903 | 100,00 |

Fonte: FAO (2017).

Tabela 3. Quantidade e participação dos principais países na importação mundial de mamão em 2017.

| País | Quantidade (t) | Participação (%) |
|------------------------|----------------|------------------|
| Estados Unidos | 194.759 | 54,21 |
| Cingapura | 25.767 | 7,17 |
| El Salvador | 24.050 | 6,69 |
| Canadá | 17.382 | 4,84 |
| Holanda | 12.242 | 3,41 |
| Alemanha | 11.959 | 3,33 |
| Emirados Árabes Unidos | 9.304 | 2,59 |
| Portugal | 9.099 | 2,53 |
| Espanha | 8.302 | 2,31 |
| Outros | 46.427 | 12,92 |
| Mundo | 359.291 | 100,00 |

Fonte: FAO (2017).

a São José do Rio Preto, SP, e Araçatuba, SP. O deslocamento da cultura foi de tal ordem que ultrapassou a fronteira do estado, destacando-se as excelentes lavouras cultivadas por 8 anos em Inhumas, GO (Ruggiero et al., 2003).

Paralelamente, a cultura também estava se desenvolvendo no estado do Pará; porém, nas décadas de 1980 e 1990, a cultura se desloca para os estados da Bahia e do Espírito Santo,

deixando de ter caráter migratório em razão, principalmente, das práticas de manejo adotadas nessas regiões (Ruggiero et al., 2003).

A partir da década de 1990, a expansão da cultura ocorreu por razões muito mais comerciais do que fitossanitárias (Ruggiero et al., 2003). Assim, a maior proximidade do mercado consumidor nacional determinou a difusão para os municípios de Petrolina, PE, e Jaíba, MG. Da mesma forma, a maior proximidade do mercado norte-americano foi determinante para a expansão da cultura nos estados do Ceará e do Rio Grande do Norte, possibilitando grande aumento das exportações marítimas de mamão para os Estados Unidos no fim da década de 1990 (Ruggiero et al., 2011).

Atualmente, os principais estados brasileiros produtores de mamão são o Espírito Santo e a Bahia, os quais contribuem com cerca de 65% da produção nacional da fruta. Os estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Minas Gerais surgem como polos emergentes, participando com 21,82% da produção; e os demais estados, com os 12,97% restantes (Tabela 4).

Entretanto, é importante ressaltar que, nos últimos 5 anos, o estado da Bahia apresentou decréscimo da produção de 57,57%, enquanto o estado do Espírito Santo teve decréscimo de 11,35%. A redução da produção tem sido associada aos seguintes fatores: aumento do nível de incidência de pragas e doenças, ocupação de áreas com outras culturas, escassez hídrica (forte estiagem) nos principais estados produtores e restrição de novas áreas para realização dos plantios. As áreas colhidas no estado da Bahia foram reduzidas em 24,27% (Tabela 5).

Neste cenário, vale destacar o aumento da produção do estado do Amazonas, cuja taxa de variação foi de 50,06% em 2018, quando comparada a 2014.

Apesar da importância da cultura do mamão para a cadeia produtiva da fruticultura nacional, considerando o período 2014–2018, a quantidade produzida e a área colhida foram reduzidas em torno de 34% e 15%, respectivamente. A produtividade média também foi afetada nesse período, passando de 50,06 t ha⁻¹ para 38,91 t ha⁻¹, o que correspondeu a uma redução

Tabela 4. Produção dos principais estados produtores de mamão no Brasil (2014–2018).

| Estado | Produção (t) | | | | | Taxa de variação (%) (2014-2018) | Participação da produção (%) ⁽¹⁾ | Produção acumulada (%) |
|---------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|----------------------------------|---|------------------------|
| | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | | | |
| Espírito Santo | 399.790 | 361.270 | 251.365 | 311.150 | 354.405 | -11,35 | 33,42 | 33,42 |
| Bahia | 794.565 | 741.002 | 615.056 | 368.875 | 337.151 | -57,57 | 31,79 | 65,22 |
| Ceará | 98.773 | 94.487 | 110.520 | 115.525 | 100.033 | 1,28 | 9,43 | 74,65 |
| Rio Grande do Norte | 69.956 | 67.844 | 94.740 | 86.342 | 81.258 | 16,16 | 7,66 | 82,31 |
| Minas Gerais | 90.052 | 56.216 | 61.306 | 43.556 | 50.061 | -44,41 | 4,72 | 87,03 |
| Amazonas | 19.508 | 17.318 | 23.137 | 25.954 | 28.936 | 48,33 | 2,73 | 89,76 |
| Paraíba | 36.722 | 30.810 | 32.662 | 36.924 | 24.534 | -33,19 | 2,31 | 92,08 |
| Outros | 93.985 | 112.243 | 108.154 | 70.161 | 84.014 | -10,61 | 7,92 | 100,00 |
| Brasil | 1.603.351 | 1.481.190 | 1.296.940 | 1.058.487 | 1.060.392 | -33,86 | 100,00 | - |

⁽¹⁾ Participação em relação à produção do ano de 2018.

Fonte: IBGE (2018).

Tabela 5. Área colhida com a cultura do mamoeiro nos principais estados produtores (2014–2018).

| Estado | Área colhida (ha) | | | | | Taxa de variação (%) (2014-2018) | Participação da produção (%) ⁽¹⁾ | Produção acumulada (%) |
|---------------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------------------------|---|------------------------|
| | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | | | |
| Bahia | 12.364 | 11.419 | 15.778 | 9.039 | 9.363 | -24,27 | 34,36 | 34,36 |
| Espírito Santo | 6.342 | 7.014 | 6.035 | 6.118 | 6.503 | 2,54 | 23,86 | 58,22 |
| Ceará | 2.478 | 2.307 | 2.628 | 2.603 | 2.021 | -18,44 | 7,42 | 65,64 |
| Rio Grande do Norte | 2.210 | 2.149 | 2.327 | 1.847 | 1.951 | -11,72 | 7,16 | 72,80 |
| Minas Gerais | 2.073 | 1.386 | 1.391 | 1.346 | 1.389 | -33,00 | 5,10 | 77,90 |
| Amazonas | 845 | 761 | 1.016 | 1.109 | 1.268 | 50,06 | 4,65 | 82,55 |
| Pará | 1.312 | 1.464 | 1.602 | 748 | 1.142 | -12,96 | 4,19 | 86,74 |
| Outros | 4.407 | 4.045 | 4.380 | 3.865 | 3.613 | -18,02 | 13,26 | 100,00 |
| Brasil | 32.031 | 30.545 | 35.157 | 26.675 | 27.250 | -14,93 | 100,00 | - |

⁽¹⁾Participação em relação à área colhida do ano de 2018.

Fonte: IBGE (2018).

de 22,26%. A diminuição desses parâmetros pode estar relacionada ao aumento da incidência de doenças na cultura e à redução de áreas com aptidão favorável ao cultivo do mamão. A produtividade reduz consideravelmente quando são realizados plantios em áreas já cultivadas anteriormente com a cultura.

Apesar dos avanços tecnológicos no sistema de produção da cultura, cuja produtividade

média nacional passou de 20 t ha⁻¹ na década de 1980 para o recorde de 54 t ha⁻¹ em 2010, observa-se que a produtividade média nacional decresceu entre 2014 e 2018, com registro de crescimento nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte (Tabela 6).

Apesar do crescimento da produtividade registrado em apenas dois dos principais estados produtores, a expressiva redução da

Tabela 6. Produtividade média da cultura do mamoeiro nos principais estados produtores (2014–2018).

| Estado | Produtividade média (t ha ⁻¹) | | | | | Taxa de variação (%) (2014-2018) |
|---------------------|---|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------------------|
| | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | |
| Espírito Santo | 63,04 | 51,51 | 41,65 | 50,86 | 54,50 | -13,55 |
| Bahia | 64,26 | 64,89 | 38,98 | 40,81 | 36,01 | -43,97 |
| Ceará | 39,86 | 40,96 | 42,05 | 44,38 | 49,50 | 24,18 |
| Rio Grande do Norte | 31,65 | 31,57 | 40,71 | 46,75 | 41,65 | 31,58 |
| Minas Gerais | 43,44 | 40,56 | 44,07 | 32,36 | 36,04 | -17,03 |
| Amazonas | 23,09 | 22,76 | 22,77 | 23,40 | 22,82 | -1,15 |
| Paraíba | 39,87 | 39,91 | 36,09 | 37,72 | 35,30 | -11,46 |
| Outros | 23,15 | 23,69 | 21,30 | 19,31 | 20,69 | -10,63 |
| Brasil | 50,06 | 48,49 | 36,89 | 39,68 | 38,91 | -22,26 |

Fonte: IBGE (2018).

produtividade nos demais estados, em geral, está associada à maior incidência do vírus do mosaico, levando à erradicação de plantas.

Principais polos de produção⁴

No Brasil, a maior parte da produção de mamão provém de seis polos. A Tabela 7 apresenta esses polos e seus principais municípios produtores.

Norte do Espírito Santo

O mamoeiro é uma das principais culturas da região Norte do Espírito Santo, que produz mais de 330 mil toneladas anuais. Em 2018, a região gerou um valor bruto da produção da ordem de R\$ 220 milhões (IBGE, 2018). O Norte do Espírito Santo também sedia a Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Papaia (Brapex), entidade interlocutora do Brasil com os órgãos competentes dos países importadores em relação às normas de comercialização do mamão brasileiro.

No Brasil, o Espírito Santo é o primeiro maior estado produtor de mamão, que é a sua principal fruta de exportação. Apesar da redução de 11,35% da produção, do aumento de 2,54% da área colhida e da redução de 13,55% da produtividade média, quando comparado o levantamento da produção do ano de 2018 em relação ao ano de 2014 (IBGE, 2018), o estado permanece como o principal exportador de mamão do País, apresentando um volume de 18,81 mil toneladas exportadas, o que corresponde a aproximadamente 44% das exportações da fruta realizadas em 2018 (Brasil, 2018).

No ano de 1998, o estado do Espírito Santo realizou as primeiras exportações de mamão para o mercado americano. Isso foi possível pela

adoção do Sistema Integrado de Medidas para Diminuição de Risco (*systems approach*), norma estabelecida pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (Usda), passando de 5 mil toneladas em 1995 para 42,6 mil toneladas em 2018 (Brasil, 2018).

A região Norte do Espírito Santo apresenta condições climáticas favoráveis ao cultivo do mamoeiro, que exige, para o seu bom desenvolvimento, temperaturas entre 21 °C e 33 °C, regime pluviométrico entre 1.500 mm e 1.800 mm anuais, ou suplementação com irrigação, caso o regime de chuvas não seja atendido. Essas condições climáticas ideais são prevaletentes na região produtora de mamão do Espírito Santo (Oliveira et al., 2011). Ademais, o alto nível tecnológico adotado e a capacidade empresarial instalada permitem os maiores índices de produtividade do País e frutos com alto padrão de qualidade, os quais possuem grande aceitação pelos mercados interno e externo (Martins et al., 2008). Os plantios estão localizados nos municípios de Pinheiros, Linhares, São Mateus, Pedro Canário, Montanha, Sooretama, Jaguaré, Aracruz, Ponto Belo, Conceição da Barra, Rio Bananal e Mucurici, os quais produziram, em 2018, 330,2 mil toneladas, o que corresponde a 93% da produção do estado (IBGE, 2018). O recorde de produção na região foi registrado na safra de 2006, quando o estado capixaba produziu 752,5 mil toneladas de mamão, o equivalente a 40% da produção nacional.

Entretanto, a partir da safra de 2006, a produção tem decaído constantemente. As estatísticas da Produção Agrícola Municipal (PAM) do IBGE referentes a 2018 registram que a produção reduziu de 752 mil para 354 mil toneladas; a área colhida, de 9,3 mil para 6,5 mil hectares; e a produtividade média, de 80 t ha⁻¹ para 54,5 t ha⁻¹ em relação à safra de 2006.

A redução da produção do mamão pode estar associada ao aumento dos problemas fitossanitários na região e, principalmente, à escassez de áreas “virgens” para plantios, o que tem levado os

⁴ Parte do conteúdo desta seção foi elaborada a partir da publicação *Polos de produção de mamão no Brasil* (Lucena, 2016).

Tabela 7. Principais polos de produção da cultura do mamoeiro no Brasil e suas características em 2018.

| Polo | Município | Área colhida, quantidade produzida, produtividade média e informações complementares |
|---|---|---|
| Norte do Espírito Santo (Inclui municípios pertencentes à Mesorregião Geográfica do Litoral Norte Espírito-Santense) | Pinheiros, Linhares, São Mateus, Pedro Canário, Montanha, Sooretama e Jaguaré | <ul style="list-style-type: none"> • Área colhida de 5.370 ha • Quantidade produzida de 300.900 t • Produtividade de 56,03 t ha⁻¹ • 84,90% da produção estadual • 72,28% da produção da região Sudeste • 28,38% da produção nacional |
| Extremo Sul da Bahia (Inclui municípios pertencentes aos Territórios de Identidade Costa do Descobrimento e Extremo Sul) | Prado, Itamaraju, Porto Seguro, Mucuri, Eunápolis, Teixeira de Freitas e Ibirapuã | <ul style="list-style-type: none"> • Área colhida de 3.916 ha • Quantidade produzida de 143.820 t • Produtividade de 36,73 t ha⁻¹ • 42,66% da produção estadual • 25,43% da produção nordestina • 13,56% da produção nacional |
| Oeste Baiano (Inclui municípios pertencentes aos Territórios de Identidade Bacia do Rio Corrente, Bacia do Rio Grande e Velho Chico) | São Félix do Coribe, Barreiras, Serra do Ramalho, Luís Eduardo Magalhães, Santa Maria da Vitória, Sítio do Mato e Bom Jesus da Lapa | <ul style="list-style-type: none"> • Área colhida de 2.177 ha • Quantidade produzida de 117.044 t • Produtividade de 53,76 t ha⁻¹ • 34,72% da produção estadual • 20,70% da produção nordestina • 11,04% da produção nacional |
| Regiões do Baixo Jaguaribe e Baixo Acaraú – Ceará (Inclui municípios pertencentes às Mesorregiões Geográficas Jaguaribe e Noroeste Cearense) | Varjota, Quixeré, Icapuí, Reriutaba, Aracati, Guaraciaba do Norte, Limoeiro do Norte | <ul style="list-style-type: none"> • Área colhida de 1.227 ha • Quantidade produzida de 69.112 t • Rendimento médio de 56,33 t ha⁻¹ • 69,09% da produção estadual • 12,22% da produção da nordestina • 6,52% da produção nacional |
| Chapada do Apodi – Rio Grande do Norte (Inclui municípios pertencentes às Mesorregiões Geográficas Leste e Oeste Potiguar) | Apodi, Baraúna, Pureza, Felipe Guerra, São José de Mipibu, Nísia Floresta e Mossoró | <ul style="list-style-type: none"> • Área colhida de 1.410 ha • Quantidade produzida de 64.682 t • Rendimento médio de 45,87 t ha⁻¹ • 79,60% da produção estadual • 11,44% da produção nordestina • 6,10% da produção nacional |
| Norte de Minas Gerais (Inclui municípios pertencentes à Mesorregião Geográfica Norte de Minas) | Manga, Capitão Enéas, Lassance, Jaíba, Montalvânia, Várzea da Palma e Janaúba | <ul style="list-style-type: none"> • Área colhida de 650 ha • Quantidade produzida de 27.810 t • Produtividade de 42,78 t ha⁻¹ • 55,55% da produção estadual • 6,68% da produção da região Sudeste • 2,62% da produção nacional |

Fonte: IBGE (2018).

produtores a abrirem novas fronteiras agrícolas para a cultura, com a migração crescente para áreas do Oeste Baiano, do Norte de Minas Gerais e do estado do Rio Grande do Norte.

Em relação à comercialização da produção para o mercado interno, o principal destino

do mamão produzido no Espírito Santo são as Centrais de Abastecimento de São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte. Nesse aspecto, vale ressaltar as perdas pós-colheita que estão associadas ao transporte dos frutos a granel em caminhões, que ainda é utilizado em grande

escala, principalmente pelo menor custo e pela inexistência de estruturas adequadas de pós-colheita (*packing house*) nas propriedades dos pequenos produtores.

Caldarelli et al. (2009) analisaram a viabilidade econômica da logística do transporte de mamão Formosa e apontaram que o modelo sinaliza para o transporte em caminhões refrigerados; no entanto, essa modalidade apresenta uma considerável restrição, uma vez que os preços foram 44% superiores aos dos frutos transportados na modalidade a granel. Contudo, as perdas, que são da magnitude de 25% a 30%, não foram consideradas na avaliação. De toda forma, é evidente a necessidade de estruturação das casas de embalagem e o desenvolvimento de tecnologias pós-colheita, visando viabilizar a otimização dos custos com transporte e a redução de perdas e manutenção da qualidade dos frutos.

Os gargalos causados por ausência de tecnologias pós-colheita se aplicam também ao mercado externo. Entre 2011 e 2018, cerca de 88% das exportações de mamão utilizaram o modal aéreo (Tabela 8). Mesmo sendo o modal que apresenta maior custo (diminuindo a competitividade do mamão brasileiro, quando comparado a países produtores como o México, que está próximo ao mercado consumidor americano), as janelas de mercado, caracterizadas

pelo período de entressafra daquele país, aliadas à alta qualidade do fruto brasileiro, permitem ainda uma exploração econômica da cultura, embora os produtores estejam sujeitos a ocorrências frequentes de crises na cultura, quando algum fator – como variação cambial, por exemplo – desfavorece as exportações.

As exportações do mamão produzido no Espírito Santo são realizadas predominantemente por via aérea, utilizando-se a infraestrutura dos aeroportos do Rio de Janeiro e de São Paulo (Tabela 9). A fruta produzida no município

Tabela 9. Terminais de cargas de aeroportos utilizados em 2018 para a exportação de mamão produzido no estado do Espírito Santo – quantidade exportada e participação relativa.

| Aeroporto | Quantidade (t) | Participação relativa (%) |
|--------------------|------------------|---------------------------|
| Rio de Janeiro, RJ | 12.585,56 | 67,42 |
| São Paulo, SP | 5.050,93 | 27,06 |
| Viracopos, SP | 771,49 | 4,13 |
| Belo Horizonte, MG | 141,95 | 0,76 |
| Natal, RN | 100,96 | 0,54 |
| Guararapes, PE | 9,45 | 0,05 |
| Brasília, DF | 8,01 | 0,04 |
| Total | 18.668,35 | 100,00 |

Fonte: Brasil (2018).

Tabela 8. Modais de transporte utilizados para a exportação de mamão no Brasil e quantidade de frutos exportados em cada modalidade (2011–2018).

| Modal | Quantidade (t) | | | | | | | |
|--------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
| Aéreo | 26.784 | 23.210 | 25.162 | 30.178 | 31.962 | 31.297 | 32.865 | 40.673 |
| Marítimo | 1.474 | 2.582 | 3.131 | 3.269 | 7.560 | 6.121 | 5.839 | 1.576 |
| Rodoviário | 548 | 338 | 263 | 233 | 271 | 499 | 414 | 352 |
| Outros | - | - | - | 5 | - | - | - | 68 |
| Total | 28.805 | 26.131 | 28.556 | 33.685 | 39.793 | 37.918 | 39.118 | 42.669 |

(-) = não existem dados disponíveis.

Fonte: Brasil (2018).

de Linhares, ES, é enviada via transporte terrestre até esses aeroportos, percorrendo 650 km (até o RJ) e 1.000 km (até SP). Se o transporte fosse feito para o aeroporto de Vitória, ES, a distância seria de aproximadamente 150 km. Quanto à pequena quantidade que é exportada via transporte marítimo, a carga é transportada até os portos de Salvador, Fortaleza e Natal, e as distâncias percorridas são superiores a 2.000 km.

Em relação à operação de colheita do mamão, 64% dos produtores relataram que os frutos são colocados a granel diretamente em carretas, e apenas 24% adotam plástico-bolha para protegê-los no transporte do pomar até a unidade de processamento. O galpão é a estrutura de processamento dos frutos presente em 58% das propriedades, e 40% não possuem nenhum tipo de estrutura (Martins et al., 2008).

A ausência de limite máximo de resíduos (LMR) de ingredientes ativos registrados para a cultura do mamoeiro tem sido uma das principais demandas dos produtores da região que destinam sua produção para a exportação. Esse fato tem sido alvo de rechaço de cargas de frutas de mamão por parte dos mercados europeus e americanos (Martins et al., 2008).

Extremo Sul da Bahia⁵

O clima da região do Extremo Sul da Bahia é caracterizado como tropical úmido no litoral e tropical subúmido nas áreas interioranas. As chuvas são bem distribuídas ao longo do ano, com período mais intenso entre os meses de novembro e janeiro. A pluviosidade média anual está em torno de 1.100 mm, as temperaturas ficam entre 23 °C e 27 °C. Os solos são bastante desenvolvidos. Os Argissolos Amarelos predominam sobre os Tabuleiros Costeiros; e os Latossolos Vermelho-Amarelos e Vermelho-

-Escuros (este último, atualmente classificado como Latossolos Vermelhos), sobre os terrenos cristalinos (Cavedon; Shinzato, 2000).

Essas condições edafoclimáticas favoreceram o estabelecimento da cultura do mamão na região, que, por ser uma planta tropical, é extremamente exigente em água e se desenvolve bem em temperaturas em torno de 22 °C a 26 °C (Dantas; Castro Neto, 2000).

Na região, o mamão é explorado economicamente em 17 municípios, entre os quais se destacam os seguintes: Prado, Itamaraju, Porto Seguro, Mucuri, Eunápolis, Teixeira de Freitas, Ibirapuã, Itabela, Nova Viçosa, Lajedão, Caravelas, Belmonte, Vereda, Santa Cruz Cabrália, Medeiros Neto, Guaratinga e Alcobaça. Em 2018, esses municípios foram responsáveis por 51,38% do mamão produzido no estado da Bahia.

As variedades mais cultivadas na região são as do grupo Solo, conhecido também como mamão havaí e, em menor quantidade, as do grupo Formosa. No grupo Solo, além da variedade Golden, tem aumentado a adoção de THB e BS, os quais foram obtidos por seleção de produtores.

Os plantios de mamão em uma área considerável têm sido efetuados em consórcio com a cultura do café. Após a colheita de segundo ano do mamão, o plantio é erradicado, e o produtor aproveita a estrutura do sistema de irrigação para conduzir o pomar de café.

Dessa forma, as áreas de plantio do mamão são itinerantes, sempre com o objetivo de reduzir a incidência de doenças como o vírus do mosaico, o vírus da meleira e a podridão de *Phytophthora*. A cada ano que passa, esse fenômeno gera escassez de áreas com baixa pressão de inóculos para novos plantios. Não obstante, a região tem sido polo de produção de eucaliptos para a produção de celulose, que tem concorrido com áreas para o cultivo de mamão.

⁵ Parte do conteúdo desta seção foi elaborada a partir da publicação *Polos de produção de mamão no Brasil* (Lucena, 2016).

A grande suscetibilidade ao ataque de pragas e doenças nesse sistema de produção tem levado a cultura do mamão a uma grande pressão de produtos fitossanitários. Em muitos casos, isso compromete a qualidade dos frutos quando se consideram os aspectos de contaminação por resíduos de agrotóxicos. Além do mais, os principais mercados importadores, tais como a União Europeia e os Estados Unidos, aumentaram as exigências nos protocolos de produção e certificação, como condição para ampliar a importação do mamão brasileiro. É reduzido o número de empresas com infraestrutura para atender às normas de segurança fitossanitária

e à qualidade dos frutos exigidos pelo mercado externo (Figura 7).

Atenta a esses problemas, a Embrapa Mandioca e Fruticultura iniciou, em 2004, um programa de desenvolvimento e estabelecimento do Sistema de Produção Integrada de Mamão (PI-Mamão) no estado da Bahia, em parceria com a Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola (EBDA)⁶, a Agência Estadual de Defesa Agropecuária da Bahia (Adab), a Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (Ceplac), o Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae-BA), o Banco do Nordeste (BNB), com o apoio financeiro do Ministério da



Foto: Cícero Cartaxo de Lucena

Figura 7. Estrutura de *packing house* para classificação e embalagem de frutos de mamão para comercialização no mercado externo. Mucuri, BA, 2014.

⁶ Extinta em 2015.

Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa). O modelo de produção baseia-se nas boas práticas agrícolas, capazes de fornecer alimentos com qualidade e segurança alimentar, e no respeito à saúde humana e ao meio ambiente, permitindo a rastreabilidade de todo o processo de produção (Cruz et al., 2008).

A análise de impacto da tecnologia da PI-Mamão no estado da Bahia aponta que o programa proporcionou impactos positivos nas dimensões econômica, ambiental e social. Contudo, a certificação não está sedimentada entre os produtores exportadores por causa da ausência de ações efetivas que visem à sua promoção, bem como à sua adoção no mercado, como, por exemplo, introdução de benefícios para produção de alimentos que sigam as normas da PI. Esse fato tem se configurado como uma restrição na adoção desse novo sistema de produção pelos produtores, que tendem a optar por certificação de maior abrangência nos mercados externos, como, por exemplo, o GlobalG.A.P.⁷ (Almeida et al., 2014).

Oeste Baiano

O clima da região do Oeste Baiano é caracterizado por duas estações bem definidas: estação seca e fria (maio a setembro) e estação chuvosa e quente (outubro a abril). Sua localização geográfica assegura temperaturas elevadas em boa parte do ano por causa da alta radiação solar. Entretanto, nas áreas mais elevadas (planaltos), as temperaturas mínima, média e máxima são de 20 °C, 23 °C e 30 °C, respectivamente. A pluviosidade anual varia de 800 mm a 1.600 mm e se concentra nos meses de novembro a março. Quanto à umidade relativa do ar, a média é de 70%, com máxima de 80% em dezembro e mínima de 50% em agosto (Batistella et al., 2002).

A predominância de topografia plana, solos profundos e drenados, assim como a proximidade das margens do Rio São Francisco, permitiu o estabelecimento da irrigação no Oeste Baiano. A região está localizada em uma bacia hidrográfica formada por 29 rios afluentes do São Francisco, entre os quais se destacam os rios Grande, Preto, Corrente, Carinhanha e Formoso. Além disso, conta com quatro perímetros irrigados, os quais são administrados pela Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba (Codevasf), totalizando mais de 20 mil hectares de área irrigada (Codevasf, 2015).

Na região do Oeste Baiano, o cultivo do mamão se iniciou no ano de 1998, na Bacia do Rio Corrente, município de Barreiras. A partir daí, os plantios se expandiram para os municípios de São Félix do Coribe, Barreiras, Serra do Ramalho, Luís Eduardo Magalhães, Santa Maria da Vitória, Sítio do Mato, Bom Jesus da Lapa, Riachão das Neves, Correntina, Carinhanha e Muquém do São Francisco. O município de São Félix do Coribe foi o principal produtor da região no ano de 2018. Essa região, em 2018, foi responsável por 35,34% do mamão produzido no estado da Bahia, com uma produção de 119,1 mil toneladas em uma área de 2.283 ha (IBGE, 2018).

O Oeste Baiano é considerado uma nova fronteira para a produção de mamão por causa das condições edafoclimáticas diferenciadas das regiões tradicionalmente produtoras do Sul da Bahia e do Norte do Espírito Santo. O clima mais seco e a temperatura mais elevada amenizam a ocorrência de doenças fúngicas na cultura. Entretanto, ultimamente, a região tem sido alvo de incidência de doenças causadas pelo vírus do mosaico, levando os produtores a erradicar grande número de plantas e a recuar na expansão de novas áreas de plantio.

A produção de mamão na região é voltada para o mercado interno (Tabela 10); entretanto, há uma parcela também voltada para a exportação. Segundo dados da Secretaria de Comércio Exterior (Secex), os municípios de Luís Eduardo

⁷ O GlobalG.A.P. é um protocolo privado de certificação voluntária, com reconhecimento internacional de Boas Práticas Agrícolas (Good Agricultural Practices – G.A.P.).

Tabela 10. Frutos de mamão produzidos no estado da Bahia e comercializados nos principais centros atacadistas em 2018.

| Central de Abastecimento | Origem da produção | | | | | |
|---------------------------|--------------------|---------------|-------------------|---------------|----------------------|---------------|
| | Sul da Bahia (kg) | Particip. (%) | Oeste Baiano (kg) | Particip. (%) | Estado da Bahia (kg) | Particip. (%) |
| São Paulo – Ceagesp | 66.787.128 | 50,86 | 12.733.186 | 22,49 | 80.431.758 | 41,77 |
| Goiânia – Ceasa-GO | 7.156.500 | 5,45 | 22.228.380 | 39,26 | 32.258.880 | 16,75 |
| Curitiba – Ceasa-PR | 15.361.859 | 11,7 | 4.487.830 | 7,93 | 19.959.998 | 10,36 |
| Campinas – Ceasa-SP | 15.645.234 | 11,91 | 4.156.376 | 7,34 | 19.812.610 | 10,29 |
| Belo Horizonte – Ceasa-MG | 16.678.816 | 12,7 | 1.046.400 | 1,85 | 17.771.656 | 9,23 |
| Brasília – Ceasa-DF | 772.548 | 0,59 | 8.806.225 | 15,55 | 9.756.393 | 5,07 |
| Outros | 8.918.910 | 6,79 | 3.155.093 | 5,57 | 12.581.636 | 6,53 |
| Total | 131.320.995 | 100,00 | 56.613.490 | 100,00 | 192.572.931 | 100,00 |

Fonte: Conab (2018).

Magalhães e São Félix do Coribe exportaram, em 2018, cerca de 1,9 mil toneladas de mamão, quantidade menor do que as 2,4 mil toneladas exportadas pelo município de Mucuri, no Sul da Bahia (Tabela 11).

A Região Metropolitana de Goiânia, GO, absorveu, em 2018, 39% da produção do Oeste Baiano. Tal fato deve-se a sua localização estratégica, que facilita a logística de transporte dos frutos. Esse fato evidencia a importância do

polo de mamão que vem se consolidando no Oeste Baiano.

Regiões do Baixo Acaraú e Baixo Jaguaribe – Ceará

A região do litoral norte do Ceará, no município de Paraipaba, CE, localizado às margens do Rio Curu, onde está instalado o perímetro irrigado Curu-Paraipaba, era o principal município produtor de mamão do estado cearense.

Tabela 11. Volume de exportações de mamão dos principais municípios exportadores do estado da Bahia (2013–2018).

| Município | Quantidade exportada (t) | | | | | |
|---------------------------------------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
| Mucuri ⁽¹⁾ | 2.715 | 3.307 | 3.615 | 2.788 | 2.350 | 2.485 |
| São Félix do Coribe ⁽¹⁾ | 667 | 1.045 | 1.044 | 1.162 | 1.338 | 1.124 |
| Luis Eduardo Magalhães ⁽¹⁾ | 2.622 | 2.098 | 1.948 | 704 | 1.736 | 748 |
| Estado da Bahia ⁽²⁾ | 5.222 ⁽³⁾ | 6.663 | 6.982 | 4.687 | 5.721 | 4.928 |

⁽¹⁾ Posição – Sistema Harmonizado de Designação e de Codificação de Mercadorias ou simplesmente Sistema Harmonizado (SH) 4 dígitos: 0807 – melões, melancias e papaias (mamões) frescos; em razão do sigilo fiscal, as informações de mercadorias de municípios estão limitadas a consultas por capítulo (SH2) e posição (SH4) da Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM).

⁽²⁾ Posição – NCM 8 dígitos: 08072000 – mamões (papaias) frescos. ⁽³⁾ O somatório dos três municípios em 2013 excede o total da Bahia, porque nos valores dos municípios estão incluídos os melões e as melancias.

Fonte: Brasil (2018).

Entretanto, com a ocorrência do vírus do amarelo letal (*Papaya lethal yellowing virus* – PLYV), a produtividade na região diminuiu e a cultura migrou para outras regiões.

Nas áreas irrigadas do Distrito de Irrigação do Perímetro Araras Norte (Dipan), há um importante polo de cultivo do mamão no estado do Ceará localizado no Baixo Acaraú, com a concentração de áreas plantadas nos municípios de Varjota e Reriutaba. O clima da região apresenta temperatura média anual de 28,2 °C, precipitação média anual de 797 mm, e a estação chuvosa concentra-se nos meses de fevereiro a maio (Brasil, 2015).

Outro polo emergente da cultura do mamoeiro tem sido observado no Vale do Jaguaribe, nos perímetros irrigados de Jaguaribe-Apodi e de Tabuleiros de Russas, além dos municípios de Quixeré e Limoeiro do Norte. O clima da região é seco, muito quente, com volume de precipitações da ordem de 720 mm, distribuídos irregularmente ao longo do ano, embora apresente concentração nos meses de fevereiro a abril. A temperatura média anual é superior a 18 °C, enquanto a umidade relativa do ar é pouco superior a 60% e a altitude é de 81,50 m (Brasil, 2015).

Em 2018, o estado do Ceará produziu em torno de 100 mil toneladas de mamão em uma área plantada de 2.201 ha, o que corresponde a 7,41% do mamão produzido no Brasil. Destacou-se como o terceiro produtor nacional da fruta, recuperando a posição ocupada em anos anteriores pelo estado de Minas Gerais, com a introdução do cultivo do mamão no Norte de Minas (IBGE, 2018).

Entretanto, o perímetro irrigado Araras Norte vem sofrendo com a escassez de recursos hídricos, o que tem afetado diretamente a produção de mamão. Na maioria das áreas, o sistema de irrigação é considerado tecnologicamente inadequado, e os métodos utilizados são de baixa eficiência, como a aspersão convencional, que

foi verificada em aproximadamente 90% da área irrigada (Brasil, 2015).

O Baixo Jaguaribe e o Oeste Potiguar são os principais fornecedores de mamão na região metropolitana de Fortaleza, quinto maior aglomerado urbano do País. Entretanto, a região tem apresentado também a incidência dos vírus da mancha anelar e do amarelo letal do mamoeiro. Visando manter o controle dessas doenças, ações de erradicação de plantas atacadas por vírus vêm sendo desenvolvidas, permitindo a estabilidade da incidência nessas áreas produtoras.

Chapada do Apodi – Rio Grande do Norte

A maior produção de mamão do Rio Grande do Norte está localizada no município de Apodi, que produziu 19,5 mil toneladas em 2018, o que corresponde a 24% da produção de mamão nesse estado. Os municípios de Baraúna, Pureza, Felipe Guerra, São José de Mipibu, Nísia Floresta, Mossoró e Touros contribuem juntos com 58% da produção estadual, e os 18% restantes distribuem-se por municípios onde a cultura tem menor expressão econômica (IBGE, 2018).

No Rio Grande do Norte, a cultura do mamoeiro está concentrada em duas regiões. Atualmente, o maior polo de produção está localizado no Oeste Potiguar, representado pelo município de Baraúna, onde predomina o clima semiárido e o cultivo de variedades do grupo Formosa, menos suscetíveis às altas temperaturas e à baixa umidade relativa, quando comparada ao grupo Solo. O segundo polo está localizado na região leste, representada pelo município de Pureza, onde predominam o clima subúmido e o cultivo de variedades do grupo Solo.

Na região Oeste Potiguar, o clima é seco, muito quente e a estação chuvosa ocorre no verão, com precipitação pluviométrica média anual de 673,9 mm. A temperatura média anual é de 27,4 °C, as médias mensais variam de 26 °C a 40 °C, a umidade relativa média do ar é

de 68,9% e a altitude média é de 95 m (Carmo Filho; Oliveira, 1995). Essas condições climáticas do Oeste Potiguar podem estar associadas às causas de alta incidência de carpeloidia (deformação dos frutos) e de esterilidade feminina de verão nos cultivos de mamão da região.

No Leste Potiguar, o clima da região possui verão seco e precipitação média anual de 1.535 mm, concentrando-se no período de março a agosto, com temperatura média anual de 25,3 °C. A umidade relativa do ar média anual é de 79% e a altitude 84 m (Idema, 2001). Essas condições climáticas são mais favoráveis ao cultivo do grupo Solo, que é predominante na região.

A cultura do mamoeiro adquiriu expressiva importância econômica no Rio Grande do Norte a partir do ano 2000, após a instalação de grandes empresas produtoras que operam em parceria com pequenos produtores, e cuja produção é voltada para a exportação. Outro fator que contribuiu para o crescimento da cultura na região, além da logística, foi a autorização do Mapa para exportar frutas in natura de mamão para os mercados europeu e americano.

A Brapex atribui o crescimento das exportações do Rio Grande do Norte à alta qualidade do mamão do grupo Formosa produzido na região, bem como ao aumento da demanda e da preferência do mercado externo (que tradicionalmente tem preferência pelo mamão do grupo Solo). Outras características observadas nos frutos de mamão produzido no Rio Grande do Norte, possivelmente associadas às condições climáticas de alta luminosidade e temperaturas, são o alto teor de Brix (teor de açúcares) e a boa aparência externa dos frutos, com baixa incidência de doenças fúngicas, por causa do clima mais seco. A aceitação do mamão Formosa no mercado externo apresenta perspectivas de crescimento. O México, principal exportador da fruta, sedia empresas como a Papayas Anaya, que vem produzindo e comercializando mamão 'Red Maradol' (grupo Formosa), com uma grande estratégia de marketing no mercado norte-americano.

Outro fator que favorece o cultivo da fruta na região é a sua localização estratégica, que permite vantagem logística de exportação por via marítima, quando se consideram os polos de produção da Bahia e do Espírito Santo, devido à maior proximidade entre os portos de Natal e Pecém, no Ceará, e os mercados europeu e norte-americano, principais destinos das exportações.

Em relação ao sistema de produção, um dos maiores entraves na região é o manejo do ácaro-rajado do mamoeiro, principal praga da cultura. Seu controle é realizado predominantemente com a aplicação semanal ou quinzenal de acaricidas químicos. Uma das maiores consequências dessa prática, além dos riscos à saúde do agricultor, são os níveis de resíduos de agrotóxicos no fruto do mamão. Empresas exportadoras de mamão sediadas em Mossoró, RN, têm investido em estratégias de controle biológico, como a implantação de biofábrica para produção de ácaros predadores, além da utilização de produtos alternativos, como a aplicação de óleo vegetal para o controle do ácaro-rajado. Outro fator limitante de ordem fitossanitária não menos importante na região é a alta incidência do vírus do amarelo letal do mamoeiro, causada pelo PLYV. Essas doenças têm exigido um programa de acompanhamento sistemático das lavouras, bem como a adoção de medidas de erradicação de plantas, a fim de evitar que haja aumento da severidade dessas doenças e que o cultivo na região seja inviabilizado.

Nesse contexto, o uso do Sistema de Produção Integrada é uma demanda forte na região principalmente pelas exigências do mercado externo. No entanto, os resultados de avaliação da viabilidade econômica da Produção Integrada em relação à produção convencional apontam que, por um lado, há redução de custos com a utilização de agroquímicos, mas, por outro, é preciso investir em infraestrutura e realizar as benfeitorias nas propriedades que são necessárias à certificação. Como ainda não há uma política clara de remuneração do produtor

que adota a Produção Integrada, os produtores, via de regra, não conseguem viabilizar a implantação do sistema.

Considerando as peculiaridades do clima semiárido da região, o desenvolvimento de variedades adaptadas às condições edafoclimáticas da região por meio de melhoramento genético é uma demanda recorrente, em razão da ocorrência de temperaturas elevadas que contribuem para o surgimento de desordens fisiológicas, como a esterilidade feminina de verão, a deformação de frutos (carpeloidias) e a mancha fisiológica, que reduzem a produção e depreciam o padrão comercial dos frutos.

Norte de Minas Gerais

O Norte de Minas Gerais tem sido considerado a mais recente nova fronteira da produção de mamão, a exemplo do que vem ocorrendo no Oeste Baiano. O mamoeiro é atualmente a quinta fruta mais cultivada na região, precedida pelas culturas de banana, limão, laranja e manga, respectivamente.

A produção de mamão está concentrada no distrito de irrigação do Projeto Jaíba, cuja implantação teve início ainda na década 1950, quando ocorreram as primeiras iniciativas governamentais para o desenvolvimento da região do Norte de Minas Gerais. Estudos realizados pelo Bureau of Reclamation dos Estados Unidos identificaram grande porção de terras com potencial para a agricultura irrigada na região chamada Mata do Jaíba, localizada entre os rios São Francisco e Verde Grande, tornando-se um dos principais empreendimentos agrícolas do País (Distrito de Irrigação de Jaíba, 2015).

Além da disponibilidade de água para irrigação, a região apresenta como diferencial o clima quente e seco, que desfavorece o surgimento de doenças fúngicas como a pinta-preta. Além do mais, a localização da região é estratégica por estar mais próxima dos mercados consumidores de Belo Horizonte e São Paulo.

Os principais municípios produtores da região, responsáveis por 55,55% da produção de mamão em Minas Gerais, são os seguintes: Manga, Capitão Enéas, Lassance, Jaíba, Montalvânia, Várzea da Palma e Janaúba. A produção de mamão no Norte de Minas, em 2018, foi de 30,7 mil toneladas, numa área colhida de 760 ha (IBGE, 2018).

A importância do mamão na região foi confirmada em 2011, com a publicação da Portaria nº 301/2011, do Mapa, que dispõe sobre o Zoneamento Agrícola de Risco Climático para a cultura de mamão no estado de Minas Gerais, permitindo o acesso dos produtores a investimentos e crédito de custeio para a produção.

Entretanto, em um tempo relativamente curto, a região foi acometida com o aumento da incidência do mosaico e do vírus da meleira, incorrendo em abandono das lavouras infectadas por parte dos produtores. Diante desse cenário, o Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA), por meio da publicação, em 2014, da Portaria nº 1.434/2014, emvidou esforços para regulamentar o controle fitossanitário do mosaico e da meleira, além de tornar obrigatória a prática de erradicação de plantas infectadas (*roguing*), a exemplo do que ocorre nos estados da Bahia e do Espírito Santo.

A região tem como diferencial a organização dos produtores, que são representados pela Associação dos Fruticultores do Norte de Minas (Abanorte).

Logística – mercado interno

Os frutos de mamão comercializados no mercado interno são em grande escala direcionados aos centros consumidores de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, onde os atacadistas se concentram na Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais do Estado de São Paulo (Ceagesp) e nas Centrais de Abastecimento (Ceasas) de Campinas, Grande Rio e Minas.

Entretanto, diante dessas oportunidades existem também ameaças à cultura. Além do número restrito de variedades utilizadas comercialmente e dos problemas fitossanitários explorados nas seções anteriores, o gargalo do transporte nesse mercado é o principal problema logístico e apresenta-se como importante limitante à expansão da atividade, em razão do elevado valor das perdas no transporte e da desvalorização do produto transportado de maneira precária. O mamão produzido nos estados da Bahia e do Espírito Santo é largamente transportado a granel (coberto com lona) ou em caixas de madeira. Essas duas modalidades provocam danos mecânicos nos frutos e amadurecimento precoce, o que agrava o processo de perdas que já é considerável na fruticultura (Caldarelli et al., 2009).

Atentos à importância do tema, Caldarelli et al. (2009) analisaram um modelo para escolha da modalidade de transporte, a granel ou refrigerado, no transporte de mamão das principais regiões produtoras do estado do Espírito Santo (Pinheiros, Linhares) para os três principais centros consumidores da região Sudeste (São Paulo, Campinas e Rio de Janeiro). Os resultados obtidos no modelo indicam que há maior remuneração no transporte refrigerado. Além disso, os preços dos frutos são 44% superiores aos oferecidos na modalidade a granel.

No entanto, o transporte a granel ainda é utilizado em grande escala principalmente pelo custo inferior, mas a falta de estrutura de preparo dos frutos para o transporte (embalagem) pelos produtores, a estrutura pós-colheita precária e a ausência de informação levam a perdas na magnitude de 25% a 30% da produção.

Uma modalidade alternativa no transporte e que reduz grandemente as perdas é o transporte em caixas de papelão por caminhão refrigerado, o que permite também a agregação de valor, uma vez que os frutos assim transportados se apresentam com maior qualidade ao consumidor final. A utilização de caminhões refrigerados exige a manutenção da temperatura entre 10 °C

e 12 °C e umidade relativa entre 90% a 95%; no entanto, possibilita o transporte do mamão por um período de 7 a 10 dias. Essa modalidade reduz a quase zero as perdas decorrentes do transporte e permite a colheita do mamão em um estágio adequado de maturação.

O grande gargalo na produção de mamão é o transporte dos frutos, tanto no que concerne a perdas da cultura quanto no que diz respeito à organização da logística. Dados coletados in loco por Caldarelli et al. (2009) na região de Pinheiro, ES, mostram que não existe um mercado formal de transporte na região para os frutos destinados ao mercado interno. Dessa forma, além da necessidade de organização do sistema de transporte, como caminhões refrigerados, a estrutura do mercado de fretes nessas regiões produtoras é precária. O transporte é contratado predominantemente de maneira informal e sem nenhum planejamento, com a predominância de fretes de retorno, onde não existe regularidade.

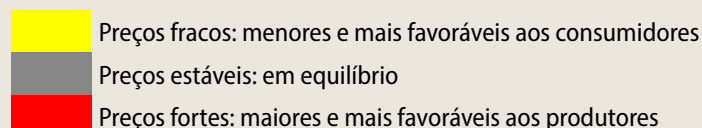
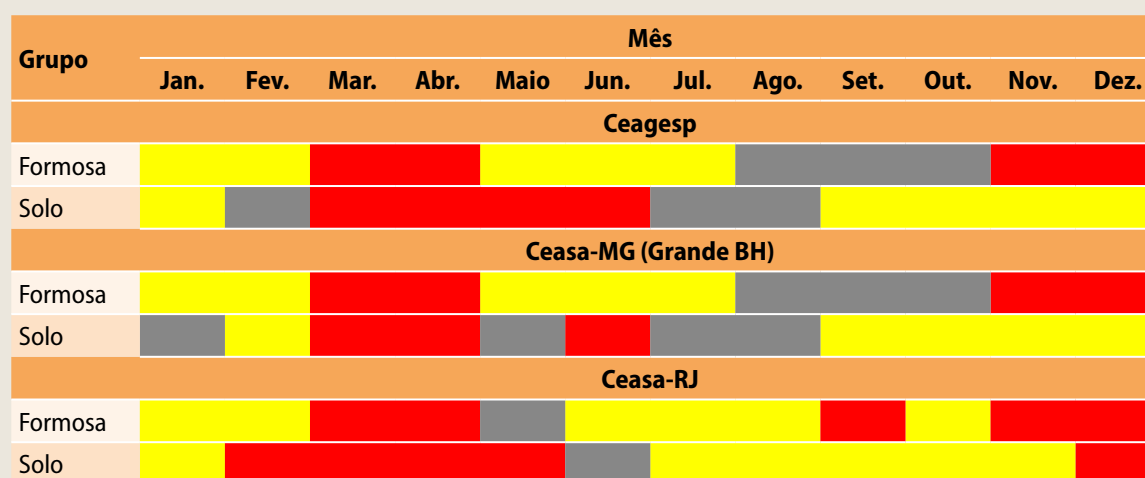
A Tabela 12 apresenta as quantidades de mamão comercializadas no Ceagesp e nas Ceasas de Minas e Rio, no período de 2013 a 2018. Vale destacar que, na Ceasa-CE, o mamão do grupo Formosa predomina, diferentemente da região Sudeste, onde os volumes de Solo e Formosa são equilibrados. Porém, a origem do mamão do grupo Solo está fortemente concentrada nos municípios do Extremo Sul da Bahia, e mais da metade do mamão Formosa é proveniente dos municípios capixabas Pinheiros e Montanha.

Os principais mercados consumidores de mamão no Brasil estão localizados no eixo Rio-São Paulo-Minas Gerais, região Sudeste. No mercado interno, consome-se mamão dos grupos Formosa e Solo (Havaí), enquanto o mercado externo tem preferência apenas pelo tipo Solo. A oferta de mamão para o mercado interno é considerada regular. O mamão do grupo Solo apresenta entressafra mais pronunciada nos meses de fevereiro a junho. Na Tabela 13, está representada a sazonalidade dos preços do mamão em três Ceasas da região Sudeste.

Tabela 12. Comercialização de mamão nas principais centrais de abastecimento do País.

| Grupo | Quantidade comercializada (t) | | | | | |
|----------------------------------|-------------------------------|---------|--------|--------|---------|--------|
| | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
| Ceagesp | | | | | | |
| Formosa | 54.829 | 55.364 | 53.804 | 48.689 | 52.279 | 49.855 |
| Solo | 93.610 | 100.112 | 95.192 | 85.415 | 105.427 | 77.908 |
| Ceasa-MG – Belo Horizonte | | | | | | |
| Formosa | 29.187 | 29.838 | 25.798 | 23.451 | 26.341 | 27.361 |
| Solo | 20.664 | 23.176 | 20.736 | 19.023 | 23.429 | 17.752 |
| Ceasa-RJ | | | | | | |
| Formosa | 15.547 | 17.406 | 40.580 | 26.756 | 33.389 | 30.520 |
| Solo | 54.754 | 56.241 | 59.508 | 69.995 | 45.373 | 26.786 |

Fonte: (Conab, 2018).

Tabela 13. Sazonalidade dos preços de comercialização de mamão nas principais centrais de abastecimento do País.

Fonte: Embrapa Mandioca e Fruticultura, elaborado por meio do método de anamorfose logarítmica com base nos preços médios de comercialização nas respectivas Ceasas entre 2010 e 2018 e divulgados pela Conab (2018).

Logística e distribuição para o mercado

Modais de transporte

Os canais logísticos representam uma parcela significativa do custo final do produto e

influenciam diretamente a qualidade e o tempo de prateleira (*shelf life*) das frutas no destino. A escolha do canal logístico está ligada a fatores como preços, disponibilidade de tecnologia e estratégias de comercialização das empresas. Essa escolha reflete o grau de importância que cada empresa atribui a questões como

qualidade superior, atendimento rápido ao cliente, custo de transporte, entre outras.

Uma logística eficiente implica diminuição de perdas do produto, além da satisfação do cliente final, do produtor e dos intermediários. Para tanto, a infraestrutura deve estar alinhada com tais características. Perdas significam menos produtos no mercado, e isso leva ao aumento de preços, alijando compradores de baixa renda do processo de compra (configurando-se em impacto social negativo). Para se ter uma ideia, rodovias em más condições podem aumentar em mais de 50% o consumo de combustível, e isso eleva os custos operacionais em cerca de 35%, além de aumentar consideravelmente os riscos de acidentes (Cantillano, 2002).

A transferência da localização da produção visando melhorar a logística apresenta alto grau de dificuldade. A principal restrição quanto às questões locacionais está baseada no tempo de prateleira da fruta. No caso do mamão, os embarques via transporte marítimo para os principais destinos, Estados Unidos e União Europeia, levam, respectivamente, de 5 a 7 dias, a partir da região Nordeste, e de 15 a 17 dias, a partir da região Sudeste. As vantagens auferidas pela migração de áreas para o Nordeste são reduzidas em razão da menor disponibilidade de cargas marítimas e aéreas nessa região (Cardoso, 2005).

A logística é crucial para o comércio exterior e pode se tornar um gargalo ou um propulsor. Segundo o Instituto Brasileiro de Frutas (Ibraf), as exportações de frutas têm esbarrado na logística, o que onera a produção brasileira e afasta os consumidores estrangeiros. Segundo Cantillano (2002), o uso do transporte multimodal é o mais recomendado nos padrões de logística modernos, pois permite um aproveitamento mais eficiente das vantagens oferecidas por cada modal disponível, como economia de tempo, menor preço e maior cobertura de área.

Em 2018, o mamão foi a décima segunda fruta mais produzida no País e desempenha

importante papel para o agronegócio brasileiro, superando em quantidades produzidas as culturas de tangerina, maracujá, melão, goiaba e pêssego. Mesmo na condição de segundo produtor mundial e terceiro maior exportador, observa-se grande potencial na ampliação desse mercado e na expansão da cultura no Brasil IBGE (2018).

Essas potencialidades se tornam ainda mais evidentes quando se considera que as exportações brasileiras de mamão representam em média cerca de 2% da produção. Outros fatores que conferem vantagens ao mamão brasileiro são a produção baseada predominantemente em variedades do grupo Solo, tipo de fruto preferido pelo mercado externo, a alta qualidade dos frutos, a boa coloração da casca, sem manchas e o sabor mais doce, por causa das condições edafoclimáticas do nosso país de clima tropical.

Outra grande vantagem competitiva do Brasil diante dos competidores no comércio internacional de mamão é a produção ininterrupta da fruta ao longo do ano, o que possibilita a oferta regular do produto aos principais mercados compradores. O mamão havaí é o tipo mais exportado, por possuir porte menor – de acomodação e transporte mais fácil – e pela maior aceitação por parte do mercado externo. Entretanto, o mamão do grupo Formosa possui mercado cativo em determinados nichos, como alguns supermercados na Alemanha, por exemplo.

O mamão é uma das frutas mais sensíveis ao transporte e, por isso, demanda rapidez durante o processo de colheita e comercialização. Em razão dessa característica, e da falta de tecnologia pós-colheita ajustada ao transporte de longa distância, apesar de mais oneroso, o modal aéreo tem sido a solução de logística mais adotada no histórico das exportações de mamão. Até 2002, quase que a totalidade dos embarques de mamão (85%) se dava pelo modal aéreo. Contudo, no período de 2003 a 2008 o modal marítimo teve grande participação (aproximadamente 50%) nas exportações brasileiras de mamão,

mas, após esse período, veio a perder espaço novamente para o modal aéreo (Figura 8).

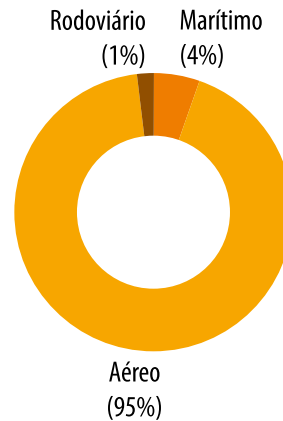
Se, por um lado, a utilização do modal marítimo possibilitou aumentos significativos nos volumes comercializados, por outro restringiu a qualidade das frutas brasileiras no mercado internacional. A redução da qualidade é a principal restrição para a utilização do modal marítimo. Inexistem tecnologias apropriadas de pós-colheita e transporte que garantam a qualidade do mamão no seu destino final, sendo comum a elevação das perdas para até 20%, dependendo da época do ano (Cardoso, 2005).

Os dados mostrados na Figura 8 evidenciam a evolução da consolidação do modal aéreo como o mais utilizado pelos exportadores brasileiros. Já a Figura 9 mostra a distribuição percentual entre os modais de transporte utilizados nas exportações brasileiras em 2018.

De acordo com Caldarelli et al. (2009), o transporte do mamão, assim como na fruticultura em geral, é um gargalo para a expansão e a agregação de valor nesse segmento. As evidências mostram que o transporte adequado garante

Figura 9. Participação dos modais de transporte utilizados para exportação de mamão em 2018.

Fonte: Brasil (2018).



produtos de maior qualidade, sendo assim uma oportunidade para a atividade. A demanda por produtos de maior qualidade é cada vez maior; por conseguinte, a estruturação de um mercado de fretes e a organização do transporte são fatores que representam potencial para maiores ganhos.

Dessa forma, apesar de o modal aéreo ter um custo aproximadamente três vezes maior que o marítimo, sua eficiência na rapidez do transporte permite maior vida de prateleira, e

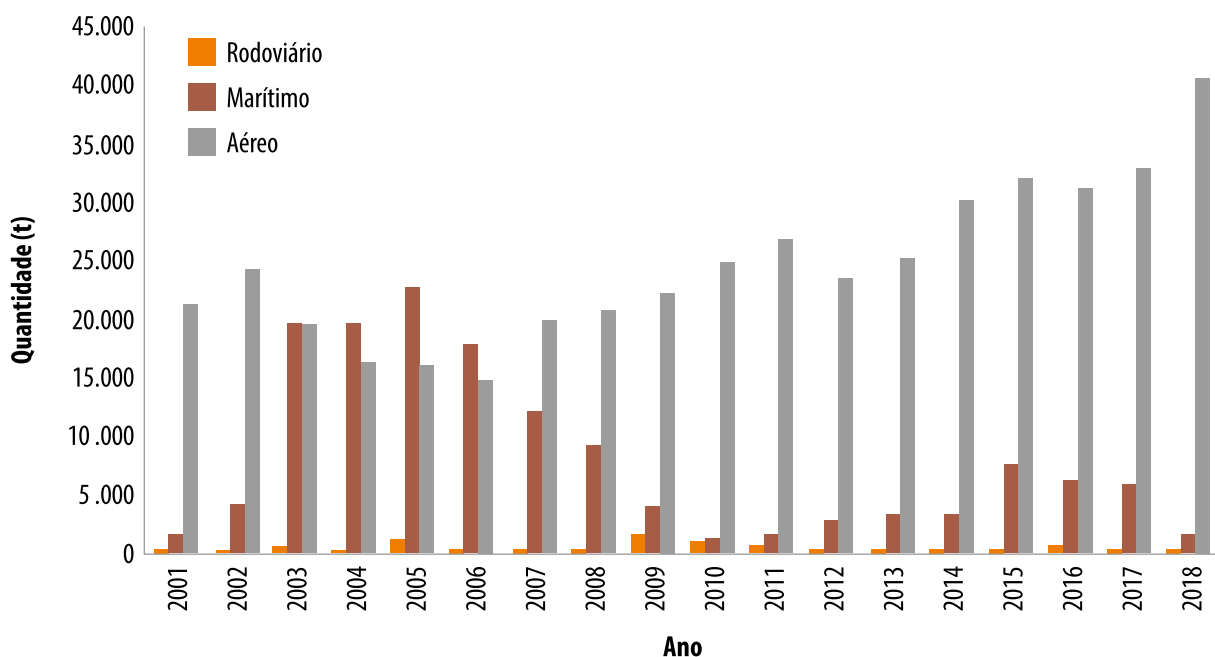


Figura 8. Evolução dos modais de transporte utilizados para exportação de mamão no período de 2001 a 2018.

Fonte: Brasil (2018).

esse aspecto, aliado à maior exigência do mercado externo por frutos de qualidade, torna-o o principal modal utilizado para a exportação de mamão.

Outro fator estrutural a ser considerado na cadeia logística do mamão é a distância que o fruto tem de percorrer até chegar às estruturas portuárias e aeroportuárias. Enquanto os polos de produção estão situados no Sul da Bahia e no estado do Espírito Santo, as exportações via modal aéreo estão sendo realizadas pelos aeroportos de São Paulo e Rio de Janeiro. No

modal marítimo, os frutos são transportados até os portos localizados nos seguintes estados: Rio Grande do Norte (Natal), Pernambuco (Suape), Ceará (Fortaleza e Pecém) e Bahia (Salvador) (Tabela 14).

Na região Nordeste, apenas uma pequena parcela é exportada via modal aéreo, a partir de Natal, Fortaleza, Salvador, Recife e Petrolina, onde também se concentram as exportações via modal marítimo, em razão de essas cidades serem mais próximas dos Estados Unidos e da Holanda. Este último país é a principal porta de

Tabela 14. Quantidade de mamão exportado no Brasil no período de 2008 a 2018 nos principais terminais de cargas de aeroportos, portos, aduaneira rodoviária e demais vias.

| Localização do terminal | Aeroporto | Porto | Rodovia | Em mãos | Meios próprios | Postal | Via não declarada | Total |
|-------------------------|-------------------|------------------|-----------------|-------------|----------------|-------------|-------------------|-------------------|
| | | | | | | | | |
| Rio de Janeiro, RJ | 146.921,94 | 109,94 | - | - | - | 5,04 | 8,36 | 147.045,28 |
| São Paulo, SP | 98.998,61 | - | 2,52 | - | 5,08 | - | 29,01 | 99.035,22 |
| Parnamirim, RN | 12.453,43 | 15.171,15 | - | - | - | - | - | 27.624,57 |
| Natal, RN | 6.153,37 | 14.526,13 | - | - | - | - | 12,83 | 20.692,33 |
| Fortaleza, CE | 12.979,90 | 4.141,26 | - | - | 0,07 | - | 2,68 | 17.123,90 |
| Salvador, BA | 10.865,94 | 3.494,18 | - | - | 0,10 | - | 1,01 | 14.361,23 |
| Recife, PE | 12.040,59 | - | - | - | - | - | - | 12.040,59 |
| Pecém, CE | 0,66 | 7.058,67 | - | - | - | - | - | 7.059,32 |
| Petrolina, PE | 4.481,92 | - | - | - | - | - | - | 4.481,92 |
| Campinas, SP | 4.042,94 | - | - | - | - | - | - | 4.042,94 |
| Foz do Iguaçu, PR | - | - | 2.923,09 | - | - | - | - | 2.923,09 |
| Chuí, RS | - | - | 1.290,39 | - | - | - | - | 1.290,39 |
| Itaguaí, RJ | - | 806,78 | - | - | 0,04 | - | 0,95 | 807,76 |
| Dionísio Cerqueira, SC | - | - | 789,97 | - | - | - | - | 789,97 |
| Brasília, DF | 683,90 | - | - | - | - | - | - | 683,90 |
| Jaguarão, RS | - | - | 416,76 | - | - | - | - | 416,76 |
| Suape, PE | 17,40 | 276,95 | - | - | 0,32 | - | - | 294,67 |
| Belo Horizonte, MG | 281,49 | - | - | - | - | - | - | 281,49 |
| Outras cidades | 0,03 | 212,08 | - | 0,13 | 3,11 | - | 10,46 | 225,81 |
| Total | 309.922,10 | 45.797,13 | 5.422,73 | 0,13 | 8,71 | 5,04 | 65,30 | 361.221,14 |

(-) = não existem dados disponíveis.

Fonte: Brasil (2018).

entrada das exportações brasileiras de frutas no continente europeu.

Já o modal rodoviário, para fins de exportação, é utilizado em pequena escala para atender aos países vizinhos da América do Sul, e, nesse caso, a cidade de Foz do Iguaçu, PR, é principal porta de saída (cidade aduaneira) do mamão brasileiro. Por sua vez, esse modal é amplamente utilizado, senão o único modal, no transporte do mamão dos polos de produção até os portos e aeroportos, bem como para as Ceasas e redes varejistas localizadas em todo o País. Entretanto, a modalidade rodoviária para a exportação é feita em caminhões refrigerados e a carga é paletizada.

As exportações brasileiras de mamão ocorrem durante todo o ano, mas há uma pequena redução nos meses de janeiro, fevereiro e entre junho e novembro, com oferta média de 2,76 mil toneladas ao mês. O preço FOB⁸ pago aos exportadores situa-se acima de US\$ 1,26 por quilo da fruta, e os melhores preços ocorrem no

primeiro semestre do ano, alcançando US\$ 1,31 por quilo (Figura 10).

Segundo Cardoso (2005), o setor se mantém conservador por causa dos entraves logísticos para o Pacífico, o que impossibilita o atendimento a novos mercados mesmo se superadas as barreiras tecnológicas.

Certificação da produção

A globalização da economia permitiu acesso a produtos provenientes das mais diversas regiões do mundo. Preços competitivos, segurança alimentar e questões socioambientais envolvidas no processo produtivo passaram a ter papel fundamental nas relações comerciais, com consumidores cada vez mais conscientes e exigentes de seus direitos a produtos saudáveis (Martins et al., 2013).

Diante das novas tendências de consumo, o cenário mercadológico internacional de frutas frescas tem sinalizado mudanças nos sistemas

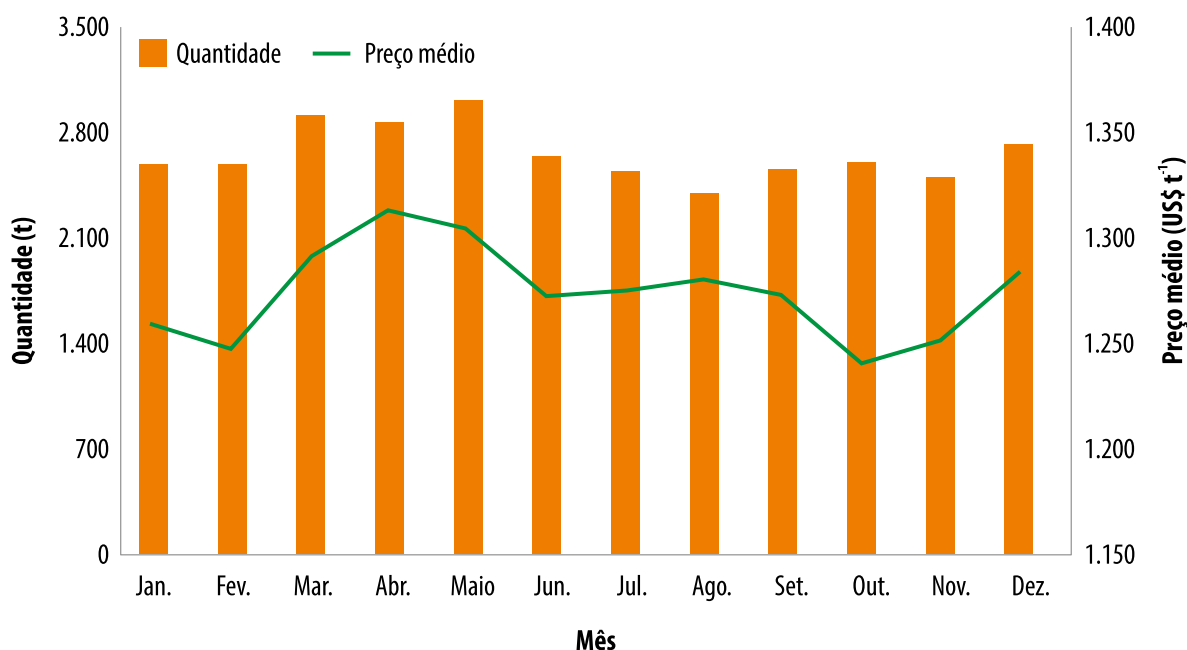


Figura 10. Sazonalidade mensal dos volumes exportados e preços médios FOB pagos aos exportadores de mamão. Dados representam média de 10 anos: 2009–2018.

Fonte: Brasil (2018).

⁸ *Free on board* – o cliente é quem paga pelo frete e pelo seguro da mercadoria.

de produção e exigido a adoção de critérios de qualidade e de tecnologias que apresentem reduzido impacto, em relação tanto à saúde humana quanto às questões sociais do trabalho. Assim, as grandes redes e os supermercados distribuidores de frutas passaram a pressionar fornecedores e exportadores para que adotassem sistemas de certificação (Martins et al., 2013).

A certificação é um processo de terceira parte, pelo qual se verifica se a produção está em conformidade com normas e padrões técnicos preestabelecidos (privados ou públicos) por países importadores. Essas normas e padrões são conhecidos como códigos de conduta (Cuéllar Padilha; Sevilla Guzmán, 2005; Neves, 2005). Suas premissas técnicas estão amparadas em normas e padrões de produção reconhecidos internacionalmente. Abrangem todas as fases de produção, do campo ao mercado final; permitem rastreabilidade da cadeia produtiva e fidelização do consumidor pelas garantias de qualidade e procedência do produto (Lima et al., 2011). A certificação da produção tem-se consolidado cada vez mais como instrumento de acesso a mercados (Martins et al., 2013).

Atualmente existe no mercado uma série de certificações de produtos agrícolas. Podem-se destacar as seguintes certificadoras de produtos orgânicos: Produto Orgânico Brasil (Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003); Canada Organic Regime (COR), elaborado pela Agência Canadense de Inspeção de Alimentos (CFIA); Council Regulation nº 834/2007 (CR 834/2007), que regulamenta produtos orgânicos na União Europeia; Japanese Agricultural Standard (JAS), que é a norma de produtos orgânicos aprovada pela Comissão do Codex Alimentarius e estabelecida no Japão com base nas diretrizes para produção orgânica; e a National Organic Products (NOP) – Programa Norte-Americano de Orgânicos do Usda.

As certificações mais utilizadas, principalmente quando a produção se destina ao mercado europeu, são aquelas cujo foco está

nas normas de Boas Práticas Agrícolas (BPA). Nesse segmento, destaca-se a certificação GlobalG.A.P., um sistema de gestão da qualidade criado originalmente em 1997 por iniciativa de 22 varejistas europeus, com a denominação Euro-Retailer Produce Working Group (Eurep) for Good Agriculture Practices (GAP) – EurepGAP, adotando como referência as normas de BPA. Sua finalidade era garantir alimentos seguros e sustentáveis para seus clientes. Inclui todas as atividades realizadas na fazenda.

A certificação GlobalG.A.P. está se consolidando com uma condição fundamental para acesso a produtos in natura no mercado internacional. É requisito mínimo para exportação de frutas para mercados europeus (GlobalG.A.P., 2012), e a maioria das empresas exportadoras de mamão para países desse mercado é certificada pela GlobalG.A.P. (Martins et al., 2013).

O governo brasileiro, em busca de atender as normas internacionais de boas práticas agrícolas e rastreabilidade da produção, implantou o programa de Produção Integrada Agropecuária (PI), cujo propósito é de tornar-se o protocolo oficial brasileiro aceito pelos principais compradores internacionais. Possui a logomarca Brasil Certificado e tem como objetivos adequar a qualidade do produto brasileiro às exigências dos mercados interno e externo, torná-lo mais competitivo e ampliar sua participação no mercado internacional. Garante a sustentabilidade e viabiliza a rastreabilidade da produção agropecuária. Contempla, ainda, aspectos relacionados com a responsabilidade social, orientados para a segurança do trabalhador (Martins et al., 2013).

No caso específico da fruticultura, foi criada a certificação Produção Integrada de Frutas (PIF Brasil). Para a cultura do mamão, foram estabelecidas no Brasil, em 2003, e revisadas em 2009, as Normas Técnicas Específicas para a Produção Integrada de Mamão (NTEPI Mamão) (Martins et al., 2003; Brasil, 2009).

As normas da PI Brasil contemplam, praticamente, todos os quesitos exigidos por outros processos de certificação. Entretanto, sua adoção tem sido pouco representativa tanto no mercado interno quanto no mercado externo, desestimulando a certificação, embora boa parte dos produtores de mamão voltados para exportação possua sistema de produção em conformidade com as NTEPI Mamão (Martins et al., 2009). Martins et al. (2013) reportam que a adoção da PIF Brasil está condicionada a um processo de equivalência de seu protocolo com outras certificadoras internacionais, como, por exemplo, a GlobalG.A.P, além de forte campanha de divulgação e marketing.

Nesse rol de certificação, vale destacar o plano de trabalho assinado em 1998, que regulamenta as exportações de mamão do Brasil para os Estados Unidos, o qual foi desenvolvido em conjunto com os seguintes órgãos: o Usda, o Serviço de Inspeção de Saúde Animal e Vegetal (Aphis – do inglês *Animal and Plant Health Inspection Service*), os Serviços Internacionais (IS) e a Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA) do Mapa. Esse plano, também denominado de programa *systems approach*, corresponde a um sistema de produção que inclui um conjunto de tecnologias com forte base biológica e ecológica, que mitiga os riscos de infestação do mamão por larvas de mosca-das-frutas das espécies *Ceratitidis capitata* e *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae), sem a necessidade de qualquer tratamento fitossanitário pós-colheita para seu controle (Martins; Alves, 1988; Martins et al., 1993).

A adoção do *systems approach* no estado do Espírito Santo permitiu a reabertura do mercado dos Estados Unidos para o consumo do mamão brasileiro, que foi suspenso em 1985 (Martins; Malavasi, 1999). Essa reabertura, ocorrida em setembro de 1998, representou, nos primeiros 5 anos do programa de exportação do papaia brasileiro para os Estados Unidos, a exportação de 21.655 t de frutas, gerando, no período, US\$ 18,7 milhões. Os Estados Unidos se apresentam

como um mercado potencial de consumo de 84 mil toneladas de mamão por ano.

Outra modalidade de certificação que merece destaque é a socioambiental, que, apesar de existir há algum tempo, ainda é pouco aplicada no território brasileiro. São consideradas como nova geração de certificações de alimentos aquelas que têm como objetivo a produção sustentável que combine práticas preocupadas com o ambiente e a sociedade, além dos aspectos econômicos. Teve seu início com o comércio justo ou solidário (*fair trade*), por meio da comercialização de produtos em sistemas mais justos de remuneração, os quais permitem o desenvolvimento das comunidades locais (Martins et al., 2013). O *fair trade* reúne cerca de 300 organizações em 60 países. Sua missão é promover equidade social, proteção ao ambiente e segurança econômica, por meio do comércio e da promoção de campanhas de conscientização (Fairtrade Labelling Organizations International, 2011).

Arranjo da cadeia produtiva

Na cadeia produtiva do mamoeiro para exportação, não se observa um arranjo organizacional dominante. As principais empresas exportadoras de mamão apresentam estratégias distintas quanto às formas de relacionamento, a montante e a jusante. Segundo Cardoso (2005), o crescimento da exportação e a manutenção de mercados internacionais dependem de estratégias de longo prazo adotadas pelas empresas, bem como da velocidade de resposta proporcionada pelos arranjos organizacionais à dinâmica dos mercados. Nesse sentido, cabe considerar a importância do relacionamento entre o setor produtivo, a indústria processadora e o sistema de distribuição, a fim de garantir a oferta de produtos de qualidade, em quantidade e regularidade para o mercado externo.

Essas mesmas prerrogativas do mercado externo também são válidas para o mercado interno, uma vez que o consumidor brasileiro

está se tornando cada vez mais exigente no que se refere à qualidade, fato esse evidenciado nas médias e grandes redes varejistas instaladas nos grandes centros urbanos.

Para o suprimento de matéria-prima, encontram-se casos de quase totalidade da produção do mamão sob o domínio hierárquico, outros sob contratos de longo prazo. Nas relações a jusante, para distribuição no mercado internacional, o cenário não é diferente. A maioria das empresas trabalha sem contrato formal com os compradores. Entretanto, algumas empresas comercializam seus produtos via atacadistas importadores, enquanto outras possuem escritórios próprios para venda direta ao comércio varejista nos países de destino (Cardoso, 2005). Os arranjos organizacionais predominantes na cadeia produtiva do mamão para exportação podem ser resumidos na Figura 11.

Segundo Cardoso (2005), três arranjos organizacionais são predominantes na cadeia produtiva de mamão para exportação (Figura 11):

- **Arranjo organizacional A (hierarquia – contrato):** a firma exportadora obtém matéria-prima dentro da sua própria estrutura de domínio, ao mesmo tempo em que comercializa a produção no mercado

internacional por meio de uma rede de importadores.

- **Arranjo organizacional B (hierarquia – hierarquia):** a firma exportadora obtém matéria-prima dentro da sua própria estrutura de domínio e comercializa a produção por meio de filiais que distribuem às redes varejistas no mercado internacional.
- **Arranjo organizacional C (contrato – hierarquia):** a firma exportadora obtém matéria-prima por meio de contratos e comercializa a produção por meio de filiais que distribuem às redes varejistas no mercado internacional.

Cabe destacar que, no aspecto organizacional da cadeia produtiva, o mercado internacional absorve o mamão como uma fruta exótica, ainda pouco conhecida pela maioria dos consumidores. Esse fato torna imperioso o investimento em uma ampla divulgação do mamão papaia, ressaltando seus atributos sensoriais, valor nutritivo (carboidratos, papaína, fibras, nutrientes, vitaminas, aminoácidos, carotenos) e propriedades funcionais, utilizando-se para isso todos os veículos e instrumentos de marketing disponíveis.

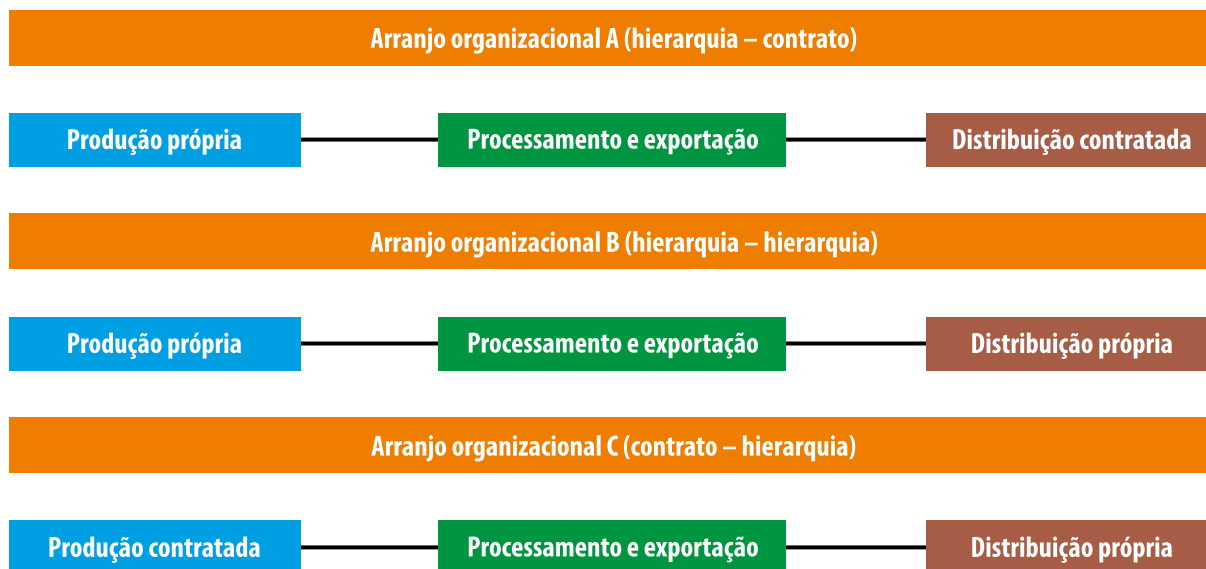


Figura 11. Principais características dos arranjos organizacionais da cadeia produtiva de mamão para exportação no Brasil.

Fonte: Adaptado de Medeiros (2001 citado por Cardoso, 2005).

Considerações finais

O mamão é uma das principais frutas cultivadas, consumidas e exportadas pelo Brasil, segundo maior produtor mundial. Seguindo as recomendações técnicas de boas práticas agrícolas, as quais podem ser consultadas em sistemas de produção disponíveis ao público em geral, produtores de vários portes conseguem obter boa rentabilidade.

O consumo do mamão vai além da sua forma in natura ou de produtos gerados em processamento na indústria alimentícia (como patês, pedaços da fruta desidratada, entre outros): são vários subprodutos cozerados, que vão desde a papaína (enzima extraída do mamão) para uso da indústria farmacêutica, até a polpa do mamão em filmes e revestimentos (à base de biopolímeros), que são utilizados pela indústria química.

O Brasil é o terceiro maior exportador de mamão, precedido apenas por México e Guatemala. Embora mais de 90% da produção nacional seja direcionada ao mercado interno, há potencial de crescimento das exportações brasileiras. Para tanto, faz-se necessário atentar para os problemas fitossanitários, sobretudo em relação aos vírus do mosaico do mamoeiro e da meleira.

O aumento no nível de exigência dos padrões de qualidade da fruta pelo mercado exportador ampliou o uso do modal aéreo, por causa da alta incidência de problemas de pós-colheita verificados no modal marítimo, que era o mais utilizado no passado.

O Norte do Espírito Santo e o Extremo Sul da Bahia são os polos produtores predominantes de mamão no País, com mais de 40% da produção nacional. Em paralelo, os polos do Oeste Baiano, Baixo Jaguaribe, CE, Baixo Acaraú, CE, Chapada do Apodi, RN, e Norte de Minas Gerais possuem potencial de crescimento para atender tanto o mercado interno quanto o externo.

Avanços tecnológicos ou gerenciais no tocante ao controle de pragas como o mosaico

do mamoeiro e o vírus da meleira, aliados aos cuidados com a pós-colheita – incluindo o processo de logística –, moldarão a sustentabilidade da cadeia do mamão em ambos os mercados interno e externo, sobretudo neste último.

Referências

- ALMEIDA, C. O.; CRUZ, J. L.; ALBUQUERQUE, A. F. A.; CARDOSO, C. E. L.; SOUZA, J. S. **Relatório de avaliação dos impactos das tecnologias geradas pela Embrapa: produção integrada de mamão**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2014.
- BATISTELLA, M.; GUIMARÃES, M.; MIRANDA, E. E.; VIEIRA, H. R.; VALLADARES, G. S.; MANGABEIRA, J. A. D. C.; ASSIS, M. C. **Monitoramento da expansão agropecuária na Região Oeste da Bahia**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2002. 39 p. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Documentos, 20).
- BRASIL. Diário Oficial da União, 9 de janeiro de 2009: páginas 7 a 12. 2009. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=1&data=09/01/2009&totalArquivos=48>. Acesso em: 5 nov. 2019.
- BRASIL. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. Secretaria de Comércio Exterior. Departamento de Estatística e Apoio à Exportação. **Comex Stat**: sistema para consultas e extração de dados do comércio exterior brasileiro. 2018. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>. Acesso em: 5 nov. 2019.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. **Perímetros de irrigação**. Disponível em: http://www.dnocs.gov.br/~dnocs/doc/canais/perimetros_irrigados/ce.htm. Acesso em: 28 abr. 2015.
- CALDARELLI, C. E.; NAKAMURA, C. Y.; OKANO, W. E.; ERCOLIN, T. M. Logística do mamão Formosa: uma análise de modalidade de transporte. In: CONGRESSO SOBER, 47., 2009, Porto Alegre. **Desenvolvimento rural e sistemas agroalimentares**: os agronegócios no contexto de integração das nações: anais. [Brasília, DF]: Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2009.
- CANTILLANO, R. F. F. Manejo y logística de las exportaciones de frutas de Brasil. **Simiente**, v. 72, n. 3-4, p. 29-31, 2002.
- CARDOSO, L. V. **Coordenação e competitividade no sistema agroindustrial de mamão**: estudo multicaso de firmas exportadoras. 2005. 173 f. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

- CARMO FILHO, F.; OLIVEIRA, O. F. **Mossoró**: um município do Semi-Árido nordestino, caracterização climática e aspecto florístico. Mossoró: ESAM, 1995. 62 p. (Coleção mossoroense, série B).
- CAVEDON, A. D.; SHINZATO, E. **Levantamento de reconhecimento de solos**. Salvador: CPRM-SUREG/SA, 2000. Projeto Porto Seguro/Santa Cruz Cabralia.
- CODEVASF. **Perímetros irrigados**: elenco de projetos. 2015. Disponível em: <http://www.codevasf.gov.br/principal/perimetros-irrigados/elenco-de-projetos>. Acesso em: 28 abr. 2015.
- CONAB. **Programa de Modernização dos Mercados Atacadistas de Hortigranjeiros (Prohort)**: Sistema de informações dos mercados atacadistas (Simab). 2018. Disponível em: <http://dw.ceasa.gov.br>. Acesso em: 5 nov. 2019.
- CRUZ, J. L.; SANTOS FILHO, H. P.; NORONHA, A. C. S.; SOUZA, L. D.; CARDOSO, C. E. L.; OLIVEIRA, A. A. R.; SANCHES, N. F.; OLIVEIRA, A. M. G. Produção integrada de mamão para o Estado da Bahia. In: ZAMBOLIM, L.; NASSER, L. C. B.; ANDRIGUETO, J. R.; TEIXEIRA, J. M.; FACHINELLO, J. C. (org.). **Produção integrada no Brasil**. Brasília, DF: CNPq; Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2008.
- CUÉLLAR PADILHA, M. C.; SEVILLA GUZMÁN, E. L. **Qué modelo de generación de credibilidad para el movimiento de Comercio Justo**. 2005. 71 p. Tesis (Doutorado de Agroecología, Sociología y Desarrollo Rural Sostenible) – Instituto de Sociología y Studios Camposinos, Universidad de Córdoba, Córdoba.
- DANTAS, J. L. L.; CASTRO NETO, M. T. Aspectos botânicos e fisiológicos. In: TRINDADE, A. V. (org.). **Mamão produção**: aspectos técnicos. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2000. p. 11-14. (Frutas do Brasil, 3).
- DANTAS, J. L. L.; OLIVEIRA, E. J. de; PEREIRA, M. G.; CATTANEO, L. F. Melhoramento genético do mamoeiro no Brasil. In: SIMPÓSIO DO PAPAYA BRASILEIRO, 5., 2011, Porto Seguro. **Inovação e sustentabilidade**: anais. Porto Seguro: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2011. 1 CD-ROM.
- DISTRITO DE IRRIGAÇÃO DE JAÍBA. Disponível em: <http://www.projetojaiba.com.br/index.php/paginas/1>. Acesso em: 28 abr. 2015.
- EVANS, E. A.; BALLEEN, F. H. **An overview of global papaya production, trade, and consumption**. Aug. 2012. Reviewed Sept. 2018. (Food and Resource Economics Department Series, UF/IFAS Extension, FE913). Disponível em: <https://edis.ifas.ufl.edu/pdf/FE/FE91300.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2019.
- FAIRTRADE LABELLING ORGANIZATIONS INTERNATIONAL. Bonn, 2011. Disponível em: <https://www.fairtrade.net>. Acesso em: 18 out. 2012.
- FAO. **FAOSTAT**: FAO's corporate database: crops. 2017. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#home>. Acesso em: 31 jul. 2017.
- GLOBALG.A.P.: o referencial global para as boas práticas agrícolas. [2012]. Disponível em: <https://www.globalgap.org>. Acesso em: 20 nov. 2012.
- IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. **Pesquisa agrícola municipal – PAM**. 2018. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 5 nov. 2019.
- IDEMA. Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte. **Anuário estatístico do Rio Grande do Norte**. Natal, 2001.
- LIMA, N. C. de; MOURA, W. de M.; SILVA, T. C. Certificação do café. In: REIS, P. R.; CUNHA, R. L. da; CARVALHO, G. R. (ed.). **Café arábica**: da pós-colheita ao consumo. Lavras: Unidade Regional EPAMIG Sul de Minas, 2011. v. 2, p. 547-589.
- LOREVICE, M. V.; MOURA, M. R. de; MATTOSO, L. H. C. Nanocompósito de polpa de mamão e nanopartículas de quitosana para aplicação em embalagens. **Química Nova**, v. 37, n. 6, p. 931-936, 2014. DOI: [10.5935/0100-4042.20140174](https://doi.org/10.5935/0100-4042.20140174).
- LUCENA, C. C. de. **Polos de produção de mamão no Brasil**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2016. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Documentos, 17). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/154702/1/DOC-217-Publica-056-15-Cicero.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2019.
- MARTINS, D. dos S.; ALVES, F. L. Ocorrência da mosca-das-frutas *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera Tephritidae), na cultura do mamoeiro (*Carica papaya* L.) no Norte do Estado do Espírito Santo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 17, p. 227-229, 1988.
- MARTINS, D. dos S.; ALVES, F. L.; ZUCCHI, R. A. Levantamento de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) na cultura do mamoeiro no Norte do Espírito Santo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 22, p. 373-379, 1993.
- MARTINS, D. dos S.; e MALAVASI, A. Aplicação do “sistem approach” para exportação de frutas com ênfase para o mamão (papaya) brasileiro. In: ALVES, R. E.; VELOZ, C. S. (org.). **Exigências quarentenárias para exportação de frutas tropicais e subtropicais**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical: CYTED: CONACYT, 1999. p. 97-112.
- MARTINS, D. dos S.; VENTURA, J. A.; TATAGIBA, J. da S. Produção integrada de mamão no Estado do Espírito

Santo. In: ZAMBOLIM, L.; NASSER, L. C. B.; ANDRIGUETO, J. R.; TEIXEIRA, J. M. A.; KOSOSKI, A. R.; FACHINELLO, J. C. (org.). **Produção integrada no Brasil**: agropecuária sustentável, alimentos seguros. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009. p. 569-626.

MARTINS, D. dos S.; YAMANISHI, O. K.; TATAGIBA, J. da S. **Normas técnicas e documentos de acompanhamento da Produção Integrada de Mamão**. Vitória: Incaper, 2003. 60 p. (Incaper. Documentos, 120).

MARTINS, D. S.; FONTES, J. R. M.; FORNAZIER, M. J.; ASSIS, J. S. Cultivo do mamoeiro: produção certificada. **Informe Agropecuário**, v. 34, n. 275, p. 89-95, jul./ago. 2013.

MARTINS, D. S.; VENTURA, J. A.; TATAGIBA, J. S. Produção Integrada de mamão no Espírito Santo. In: ZAMBOLIM, L.; NASSER, L. C. B.; ANDRIGUETO, J. R.; TEIXEIRA, J. M.; FACHINELLO, J. C. (org.). **Produção integrada no Brasil**. Brasília, DF: CNPq; Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2008.

NEVES, M. C. P. Certificação: garantia da qualidade dos produtos orgânicos. In: AQUINO, A. M. de; ASSIS, R. L. de (ed.). **Agroecologia**: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 237-256.

OLIVEIRA, A. A. R.; SANTOS FILHO, H. P.; ANDRADE, E. C. de; MEISSNER FILHO, P. E. Impacto potencial das mudanças climáticas sobre as doenças do mamoeiro no Brasil. In: GHINI, R.; HAMADA, E.; BETTIOL, W. (ed.). **Impactos das mudanças climáticas sobre doenças de importantes culturas no Brasil**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2011. 356 p.

RUGGIERO, C.; DURIGAN, J. F.; GOES, A.; NATALE, W.; BENASSI, A. C. Panorama da cultura do mamão no Brasil e no mundo: situação atual e tendências. In: MARTINS, D. S. (ed.). **Papaya Brasil**: qualidade do mamão para o mercado interno. Vitória: Incaper, 2003. p. 13-34.

RUGGIERO, C.; MARIN, S. L. D.; DURIGAN, J. F. Mamão, uma história de sucesso. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 1, out. 2011. Volume especial.



CAPÍTULO 2

Classificação botânica

Sebastião de Oliveira e Silva

Cristina Ferreira Nepomuceno

Carlos Alberto da Silva Ledo

Introdução

O mamoeiro pertence ao reino Plantae, Magnoliophyta (ou Angiospermae), classe Magnoliopsida (ou Eudicotyledoneae), ordem Brassicales e família Caricaceae (Melchior, 1964; Judd et al., 2009; Itis, 2011) (Tabela 1). A família Caricaceae é constituída por 35 espécies, as quais estão organizadas em seis gêneros: *Jacaratia* (7 espécies), *Jarilla* (3 espécies), *Cylicomorpha* (2 espécies), *Horovitzia* (1 espécie), *Vasconcellea* (21 espécies) e *Carica* (1 espécie, cultivada comercialmente) (Lorenze; Colín, 1988; Trindade, 2000; Van Droogenbroeck et al., 2002). A espécie *Carica papaya* L., que possui valor comercial, apresenta as sinonímias *Carica sativa* Tussac, *Papaya carica* Gaertn., *Papaya edulis* Bojer e *Papaya vulgaris* A. DC. (Lorenzi et al., 2006).

Tabela 1. Classificação botânica do mamoeiro.

| Categoria | Descrição |
|--------------|---|
| Reino | Plantae |
| Sub-reino | Viridiplantae (plantas vasculares) |
| Infrarreino | Streptophyta |
| Superdivisão | Embryophyta ou Spermatophyta (plantas com sementes) |
| Divisão | Angiospermae ou Magnoliophyta (plantas com flores) |
| Subdivisão | Spermatophytina ou Fanerógamas (plantas com flores) |
| Classe | Magnoliopsida |
| Superordem | Rosanae |
| Ordem | Brassicales ou Violales |
| Família | Caricaceae |

Fonte: Itis (2011).

Quanto à distribuição, as espécies do gênero *Jacaratia* aparecem do México ao Brasil (Badillo, 2001). No Brasil, são encontradas quatro espécies desse gênero: *Jacaratia corumbensis*, *J. digitata*, *J. heptaphylla* e *J. spinosa*. Nenhuma das espécies é endêmica. Estão distribuídas geograficamente

nos estados brasileiros da seguinte maneira: *J. corumbensis* – Tocantins, Bahia, Goiás e Minas Gerais; *J. digitata* – Amazonas, Acre e Rondônia; *J. heptaphylla* – Bahia, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo e Rio de Janeiro; *J. spinosa* – Pará, Acre, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Bahia, Rio de Janeiro e Santa Catarina (Forzza et al., 2010).

As espécies do gênero *Jarilla* são encontradas no México e na Guatemala. O gênero *Cylicomorpha* é o único com distribuição na África Equatorial (Badillo, 2001). O gênero *Horovitzia* é endêmico do México. As espécies que constituem *Vasconcellea* e *Carica* se distribuem do México ao Chile, Argentina e leste do Brasil. De acordo com Forzza et al. (2010), no Brasil ocorrem quatro espécies (nenhuma endêmica) e uma subespécie (não endêmica) do gênero *Vasconcellea*: *Vasconcellea glandulosa*, *V. quercifolia*, *V. monoica*, *V. microcarpa* e *V. microcarpa* subsp. *heterophylla*. A distribuição geográfica dessas espécies no Brasil está definida da seguinte forma: *V. glandulosa* – Acre, Maranhão, Mato Grosso e Minas Gerais; *V. quercifolia* – Ceará, Bahia, Sergipe, Mato Grosso, Goiás, Distrito Federal, Mato Grosso do Sul, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Bahia; *V. monoica* – Distrito Federal, São Paulo e Rio de Janeiro; *V. microcarpa* subsp. *heterophylla* – Amazonas e Acre.

A ocorrência da espécie *Carica* no Brasil está distribuída nos seguintes estados: Roraima, Amapá, Pará, Amazonas, Tocantins, Acre, Rondônia, Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Bahia, Alagoas, Sergipe, Mato Grosso, Goiás, Distrito Federal, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Forzza et al., 2010).

Possivelmente, novas espécies ou mesmo espécies já relatadas em outras regiões poderão ser detectadas em locais até então inexplorados.

Origem, domesticação e disseminação

O local de origem do mamoeiro ainda é discutido. Alguns autores mencionam o sul do México, outros citam as terras baixas da América Central e Antilhas. No entanto, essas ilhas (Antilhas) foram descartadas por não ocorrer ali o gênero *Carica* (Dantas et al., 2002).

Considera-se que o centro de origem e também de dispersão do gênero é o noroeste da América do Sul – vertente oriental dos Andes ou, mais precisamente, a Bacia Amazônica Superior, onde se apresenta a máxima diversidade genética (Badillo, 1971; Medina et al., 1980). Assim, acredita-se que dali saíram as primeiras sementes para o Panamá, São Domingos, algumas ilhas do Caribe e regiões da América do Sul (De Candolle, 1895 citado por Lassoudière, 1969). Lorenzi et al. (2006) consideram como centro de origem e dispersão do mamoeiro a América Tropical como um todo. Sendo assim, o mamoeiro pode ser caracterizado como uma planta tipicamente tropical (Badillo, 1971).

Após a descoberta do Novo Mundo, o mamoeiro foi amplamente distribuído pelos trópicos, principalmente África e Ásia, inicialmente por navegadores portugueses, espanhóis e, posteriormente, por mercadores árabes. Relatos de diversos autores permitiram levantar o ano em que o mamoeiro foi introduzido em vários países: Panamá e Porto Rico (1535), Cuba (1540), Brasil (1587), Índia (1611), Europa (1626), Senegal (1637), Paraguai (1648), Ceilão (1667), São Tomé (1686), Madagascar (1750), Estados Unidos – Flórida (1773), Nigéria (1824), Havaí e ilhas do sul do Pacífico (1800–1823) e Israel (1923).

A primeira menção sobre a existência da planta do mamoeiro data de 1935 (Simão, 1998), feita pelo cronista espanhol G. H. de Oviedo, em seu livro *The general and natural history of the Indies*, no qual informava aos reis da Espanha ter

encontrado plantas desse gênero que cresciam entre o sul do México e o norte da Nicarágua.

Até a década de 1970, o mamão era cultivado somente em São Paulo. A partir de 1975–1976 a cultura migrou para outras regiões do País, como o nordeste do Pará, o Extremo Sul da Bahia e o Norte do Espírito Santo. Nos anos seguintes, chegou a Goiás (1980), Pernambuco (1995), Ceará (1998), Rio Grande do Norte (fim da década de 1990) e Janaúba, MG (2001) (Ruggiero et al., 2011).

Descrição da espécie *Carica papaya* L.

Em razão da importância econômica que *C. papaya* apresenta, segue-se a caracterização morfológica apenas para a referida espécie. Contudo, vale ressaltar que as espécies do gênero *Vasconcellea* apresentam grande importância como recurso genético no melhoramento de *C. papaya*, pelo fato de apresentarem genes de interesse.

Assim, em *V. cundinamarcensis*, encontram-se genes para tolerância ao frio; em *V. goudotiana*, genes para resistência a *Phytophthora*; e, em *V. quercifolia*, genes para alto teor de açúcar. Por sua vez, *V. stipulata*, *V. cauliflora*, *V. cundinamarcensis* e *V. quercifolia* possuem genes para resistência ao vírus da mancha-anelar (*Papaya ringspot virus*, PRSV-P) (Badillo, 2000; Oliveira et al., 2007).

Caule

O mamoeiro é uma planta tipicamente tropical, cuja altura varia de 3 m a 8 m na fase adulta. Possui caule cilíndrico de 10 cm a 30 cm de diâmetro, herbáceo, ereto, geralmente indiviso, fistuloso nas regiões dos entrenós, suculento, marcado por grandes e numerosas cicatrizes foliares, que terminam com um grupo denso de grandes folhas na região apical. É de coloração verde-clara no ápice e verde-grisácea a acinzentada na base (Marin; Gomes,

1986). O caule é lactescente (ou seja, produtor de látex, que, em sua composição, contém a papaína, uma substância largamente empregada em indústrias para amaciamento de carnes, confecção de queijos, chicletes e na indústria de couros).

Folhas

As folhas são glabras, de contorno suborbicular, dispostas de forma espiralada, grandes, com 20 cm a 60 cm de comprimento e até 70 cm de largura, longo-pecioladas, com lâminas ovais ou orbiculares, profundamente palmatilobadas, oblongas ou sinuosas. Os lóbulos foliares são de 7 a 13, em média 11, inteiros ou sinuados lobados, profundamente palmatilobados, mais salientes na face abaxial, de cor verde-clara na face superior e verde-pálida na face inferior, cobertos por material ceroso, quase todos pinatifídios. Às vezes os lóbulos só ocorrem na margem externa, que apresenta de um a dois lóbulos ou são totalmente inteiros. As folhas superiores são eretas e expandidas (Medina et al., 1989). Os pecíolos são longos, fistulosos, cilíndricos, verde-pálidos ou vermelhos, geralmente de 50 cm a 70 cm de comprimento, mas podem chegar a 1 m de comprimento (Badillo, 1993).

Raiz

O mamoeiro apresenta sistema radicular pivitante, com raiz principal bastante desenvolvida e ramificações radiais, portanto é classificado como grampiforme. Sua coloração é branco-cremosa, e suas ramificações estão distribuídas em maior quantidade nos primeiros 30 cm do solo. No entanto, podem desenvolver-se em até duas vezes a altura da planta, sendo normalmente capazes de explorar a camada de solo em torno de 1 m de profundidade (Luna, 1980; Marin; Gomes, 1986; Trindade, 2000).

Flores

O mamoeiro apresenta flores brancas ou amareladas, com ovário unilocular, o que o

diferencia das espécies do gênero *Vasconcellea*. A descrição dos tipos de inflorescências e flores que ocorrem no mamoeiro é relatada por diversos autores e há diferenças relativas quanto às diversas partes das flores e de seu conjunto, por causa da grande diversidade de formas florais existentes (Storey, 1941; Lassoudière, 1969; Badillo, 1993).

De maneira geral, ocorrem três tipos de flores: a pistilada ou feminina típica; a flor estaminada ou masculina típica; e as hermafroditas. Mais recentemente, as flores de mamoeiro foram classificadas da seguinte forma: a) feminina, estável, sem estames; b) hermafrodita, com cinco estames, podendo ser do tipo pentândrica, intermediária, alongada, flor perfeita ou estéril; e c) flores masculinas (Chan, 2009; Dinesh, 2010).

Excetuando-se as formas feminina pura e masculina pura, existe uma série contínua de variações de tipos florais que vão desde flores com dez estames e cinco carpelos, até flores com cinco estames e dez carpelos (Storey, 1938, 1958). Essas variações, segundo Lassoudière (1969), poderiam resultar da relação morfogênica entre o androceu e o gineceu, que parece estar ligada a fatores microclimáticos no momento da indução floral.

Os principais tipos sexuais de flores de mamoeiro baseados nos estudos de Hofmeyer (1938) e Storey (1941) são descritos a seguir.

Tipo 1 – Flor pistilada ou feminina típica

A flor pistilada ou feminina típica é desprovida de estames, possui um ovoide distinto e ovário que termina em um estigma de cinco lobos.

As flores femininas são grandes, em número de duas ou três, formadas em pedúnculos curtos nas axilas foliares. Possuem pétalas totalmente livres até a parte inferior da corola. O órgão feminino é composto de um ovário grande, arredondado, que se afunila para o ápice com cinco

estigmas em formato de leque. Necessitam de pólen das flores masculinas ou hermafroditas para fecundação e formação de frutos, os quais podem ter formatos que variam de arredondados a ovalados e cavidade interna grande em relação à espessura da polpa (Chan, 2009).

Tipo 2 – Flor hermafrodita

As flores hermafroditas, também chamadas de bissexuais, são menores, presas a pedúnculos curtos nas axilas das folhas, reunidas em grupos com pequeno número, como ocorre com as flores femininas. Suas pétalas são soldadas da base até quase a metade do seu comprimento. O órgão masculino apresenta de dois a dez estames funcionais, com anteras de cor amarelada.

O órgão feminino é constituído de um ovário, geralmente alongado, que varia de piriforme a cilíndrico, com cinco estigmas em forma de leque no ápice. Por apresentarem os dois órgãos, é natural a ocorrência de autofecundação.

As flores hermafroditas podem se apresentar de diversas formas. Os tipos de variações são as seguintes: pentândrica, intermediária, alongada e estéril. Esses tipos dão origem a formas diferentes de frutos, sendo alguns deles deformados e sem valor comercial, como os frutos carpeloides e pentândricos (Storey, 1941).

Tipo 2.1 – Flor hermafrodita pentândrica

Assemelha-se muito (em tamanho e aspecto externo) às flores femininas, porém se difere delas por possuir cinco estames curtos, os quais se alternam com as pétalas. Sua corola é estreita e suas pétalas livres quase até a base. Possui estames de filamentos longos que se inserem em sulcos profundos na parede do ovário, os quais persistem no fruto maduro, que é arredondado ou globular e tem cinco lóbulos. A cavidade interna é grande em relação à espessura da polpa, com sulcos longitudinais bem pronunciados na casca dos frutos (Dantas et al., 2002).

Tipo 2.2 – Flor hermafrodita carpeloide

A flor hermafrodita carpeloide ou intermediária é assim denominada por não possuir uma organização definida (Storey, 1941), ou seja, pode apresentar muitas formas anormais que resultam em frutos deformados ou com distorções variáveis. As pétalas podem ser quase livres ou conectadas em vários graus, mas não necessariamente de forma simétrica. O número de estames pode variar de dois a dez, e o grau de fusão às pétalas, ao ovário ou a ambos também apresenta variações. Os carpelos, que variam de cinco a dez, mostram diversos graus de fusão e possuem ovário irregularmente estriado (Chan, 2009).

Tipo 2.3 – Flor hermafrodita alongada

A flor hermafrodita alongada apresenta dez estames funcionais e um ovário alongado e liso. Esse tipo de flor hermafrodita, da qual se originam frutos de valor comercial, apresenta pedúnculos curtos, localizados nas axilas das folhas, em racemos florais como as flores femininas. São flores perfeitas, de diâmetro pequeno, que medem de 2,5 cm a 4,0 cm de comprimento e de 1,5 cm a 2,0 cm de diâmetro. A corola é gamopétala, e as pétalas são soldadas na base da corola até quase a metade do seu comprimento, quando abertas. Os estames são em número de dez, todos funcionais, dispostos em duas séries no ápice do tubo da corola – cinco alternos às pétalas e cinco opostos a essas. O pistilo é geralmente composto de cinco carpelos. O ovário é alargado na base, com diâmetro muito menor que o das flores femininas típicas, cujo formato é semelhante a uma lâmpada, quando a flor está fechada. Os frutos são de forma sempre alongada, mas variações de forma piriforme a cilíndrica são encontradas. Geralmente a cavidade interna é menor do que a metade do diâmetro do fruto (Dantas et al., 2002).

Tipo 2.4 – Flor hermafrodita estéril

A flor hermafrodita estéril possui dez estames funcionais, pistilo abortado que se torna

vestigial, sem estigma. Essas flores não desenvolvem o ovário sob determinadas condições climáticas. Diferem das flores masculinas por possuírem pedúnculos curtos, inseridos nas axilas foliares. Essa anomalia das flores hermafroditas alongadas, denominada esterilidade feminina, ocorre durante os meses quentes do ano, e se intensifica por déficit hídrico nas regiões produtoras, comprometendo a produção de frutos.

Tipo 3 – Flor estaminada ou masculina típica

Essas flores são distribuídas em pedúnculos longos, originados nas axilas das folhas localizadas na parte superior do mamoeiro, agrupadas em inflorescência do tipo panícula. São caracterizadas pela ausência de estigma e ovário e pelo tubo da corola estreito e muito longo. O órgão masculino é constituído por dez estames funcionais dispostos em duas séries, com pistilo rudimentar, sem estigma, geralmente estável (Marin; Gomes, 1986).

Dependendo das condições climáticas, o fenômeno da reversão sexual é comum em mamoeiro. Dessa forma, em certas épocas do ano, as inflorescências dos mamoeiros machos podem produzir flores hermafroditas, geralmente alongadas, que possibilitam, conseqüentemente, o desenvolvimento de frutos hermafroditas, conhecidos como mamão-de-corda, mamão-macho ou mamão-de-cabo (Storey, 1958; Manica, 1982). A reversão de sexo também pode ocorrer em plantas hermafroditas com alterações morfológicas em graus variados, sob a influência das mudanças climáticas e ambientais.

Inflorescências

Carica papaya é uma espécie polígama. Na natureza, é dioica, com macho e fêmea na população, mas, possivelmente por causa da interferência do homem e da seleção deliberada contra plantas não produtivas do sexo

masculino, surgiram as populações ginodioicas com plantas fêmeas e hermafroditas (Storey, 1969).

As plantas hermafroditas têm uma inflorescência relativamente curta, com predominância de flores hermafroditas. As plantas femininas têm uma inflorescência curta, que apresenta somente flores femininas, enquanto as plantas masculinas são caracterizadas pelo maior comprimento do pedúnculo, com muitas flores cimosas.

A descrição e a classificação das variantes sexuais de *C. papaya* diferem amplamente, porque a expressão do sexo em hermafroditas é profundamente influenciada por diferenças entre cultivares e condições climáticas, principalmente temperatura, e pelas condições de umidade do solo (Awada, 1958).

De acordo com os tipos de flores produzidas, a espécie *C. papaya* possui as seguintes formas sexuais (Horovitz, 1954):

- 1) **Ginoica:** constituída por mamoeiros com flores exclusivamente femininas.
- 2) **Androica:** constituída por mamoeiros com flores exclusivamente masculinas.
- 3) **Andromonoica:** constituída por mamoeiros que têm em suas inflorescências uma mistura de flores masculinas e hermafroditas.

De acordo com as formas sexuais dos indivíduos as populações da espécie *C. papaya* podem ser classificadas da seguinte forma:

- 1) **Populações dioicas:** constituídas por indivíduos ginoicos e androicos. São mamoeiros originados dos cruzamentos de plantas do sexo masculino com plantas do sexo feminino, produzindo plantas dos dois sexos em iguais proporções.
- 2) **Populações ginoico-andromonoicas:** constituídas por indivíduos ginoicos e andromonoicos.

- 3) **Populações andromonoico-trioicas:** constituída por indivíduos ginoicos, androicos e andromonoicos.

No Brasil, as plantas dioicas não são cultivadas comercialmente. São encontradas somente em pomares domésticos, em regiões onde a cultura não é uma tradição, sendo conhecidas como “mamão-de-quintal” e “mamão-de-passarinho”. Os mamoeiros ginoico-andromonoicos são originários de cruzamentos entre plantas hermafroditas, as quais são capazes de se autofecundar, por apresentarem órgão masculino e feminino na mesma flor, não necessitando de pólen de outras flores ou plantas para produzir frutos e sementes. Essas são as mais desejáveis comercialmente. As cultivares dos grupos Solo e Formosa apresentam essa característica.

No Brasil, assim como na maioria dos países produtores de mamão, dá-se preferência ao plantio de populações ginoico-andromonoicas (hermafroditas), com eliminação das plantas femininas e masculinas por ocasião do início do florescimento e o conseqüente aproveitamento das plantas hermafroditas que produzem frutos com características que atendem aos mercados interno e externo (Dantas; Castro Neto, 2000).

Frutos

Os frutos do mamoeiro são alongados, do tipo baga, de forma variável (arredondado, oblongo, alongata, cilíndrico e piriforme), de tamanho pequeno (2 cm a 10 cm de comprimento por 1,5 cm a 6 cm de diâmetro) até muito grande (com até 50 cm de comprimento), que podem chegar a até 10 kg. Variam em peso, sabor e coloração. A casca é fina e lisa, bastante resistente, aderida à polpa, de cor verde-escura, que vai se tornando amarelada ou alaranjada à medida que o fruto amadurece. A polpa é carnosa, macia, adocicada, bastante aromática, com 2,5 cm a 5,0 cm de espessura e coloração que varia de amarela a avermelhada (vermelho-alaranjada), com numerosas sementes pretas. O fruto é geralmente oco (Andrade, 1980; Marin,

1986; Badillo, 1993; Oliveira et al., 1994; Silva; Tassara, 1996; Dantas et al., 2002; Lorenzi et al., 2006; Rigotti, 2012).

O tipo de flor determina o formato do fruto. Assim, flores hermafroditas resultam em fruto comprido, enquanto flores femininas produzem fruto de formato redondo. Frutos de formato redondo não estão dentro dos padrões qualitativos de comercialização (Horti Brasil, 2000).

Em plantas silvestres, o interior do fruto pode ser completamente preenchido por sementes e massa placentária. As sementes são pequenas, medem de 5 mm a 7 mm e apresentam sarcotesta mucilagínosa, lisa, esclerotesta (endotesta), com numerosas protuberâncias irregularmente dentadas, em formas de cristas meridianas agudas e irregulares, bastante próximas. O embrião é reto, com cotilédones ovoides e achatados, circundados por endosperma carnoso e rico em ácidos graxos. A germinação é relativamente rápida (2 a 3 semanas) e epigea (Berbert et al., 2008).

Considerações finais

Todas as modificações diretamente ligadas à produção de carboidrato sugerem que o mamoeiro possui uma plasticidade morfogenética considerável, em condições de sombreamento, sendo classificado como uma planta heliófila. A cultura é praticada na faixa de latitude de 32° Norte a 32° Sul, com temperatura ótima de 25 °C. No entanto, o clima tem grande influência na planta, inclusive por alterar o seu sexo e ou torná-la estéril.

Quando se consideram características como qualidade de fruto para o consumo, pode se dizer que o mamão é bem conhecido, no entanto, com relação à resistência à doença, como a mancha-anelar e à produção de papaína, é necessário estudar melhor o germoplasma de mamão e até mesmo avaliar a possibilidade de realização de cruzamentos interespecíficos.

A família Caricaceae é constituída por 35 espécies de seis gêneros, mas somente *C. papaya*

possui valor comercial, por isso é a única com a qual se trabalha geneticamente. Assim, muitas características terão de ser buscadas em outras espécies, por meio do uso de novas técnicas de melhoramento genético.

Com relação à classificação botânica sugere-se:

- Ampliar os estudos de classificação de novos acessos de caricáceas no Brasil, o que vai contribuir para identificação de cultivares de mamoeiro com características agrônômicas para comercialização e com novas aplicações tecnológicas.
- Implementar técnicas de biologia molecular a fim de obter grande quantidade de dados para análises filogenéticas e comparação entre acessos morfológicamente diferentes de caricáceas.
- Difundir estudos de classificação e caracterização, reunindo informações técnicas que permitam o conhecimento necessário para que o mamão brasileiro possa ser qualitativa e quantitativamente competitivo no mercado internacional.

Referências

- ANDRADE, V. M. M. O mamoeiro, taxonomia e morfologia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DO MAMOEIRO, 1., 1980, Jaboticabal. **Anais** [...]. São Paulo: Unesp, 1980. p. 61-67.
- AWADA, M. **Relationships of minimum temperature and growth rate with sex expression of papaya plants (*Carica papaya* L.)**. Honolulu: Hawaii Agricultural Experiment Station, University of Hawaii, 1958. 16 p. (Technical bulletin, 38).
- BADILLO, V. M. *Carica* L. vs. *Vasconcella* St. Hil. (Caricaceae) con la rehabilitacion de este ultimo. **Ernstia**, v. 10, n. 2, p. 74-79, 2000.
- BADILLO, V. M. Caricaceae: segundo esquema. **Review Facultad de Agronomia**, v. 43, p. 1-111, 1993.
- BADILLO, V. M. **Monografía de la familia Caricaceae**. Maracay: Editorial Nuestra América, 1971. 221 p.
- BADILLO, V. M. Nota correctiva *Vasconcella* St. Hill, y no *Vasconcella* (Caricaceae). **Ernstia**, v. 11, p. 75-76, 2001.
- BERBERT, P. A.; CARLESSO, V. O.; SILVA, R. F.; ARAUJO, E. F.; THIEBAUT, J. T. L.; OLIVEIRA, M. T. R. Qualidade fisiológica de semente de mamão em função da secagem e do armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 1, p. 40-48, 2008.
- CHAN, Y.-K. Breeding Papaya (*Carica papaya* L.). In: JAIN, S. M.; PRIYADARSHAN, P. M. (ed.). **Breeding plantation tree crops: tropical species**. New York: Springer, 2009. p. 121-159. DOI [10.1007/978-0-387-71201-7_4](https://doi.org/10.1007/978-0-387-71201-7_4).
- DANTAS, J. L. L.; CASTRO NETO, M. T. Aspectos botânicos e fisiológicos. In: TRINDADE, A. V. (org.). **Mamão: produção: aspectos técnicos**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 11-14. (Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. Frutas do Brasil, 3).
- DANTAS, J. L. L.; DANTAS, A. C. V. L.; LIMA, J. F. de. Mamoeiro. In: BRUCKNER, C. H. (ed.). **Melhoramento de fruteiras tropicais**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2002. p. 309-349.
- DINESH, M. R. Papaya breeding in India. **Acta Horticulturae**, n. 851, p. 69-76, 2010. II International Symposium on Papaya. DOI [10.17660/ActaHortic.2010.851.7](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.851.7).
- FORZZA, R. C.; BAUMGRATZ, J. F. A.; BICUDO, C. E. M.; CARVALHO JR., A. C.; COSTA, A.; COSTA, D. P.; HOPKINS, M.; LEITMAN, P. M.; LOHMANN, L. G.; MAIA, L. C.; MARTINELLI, G.; MENEZES, M.; MORIM, M. P.; COELHO, M. A. N.; PEIXOTO, A. L.; PIRANI, J. R.; PRADO, J.; QUEIROZ, L. P.; SOUZA, V. C.; STEHMANN, J. R.; SYLVESTRE, L. S.; WALTER, B. M. T.; ZAPPI, D. (ed.). **Catálogo de plantas e fungos do Brasil**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2010. 871 p.
- HOFMEYER, I. D. J. **Genetical studies of *Carica papaya* L.** [S.l.]: Africa Department of Agriculture, 1938. 64 p. (Bulletin, n. 187).
- HOROVITZ, S. Determinación del sexo en *Carica papaya* L., estructura hipotética de los cromossomas sexuales. **Agronomia Tropical**, v. 3, n. 4, p. 229-249, 1954.
- HORTI BRASIL. **Folheto mamão**. 2000. Disponível em: <http://www.hortibrasil.org.br/jnw/images/stories/folders/mamao.pdf>. Acesso em: 2 mar. 2013.
- ITIS. **Caricaceae of North America Update, database (version 2011)**. 2011. Disponível em: https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/RefRpt?search_type=source&search_id=source_id&search_id_value=857. Acesso em: 2 mar. 2013. Updated for ITIS by the Flora of North America Expertise Network, in connection with an update for USDA PLANTS (2007-2010) ITIS Report.

- JUDD, W. S.; CAMPBELL, C. S.; KELLOGG, E. A.; STEVENS, P. F.; DONOGUE, M. J. **Sistemática vegetal**: um enfoque filogenético. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 632 p.
- LASSOUDIÈRE, A. Le papayer. **Fruits**, v. 24, n. 2, p.105-113, 1969.
- LORENCE, D. H.; COLÍN, R. T. *Carica cnidoscoloides* (sp. nov.) and sect. *Holostigma* (sect. nov) of Caricaceae from Southern Mexico. **Systematic Botany**, v. 13, n. 1, p. 107-110, Jan/Mar 1988. DOI: 10.2307/2419246.
- LORENZI, H.; BACHER, L.; LACERDA, M.; SARTORI, S. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas**. São Paulo: Instituto Plantarum, 2006. 640 p.
- LUNA, J. V. U. **Instruções práticas para a cultura do mamoeiro**. Salvador: Epaba, 1980. 14 p.
- MANICA, I. **Fruticultura tropical**: 3. Mamão. São Paulo: Agronômica Ceres, 1982. 276 p.
- MARIN, S. L. D. Morfologia e biologia floral do mamoeiro. **Informe Agropecuário**, v. 12, n. 134, p. 14-18, 1986.
- MARIN, S. L. D.; GOMES, J. A. Morfologia e biologia floral do mamoeiro. **Informe Agropecuário**, v. 12, n. 134, p. 10-14, 1986.
- MEDINA, J. C.; SALOMON, E. A. G.; VIEIRA, L. F.; RENESTO, O. V.; FIGUEIREDO, N. M. S.; CANTO, W. L. **Mamão**: da cultura ao processamento e comercialização. Campinas: Ital, 1980. 244 p. (Série frutas tropicais, 7).
- MEDINA, J. C.; SALOMON, E. A. G.; VIEIRA, L. F.; RENESTO, O. V.; FIGUEIREDO, N. M. S.; CANTO, W. L. Cultura. In: MEDINA, J. C.; BLEINROTH, E. W.; SIGRIST, J. M. M.; DE MARTIN, Z. J.; NISIDA, A. L. A. C.; BALDINI, V. L. S.; LEITE, R. S. S. F.; GARCIA, A. E. B. **Mamão**: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos. 2. ed. Campinas: Ital, 1989. p. 1-178.
- MELCHIOR, H.; ENGLER, A. (ed.). **Syllabus der Pflanzenfamilien. I. Band: Allgemeiner Teil. Bakterien bis Gymnospermen. II. Band: Angiospermen**. 12th ed. Berlin: Verlag, 1964.
- OLIVEIRA, A. M. G.; FARIAS, A. R. N.; SANTOS FILHO, H. P.; OLIVEIRA, J. R. P.; DANTAS, J. L. L.; SANTOS, L. B. dos; OLIVEIRA, M. de A.; SOUZA JUNIOR, M. T.; SILVA, M. J.; ALMEIDA, O. A. de; NICKEL, O.; MEDINA, V. M.; CORDEIRO, Z. J. M. **Mamão para a exportação**: aspectos técnicos de produção. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1994. 52 p. (Publicações técnicas Frupex 9).
- OLIVEIRA, E. J. de; DANTAS, J. L. L.; CASTELLEN, M. da S. Conservação e uso do germoplasma de mamoeiro na Embrapa. **Zoonews Online**, 2007. Disponível em: <http://www.zoonews.com.br/noticias2/noticia.php>. Acesso em: 7 jul. 2015.
- RIGOTTI, M. **Cultura do mamoeiro**. Disponível em: <http://www.portaldahorticultura.xpg.com.br/CulturadoMamoeiro.pdf>. Acesso em: 4 dez. 2012.
- RUGGIERO, C.; MARIN, S. L. D.; DURIGAN, J. F. Mamão, uma história de sucesso. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 76-82, out. 2011. Número especial. DOI 10.1590/S0100-29452011000500011.
- SILVA, S.; TASSARA, H. **Frutas do Brasil**. São Paulo: Empresas das Artes, 1996. 230 p.
- SIMÃO, S. Mamoeiro. In: SIMÃO, S. **Tratado de fruticultura**. Piracicaba: Fealq, 1998. p. 541-575.
- STOREY, W. B. Modification of sex expression in papaya. **Horticultural Advance**, v. 2, p. 49-60, 1958.
- STOREY, W. B. Papaya (*Carica papaya* L.). In: FERWERDA, P.; WIT, F. (ed.) **Outline of perennial crop breeding in the tropics**. Wageningen: Veenman and Zonen, 1969. p. 389-407.
- STOREY, W. B. Segregation sex types in solo papaya and their application to the selection of seed. **Proceedings America Society for Horticultural Science**, v. 35, p. 83-85, 1938.
- STOREY, W. B. The botany and sex relations of the papaya. In: STOREY, W. B.; JONES, W. V. (ed.). **Papaya production in the Hawaiian Islands. Part 1. The botany and sex relationships of the papaya**. Honolulu: Hawaii Agricultural Experiment Station, University of Hawaii, 1941. p. 5-22. (Technical bulletin, 87).
- TRINDADE, A. V. (org.). **Mamão**: produção: aspectos técnicos. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. 74 p. (Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. Frutas do Brasil, 3).
- VAN DROOGENBROECK, B.; BREYNE, P.; GOETGHEBEUR, P.; ROMEIJN-PEETERS, E.; KYNDT, T.; GHEYSEN, G. AFLP analysis of genetic relationships among papaya and its wild relatives (Caricaceae) from Ecuador. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 105, p. 289-297, 2002. DOI: 10.1007/s00122-002-0983-4.

Melhoramento genético

Sebastião de Oliveira e Silva
Cristina Ferreira Nepomuceno
Maurício dos Santos da Silva
Paulo Ernesto Meissner Filho
Carlos Alberto da Silva Ledo

Introdução

O mamoeiro é originário das Américas. Sua distribuição se concentra principalmente na América Central e na Bacia Amazônica Superior, onde ocorre a maior diversidade genética (Badillo, 2000). O mamoeiro pertence à família Caricaceae, que apresenta 35 espécies e é dividida em 6 gêneros: *Jacaratia* (7 espécies), *Jarilla* (3 espécies), *Cylicomorpha* (2 espécies), *Horovitzia* (1 espécie), *Vasconcellea* (21 espécies) e *Carica* (1 espécie, que é cultivada comercialmente) (Lorence; Torres, 1988; Trindade, 2000; Badillo, 2002; Van Droogenbroeck et al., 2002).

O desenvolvimento de pesquisas com a cultura do mamoeiro (*Carica papaya* L.) é de grande interesse para o Brasil, segundo maior produtor mundial dessa fruta, cuja produção é de aproximadamente 1,6 milhão de toneladas e o rendimento de 50,06 t ha⁻¹. O estado da Bahia é o principal produtor, com 45% da produção nacional (IBGE, 2015).

O mamoeiro apresenta importância destacada na fruticultura nacional. Em 2016, foram cultivados no País 30.372 ha, o que gerou uma produção de 1,42 milhão de toneladas de frutos com valor de produção de aproximadamente R\$ 1,5 milhão (FAO, 2017). A produção mundial de mamão em 2016 foi de 10,5 milhões de toneladas, e os principais países produtores foram os seguintes: Índia (5,70 milhões de toneladas), Brasil (1,42 milhão de toneladas), México (951,9 mil toneladas) e Indonésia (904,3 mil toneladas) (FAO, 2017). Nos anos 1980, Pará e São Paulo, cuja participação era acima de 50%, eram os principais estados produtores. Atualmente, cerca de 80% da produção nacional concentra-se nos estados da Bahia e do Espírito Santo. A mudança de área de plantio foi devida à infestação por doenças, em especial o mosaico do mamoeiro (Ruggiero et al., 2011).

A cultura é geradora de emprego e renda e absorve mão de obra durante o ano todo, já que o manejo, os tratamentos culturais, a colheita e

a comercialização são efetuados de maneira contínua nas lavouras, e os plantios são renovados, em média, a cada 2 a 3 anos. No entanto, é importante ressaltar que, apesar das vantagens inerentes ao cultivo do mamoeiro, a cultura se expandiu no Brasil somente a partir de 1973, com a introdução dos mamoeiros havaí, papaia ou mamão-da-amazônia. Esse material do grupo Solo teve rápida aceitação pelos consumidores e, por apresentar características que se adaptavam às exigências do mercado internacional, abriu novo e importante mercado externo para o Brasil.

Apesar da importância do mamoeiro para a fruticultura brasileira, toda a produção nacional se concentra basicamente no cultivo de quatro cultivares, classificadas em dois grupos heteróticos: Solo e Formosa. As cultivares do grupo Solo ('Golden', 'Sunrise Solo', 'BS', 'BS2000', 'THB' e 'Aliança'), comercialmente conhecidas como papaia ou havaí, possuem frutos pequenos, cujo peso médio é de 0,5 kg, os quais são destinados ao mercado interno e externo. Do grupo Formosa, os híbridos 'Tainung nº 1' (o mais cultivado no Brasil) e 'Calimosa' produzem frutos de maior tamanho (>1,0 kg), que são destinados, principalmente, ao mercado interno (Serrano; Cattaneo, 2010; Luz et al., 2015).

O mercado interno absorve mais de 99% da produção nacional de mamão. Todavia, entre os frutos tropicais, o mamão encontra-se listado como um dos principais produtos de exportação do Brasil, com tendência de crescimento exponencial. Com a expansão da área plantada, surgiram demandas por pesquisas nas áreas de melhoramento genético, fitossanidade, nutrição, fertilidade do solo, irrigação, manejo da cultura, pós-colheita, entre outras. Essas demandas vêm sendo atendidas por centros e instituições de pesquisa federais e estaduais, universidades, além das ações da iniciativa privada, e têm gerado volume considerável de pesquisas, informações e tecnologias em diferentes áreas, com destaque para as contribuições do

melhoramento genético, do sistema de produção integrada, das normas de classificação do produto, da implantação do *system approach*, entre outras, que proporcionaram aumento da produtividade e, especialmente, da qualidade do fruto (Lucena, 2013).

Assim sendo, ao longo dos últimos 20 anos, o crescimento do agronegócio do mamão no Brasil tem sido favorecido por um desenvolvimento tecnológico razoável. Entretanto, existem ainda muitos entraves para maior expansão da cultura, a exemplo das doenças e das poucas cultivares disponíveis para plantio que atendam às exigências dos mercados interno e externo (Lucena, 2013). Genótipos do grupo Solo são formados, basicamente, por cultivares, enquanto os do grupo Formosa são híbridos comerciais, na maioria importados (de US\$ 3,5 mil a US\$ 4 mil por quilograma de sementes), o que eleva consideravelmente o custo de produção do mamoeiro do grupo Formosa.

O sistema de produção da cultura é baseado no cultivo de apenas quatro genótipos, e isso acarreta restrita variabilidade genética. Sabe-se que essa prática leva à maior vulnerabilidade às pragas, prejudicando a sustentabilidade do agronegócio do mamão. Assim, a busca pelo aumento da variabilidade genética dos cultivos de mamoeiro por meio do desenvolvimento de novos genótipos deve ser um esforço constante da pesquisa.

Com relação aos problemas fitossanitários, muitas são as doenças que afetam a cultura. Entre essas, destacam-se as viroses – como o vírus da mancha-anelar (*Papaya ringspot virus* – PRSV-P) e o da meleira (*Papaya meleira virus* – PMeV) – e as doenças causadas por fungos – como a varíola (*Asperisporium caricae*), a podridão do pé (*Phytophthora palmivora*) e a antracnose (*Colletotrichum* spp.).

A sustentabilidade e a expansão da cultura do mamoeiro dependem do desenvolvimento de genótipos com características superiores,

resistentes a pragas para atender à constante demanda dos agricultores e às exigências dos mercados internacionais, especialmente o europeu e o americano, que exigem frutos de qualidade.

Os programas de melhoramento genético visam desenvolver variedades e/ou híbridos resistentes a doenças, agregando características agrônômicas desejáveis, tais como: ausência de flores hermafroditas estéreis e de flores hermafroditas carpeloides e pentândricas, altura da frutificação inicial inferior a 90 cm, frutificação precoce e vigorosa, frutos com casca lisa e sem manchas, polpa vermelho-alaranjada, cavidade ovariana pequena e em formato de estrela, polpa com espessura superior a 20 mm, sólidos solúveis acima de 14 °Brix e maior longevidade pós-colheita. Além disso, é necessário aumentar a variabilidade genética e, conseqüentemente, elevar a base genética da espécie (Luna, 1986; Giacometti; Ferreira, 1988).

As características importantes para a cultura do mamoeiro podem ser obtidas por meio de autopolinizações e hibridações entre genótipos pré-selecionados (variedades e linhagens), seguidas de seleção, autofecundação, retrocruzamento (Storey, 1941; Ramalho et al., 2001; Dantas et al., 2011) e técnicas biotecnológicas. Uma das formas de reunir o maior número de alelos favoráveis em uma linhagem são os sucessivos ciclos de seleção e recombinação dos melhores genótipos/progênes, ou seja, a seleção recorrente (Ramalho et al., 2001).

Os trabalhos de melhoramento genético do mamoeiro iniciaram-se nos anos 1930 com os estudos de herança do sexo (Hofmeyr, 1938a; Storey, 1938a). Embora exista grande diversidade para diversas características desejáveis nos programas de melhoramento (Storey, 1953; Horovitz, 1954), existem poucas linhagens melhoradas ou mesmo consideradas como variedades definidas, por causa da propagação de plantas por sementes, durante sucessivas gerações, sem o devido controle das polinizações.

Importância econômica do mamão

O mamoeiro é popular como planta de quintal em muitos países desenvolvidos e vem se tornando cada vez mais uma importante espécie em plantio comercial para mercados domésticos e para exportação em países como México e Malásia.

A vantagem do cultivo do mamoeiro é a rapidez de retorno de investimento em razão do ciclo de produção relativamente precoce, do cultivo intensivo e do alto rendimento. A maioria dos plantios de mamão nos trópicos podem ser colhidos com 8–9 meses após o plantio, e a produtividade pode variar de 60 t ha⁻¹ a 100 t ha⁻¹ por ano para variedades melhoradas. A fruta é normalmente consumida completamente madura, quando a polpa está macia. É suculenta, possui aroma adocicado e apresenta alto conteúdo de vitaminas A e C. Um mamão de tamanho médio excede as recomendações nutricionais diárias (DRI – do inglês *dietary reference intakes*) de 3.000 unidades internacionais (UI) para vitamina A e 90 mg para vitamina C, estabelecidas pelo US Food and Nutrition Board (Organisation for Economic Cooperation and Development, 2004). O mamão é rico também em minerais, fibras e fonte de caroteno para a dieta diária.

Os frutos maduros podem ser consumidos in natura ou processados, como ingrediente em geleias, sucos e doces. Além de ser uma excelente fonte da enzima papaína, que é utilizada na fabricação de cervejas, no amaciamento de carne e em certos fármacos e produtos cosméticos. Todas as partes do mamão podem ser utilizadas com propósito medicinal. Na Malásia, as folhas frescas imersas em água formam uma pasta, ou seiva de folhas, que é usada no tratamento de dengue (Chan, 2009).

Há uma grande diversidade no tamanho, na forma e na qualidade do fruto. No germoplasma não selecionado ou em plantas de quintal, os

frutos são normalmente muito grandes e não muito palatáveis, mas variedades do grupo Solo, especificamente selecionadas para exportação ou mercados exigentes, são normalmente pequenos para a conveniência de empacotamento, tem melhor sabor e atributos para a estocagem.

Histórico do mamoeiro no Brasil

Em meados da década de 1960, o município de Monte Alto, SP, era considerado a capital brasileira do mamão, cuja produção era de 110 caminhões por dia, até o aparecimento do mosaico do mamoeiro. Em meados da década de 1970, essa virose fez desaparecer o cultivo do mamoeiro em São Paulo. A partir de 1975–1976, a cultura migrou para outras regiões do País, como o Nordeste do Pará, Extremo Sul da Bahia e Norte do Espírito Santo, e atualmente a produção se concentra na Bahia, no Espírito Santo, no Rio Grande do Norte e no Ceará, estados que são considerados os maiores produtores nacionais (Ruggiero et al., 2011; Lucena, 2016). Uma das explicações para essa mudança seria a presença de doenças, em especial, o mosaico do mamoeiro.

Banco ativo de germoplasma

Germoplasma é o recurso genético ou banco de genes, de uso imediato ou com potencial de ser usado no futuro, onde são conservados os acessos de uma espécie, no qual os melhoristas selecionam os parentais para hibridação e melhoramento da cultura (Carvalho et al., 2008; Chan, 2009). Define-se ainda como o conjunto de genótipos de uma espécie, considerada como um todo. Em outras palavras, é o conjunto de genótipos que podem doar genes para melhorar uma cultura, sendo assim, é a fonte de variabilidade genética disponível para o melhoramento de plantas (Ronzeili Júnior, 1996; Montalván; Faria, 1999).

O germoplasma de uma espécie vegetal pode ser dividido em cinco categorias distintas: parentes silvestres; populações locais (*landraces*) ou cultivares primitivas; cultivares que foram substituídas; linhagens experimentais, mutações e outros produtos dos programas de melhoramento; e cultivares melhoradas (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2017).

Vários países estabeleceram coleções ou banco de germoplasma de mamoeiro para programas de melhoramento. No Brasil, o Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de mamoeiro, instalado na Embrapa Mandioca Fruticultura, em Cruz das Almas, BA, possui cerca de 115 acessos, e a coleção de acessos de mamoeiro da 'UENF/Caliman', instalada em Linhares, ES, possui 30 acessos. Segundo Chan (2009), enquanto outros países como a Malásia têm coleções com cerca de 52 acessos de mamão, 19 dos quais são locais, o restante é introduzido principalmente do Havaí, do Brasil, da Austrália e do Sudeste Asiático. Já o Usda/ARS National Germplasm Repository, em Hilo, no Havaí, possui cerca de 37 acessos de *C. papaya* e 13 espécies de *Vasconcellea*, e a Colômbia, na Universidade de Medellín, junto com a Corpoica têm um germoplasma com 83 acessos. Na Índia, embora haja informações sobre programas de melhoramento de mamão em vários locais, em nenhuma das publicações há referência sobre o estabelecimento de germoplasma (Sharma; Mitra, 2014). Também não foram encontradas referências sobre coleções de germoplasma de mamão no México, embora haja referência sobre programa de melhoramento (Ashmore; Drew, 2006).

Um banco de germoplasma deve conter uma variabilidade genética mínima que represente o acesso na coleção (tamanho efetivo e frequência de alelos), podendo ser cultivar elite ou primitiva, população, raça, espécie ou gênero (Carvalho et al., 2008).

Caracterização de germoplasma

O centro de origem do mamoeiro é a Bacia Amazônica Superior, onde sua diversidade genética é máxima, o que o caracteriza como uma planta tipicamente tropical. Sua distribuição estende-se entre 32 graus de latitude norte e sul, no entanto os plantios comerciais ocorrem em área bem menos extensiva (Badillo, 1993).

O fruto de mamão de tamanho médio possui cerca de 600 sementes, enquanto os frutos femininos possuem uma quantidade menor de sementes. Se forem utilizados métodos adequados, a semente de mamoeiro pode ser conservada por 2 ou 3 anos. Depois de plantadas, as sementes germinam em torno de duas semanas. Plantam-se três sementes por cova e depois se faz a sexagem, de modo a selecionar somente plantas hermafroditas. O início da floração e da colheita pode variar de acordo com o material utilizado. Na maioria das vezes, os frutos podem ser colhidos, um por axila foliar, a partir do sétimo mês.

Sob condição adequada de temperatura e umidade, o mamoeiro na fase reprodutiva e com boa sanidade, no intervalo de um mês, emite cerca de 13 a 15 folhas, com vingamento de frutos nas suas respectivas axilas foliares. O fruto é colhido quando aparecem estrias/faixas amareladas (estádio 1) e, depois de colhido, amadurece em média após cinco dias. Os estágios de amadurecimento foram definidos pela Ceagesp (2015) da seguinte forma:

- 1) Estádio 1 – fruto com até 15% da casca amarela.
- 2) Estádio 2 – fruto com 15% a 25% da casca amarela.
- 3) Estádio 3 – fruto com 25% a 50% da casca amarela.
- 4) Estádio 4 – fruto com 50% a 75% da casca amarela.
- 5) Estádio 5 – fruto com 75% a 100% da casca amarela.

Para variedades do grupo Solo, o fruto se desenvolve e alcança maturação fisiológica em torno de 4 a 5 meses. Para variedades com frutos grandes (grupo Formosa), o período de maturação é de 5 a 6 meses. Dependendo do genótipo utilizado, a altura da planta varia bastante e existem variedades que podem alcançar até 10 m de altura. Toda vez que se corta uma planta a 30 cm do solo, ela produz novos brotos, um dos quais pode ser selecionado para se desenvolver (Marin; Gomes, 1986; Badillo, 1993).

Todas as partes da planta exsudam látex branco ao serem cortadas. Esse produto é fonte da enzima papaína, que tem muito uso na alimentação e na indústria de modo geral, principalmente na farmacêutica.

Os principais trabalhos realizados com germoplasma são voltados para caracterização e avaliação agrônômica de acessos, fixação de alelos em gerações segregantes, diversidade genética, filogenia dos gêneros da família Caricaceae, obtenção de novos híbridos e novas cultivares por meio de cruzamento entre genitores de interesse, além de estudos com marcadores moleculares que auxiliam na identificação de genótipos que apresentam um potencial heterótico e alta herdabilidade (Dantas et al., 2015).

Denominam-se descritores as anotações feitas com base em observações de variáveis qualitativas ou quantitativas de vários caracteres morfológicos facilmente diferenciáveis a olho nu em uma planta (Burle; Oliveira, 2010). Sua seleção é uma etapa importante na caracterização de um banco de germoplasma, pois cada cultura possui uma lista mínima de descritores estabelecida por órgãos competentes, que, no caso do mamoeiro, corresponde a 46 descritores e foi criada pelo International Plant Genetic Resources Institute (International Plant Genetic Research Institute, 1988).

Conservação de germoplasma

Diferentes técnicas têm sido aplicadas na conservação dos recursos genéticos vegetais. A conservação de germoplasma feita fora do habitat natural da espécie recebe a denominação de conservação *ex situ*. Por sua vez, quando ocorre dentro do habitat natural, utiliza-se a denominação de conservação *in situ*. Os métodos *in situ* e *ex situ* podem ainda ser combinados, ocorrendo de maneira complementar (Jaramillo; Baena, 2000). Quando a conservação busca também possibilidades de exploração pelos produtores é denominada *on farm* (Silva, 2005).

A principal forma de conservação praticada nos bancos de germoplasma é a *ex situ*, uma vez que, nesses locais, normalmente se concentram recursos de diversas partes do mundo. A principal crítica feita a esse tipo de conservação é o fato de, dessa forma, a seleção natural ficar impossibilitada de atuar. Assim os genótipos não sofrem o processo de evolução normal que ocorre pelas alterações das condições ambientais (Jaramillo; Baena, 2000).

A conservação *in situ* praticada no local de ocorrência de maior variabilidade da espécie é de difícil execução, pois, nesses locais, tem-se também grande variabilidade de pragas nessas culturas, entretanto, nas condições mencionadas, a seleção natural atua continuamente. Esse tipo de conservação é o praticado nos parques e bosques de reservas naturais (Clement et al., 2007).

Já a conservação *on farm* é restrita às regiões onde a população originária do local ainda tem forte influência nas regiões próximas aos centros de diversificação das culturas. O mais próspero exemplo conhecido dessa modalidade é o executado pelos índios peruanos da região andina com a batata. Nessa região, existem até feiras de trocas de sementes (Silva, 2005).

A conservação dos recursos genéticos de mamoeiro é essencial para a sustentabilidade da cultura. A introdução, a caracterização e a avaliação de acessos de mamoeiro podem permitir a identificação de genótipos superiores, além de fornecer o material básico para programas de melhoramento genético (Dantas et al., 1999).

Os métodos tradicionais de conservação de germoplasma de mamoeiro são realizados de três formas: pelo armazenamento de sementes em temperatura ambiente, pelo armazenamento em geladeira sob temperatura de 4 °C e pela manutenção de plantas em campo (Thinh et al., 1999; Dantas et al., 2011). Esses métodos apresentam uma série de desvantagens, principalmente a conservação em campo, cuja técnica requer grande espaço e considerável trabalho, e a quantidade de espécies a ser conservada é limitada. Vale ressaltar que coleções em campo estão também sujeitas a estresses ambientais, variação climática e doenças (Matsumoto et al., 2001).

Na Tabela 1, estão descritas as seguintes características dos acessos do Banco Ativo de Germoplasma de Mamão conservados em campo, na Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA: código local, código BRA, nome científico, nome comum, origem, observações e tipo.

Outras técnicas de conservação de germoplasma têm sido aplicadas, tal como o cultivo *in vitro*, que é utilizado para suplementar a conservação da coleção em campo. Por sua vez, essa técnica tem a desvantagem de exigir uma infraestrutura mais sofisticada e mão de obra especializada. Existe, ainda, o risco de ocorrência de variação somaclonal, que aumenta no decorrer do tempo de armazenamento, quando os acessos conservados *in vitro* passam por sucessivos subcultivos (Matsumoto et al., 2010).

Além das características relacionadas a cada espécie e ao armazenamento, o sistema de cultivo *in vitro* proporciona curto ou médio tempo

de armazenamento. A conservação *in vitro* se dá por meio da redução do metabolismo fisiológico dos genótipos, o que, conseqüentemente, reduz o crescimento e promove aumento no intervalo entre gerações de cultivos, no entanto isso é muito trabalhoso e consome muito tempo (Charoensub et al., 1999). Além disso, os genótipos poderiam ser perdidos em razão de contaminação ou erro humano durante o processo (Vandenbussche et al., 2000). Portanto, o cultivo *in vitro* pode não ser eficientemente aplicável à conservação de germoplasma por períodos longos.

Para longos períodos, a criopreservação é uma boa técnica (Helliot et al., 2002). Baseia-se no armazenamento de sementes de plantas, órgãos, tecidos e células em nitrogênio líquido (-196 °C), com parada da atividade metabólica, mas mantendo a viabilidade do organismo. Na teoria, esse método possibilita que o material derivado de planta possa ser armazenado indefinidamente sem alteração fisiológica ou geração de variante somaclonal. Isso requer um espaço mínimo de estocagem, e o trabalho de manutenção é simples e de baixo custo (Wang et al., 2005; Benson, 2008). Por ter evoluído nas últimas décadas, a criopreservação passou a ser uma alternativa extremamente interessante, visto que mantém as coleções conservadas por longos períodos em temperaturas ultrabaixas, sem a necessidade de intervenções periódicas, embora não se tenha informações sobre germoplasma de mamão conservado nessas condições.

Cultivares

Nesta seção, as cultivares descritas são as de interesse comercial, divididas entre os grupos Solo e Formosa, com base em trabalhos de Medina et al. (1989), Marin et al. (1995), Marteletto et al. (1997), Dantas et al. (2002), Pereira et al. (2004), Serrano e Cattaneo (2010), Ferraz et al. (2012), Sementes Feltrin (2017) e Eat well with Gina (2017).

Tabela 1. Dados de passaporte dos acessos do Banco Ativo de Germoplasma de Mamão, Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA, 2017.

| Código local | Código BRA | Nome científico | Nome comum | Origem | Observação | Tipo |
|---------------------|-------------------|-------------------------|-----------------------------|--------------------|---|---------------|
| CMF002 | BRA 001678 | <i>Carica papaya</i> L. | DCG439-1 | Costa Rica | | Grupo Formosa |
| CMF003 | BRA 001368 | <i>C. papaya</i> L. | DCG423-5 | Taiwan | | Grupo Formosa |
| CMF004 | BRA 001376 | <i>C. papaya</i> L. | DCG424-4 | EUA (Havaí) | Acesso de Taiwan x Acesso de Costa Rica | Grupo Formosa |
| CMF005 | BRA 000523 | <i>C. papaya</i> L. | Solo Linha IX | EUA (Havaí) | | Grupo Solo |
| CMF006 | BRA 001619 | <i>C. papaya</i> L. | Solmar | EUA (Havaí)/Taiwan | Solo linha x Maradol | Grupo Solo |
| CMF008 | BRA 001813 | <i>C. papaya</i> L. | DCG593-10 | Malásia | Pasu-Paris x Subang | Grupo Formosa |
| CMF011 | BRA 001686 | <i>C. papaya</i> L. | DCG440-3 | Costa Rica | | Grupo Formosa |
| CMF012 | BRA 003298 | <i>C. papaya</i> L. | DCG595-6 | Malásia | Mardizo x Paris / Tamanho grande de fruto | Grupo Solo |
| CMF014 | BRA 003263 | <i>C. papaya</i> L. | DCG590-8 | Malásia | Mardizo x Maradol / Tamanho grande de fruto | Grupo Solo |
| CMF015 | BRA 001848 | <i>C. papaya</i> L. | DCG586-3 | Malásia | Mardizo x Subang | Grupo Formosa |
| CMF017 | BRA003239 | <i>C. papaya</i> L. | DCG424-7 | Taiwan | | Grupo Formosa |
| CMF018 | BRA003247 | <i>C. papaya</i> L. | DCG424-6 | Taiwan | | Grupo Formosa |
| CMF020 | BRA 001864 | <i>C. papaya</i> L. | DCG424-4 x 439-1 | Brasil | Acesso de Taiwan x Acesso de Costa Rica | Grupo Formosa |
| CMF021 | BRA 001635 | <i>C. papaya</i> L. | Solsun | Taiwan | Solmar x Sunrise | Grupo Solo |
| CMF022 | BRA 003271 | <i>C. papaya</i> L. | DCG590-3 - Sunrise (Grande) | Malásia | Mardizo x Maradol / Tamanho grande de fruto | Grupo Formosa |
| CMF023 | BRA 003280 | <i>C. papaya</i> L. | DCG590-2 | Malásia | | Grupo Formosa |
| CMF024 | BRA 001872 | <i>C. papaya</i> L. | Conchita | Costa Rica | | Grupo Formosa |
| CMF026 | BRA001350 | <i>C. papaya</i> L. | DCG422-4 | Taiwan | F1-77 x T47 | Grupo Formosa |
| CMF027 | BRA001422 | <i>C. papaya</i> L. | DCG432 | x | | Grupo Solo |
| CMF028 | BRA001503 | <i>C. papaya</i> L. | DCG439 | Costa Rica | | Grupo Formosa |
| CMF030 | BRA001449 | <i>C. papaya</i> L. | DCG434-4 | x | Waimanalo x Sunrise 73/10 | Grupo Formosa |
| CMF031 | BRA001520 | <i>C. papaya</i> L. | DCG441 | Costa Rica | | Grupo Formosa |
| CMF033 | BRA001511 | <i>C. papaya</i> L. | DCG539 | x | Solmar x Sunrise 72/12 | Grupo Formosa |

Continua...

Continua...

Tabela 1. Continuação.

| Código local | Código BRA | Nome científico | Nome comum | Origem | Observação | Tipo |
|--------------|------------|---------------------|-------------------------------|-------------|-------------------------------------|---------------|
| CMF035 | BRA001902 | <i>C. papaya</i> L. | F.R.F.&G.P.Silva 200 | x | | Grupo Formosa |
| CMF036 | BRA001911 | <i>C. papaya</i> L. | Guinea – Gold x Sel. Mexicana | Brasil | | Grupo Solo |
| CMF037 | BRA001929 | <i>C. papaya</i> L. | | x | | Grupo Solo |
| CMF038 | BRA000329 | <i>C. papaya</i> L. | JS3 | Brasil | Pouca produção | Grupo Formosa |
| CMF041 | BRA000361 | <i>C. papaya</i> L. | JS12 | Brasil | Frutos bananiformes | Grupo Formosa |
| CMF044 | BRA000426 | <i>C. papaya</i> L. | JS21 | Brasil | Pecíolos roxos, pedúnculos longos | Grupo Formosa |
| CMF046 | BRA0002356 | <i>C. papaya</i> L. | S3 | Brasil | Pouca produção | Grupo Formosa |
| CMF047 | BRA001937 | <i>C. papaya</i> L. | S15 | Brasil | Pouca produção | Grupo Formosa |
| CMF050 | BRA000094 | <i>C. papaya</i> L. | S7 | Brasil | | Grupo solo |
| CMF051 | BRA000124 | <i>C. papaya</i> L. | S14 | Brasil | Pouca produção, frutos bananiformes | Grupo Solo |
| CMF052 | BRA000515 | <i>C. papaya</i> L. | SOLO | Brasil | | Grupo Solo |
| CMF054 | BRA001953 | <i>C. papaya</i> L. | PR-10-65 x Tailândia | EUA (Havai) | | Grupo Formosa |
| CMF056 | BRA001961 | <i>C. papaya</i> L. | 72-12 x Maradol | Brasil | | Grupo Solo |
| CMF058 | BRA000027 | <i>C. papaya</i> L. | K77 | EUA (Havai) | | Grupo Solo |
| CMF060 | BRA001996 | <i>C. papaya</i> L. | Sunrise Cross 2 | EUA (Havai) | | Grupo Formosa |
| CMF065 | BRA002046 | <i>C. papaya</i> L. | K77 x JS12 | Brasil | | Grupo Solo |
| CMF066 | BRA000981 | <i>C. papaya</i> L. | Warwick | x | | Grupo Formosa |
| CMF067 | BRA000418 | <i>C. papaya</i> L. | JS17 | Brasil | | Grupo Formosa |
| CMF069 | BRA000159 | <i>C. papaya</i> L. | S19 | Brasil | | Grupo Formosa |
| CMF072 | BRA2054 | <i>C. papaya</i> L. | Ferreira 87 | x | | Grupo Solo |
| CMF075 | BRA002062 | <i>C. papaya</i> L. | Galpão | Brasil | | Grupo Formosa |
| CMF077 | BRA002089 | <i>C. papaya</i> L. | Hawai-Mirim | Havai | | Grupo Solo |
| CMF078 | BRA002097 | <i>C. papaya</i> L. | Baixinho de S. Amália | x | | Grupo Solo |

Continua...

Tabela 1. Continuação.

| Código local | Código BRA | Nome científico | Nome comum | Origem | Observação | Tipo |
|--------------|------------|---------------------|-------------------|-------------------------|---|---------------|
| CMF082 | BRA000761 | <i>C. papaya</i> L. | Hortus Gold | África do Sul | | Grupo Solo |
| CMF087 | BRA000728 | <i>C. papaya</i> L. | Waimanalo | Havaí | | Grupo Solo |
| CMF088 | BRA002968 | <i>C. papaya</i> L. | Kapoho purple | Havaí | | Grupo Solo |
| CMF090 | BRA002984 | <i>C. papaya</i> L. | CP | x | | Grupo Solo |
| CMF092 | BRA002992 | <i>C. papaya</i> L. | Kapoho Green | Havaí | | Grupo Solo |
| CMF094 | BRA002178 | <i>C. papaya</i> L. | | Brasil | | Grupo Solo |
| CMF102 | BRA003051 | <i>C. papaya</i> L. | | Brasil | | Grupo Formosa |
| CMF104 | BRA003077 | <i>C. papaya</i> L. | | Namíbia e África do Sul | | |
| CMF108 | BRA002313 | <i>C. papaya</i> L. | SEED546 | África do Sul | | |
| CMF114 | BRA002275 | <i>C. papaya</i> L. | SEED1216 | África do Sul | Tamanho grande de fruto | Grupo Solo |
| CMF115 | BRA002283 | <i>C. papaya</i> L. | SEED1250 | África do Sul | | Grupo Formosa |
| CMF116 | BRA2291 | <i>C. papaya</i> L. | SEED1291 | África do Sul | Tamanho grande de fruto e formato arredondado | Grupo Solo |
| CMF118 | BRA003115 | <i>C. papaya</i> L. | | Monte Santo | | Grupo Solo |
| CMF120 | BRA003131 | <i>C. papaya</i> L. | Faz. Caminhoá | Brasil | | Grupo Formosa |
| CMF121 | BRA003140 | <i>C. papaya</i> L. | | x | CMF034 X CMF008 | Grupo Formosa |
| CMF123 | BRA002372 | <i>C. papaya</i> L. | Vermelho Thai | Tailândia (Pattaya) | | Grupo Formosa |
| CMF128 | BRA003182 | <i>C. papaya</i> L. | Grampola – Taiwan | Brasil | | Grupo Solo |
| CMF129 | BRA003191 | <i>C. papaya</i> L. | | Brasil | | Grupo Formosa |
| CMF130 | BRA003204 | <i>C. papaya</i> L. | | x | | Grupo Formosa |
| CMF131 | BRA003212 | <i>C. papaya</i> L. | | x | | Grupo Solo |
| CMF132 | BRA002941 | <i>C. papaya</i> L. | Seleção #2 | Hawaii University | Line 356 X Kapoho X Sunrise | Grupo Solo |
| CMF133 | BRA002933 | <i>C. papaya</i> L. | Line 356 | Hawaii University | | Grupo Formosa |
| CMF135 | | <i>C. papaya</i> L. | | x | | Grupo Formosa |

Continua...

Tabela 1. Continuação.

| Código local | Código BRA | Nome científico | Nome comum | Origem | Observação | Tipo |
|--------------|------------|---------------------|-----------------------|-----------|--------------------------|---------------|
| CMF139 | | <i>C. papaya</i> L. | Sergipe Verde x 17 | Brasil | | Grupo Formosa |
| CMF142 | | <i>C. papaya</i> L. | 16x17 | x | | Grupo Formosa |
| CMF145 | | <i>C. papaya</i> L. | Sergipe Verde x 6 | x | | Grupo Formosa |
| CMF146 | | <i>C. papaya</i> L. | 16x6 | x | | Grupo Formosa |
| CMF150 | | <i>C. papaya</i> L. | Golden | Brasil | Tamanho gigante de fruto | Grupo Solo |
| CMF152 | | <i>C. papaya</i> L. | | x | | Grupo Formosa |
| CMF154 | BRA 003328 | <i>C. papaya</i> L. | Maradol Gua | Guatemala | | Grupo Formosa |
| CMF157 | | <i>C. papaya</i> L. | FRF1423 – Mamão comum | Brasil | | |
| CMF166 | | <i>C. papaya</i> L. | FRF1436 – Mamão comum | Brasil | | Grupo Formosa |
| CMF172 | | <i>C. papaya</i> L. | FRF1442 – Mamão comum | Brasil | | Grupo Formosa |
| CMF175 | | <i>C. papaya</i> L. | FRF1445 – Mamão comum | Brasil | | |
| CMF176 | | <i>C. papaya</i> L. | FRF1446 – Mamão comum | Brasil | | |
| CMF180 | | <i>C. papaya</i> L. | FRF1421 – Mamão comum | Brasil | | Grupo Formosa |
| CMF183 | | <i>C. papaya</i> L. | FRF1427 – Mamão comum | Brasil | | |
| CMF185 | | <i>C. papaya</i> L. | FRF1431 – Mamão comum | Brasil | | Grupo Solo |
| CMF186 | | <i>C. papaya</i> L. | FRF1434 – Mamão comum | Brasil | | |
| CMF187 | | <i>C. papaya</i> L. | FRF1435 – Mamão comum | Brasil | | Grupo Formosa |

Continua...

Tabela 1. Continuação.

| Código local | Código BRA | Nome científico | Nome comum | Origem | Observação | Tipo |
|--------------|------------|---------------------|---------------------------|-----------|--------------------------|---------------|
| CMF188 | | <i>C. papaya</i> L. | FRF1436 – Mamão comum | Brasil | | Grupo Formosa |
| CMF204 | BRA 003573 | <i>C. papaya</i> L. | FRF1473 – Mamão comum | Brasil | | Grupo Solo |
| CMF207 | BRA 003603 | <i>C. papaya</i> L. | FRF1479 – Mamão comum | Brasil | | Grupo Formosa |
| CMF210 | BRA 003638 | <i>C. papaya</i> L. | FRF1484 – Mamão comum | Brasil | | |
| CMF211 | BRA 003646 | <i>C. papaya</i> L. | FRF1485 – Mamão comum | Brasil | | |
| CMF219 | BRA 003697 | <i>C. papaya</i> L. | FRF1507 – Mamão goiaba | Brasil | | Grupo Formosa |
| CMF220 | BRA 003701 | <i>C. papaya</i> L. | FRF1508 – Mamão comum | Brasil | | Grupo Formosa |
| CMF223 | BRA 003743 | <i>C. papaya</i> L. | FRF1520 – Mamão comum | Brasil | | Grupo Formosa |
| CMF230 | | <i>C. papaya</i> L. | Mamão Solo – Ouromel | Brasil | | Grupo Solo |
| CMF232 | | <i>C. papaya</i> L. | Mamão Solo – M5 | Brasil | | Grupo Solo |
| CMF233 | | <i>C. papaya</i> L. | Mamão Solo – BS – Gondo | Brasil | | Grupo Solo |
| CMF234 | | <i>C. papaya</i> L. | Mamão Solo – BS – Faz. SF | Brasil | | Grupo Solo |
| CMF235 | | <i>C. papaya</i> L. | Mamão Solo – JTA | Brasil | | Grupo Solo |
| CMF-245 | | <i>C. papaya</i> L. | | Nicarágua | Tamanho gigante de fruto | Grupo Formosa |
| CMF-246 | | <i>C. papaya</i> L. | | Brasil | | Grupo Formosa |

Continua...

Tabela 1. Continuação.

| Código local | Código BRA | Nome científico | Nome comum | Origem | Observação | Tipo |
|--------------|------------|------------------------------------|-------------------------------|--------|----------------------------|---------------|
| CMF-247 | | <i>C. papaya</i> L. | | Brasil | | Grupo Formosa |
| CMF-248 | | <i>C. papaya</i> L. | Aliança - Grupo Solo | | | Grupo Solo |
| CMF-249 | | <i>C. papaya</i> L. | THB - Grupo Solo | Brasil | | Grupo Solo |
| CMF-250 | | <i>C. papaya</i> L. | BS 2000 - Grupo Solo | Brasil | | Grupo Solo |
| CMF-251 | | <i>C. papaya</i> L. | Mamão goiaba – Formosa | Brasil | | Grupo Formosa |
| CMF-252 | | <i>C. papaya</i> L. | Mamão gigante – Formosa | Brasil | | Grupo Formosa |
| CMF-253 | | <i>C. papaya</i> L. | Fazenda Ipiranga – grupo Solo | Brasil | | Grupo Solo |
| CMF-254 | | <i>C. papaya</i> L. | Mamão Formosa | Brasil | | Grupo Formosa |
| CMF-255 | | <i>C. papaya</i> L. | Mamão Formosa | Brasil | | Grupo Formosa |
| CMF-256 | | <i>C. papaya</i> L. | Mamão Solo | Brasil | Tamanho grande de fruto | Grupo Solo |
| CMF164 | | <i>Jaracatia spinosa</i> | FRF1434 Jaracatia | Brasil | | Grupo Formosa |
| CMF165 | BRA 002364 | <i>J. spinosa</i> | FRF1435 Jaracatia | Brasil | | Grupo Formosa |
| CMF177 | | <i>J. spinosa</i> | FRF1447 Jaracatia | Brasil | Tamanho gigante de fruto | Grupo Solo |
| CMF079 | BRA000841 | <i>Vasconcellea cauliflora</i> J. | Cauliflora | x | Grupo <i>C. cauliflora</i> | |
| CMF099 | BRA003034 | <i>Vasconcellea quercifolia</i> II | | Brasil | | Grupo Solo |

Cultivares do grupo Solo

As cultivares do grupo Solo são exploradas em várias regiões do mundo, pois seus frutos são os preferidos no processo de exportação. Possuem polpa avermelhada, tamanho pequeno e seu peso varia de 300 g a 650 g. As cultivares do grupo Solo são geneticamente uniformes e de linhagens puras fixadas por sucessivas gerações de autofecundação. São amplamente utilizadas no mundo. No Brasil, usa-se uma série de cultivares desse grupo que ainda não foram adequadamente descritas.

'Sunrise Solo' – Planta precoce, procedente do Havaí, cujos frutos são piriformes ou arredondados. Seu comprimento médio é de 16,0 cm, possuem diâmetro de 9,0 cm, com excelente qualidade, textura firme, uniforme e de bom padrão comercial. Pesam entre 400 g–600 g e possuem polpa laranja-avermelhado de excelente sabor. São indicados para consumo in natura e sua produção anual é de até 40 t ha⁻¹. Possuem casca lisa, firme e cavidade interna estrelada. A floração tem início com 3 a 4 meses de idade, e a altura de inserção das flores varia de 70 cm a 80 cm. O início da produção ocorre a partir do 8º ao 10º mês após o plantio.

'Improved Sunrise Solo Line 72/12' – São plantas precoces com início de produção a partir do 8º mês após o plantio, bastante produtivas, apresentam inserção das primeiras flores a 60 cm de altura, fruto piriforme a ovalado com 450 g de peso médio, polpa vermelho-alaranjada, firme, com produção abaixo da 'Sunrise Solo' (35 t ha⁻¹ por ano). Conhecida comumente como mamão havaí, suas características são semelhantes às da 'Sunrise Solo', tendo como vantagens adicionais maior resistência ao transporte e ao armazenamento.

'Baixinho de Santa Amália' – Possui porte baixo, altura de inserção das primeiras flores entre 50 cm e 70 cm, e o início da produção ocorre no 8º mês após o plantio. Os frutos possuem polpa vermelho-alaranjada, pouco firme, cujo

peso médio é de 550 g. As plantas possuem porte baixo e altura média de 2,77 m aos 24 meses após o plantio.

'Kapoho Solo' – Possui frutos com formato piriforme, polpa firme, casca lisa e coloração amarela. A cor de sua polpa faz com que o interesse comercial pelo fruto no mercado interno seja menor, já que, no Brasil, o consumidor prefere polpa avermelhada. O fruto pesa entre 380 g e 520 g. A altura de inserção das primeiras flores a partir da superfície do solo é de 130 cm.

'Waimanalo' – Seus frutos são de excelente qualidade e possuem alto rendimento. Sua casca é lisa, fina e brilhante. A altura de inserção das primeiras flores e frutos é, em média, de 80 cm da superfície do solo. Possui alta tolerância à podridão das raízes e ao transporte. Seus frutos são piriformes e a polpa amarela.

'Golden' – Apresenta frutos hermafroditas de formato piriforme e a cor da polpa é rosa-salmão. A cavidade interna é estrelada e a casca é lisa. Possuem tamanho uniforme, com peso médio de 450 g e excelente aspecto visual. Possuem boa aceitação no mercado internacional, mas o teor de sólidos solúveis nos frutos e a produtividade são inferiores aos da 'Sunrise Solo'.

'THB' – Apresenta formato de fruto piriforme, comprimento médio de 15 cm e diâmetro de 8,7 cm. Sua polpa apresenta coloração alaranjada, e o peso varia entre 450 g–520 g. Possui textura firme de elevada uniformidade e ótimo padrão comercial. Apresenta alta produtividade e porte mais baixo, o que facilita os tratamentos culturais e a colheita.

'Taiwan' – É uma linhagem da 'Sunrise Solo', com porte mais baixo, alta produtividade e boa qualidade dos frutos quando colhidos no verão. Possui frutos com polpa vermelho-alaranjada, peso médio variando de 400 g a 600 g, formato de piriforme a ovalado e cavidade interna estrelada.

'Mamão Ouro' – Os frutos apresentam formato piriforme, comprimento entre 14 cm

e 16 cm e diâmetro de 8 cm a 10 cm. Sua coloração é verde-amarelada e o peso médio é de 500 g–650 g. Possui cavidade interna estrelada, casca lisa e polpa laranja. Destaca-se pela tolerância a doenças e uniformidade das plantas.

‘Sunrise Hawaii’ – Frutos de formato piriforme, comprimento entre 14 cm e 16 cm, diâmetro entre 8 cm e 10 cm, polpa laranja, peso entre 400 g e 650 g, cavidade estrelada e textura lisa.

‘BS’ (Benedito Soares) – Seus frutos são oriundos de seleção em pomar de mamão ‘Sunrise Solo’ do produtor Benedito Soares, localizado no município de Teixeira de Freitas, BA. Suas plantas possuem maior diâmetro de caule do que o das plantas de ‘Sunrise Solo’ e são mais produtivas. Os frutos têm polpa alaranjada e peso médio de 500 g. Possuem formato misto da cavidade interna (ovalado ou meio estrelado) e teor de sólidos solúveis de 11,8 °Brix. A seleção dentro de ‘BS’ deu origem a ‘BS2000’.

‘Aliança’ – Apresenta caule, folhas, flores e frutos de coloração verde-clara a amarelada, porte médio de 2,25 m aos 24 meses após o plantio e produz seus primeiros frutos entre 60 cm e 70 cm do solo, cujo peso médio é de 550 g. Apresentam tempo de prateleira e textura entre ‘Golden’ e ‘Sunrise’. Produz, em média, de 70 t ha⁻¹ a 80 t ha⁻¹ por ano. A polpa é de coloração vermelho-alaranjada, espessa e de excelente qualidade. O teor de açúcar varia de 10 °Brix a 13 °Brix. O fruto pode ser consumido com 70% de cor amarela, o que faz essa variedade possuir grande aceitação tanto no mercado interno quanto para a exportação.

Cultivares do grupo Formosa

As cultivares do grupo Formosa possuem polpa avermelhada e tamanho médio (variável de 1.000 g a 1.300 g). São formadas por híbridos comerciais que vêm conquistando espaço tanto no mercado interno quanto no externo, no qual se percebe forte crescimento nas vendas, principalmente para Europa, Canadá e Estados

Unidos. As mais conhecidas são ‘Tainung nº 1’ e ‘Tainung nº 2’.

‘Tainung nº 1’ – Híbrido altamente produtivo, com produção média anual de 60 t ha⁻¹, obtido a partir do cruzamento entre um mamoeiro da Costa Rica com ‘Sunrise Solo’. Seus frutos são alongados, a polpa é vermelho-alaranjada e possui ótimo sabor. Seu peso varia de 900 g a 1.100 g. Possui boa produtividade, cerca de 40 kg por planta, além de boa resistência ao transporte. É um fruto apreciado pelo consumidor brasileiro e também é exportado para a Europa.

‘Tainung nº 2’ – O híbrido apresenta frutos com polpa vermelha de excelente sabor, maturação rápida, porém com pouca resistência ao transporte. Sua produção média anual é de 60 t ha⁻¹.

‘UENF/Caliman 01’ – Híbrido obtido do cruzamento entre uma cultivar do grupo Formosa e uma cultivar do grupo Solo. Fruto de cor verde, mesmo maduro, polpa avermelhada, com peso médio de 900 g, frutos hermafroditas com 21,5 cm de comprimento, 9,9 cm de diâmetro, casca fina e ótimo sabor. Nos últimos anos, tem tido incremento de sua área de plantio, sendo também cultivado em outros países, como México, Austrália e Costa Rica.

‘Caliman 01’ – Primeiro híbrido brasileiro de mamoeiros do grupo Formosa. Resulta do cruzamento entre um parental do grupo Formosa com um parental do grupo Solo. Tem frutos de cor verde, mesmo quando maduros, polpa avermelhada, com peso médio de 900 g, casca fina, alto teor de sólidos solúveis, sabor e aroma agradáveis.

‘Calimosa’ – Híbrido tradicional, de plantas vigorosas, uniformes, com elevada sanidade e alta produtividade média (120 t ha⁻¹ por ano). O híbrido apresenta frutos aromáticos, com formato alongado e excelente coloração externa e interna. Possui polpa de coloração alaranjada e forte, textura mais firme que ‘Tainung 01’ e sabor adocicado. Sua colheita tem início aos 8

meses de cultivo. Apresenta frutos uniformes e de excelente padrão comercial, cujo peso médio é de 1.250 g, comprimento 21,5 cm e diâmetro 9,9 cm. Um dos grandes destaques deste híbrido é o teor de sólidos solúveis dos frutos (12 °Brix a 13 °Brix), característica essa que faz com que o mamão 'Calimosa Híbrido F1' se torne superior aos principais produtos da concorrência.

Mamão 'T2' – Frutos de formato alongado, comprimento médio de 21,5 cm e diâmetro de 9,9 cm. Apresentam coloração de polpa alaranjada, peso médio de 1.400 g, textura firme e precocidade na produção.

'Rubi Incaper 511' – Frutos com polpa firme, vermelho-alaranjada, casca de coloração verde-escura quando verde, pesando em média 1.500 g. Cultivar de polinização aberta, que permite o reaproveitamento de sementes da própria lavoura para plantios subsequentes.

'Maradol Papaya' – Maradol ou "mamão mexicano" também conhecido como Papa Maradol ou "mamão vermelho do Caribe". Cultivado em todo o México Central, os frutos pesam de 1.400 g a 2.000 g, e sua forma é semelhante a um melão alongado. A coloração da casca varia do amarelo ao laranja com algumas manchas. Apresentam polpa suave, suculenta e doce, cuja coloração varia do rosa-salmão ao vermelho. Suas sementes são comestíveis, apresentam coloração preta e sabor picante, como pimenta.

Citogenética

O gênero *Carica* apresenta número de cromossomos $2n = 18$ para a fase diploide, ou seja, número básico de cromossomos haploides ou genoma $n = 9$ (Storey, 1941). Não existem variedades poliploides conhecidas (Chan, 2009; Rossi, 2015).

Apesar da revolução provocada pela genética molecular, a análise cromossômica continua sendo a única maneira de observar o genoma de um eucarioto na forma de blocos individualizados de material genético. Assim, são fáceis de

ser mensurados, diferenciados em subunidades e manipulados de diferentes formas. Não há outra maneira pela qual o material genético seja tão claramente observado (Brammer, 2002; Rossi, 2015). O conhecimento do número de cromossomos ou do nível de ploidia, além de ser importante para a caracterização de germoplasma, é também de grande utilidade para os trabalhos de melhoramento genético, bem como na programação de cruzamentos (Schifino-Wittmann; Dall'agnol, 2001), principalmente nos cruzamentos interespecíficos.

Embora seja uma importante cultura tropical e subtropical, existem poucos estudos citogenéticos para o mamoeiro, quando comparado com outras espécies de interesse econômico (Bajpai; Singh, 2006). Sabe-se que é uma espécie diploide, com 18 pequenos cromossomos metacêntricos, bastante similares, com constrições medianas ou submedianas e que alguns apresentam mais de uma constrição secundária (Datta, 1971; Damasceno Junior et al., 2009, 2010). O tamanho dos cromossomos varia de 1 μm a 4,23 μm (Datta, 1971) ou de 1,43 μm a 2,29 μm (Damasceno Junior et al., 2010).

As espécies *V. monoica*, *V. goudotiana*, *V. microcarpa* (Micheletti de Zerpa, 1959), *V. cauliflora* (Storey, 1941; Damasceno Junior et al., 2009), *V. quercifolia* (Damasceno Junior et al., 2009) e *J. spinosa* (Kumar et al., 1945) da família Caricaceae apresentam o mesmo número somático de cromossomos, ou seja, $2n = 18$ cromossomos.

Quanto ao estudo dos cromossomos meióticos de mamoeiro, Kumar et al. (1945) observaram que um par de cromossomos se separa precocemente durante a anáfase I da meiose de plantas masculinas de mamoeiro. Eles relataram que essa diferença no comportamento dos cromossomos está de acordo com o que foi observado em outras espécies vegetais que contêm cromossomos sexuais heteromórficos.

Pereira et al. (2014) analisaram o comportamento meiótico das espécies *J. spinosa* e

V. quercifolia e verificaram que a meiose mostrou-se praticamente regular em ambas as espécies, apesar de *V. quercifolia* ter apresentado maior número de pequenas irregularidades, como falta de sincronia e presença de cromossomos retardatários em algumas células.

Apesar da existência de diferentes sexos em mamoeiro, as análises morfológicas e citogenéticas de seus cromossomos não têm possibilitado a identificação de cromossomos sexuais nessa espécie (Parasnis et al., 1999).

Biologia reprodutiva

A maioria das espécies do gênero *Carica* é dioica, com exceção de *C. papaya* L. (polígama), *C. monoica* Desf. (monoica) e *C. pubescens* (monoica-dioica) (Badillo, 1993).

O mamoeiro cultivado (*C. papaya*) possui três formas sexuais: ginoica, cujas plantas são exclusivamente femininas; androica, cujas plantas são masculinas; e andromonoica, com plantas cujas inflorescências apresentam flores masculinas e hermafroditas (Horovitz et al., 1953). De acordo com essas formas sexuais, as populações de mamoeiro são classificadas da seguinte forma:

- **Dioicas:** constituídas por indivíduos ginoicos (que possuem flores femininas) e androicos (que possuem flores masculinas).
- **Ginoico-andromonoicas:** constituídas por indivíduos ginoicos e andromonoicos (que possuem flores masculinas e hermafroditas).
- **Andromonoico-trioicas:** constituídas por indivíduos ginoicos, androicos e andromonoicos.

Tipos de flores

Carica papaya é uma espécie polígama. Na natureza, é dioica com macho e fêmea na população, mas, possivelmente devido à interferência do homem e à seleção deliberada contra plantas não produtivas do sexo masculino, apareceram

as populações ginodioicas, cujas plantas são fêmeas e hermafroditas (Storey, 1969a).

As flores do mamoeiro são divididas em três tipos diferentes (Hofmeyer, 1941; Storey, 1941): flores masculinas, flores femininas e flores hermafroditas. Mais recentemente, as flores de mamoeiro receberam a seguinte classificação: feminina, estável, sem estames; hermafrodita, com cinco estames, que inclui as formas pentândrica, intermediária, alongada, flor perfeita e estéril; além das flores masculinas (Chan, 2009; Dinesh, 2010).

Flor feminina

A flor feminina é desprovida de estames e possui um ovoide distinto. O ovário termina em um estigma de cinco lobos (Figura 1).



Foto: Sebastião de Oliveira e Silva

Figura 1. Flor feminina.

As flores femininas são grandes, em número de duas ou três. São inseridas nas axilas foliares e formadas em pedúnculos curtos. Possuem pétalas totalmente livres até a parte inferior da

corola. O órgão feminino é composto de um ovário grande, arredondado, que se afunila em direção ao ápice com cinco estigmas em formato de leque. Necessitam de pólen das flores masculinas ou hermafroditas para fecundação e formação de frutos, os quais podem ter formatos que variam de arredondados a ovalados, com cavidade interna grande em relação à espessura da polpa (Chan, 2009).

Flor hermafrodita

As flores hermafroditas, também chamadas de bissexuais, são menores, presas a pedúnculos curtos nas axilas das folhas, reunidas em grupos com pequeno número, como ocorre com as flores femininas (Figura 2). Suas pétalas são soldadas da base até quase a metade do seu comprimento. O órgão masculino apresenta de dois a dez estames funcionais, com anteras de cor amarelada.

Foto: Sebastião de Oliveira e Silva



Figura 2. Flores hermafroditas.

O órgão feminino é constituído de um ovário, geralmente alongado, com variação de piriforme a cilíndrico, e possui cinco estigmas

em forma de leque no ápice. Por apresentarem os dois órgãos, é natural a ocorrência de autofecundação.

A flor hermafrodita, por não constituir um tipo único, é definida como um grupo, que inclui muitas formas, como a pentândrica, a intermediária, a alongada e a estéril, as quais dão origem a formas diferentes de frutos. Alguns deles são deformados e sem valor comercial, como os frutos carpeloides e pentândricos (Storey, 1941).

Flor hermafrodita pentândrica

Assemelha-se muito às flores femininas, em tamanho e aspecto externo. No entanto, possuem cinco estames curtos, os quais se alternam às pétalas. Apresentam uma corola estreita, com pétalas livres quase até a base. Possui estames de filamentos longos que se inserem em sulcos profundos na parede do ovário, os quais persistem no fruto maduro, que é arredondado ou globular e profundamente lobada (divide-se em cinco lóbulos). A cavidade interna é grande em relação à espessura da polpa, com sulcos longitudinais bem pronunciados na casca dos frutos (Dantas et al., 2002).

Flor hermafrodita carpeloide

A flor hermafrodita carpeloide, por não possuir uma organização definida, faz parte, segundo Storey (1941), do grupo das flores hermafroditas intermediárias. Esse grupo inclui muitas formas anormais, cujas flores e frutos apresentam deformações ou distorções variáveis (Figura 3). As pétalas podem ser quase livres ou conectadas em vários graus, mas não necessariamente em forma simétrica. Possui de dois a dez estames e variados graus de fusão às pétalas, ao ovário ou a ambos. Os carpelos variam de cinco a dez e mostram vários graus de fusão. Possui ovário irregularmente estriado (Chan, 2009).

Foto: Sebastião de Oliveira e Silva



Figura 3. Flor hermafrodita carpeloide.

Flor hermafrodita alongata

A flor hermafrodita alongata apresenta dez estames funcionais e um ovário alongado e liso. Esse tipo de flor hermafrodita, da qual se originam frutos de valor comercial, apresenta pedúnculos curtos, localizados nas axilas das folhas, em racemos florais, como as flores femininas. São flores perfeitas, de diâmetro pequeno, que medem de 2,5 cm a 4,0 cm de comprimento e 1,5 cm a 2,0 cm de espessura. A corola é gamopétala, as pétalas são soldadas na base da corola até quase a metade do seu comprimento, quando abertas. Os estames são em número de dez, todos funcionais, dispostos em duas séries no ápice do tubo da corola, e cinco deles são alternos às pétalas e cinco opostos a essas. O pistilo é geralmente composto de cinco carpelos. O ovário é alargado na base, com diâmetro muito menor que o das flores femininas típicas, e seu formato é semelhante a uma "lâmpada", quando a flor está fechada. Os frutos são de forma sempre alongada, mas variações de piriforme a cilíndrica também são encontradas. Geralmente a cavidade interna é menor do que a metade do diâmetro do fruto (Dantas et al., 2002).

Flor hermafrodita estéril

A flor hermafrodita (estéril) possui dez estames funcionais, pistilo abortado, que se torna vestigial e não possui estigma (Figura 4). Essas flores não desenvolvem o ovário sob determinadas condições climáticas. Diferem das flores masculinas por possuírem pedúnculos curtos, inseridos nas axilas foliares. Essa anomalia das flores hermafroditas alongatas, denominada esterilidade feminina, ocorre durante os meses quentes do ano, sendo intensificada por déficit hídrico nas regiões produtoras, o que compromete a produção de frutos.



Foto: Sebastião de Oliveira e Silva

Figura 4. Flor hermafrodita estéril.

Flor masculina

Conhecidas como flores estaminadas, as flores masculinas são distribuídas em pedúnculos longos, originados nas axilas das folhas localizadas na parte superior do mamoeiro, agrupadas em inflorescência do tipo panícula (Figura 5). São caracterizadas pela ausência de estigma e ovário, pelo tubo da corola estreito e muito longo. O órgão masculino é constituído por dez estames funcionais dispostos em duas

séries com pistilo rudimentar, sem estigma, geralmente estável (Marin; Gomes, 1986).

Foto: Sebastião de Oliveira e Silva



Figura 5. Inflorescência com flores masculinas.

O fenômeno da reversão sexual é comum em mamoeiro, dependendo das condições climáticas. Dessa forma, em certas épocas do ano, as inflorescências dos mamoeiros machos podem produzir flores hermafroditas, geralmente alongadas, ocorrendo, conseqüentemente, desenvolvimento de frutos hermafroditas, conhecidos como mamão-de-corda, mamão-macho ou mamão-de-cabo (Storey, 1958; Manica, 1982). A reversão de sexo também pode ocorrer em plantas hermafroditas com alterações morfológicas em graus variados, sob influência das mudanças climáticas e ambientais. A reversão sexual é caracterizada pela atrofia do ovário, não havendo formação do fruto. O fenômeno é denominado de estaminação ou esterilidade feminina e provoca aumento proporcional do número de flores estaminadas (Awada, 1958).

Genética da herança sexual

A espécie *C. papaya* é considerada sexualmente polígama por apresentar três diferentes tipos de plantas: femininas, masculinas e hermafroditas (Storey, 1953). Segundo Hofmeyr (1938b, 1941), Storey (1938b, 1941, 1953), Horovitz et al. (1953) e Horovitz (1954), em

mamoeiro, o mecanismo de determinação sexual é descrito como sendo governado por um gene com três formas alélicas. Esses autores identificaram que esse caráter, de controle monogênico, possui três alelomorfos. As plantas femininas são geneticamente homozigotas para o alelo *m* e as plantas masculinas e hermafroditas são heterozigotas para os alelos *M* e *M₂*, respectivamente, formando as combinações *mM* e *mM₂*. Todos os dominantes homozigóticos, especificamente *MM*, *MM₂* e *M₂M₂*, são letais para os zigotos.

De acordo com Storey (1941), indivíduos portadores dos genótipos *mm*, *Mm* e *M₂m* são denominados ginoicos, androicos e andromonóicos, respectivamente. Há outras teorias que explicam a determinação sexual em plantas de mamoeiro (Storey, 1953; Hofmeyr, 1967; Liu et al., 2004; Ming et al., 2007), porém a mais aceita é a de alelos múltiplos.

Storey (1953) também menciona que o locus simplesmente herdado, na realidade, representa um complexo de muitos genes fortemente ligados, afetando caracteres sexuais secundários, como número de flores, comprimento do pedúnculo, supressão do *cross-over* e letalidade. O fator zigótico ('L') é responsável pela letalidade dos tipos homozigotos dominantes *MM*, *M₂M₂* e *MM₂*. Portanto, os genótipos macho (*Mm*) e hermafrodita (*M₂m*) são heterozigotos forçados, enquanto o genótipo feminino (*mm*) é um duplo recessivo. A Tabela 2 mostra a segregação sexual obtida a partir de oito combinações possíveis de tipos de plantas.

Alternativamente, a teoria do balanço gênico de Hofmeyr (1967) para a determinação do sexo preconiza que as regiões masculinas e hermafroditas são inertes, o que contribui para a letalidade zigótica na condição homozigota. Baseando-se principalmente na ocorrência frequente de reversão do sexo em plantas masculinas e hermafroditas, Hofmeyr (1967) salienta que uma maior concentração de genes que afetam a feminilidade está presente nos

Tabela 2. Combinação teórica de polinização e segregação sexual em mamoeiro.

| Combinação de polinização | Relação de segregação (%) | | | |
|---------------------------|---------------------------|-------------------------|------------|--|
| | Fêmea (mm) | Hermafrodita (M_2m) | Macho (Mm) | Zigotos não viáveis (MM, M_2M , M_2M_2) |
| mm x Mm | 50 | - | 50 | - |
| mm x M_2m | 50 | 50 | - | - |
| Mm (autofec.) | 25 | - | 50 | 25 |
| Mm x Mm | 25 | - | 50 | 25 |
| M_2m (autofec.) | 25 | 50 | - | 25 |
| M_2m x M_2m | 25 | 50 | - | 25 |
| M_2m x Mm | 25 | 25 | 25 | 25 |
| Mm x M_2m | 25 | 25 | 25 | 25 |

Fonte: Chan (2009).

cromossomos sexuais, enquanto aqueles que afetam a masculinidade estão distribuídos nos cromossomos autossômicos. A interação entre esses fatores determina o sexo da planta.

Para as variedades ginodioicas, como a 'Sunrise Solo', é desejável que haja alta proporção de plantas hermafroditas no pomar, porque as frutas piriformes resultantes de flores hermafroditas alcançam preços mais elevados (Dantas et al., 2002; Chan, 2009). Nesse caso, flores hermafroditas autofecundadas ou hibridização de flores hermafroditas com pólen de hermafroditas devem ser utilizadas na produção de sementes.

As sementes derivadas dessas combinações cruzadas terão duas vezes o número de hermafroditas em comparação com as fêmeas. Para as variedades dioicas, a combinação preferida para a produção de sementes é mm x Mm, ou seja, o cruzamento do pólen de flores masculinas com flores femininas. Uma proporção 1:1 de macho para fêmea será obtida. Essa elevada proporção de machos na semente excede a quantidade necessária para a polinização. Normalmente, para as variedades dioicas, uma densidade mais elevada (10% a mais) é plantada no campo com subsequente desbaste de plantas

macho, quando os sexos podem ser identificados (Agnew, 1968). É possível autofecundar ou cruzar machos (combinações três a quatro) somente se houver reversão do sexo de uma flor estaminada para uma forma que tem ovário funcional. Esse "macho sexualmente ambivalente" revertido (MSA) tem sido usado para o desenvolvimento de linhagens na criação de mamoeiro dioico (Aquilizan, 1987). Temperaturas noturnas de 12 °C e curtos comprimentos do dia também podem agir sobre a condição MSA (Allan et al., 1987).

Visando à obtenção de frutos provenientes de flores hermafroditas, por apresentarem maior valor comercial, deve-se priorizar o cruzamento ou a autopolinização de plantas hermafroditas, cuja descendência será de 33% de plantas femininas e 67% de plantas hermafroditas. Em programas de melhoramento genético, são utilizados, adicionalmente, os cruzamentos entre plantas hermafroditas e femininas, o que resulta em 50% de cada um dos tipos parentais conforme a Tabela 2.

Os cruzamentos entre fêmeas e hermafroditas podem ser usados para produção de sementes híbridas porque evitam a emasculação quando as flores femininas são usadas como

parental feminino. A desvantagem, é claro, é a alta proporção de fêmeas nas sementes. No que se refere aos outros cruzamentos, especificamente machos com flores hermafroditas, esses produzem populações variáveis e trioicas, mas não são comumente usados na produção comercial de sementes ou no melhoramento (Chan, 2009).

O tipo de flores não é só importante para o melhoramento genético, mas principalmente para a produção comercial, visto que as flores hermafroditas são desejáveis por produzirem mamões periformes, os preferidos no mercado. Ferramentas moleculares, como microssatélites e técnicas baseadas em PCR, podem ser utilizadas para predizer o sexo no mamão no estágio de plântula, no entanto não são economicamente viáveis em escala comercial (Chan, 2009).

Derivação dos tipos florais

A evolução e a derivação das flores pistiladas ou femininas e estaminadas masculinas começaram basicamente a partir de um antepassado comum, ou seja, a flor alongata hermafrodita. Da flor alongata, duas linhas filogenéticas divergiram de forma intraespecífica, cada uma terminando com a derivação de uma forma unissexual. A flor estaminada derivou-se de linhas clássicas, ou seja, a partir da perda filogenética do gineceu, sem grande alteração de outros órgãos florais (Chan, 2009).

Formas transitórias de flores hermafroditas que podem levar à masculinidade mostram redução do tamanho do ovário, do número de raios estigmáticos e de feixes vasculares dorsais, bem como a presença de placenta com carpelos (Nakasone; Lamoureux, 1982).

Por sua vez, a derivação da flor de pistilo representa uma teoria clássica. Ela surgiu não pela perda de estames do hermafrodita (tipo alongata), mas pela incorporação ou fusão dos estames aos tecidos do ovário (Chan, 2009).

A sequência que levou à derivação da flor com pistilo começou na parte superior, no vértice de cinco estames da flor alongata, com os estames que se fundiram com o ovário, levando assim à formação da flor pentândrica intermediária. Esse é o início das etapas finais para a formação da flor pistilada. Depois que a fusão dos restantes cinco estames com o ovário se completou, o resultado foi a flor com pistilo. O processo de fusão dos estames com o ovário é chamado de carpeloidia de estames. Entre a flor alongata e a flor pistilada, existem muitos intermediários, portanto existem as formas carpeloides, dependendo do número de estames que são fundidos (Chan, 2009). Essas flores originam frutos deformados que são conhecidos como “cara de gato”, que não são comercializáveis. Com relação à flor fêmea ou pistilada, sua estrutura morfológica é fortemente fixada geneticamente na planta feminina. Portanto, ao contrário das plantas hermafroditas, nas quais a inversão sexual é comum, na planta pistilada, desconhece-se qualquer mudança de sexo (Storey, 1969b).

Influências ambientais na expressão sexual

Embora os tipos sexuais básicos no mamão sejam determinados geneticamente, nos hermafroditas ocorre reversão do sexo sob a influência de mudanças ambientais (Storey, 1958).

Baixas temperaturas, como aquelas experimentadas durante os meses de inverno nas regiões subtropicais promovem a feminilidade em plantas hermafroditas. As flores revertem do tipo hermafrodita, que tem dez estames, para uma forma carpeloide com seis a nove estames ou para o tipo pentândrica com cinco estames. Essa redução no número de estames é provocada pela fusão de estames com a parede do ovário (Chan, 2009). Em temperatura muito fria, o mamão do grupo Solo tem maior número de frutos que resultam de flores dos tipos pentândrica e carpeloide, os quais não

são comercializáveis (Awada, 1958). Allan et al. (1987) relataram que, sob temperaturas frias, as plantas masculinas também mostraram reversão para a feminilidade. Temperaturas noturnas de 12 °C e dias curtos causaram a reversão de flores estaminais estéreis para férteis, alongadas, tipo flores hermafroditas.

No outro extremo, altas temperaturas tendem a promover a produção de flores hermafroditas estéreis, o que resulta em esterilidade das plantas. Quando essas condições persistem por um período de tempo, é evidente que ocorre uma lacuna de produção ao longo do tronco.

Níveis elevados de umidade do solo e de nitrogênio – fatores que promovem crescimento vigoroso das plantas – favorecem a expressão da feminilidade. Plantas hermafroditas sob estresse hídrico produziram flores mais estéreis, entretanto altos níveis de umidade promoveram a produção de flores hermafroditas com número reduzido de estames (Awada, 1961).

Na adubação, o aumento de nitrogênio com aplicação de 225 g por planta, a cada intervalo de seis semanas, provocou aumento de 58% de rejeitos de frutos provenientes de flores carpeloides (Awada et al., 1979). Umidade e níveis de nitrogênio afetam o desempenho e o vigor das plantas, provocando efeito indireto sobre a reversão no sexo. Plantas em crescimento vigoroso durante o primeiro ano têm maior incidência de carpeloidias do que nas colheitas subsequentes (Chan, 1984).

Polinização

O vento e os insetos têm sido apontados como agentes efetivos de polinização no mamoeiro principalmente em populações dioicas (Prest, 1955; Storey, 1969a; Medina et al., 1989). A inflorescência masculina longa e pendente prontamente despeja o pólen ao vento e dá suporte a essa afirmativa. No entanto, Allan (1963) relatou que muito pouco pólen de papaia era transportado pelo vento e que as abelhas eram

responsáveis pelo transporte, embora as flores de mamão não sejam locais prioritários para visitas. Free (1975) relatou que as flores de mamão eram frequentemente visitadas por muitas borboletas (*Perichares philetas*) durante o crepúsculo e sugeriu seu uso como polinizadores se houvesse necessidade.

Garret (1995) mostrou que a polinização por meio do vento e das abelhas era rara em Queensland, Austrália, onde o principal polinizador era o inseto *hawk moth* (*Hyles* sp.). Alguma vegetação nativa em Queensland e o cultivo de uva e batata-doce ajudavam a atrair esses polinizadores e aumentou a produção de frutos no mamão. As variedades de mamão dioicas são de polinização cruzada por causa da separação física do androceu e do gineceu. Nas populações ginodioicas, o papel do vento como agente polinizador é diminuído. Isso ocorre porque os estames são envolvidos dentro do tubo da corola e raramente sobressaem de forma proeminente para fora da flor.

Muitas variedades ginodioicas, tais como ‘Sunrise Solo’, são autopolinizadas, portanto são linhas puras. As flores hermafroditas são principalmente cleistogâmicas, a saber, as anteras se abrem e liberam o pólen para efetuar a autopolinização antes da antese da flor (Rodríguez-Pastor et al., 1990). Essas variedades são forçadas a ter autopolinizações, e as sementes a partir dessa fruta hermafrodita serão geralmente raça pura daquele tipo. A autopolinização em mamão não parece resultar em qualquer perda de vigor (Hamilton, 1954).

A produção e a viabilidade do pólen do mamão variam de acordo com a variedade e a estação (Chan, 2009). Segundo Dantas et al. (2002), para a realização de polinizações previamente programadas, deve-se considerar que a dispersão do pólen do mamão pode atingir até 2 mil metros, embora Singh (1990) tenha recomendado distância de isolamento de 2 km–3 km para evitar que pólen estranho possa contaminar a produção de sementes.

Recomenda-se a proteção das flores dos parentais femininos com saquinhos de papel, a fim de evitar contaminações com pólen de origem desconhecida (Figura 6).

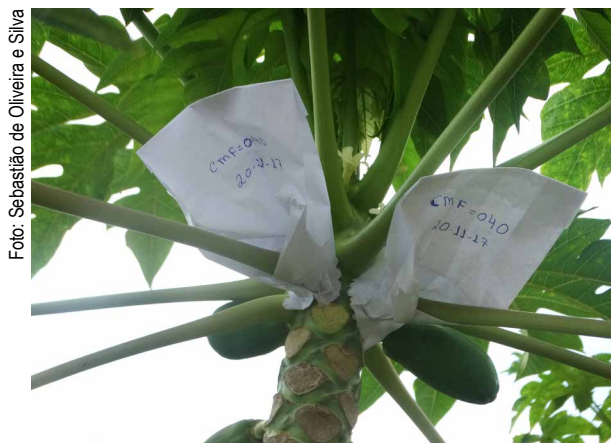


Foto: Sebastião de Oliveira e Silva

Figura 6. Flor de mamoeiro protegida após a polinização.

No caso de autofecundações de plantas hermafroditas, a simples proteção das flores com sacos, antes da sua abertura, promove o cruzamento desejado. Entretanto, para obtenção de maior número de sementes, a flor prestes a abrir pode ser polinizada manualmente com pólen de flores da mesma planta, antes de ser protegida com o saquinho. O pólen utilizado na polinização manual deve permanecer na própria flor doadora de pólen, sendo transferido diretamente para a flor receptora mediante contato das anteras com o estigma (Dantas et al., 2002).

Visando à obtenção de frutos provenientes de flores hermafroditas, por apresentarem maior valor comercial, deve-se priorizar o cruzamento ou a autopolinização de plantas hermafroditas, cuja descendência será de 33% de plantas femininas e 67% de plantas hermafroditas. Em programas de melhoramento genético, são utilizados, adicionalmente, os cruzamentos entre plantas hermafroditas e femininas, o que resulta em 50% de cada um dos tipos parentais.

Para a síntese de híbridos que envolvem parental feminino hermafrodita, torna-se necessária a emasculação das anteras antes que essas

produzam pólen viável e efetuem a autofecundação, pois isso inviabilizaria o cruzamento desejado. Se o parental feminino for uma planta feminina, obviamente não há necessidade de qualquer emasculação, todavia a proteção das flores é fundamental para que não ocorram contaminações (Dantas et al., 2002; Chan, 2009).

A colocação de sacos de papel deve ser efetuada cuidadosamente, firmando as suas extremidades para garantir o êxito da polinização. Para boa vedação dos saquinhos, são utilizados alfinetes, cliques, barbantes ou elásticos. Duas semanas após a colocação dos saquinhos, esses devem ser retirados para que o fruto se desenvolva.

As sementes devem ser retiradas de frutos colhidos maduros, época em que apresentam maior poder germinativo. Cortam-se os frutos ao meio, com uma faca não muito afiada, para não danificar as sementes, as quais são retiradas com o auxílio de uma colher e então lavadas em peneira sob água corrente, para retirar a mucilagem que as envolvem. Sequencialmente, deve-se formar uma camada fina de sementes sobre folhas de jornal ou sobre pano, para que o excesso de umidade seja absorvido, e deixá-las secar à sombra. Após 2 ou 3 dias, as sementes já podem ser plantadas ou então tratadas com fungicidas e conservadas em sacos plásticos na parte baixa de geladeira doméstica (6 °C a 8 °C) (Dantas et al., 2002).

Frutas partenocárpicas, sem sementes, podem por vezes ser formadas sem fertilização da flor. Isso geralmente acontece com plantas femininas isoladas sem qualquer fonte de pólen nas proximidades. A partenocarpia geralmente não é um critério buscado no programa de melhoramento, porque a remoção de sementes no mamão não representa uma inconveniência. Além disso, as frutas partenocárpicas são pequenas e, embora sem sementes, os pequenos embriões subdesenvolvidos são amargos e ainda precisam ser raspados antes que o fruto seja comido (Chan, 2009).

A variação na produção de pólen foi observada com diminuição das quantidades durante o inverno e início da primavera (Garret, 1995). Pólen de estames com anteras recentemente abertas tem 90% de viabilidade durante o verão, valor que reduz para 4,5% no inverno, quando a temperatura cai abaixo de 10 °C, o que afeta gravemente a viabilidade, visto que ocorre degeneração de células-mãe de pólen (Allan, 1963). Sob condições de armazenamento ideais, o pólen permanece viável por 5-6 anos. Em contraste com a produção e a viabilidade do pólen, a receptividade do estigma permanece elevada ao longo do ano tanto em flores femininas como hermafroditas. Flores polinizadas com pólen viável, com êxito, podem produzir frutas mesmo no inverno.

Parâmetros genéticos

A utilização de parâmetros genéticos no melhoramento de plantas permite a identificação da variabilidade genética e a análise da eficiência de estratégias de melhoramento utilizadas para maximizar os ganhos e, ao mesmo tempo, manter a base genética da população.

No município de Cruz das Almas, BA, a caracterização de 27 genótipos de mamoeiro, com 30 descritores quantitativos, resultou em valores de herdabilidade que variaram de 99,05 para comprimento do pedúnculo da inflorescência a 74,91 para pH da polpa, portanto todos os valores observados foram altos (Dias et al., 2011). Esses resultados são consistentes com as estimativas de herdabilidade, no sentido restrito, obtidas em populações segregantes (Singh; Kumar, 2010), cujos valores variaram de 50,44 para o número de frutos por planta a 96,00 para o peso de frutos. No entanto, esses valores destoam daqueles observados por Lucena (2013), que avaliou 17 caracteres em 28 genótipos e observou uma variação da herdabilidade de 0,00 para diâmetro do caule a 96,59 para comprimento de fruto (Tabelas 3, 4 e 5).

Vale ressaltar que a baixa herdabilidade observada nos caracteres diâmetro de frutos e número de nós sem frutos não foi avaliada por Dias et al. (2011) nem por Singh e Kumar (2010). No entanto, a maioria das herdabilidades obtidas por Lucena (2013) foram também altas como as mencionadas pelos outros autores (Singh; Kumar, 2010; Dias et al., 2011), o que é indício de alta viabilidade para o emprego de métodos simples de seleção em populações segregantes. Isso indica que, se houver interesse dos programas de melhoramento, há possibilidade de ganhos expressivos no processo de seleção quanto à maioria dos caracteres.

Os ganhos genéticos obtidos por Singh e Kumar (2010) variaram de 7,87 para diâmetro da planta a 81,22 para rendimento da planta. Esses resultados demonstram que é muito mais difícil aumentar o diâmetro do que o rendimento da planta (Tabela 3).

As estimativas dos parâmetros genéticos mostram alta herdabilidade quanto à maioria dos descritores avaliados, o que indica seu potencial de uso na discriminação de genótipos, quando do registro e da proteção de cultivares (Dias et al., 2011).

Estudos genéticos em mamão

A correlação é um parâmetro que vem sendo amplamente explorado nos programas de melhoramento, pois possibilita avaliar o quanto um caráter pode afetar os demais, permitindo a realização da seleção indireta para aqueles de difícil mensuração. Esse tipo de conhecimento é importante nas diferentes etapas dos programas de melhoramento, e o coeficiente de correlação é a ferramenta estatística que permite estimar o grau e a natureza das associações, com valores numéricos que variam de +1 a -1 (Cruz; Carneiro, 2003). Portanto, os estudos de correlação entre características são de grande ajuda na seleção de plantas melhoradas (Dinesh, 2010).

Tabela 3. Resumo da análise de variância dos descritores quantitativos, com as respectivas amplitudes, coeficientes de variação experimental (CVe) e genotípico (CVg), relação entre o coeficiente de variação genotípico e experimental (CVg/CVe), variância fenotípica (σ_f^2), genotípica (σ_g^2) e herdabilidade dos caracteres, avaliados no sentido amplo (h^2), em 27 genótipos de mamoeiro.

| Descritor ⁽¹⁾ | QMGen | Mínimo | Máximo | σ_f^2 | σ_g^2 | h^2 | CVe(%) | CVg(%) | CVg/CVe |
|--------------------------|------------|--------|--------|--------------|--------------|-------|--------|--------|---------|
| AP8 | 1,26** | 0,65 | 3,80 | 0,157 | 0,150 | 95,41 | 11,55 | 18,63 | 1,61 |
| AP12 | 1,60** | 1,20 | 3,87 | 0,199 | 0,191 | 95,55 | 9,97 | 16,34 | 1,64 |
| APFR | 3.709,02** | 52,00 | 192,00 | 463,627 | 441,334 | 95,19 | 10,69 | 16,81 | 1,57 |
| DC8 | 15,23** | 3,30 | 16,10 | 1,903 | 1,531 | 80,46 | 15,83 | 11,36 | 0,72 |
| DC12 | 15,92** | 5,40 | 18,00 | 1,99 | 1,609 | 80,88 | 14,67 | 10,67 | 0,73 |
| DINT | 1,63** | 1,65 | 4,80 | 0,203 | 0,193 | 94,89 | 10,95 | 16,70 | 1,52 |
| CFO | 230,87** | 27,00 | 64,50 | 28,859 | 26,829 | 92,97 | 9,13 | 11,73 | 1,29 |
| LFO | 562,26** | 41,00 | 99,00 | 70,282 | 65,065 | 92,58 | 9,50 | 11,86 | 1,25 |
| RCFO/LFO | 0,01** | 0,53 | 0,76 | 0,0006 | 0,0005 | 76,82 | 5,30 | 3,41 | 0,64 |
| CPEC | 1.161,81** | 39,00 | 119,00 | 145,227 | 135,318 | 93,18 | 10,48 | 13,69 | 1,31 |
| NFL-INFL | 59,73** | 1,00 | 18,00 | 7,466 | 6,754 | 90,47 | 41,62 | 45,33 | 1,09 |
| CCOR | 343,40** | 24,40 | 59,20 | 42,925 | 42,283 | 98,51 | 6,20 | 17,81 | 2,87 |
| CPE-INFL | 162,09** | 8,60 | 32,60 | 20,261 | 20,068 | 99,05 | 6,73 | 24,24 | 3,60 |
| CPE-FR | 20,02** | 2,43 | 11,07 | 2,502 | 2,379 | 95,06 | 17,73 | 27,50 | 1,55 |
| PFR | 1,78** | 0,15 | 2,45 | 0,222 | 0,213 | 95,94 | 31,16 | 53,58 | 1,72 |
| CFR | 93,43** | 9,20 | 28,70 | 11,678 | 11,166 | 95,61 | 11,72 | 19,34 | 1,65 |
| LFR | 40,42** | 5,50 | 17,30 | 5,053 | 4,89 | 96,77 | 11,40 | 22,08 | 1,94 |
| RCFR/LFR | 0,53** | 1,10 | 2,76 | 0,0663 | 0,06 | 90,50 | 12,76 | 13,92 | 1,09 |
| ECAS-FR | 0,0007** | 0,07 | 0,22 | 0,0001 | 0,0001 | 66,15 | 13,52 | 6,68 | 0,49 |
| CCAV-FR | 26,19** | 2,74 | 11,55 | 3,274 | 3,174 | 96,95 | 15,67 | 31,21 | 1,99 |
| FIR-FR | 1,33** | 0,20 | 4,40 | 0,166 | 0,10 | 60,48 | 50,29 | 22,00 | 0,44 |
| ATT | 0,0021** | 0,04 | 0,18 | 0,0003 | 0,0002 | 89,76 | 19,39 | 20,29 | 1,05 |
| SST | 9,87** | 5,00 | 13,00 | 1,234 | 0,986 | 79,91 | 14,55 | 10,26 | 0,71 |
| Ratio | 7.106,60** | 40,10 | 278,40 | 888,325 | 772,759 | 86,99 | 22,06 | 20,17 | 0,91 |
| pH | 0,11** | 4,68 | 5,92 | 0,014 | 0,011 | 74,91 | 3,09 | 1,89 | 0,61 |
| PFSE | 5.524,06** | 6,48 | 173,00 | 690,508 | 654,736 | 94,82 | 38,61 | 58,40 | 1,51 |
| PSSE | 183,12** | 2,71 | 32,29 | 22,89 | 21,925 | 95,79 | 30,50 | 51,42 | 1,69 |
| CSE | 0,0112** | 0,47 | 0,71 | 0,0014 | 0,0012 | 88,22 | 6,32 | 6,12 | 0,97 |
| LSE | 0,0101** | 0,32 | 0,59 | 0,0013 | 0,0011 | 86,24 | 9,04 | 8,00 | 0,89 |
| RCSE/LSE | 0,0377** | 1,15 | 1,72 | 0,0047 | 0,0037 | 79,47 | 6,28 | 4,37 | 0,70 |

⁽¹⁾AP8 e AP12 = altura da planta (m) aos 8 e 12 meses, respectivamente; APFR = altura (cm) dos primeiros frutos; DC8 e DC12 = diâmetro do caule (cm) aos 8 e 12 meses, respectivamente; DINT = comprimento médio dos internódios das folhas (cm) no caule, até a altura dos primeiros frutos; CFO = comprimento das folhas (cm); LFO = largura das folhas (cm); RCFO/LFO = razão entre comprimento e largura das folhas; CPEC = comprimento do pecíolo da folha (cm); NFL-INFL = número de flores por inflorescência; CCOR = comprimento da corola da flor (cm); CPE-INFL = comprimento do pedúnculo da inflorescência (cm); CPE-FR = comprimento do pedúnculo do fruto (cm); PFR = massa do fruto (g); CFR = comprimento do fruto (cm); LFR = largura do fruto (cm); RCFR/LFR = razão entre comprimento e largura de fruto; ECAS-FR = espessura da casca do fruto (cm); CCAV-FR = comprimento da cavidade central do fruto (cm); FIR-FR = firmeza do fruto (libras); ATT = acidez total titulável (g de ácido cítrico por 100 g); SST = sólidos solúveis totais (°Brix); Ratio = razão entre SST e ATT; PFSE = massa de matéria fresca das sementes (g); PSSE = massa de matéria seca das sementes (g); CSE = comprimento de sementes (cm); LSE = largura de sementes (cm); RCSE/LSE = razão entre comprimento e largura de sementes; QMGen = quadrado médio de genótipos.

**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Fonte: Dias et al. (2011).

Tabela 4. Variação média, coeficiente de variação, herdabilidade no sentido restrito e ganho genético para 10 caracteres em 18 genótipos de mamoeiro⁽¹⁾.

| Característica | Variação média | PCV | GCV | h^2_a | Δg |
|------------------------------------|----------------|-------|-------|---------|------------|
| Altura de planta (cm) | 138,4–240,6 | 19,82 | 18,24 | 84,84 | 34,32 |
| Diâmetro da planta (cm) | 28,2–36,8 | 9,28 | 5,95 | 41,10 | 7,87 |
| Dias para o primeiro florescimento | 122–188 | 14,94 | 14,32 | 92,60 | 28,24 |
| Nós até a primeira frutificação | 28,6–84,8 | 23,80 | 18,67 | 61,52 | 30,12 |
| Comprimento da folha (cm) | 32,0–54,2 | 20,88 | 10,58 | 25,62 | 24,26 |
| Altura do fruto (cm) | 46,4–142,4 | 22,22 | 21,46 | 92,62 | 42,60 |
| Comprimento do fruto (cm) | 44,4–104,2 | 26,84 | 25,24 | 92,68 | 50,42 |
| Peso do fruto (kg) | 0,48–2,20 | 40,26 | 39,00 | 96,00 | 78,24 |
| Número de frutos por planta | 32,20–62,40 | 29,24 | 20,72 | 50,44 | 30,84 |
| Rendimento de planta (kg) | 20,8–38,40 | 44,00 | 42,26 | 92,80 | 81,22 |

⁽¹⁾PCV = coeficiente de variação fenotípica; GCV = coeficiente de variação genotípica; h^2_a = herdabilidade no sentido restrito; Δg = ganho de seleção.

Fonte: Singh e Kumar (2010).

Em um estudo de correlação com linhagens de mamoeiro, Ram e Majumder (1984) observaram que o rendimento de frutos apresentava alta correlação com o peso, o comprimento e o número de frutos por planta, enquanto havia correlação negativa com a altura de inserção dos frutos e o número de dias para a primeira frutificação. O número de frutos por planta é positivamente correlacionado com o comprimento de frutos, o rendimento por planta, o comprimento de folhas e o diâmetro do caule. De acordo com o padrão observado, o peso de fruto teve o efeito direto máximo no rendimento, seguido pelo número de frutos por planta e comprimento das folhas.

Na avaliação de 17 caracteres de 22 genótipos, no município de Cruz das Almas, BA, foram observadas associações entre caracteres de interesse agrônomo, tais como correlação positiva entre altura de planta e altura a partir da inserção do primeiro fruto, número de frutos comerciais e rendimento, bem como correlação negativa entre número de frutos comerciais e número de nós sem frutos (Lucena, 2013). Ide (2008) observou associação idêntica entre

altura de planta e altura da inserção do primeiro fruto, ao detectar correlações fenotípicas positivas entre altura de planta e altura da inserção do primeiro fruto e entre altura de planta e diâmetro do caule, o que indica que esses caracteres morfológicos se desenvolvem de forma equilibrada, respondendo positivamente ao crescimento vegetativo.

O número de frutos comerciais é uma das principais características de produção de frutos em mamoeiro. A correlação negativa entre número de frutos comerciais e número de nós sem frutos revelou ser um bom indicativo de seleção direta de genótipos com maior número de frutos comerciais, o que implicará menor número de nós sem frutos. A correlação positiva observada entre número de frutos comerciais e rendimento (Lucena, 2013) significa que a seleção de genótipos com maior número de frutos comerciais irá proporcionar aumento na produtividade. Resultado semelhante foi observado por Ram e Majumder (1984).

De acordo com Lucena (2013), as características referentes ao tamanho e ao peso do fruto apresentaram correlação positiva com os

Tabela 5. Resumo da análise de variância dos descritores quantitativos, com os respectivos intervalos, coeficiente de variação experimental (CVe), genotípico (CVg) e relação entre o coeficiente de variação genotípico e residual (lv), variância fenotípica (σ_f^2), genotípica (σ_g^2), e herdabilidade do caráter no sentido amplo (h^2), avaliados em 22 genótipos (8 linhagens, 12 híbridos e duas testemunhas) de mamoeiro. Cruz das Almas, BA, 2012/2013.

| Característica ⁽¹⁾ | QM Gen | Mínimo | Máximo | σ_f^2 | σ_g^2 | h^2 | CVe (%) | CVg (%) | lv |
|-------------------------------|--------------------|--------|---------|--------------|--------------|-------|---------|---------|------|
| AP | 829,07** | 90,8 | 202,5 | 207,26 | 156,06 | 75,29 | 9,48 | 8,28 | 0,87 |
| AIPF | 558,55** | 67,6 | 141,0 | 139,63 | 111,64 | 79,95 | 10,34 | 10,32 | 0,99 |
| DC | 0,84 ^{ns} | 5,05 | 11,32 | 0,21 | 0,00 | 0,00 | 13,50 | 0,00 | 0,00 |
| NFC | 227,36** | 9,0 | 56,17 | 56,84 | 45,30 | 79,70 | 11,44 | 22,96 | 2,00 |
| NFD | 4,96 | 0,0 | 12,67 | 1,24 | 0,59 | 47,80 | 25,02 | 32,60 | 1,30 |
| NNSF | 9,51* | 1,17 | 13,83 | 2,37 | 0,76 | 32,15 | 20,54 | 15,57 | 0,75 |
| PROD | 978,15** | 9,0 | 56,17 | 56,84 | 45,30 | 79,70 | 24,07 | 22,96 | 0,95 |
| CF | 35,54 | 12,4 | 26,6 | 8,88 | 8,58 | 96,59 | 5,72 | 15,23 | 2,66 |
| DF | 7,25* | 7,8 | 12,1 | 1,81 | 0,77 | 42,93 | 19,55 | 8,48 | 0,43 |
| PF | 258.302,56** | 354,8 | 1.782,4 | 64.575,64 | 61.010,08 | 94,47 | 13,24 | 27,40 | 2,06 |
| EP | 0,14** | 2,1 | 3,7 | 0,03 | 0,02 | 59,47 | 9,15 | 5,54 | 0,60 |
| DCI | 1,33** | 2,6 | 6,8 | 0,33 | 0,25 | 77,19 | 11,80 | 10,85 | 0,92 |
| FF | 1,54** | 0,9 | 5,8 | 0,38 | 0,25 | 67,19 | 30,02 | 21,48 | 0,71 |
| FP | 0,80** | 0,2 | 3,0 | 0,20 | 0,17 | 87,09 | 37,93 | 49,26 | 1,29 |
| SS | 2,70** | 9,4 | 14,2 | 0,67 | 0,57 | 85,56 | 5,21 | 6,34 | 1,21 |
| pH | 0,0303** | 5,06 | 5,52 | 0,007 | 0,006 | 85,03 | 1,28 | 1,52 | 1,19 |
| AT | 0,019** | 0,295 | 0,8522 | 0,004 | 0,003 | 67,04 | 11,91 | 8,49 | 0,71 |

⁽¹⁾AP = altura da planta (cm); APF = altura dos primeiros frutos (cm); DC = diâmetro do caule (cm); NFC = número de frutos comerciais; NFD = número de frutos deformados; NNSF = número de nós sem frutos; PROD = produtividade (t ha⁻¹); CF = comprimento de fruto (cm); DF = diâmetro de fruto (cm); PF = peso de fruto (g); EP = espessura da polpa (cm); DCI = diâmetro da cavidade interna (cm); FF = firmeza do fruto (kg cm⁻²); FP = firmeza da polpa (kg cm⁻²); SS = sólidos solúveis (°Brix); AT = acidez titulável.

**, * e ^{ns} significativo a 1%, significativo a 5% e não significativo pelo teste F, respectivamente.

Fonte: Lucena (2013).

caracteres comprimento de fruto, diâmetro de fruto, peso de fruto e espessura da polpa. Tais correlações foram classificadas como de média a alta magnitude. Esses resultados são de extrema importância para os programas de melhoramento, que visam à seleção de genótipos com características de tamanho e peso de acordo com as exigências dos mercados interno e externo. Ferreira et al. (2012) observaram resultados semelhantes em seu estudo de correlações entre caracteres morfoagronômicos de mamoeiro. Os autores encontraram altas correlações

positivas para comprimento de fruto, diâmetro de fruto, espessura da polpa e peso de fruto.

O coeficiente de correlação entre firmeza do fruto e firmeza da polpa foi igual a 0,86, indicando alta correlação entre esses caracteres. Nesse caso, a seleção direta de genótipos com elevados valores de firmeza de frutos consequentemente resultará em polpas de boa consistência (Lucena, 2013). Coeficiente de correlação similar ($r = 0,83$) foi observado por Ferreira et al. (2012).

Segundo Lucena (2013), o teor de sólidos solúveis (SS) não apresentou correlação significativa

com a maioria dos caracteres, exceto para comprimento do fruto, com correlação negativa a 5% de probabilidade. Na caracterização de acessos do Banco de Germoplasma de Mamoeiro da UENF/Caliman, Quintal et al. (2012) encontraram correlação negativa de SS com os caracteres peso do fruto, comprimento do fruto, diâmetro do fruto e espessura da polpa.

Heterose

A expressão “vigor híbrido” em plantas tem sido utilizada há pelo menos 250 anos. O termo “híbrido” é utilizado em referência a indivíduos heterozigotos para vários loci resultantes de cruzamentos entre indivíduos da mesma espécie, mas que se diferem em constituição genética. Quanto mais divergentes forem as linhagens envolvidas nos cruzamentos, teoricamente, mais pronunciada é a heterose (Freitas; Bered, 2003).

Embora a exploração do vigor híbrido em mamoeiro ocorra normalmente, seus efeitos benéficos só foram inicialmente relatados por Mekako e Nakasone (1975). No entanto, a exploração da heterose é limitada pela baixa disponibilidade de híbridos. No mercado brasileiro de sementes híbridas, praticamente todo o volume comercializado corresponde aos híbridos ‘UENF/Caliman 01’ e ‘Tainung nº 1’.

Estudos conduzidos para determinar efeito heteróticos mostraram que a heterose é viável de ser explorada em mamoeiro. Dinesh et al. (1991), em análise de um dialelo 6×6, observaram que rendimento, comprimento e largura de frutos e sólidos solúveis totais (SST) apresentavam herança materna. Em um estudo da primeira geração de híbridos, os autores observaram ainda que o rendimento é controlado por efeitos não aditivos, sugerindo que a seleção para rendimento não reduz as características de qualidade (SST) e o índice de cavidade do fruto. Khadi e Singh (1980) constataram que a variabilidade genotípica e a herdabilidade (sentido amplo) foram tão altas em produtividade quanto no número de frutos

por planta. Peso fresco e seco de fruto e efeitos genéticos aditivos foram detectados para área foliar, número de frutos por período de frutificação, número de sementes por fruto e rendimento de planta. Ghanta e Mondal (1992) observaram que o número de frutos por planta e o número de folhas por planta mostraram alto coeficiente genético de variação. A exploração de heterose é factível, já que grande parte desses caracteres é controlada por efeitos não aditivos.

Verificando a possibilidade de ganhos para a cultura do mamoeiro por meio da exploração do vigor híbrido, Marin et al. (2006) observaram combinações híbridas que se destacaram em relação à produção, ao sabor e à uniformidade dos frutos.

Endogamia

O mamoeiro pode ser autopolinizado sem perda de vigor, assim pode-se afirmar que não existe depressão por endogamia. No entanto, Louw (2016) considera a depressão por endogamia como o fator mais complicado em um programa de melhoramento genético. Em seus estudos, Hofmeyr (1938b) mencionou que o pobre crescimento de mudas de linhagens poderia ser devido à depressão por endogamia. No ano seguinte (Hofmeyr, 1939), no entanto, afirmou que a endogamia não era problema. Dessa forma, muitos pesquisadores do mamoeiro acreditam que a depressão por endogamia não seja problema para melhoramento de mamão (Hamilton, 1954; Aquilizan 1983; Louw, 2016).

Uma das razões para ignorar os efeitos da endogamia é o fato de ela se expressar em caracteres que não são normalmente avaliados, já que um dos efeitos mais sutis da endogamia é a baixa taxa de germinação de sementes. Por esse motivo, alguns genótipos mostram várias intensidades de dormência de sementes. Para piorar, a endogamia pode também causar problemas na germinação (Louw, 2016), fator esse que normalmente não é considerado no âmbito da seleção.

Objetivos do melhoramento genético do mamoeiro

Os diversos programas de melhoramento genético do mamoeiro visam ao desenvolvimento de variedades e/ou híbridos com alto rendimento, com características agronômicas desejáveis, tolerantes ou resistentes a estresses bióticos (vírus, fungos e bactérias) e abióticos (alta temperatura, geada, umidade do solo e salinidade). Além disso, objetivam promover e manter a variabilidade genética do banco de germoplasma existente.

De acordo com Dantas et al. (2002), o rendimento corresponde ao tempo de vida e à produção de frutos por planta. É governado por caracteres quantitativos e muito influenciáveis por efeito do meio ambiente. O potencial produtivo do genótipo pode ser afetado por fatores de competição, sanidade, provisão de nutrientes e manejo do plantio.

Entre as características agronômicas mais relevantes no melhoramento genético do mamoeiro destacam-se as seguintes: frutificação precoce localizada na parte mais baixa da planta, ausência ou ocorrência mínima de carpeloidia, pentandria e esterilidade feminina na forma hermafrodita (Dantas et al., 2002). Quanto à qualidade dos frutos, os caracteres qualitativos, como forma do fruto, cor da polpa, sabor, aroma e tempo de maturação, são pouco afetados por efeitos ambientais, além de serem importantes para a obtenção de boa cotização em mercados de interesse.

A grande vantagem na obtenção de genótipos resistentes é evitar a infestação de pragas e doenças, que podem causar alterações na aparência externa do fruto e até mortalidade de plantas, sem o uso de defensivos agrícolas (Carbajal Toribio, 2015).

Atualmente, trabalha-se também com o enfoque no melhoramento genético para atender

as indústrias e o mercado farmacêutico, visando ao aumento de látex para produção de enzima papaína, antioxidantes, vitaminas, entre outros (Kwok, 2015).

Métodos de melhoramento genético do mamoeiro

O melhoramento genético do mamoeiro provocou grandes alterações no fruto de mamão, desde os pequenos frutos amargos da forma selvagem usados para doces até os grandes frutos das variedades atuais, além de frutos originados de flores femininas, que são arredondados, para frutos oriundos de flores hermafroditas, piriformes. Por agora, e principalmente para o futuro próximo, parte de programas de melhoramento será voltada para as áreas industrial e farmacêutica, envolvendo os produtos de papaia-papaína, antioxidantes e vitaminas.

Um programa de melhoramento começa com duas plantas selecionadas para serem parentais: uma para fornecer o pólen (macho) e outra para receber o pólen e carregar o fruto (feminina). Ambas têm que apresentar uma série de características desejáveis. Os parentais usados para iniciar um programa são plantas com características que são relativamente fixadas e conhecidas pelo melhorista. Tais plantas são normalmente obtidas por autofecundação e selecionadas por várias gerações para criar as "linhas puras" com características conhecidas. Usando as linhas puras como genitores, tem-se grande controle e precisão quanto ao desenvolvimento de novas variedades.

Muitos são os métodos de melhoramento aplicados à cultura do mamoeiro. A seguir serão destacados alguns deles.

Introdução de variedades

A aquisição de germoplasma promissor introduzido de outras regiões pode atingir os mesmos propósitos de um programa de

melhoramento para obtenção de variedades superiores. Assim, a introdução é considerada um método de melhoramento genético, visto que fornece a variabilidade genética necessária para a obtenção de cultivares e/ou seleção de clones superiores (Allard, 1971).

A introdução de variedades tem exercido importante papel no desenvolvimento de cultivares de mamão. Um exemplo disso foi a introdução das linhagens do grupo Solo oriundas do Havaí, que causaram grande incremento na cultura aqui no Brasil.

Até meados dos anos 1970, praticamente não existiam no Brasil variedades comerciais para plantio, visto que as sementes utilizadas apresentavam elevado grau de segregação em razão da existência de cultivares dioicas. Entretanto, a partir de 1976–1977, a cultura acentuou sua importância econômica no Brasil, principalmente devido à introdução de cultivares do grupo Solo e de híbridos do grupo Formosa, notadamente nos estados do Pará, da Bahia e do Espírito Santo. Com a introdução de populações ginoico-andromonoicas havaianas do grupo Solo, progênies com características desejáveis apresentaram alto grau de uniformidade quando submetidas a várias gerações de autopolinização.

No Brasil, experimentos sobre o comportamento e a competição de variedades de mamoeiro são relativamente poucos. Trabalho dessa natureza foi realizado na Bahia por Luna (1976), no qual foram observadas oito variedades e seleções com relação às seguintes características: altura de planta, diâmetro do caule, altura das primeiras flores funcionais, grau de esterilidade, tempo de maturação, suscetibilidade ao ataque de fungos, formato, peso e comprimento do fruto, diâmetro e comprimento da cavidade, número de sementes, espessura, consistência, cor e sabor da polpa. Os resultados destacaram as variedades 'Tailândia', 'Solo' e 'Guinea Gold', por apresentarem plantas

vigorosas, precoces e fruto com características desejáveis.

Marin et al. (1989) introduziram e selecionaram a cultivar Improved Sunrise Solo Line 72/12 para as condições de cultivo da região Norte do Espírito Santo. Essa cultivar se destacou por apresentar consistência de polpa melhor que a cultivar Sunrise Solo, tradicionalmente plantada, permitindo a comercialização de frutos para mercados mais distantes.

O comportamento de variedades de mamoeiro foi avaliado também por Fraife Filho et al. (2001), os quais verificaram a superioridade das variedades 'Tainung nº 1', 'Sunrise Solo' e 'Improved Sunrise Solo Line 72/12' para o agroecossistema dos Tabuleiros Costeiros do Extremo Sul da Bahia.

Em razão da sensibilidade das plantas hermafroditas do grupo Solo às variações ambientais, torna-se necessário introduzir variedades e/ou linhagens melhoradas de mamão em regiões onde se deseja estudar a viabilidade desse cultivo sob determinadas condições climáticas (Nakasone, 1980). Avaliação de cultivares foi também realizada por Dias et al. (2011) no Brasil e por Singh e Kumar (2010) na Índia.

Seleção massal

Consiste na seleção de grande número de indivíduos com características fenotípicas semelhantes, que são escolhidos em conjunto para constituir a geração seguinte, melhorando o nível geral da população. As principais vantagens desse método são a facilidade de condução e o baixo custo operacional (Borém; Miranda, 2013).

O método de seleção é bastante usado em zonas nas quais não existem plantações de mamão e em ensaios sobre o comportamento varietal. É um método muito simples e rápido, já que bastariam duas gerações para determinar a vantagem no comportamento de algumas variedades em relação a outras, o que vem a

ser a resposta genotípica a um meio ambiente determinado (Carbajal Toribio, 2015).

A seleção massal parte de um programa de melhoramento, com controle dos progenitores, selecionando o melhor material que dará origem ao material propagativo.

Em muitos países em desenvolvimento, os produtores de mamão foram os principais agentes responsáveis pelo melhoramento de variedades. Eles usaram a simples seleção massal, escolhendo as melhores plantas para a propagação de sementes do próximo ciclo de cultivo. Os agricultores em cada localidade do país podem ter suas próprias preferências de seleção. Portanto, variedades de diferentes áreas podem ter características únicas que as distinguiriam umas das outras. A seleção massal pode ser usada como um programa de curto prazo para “limpeza” e estabilização de variedades locais selecionadas pelos agricultores (Chan, 2009).

A seleção massal em mamoeiros ginoico-andromonoicos do grupo Solo e do grupo Formosa tem sido realizada em áreas de produção da região Norte do Espírito Santo, por meio da seleção de plantas superiores para posterior avaliação em testes de progênies (Serrano; Cattaneo, 2010). Cultivares como BS, THB e Aliança também resultaram de processo de seleção massal, sem acompanhamento técnico-científico.

Seleção massal recorrente

Consiste em partir de uma população com suficiente variabilidade que permita a escolha de plantas que sobressaiam pelos caracteres de interesse. Em seguida, recolhe-se a semente dos frutos das plantas selecionados, para que sejam propagados como uma mescla e constituam uma nova população. Nessa população, efetua-se a mesma prática na perspectiva de melhorar a população de geração em geração.

Este método aproveita a variância genética aditiva que ocorre com um importante ganho no diferencial de seleção na primeira etapa. Esse

diferencial vai sendo reduzido à medida que as gerações de seleção vão avançando. Na quarta geração, espera-se que seja imperceptível esse diferencial, já que a população se torna “homogeneizada”, culminando o processo.

Seleção com teste de progênies

A seleção com teste de progênie consiste na avaliação dos genótipos dos parentais com base no fenótipo de seus descendentes. Trata-se de um método mais eficiente que a seleção massal, pois as progênies são avaliadas em experimentos com repetições em vários locais, o que permite a avaliação mais precisa das plantas selecionadas e a redução do efeito da interação genótipo x ambiente no resultado da seleção (Bueno et al., 2001; Borém; Miranda, 2013).

Marin et al. (2001) sugerem a utilização de métodos que envolvam teste de progênie para a seleção de características que apresentem pouca variabilidade em populações segregantes, resultantes do cruzamento entre linhagens dos grupos Solo e Formosa.

Seleção assistida por marcadores moleculares

O processo de obtenção de linhas puras em mamoeiro é baseado na autofecundação de populações segregantes, que pode levar de cinco a seis gerações de autofecundação, tornando-se um processo demorado. No entanto, com o uso de marcadores moleculares para a seleção indireta de plantas homozigotas, pode-se reduzir consideravelmente esse tempo (Oliveira et al., 2010).

Os marcadores moleculares baseados em retrotransposons, por causa da sua abundância no genoma, permitem uma eficiente análise de diversidade genética. O Inter-Retrotransposon *Amplified Polymorphism* (Irap) baseia-se no polimorfismo entre retrotransposons e possui alta reprodutibilidade, elevado nível de polimorfismo e baixo custo. O Irap foi usado com sucesso como

marcador no melhoramento de mamoeiro para resistência à mancha-anelar (Rashid et al., 2014).

Os passos para realização da seleção assistida por marcadores moleculares (SAM) envolvem a obtenção de marcadores genéticos, a associação desses com características fenotípicas e a aplicação dessas informações na seleção. A SAM pode ser aplicada, por exemplo, em retrocruzamentos assistidos por marcadores moleculares e na seleção para característica de interesse por meio de marcadores. Outra estratégia de seleção que pode ser utilizada, principalmente para aqueles caracteres mais complexos, é a seleção combinada, que considera informações do genótipo e do fenótipo. No entanto, existem alguns fatores que dificultam a aplicação da SAM, tais como: a existência de regiões pouco saturadas (gaps) nos mapas genéticos; os modelos disponíveis para o mapeamento de caracteres quantitativos (QTLs) consideram apenas um QTL por loco; não considera a existência de efeitos epistáticos entre os loci; e a ocorrência de interação QTLs x ambiente (Demore, 2008). Alguns programas de melhoramento têm utilizado as técnicas moleculares visando à seleção assistida por marcadores (Alzate-Marin et al., 2001; Maluf et al., 2001; Benchimol et al., 2005; Ramos, 2007; Oliveira et al., 2010).

Os resultados de alguns estudos indicaram que a SAM pode ser um método mais eficiente, preciso e simples do que aquele que se baseia no desenvolvimento fenotípico de linhagens puras de mamoeiro. A seleção pode ser realizada nas primeiras gerações sobre aqueles indivíduos homocigotos portadores da característica desejada (Marin et al., 2005; Pereira et al., 2008). Oliveira et al. (2010) mostraram que o uso de marcadores moleculares microssatélites é um método rápido e eficaz para o desenvolvimento de plantas melhoradas de mamão.

Hibridação

O desenvolvimento e a utilização de híbridos de mamoeiro têm sido uma tendência mundial.

No Brasil, os primeiros trabalhos para obtenção de híbridos foram realizados por Sampaio et al. (1983), em Conceição do Almeida, BA, e resultaram na obtenção dos híbridos 'Sunrise Solo' x 'A-G' e 'K-77' x 'Tailândia', com boa produção e resistência a *Phytophthora palmivora*, porém com algumas características indesejáveis agronomicamente.

A formação de híbridos é um método de melhoramento que procura tirar grandes proveitos dos efeitos da heterose. A expressão "variedade híbrida" designa as populações F1 plantadas comercialmente, resultantes do cruzamento entre variedades de polinização aberta, linhagens autofecundadas ou outras populações não semelhantes (Allard, 1971). Apesar da grande variabilidade observada no F2, que é de grande utilidade no processo de seleção, muitos melhoristas preferem trabalhar com F1, pelo fato de um desejável F1 ter um bom controle das linhas parentais e da produção de população desejável.

A obtenção de linhagens e híbridos é possível porque o mamoeiro pode ser autopolinizado sem expressiva perda de vigor (Dantas; Lima, 2001). Para que esses objetivos sejam alcançados, algumas estratégias de melhoramento devem ser utilizadas, como a formação de populações-base e a autofecundação de acessos segregantes com características de interesse agrônomo para o processo de seleção (Dantas et al., 2002). Nesses casos, a autofecundação leva à fixação dos genótipos segregantes que são caracterizados e integrados ao banco de linhagens para estudos posteriores sobre sua capacidade de combinação com outras linhagens, pré-requisito para a produção de bons híbridos de mamoeiro (Subhadrabandhu; Nontaswatsri, 1997; Marin et al., 2006).

Os cruzamentos dialélicos têm sido utilizados para a avaliação do comportamento das linhagens parentais e dos híbridos. Essa metodologia possibilita um adequado conhecimento das capacidades geral e específica de combinação,

que podem ser utilizadas para a escolha dos melhores genitores na produção de híbridos. Estudos sobre o tamanho dos frutos, formato, precocidade e porte da planta têm agregado informações que permitem prever, com um considerável grau de certeza, o desempenho de híbridos entre indivíduos de grupos distintos (Horovitz, 1954).

O melhoramento de mamoeiro com o desenvolvimento de variedades por meio da hibridação seguida de seleção tornou-se o método de melhoramento mais bem-sucedido. Esse programa tem como principal objetivo obter alta produtividade.

Hibridação intraespecífica

Segundo Storey (1953), os trabalhos de melhoramento do mamoeiro são realizados a partir da reunião do maior número possível de variedades em um local, selecionando-se, entre elas, aquelas que apresentem características fenotípicas desejáveis para posterior estudo de capacidade combinatória visando à produção de híbridos. Devem ser realizados sistematicamente cruzamentos entre variedades bastante diferentes (Nakasone et al., 1972). Esse processo requer tempo, já que, junto a poucas características desejáveis, podem ocorrer muitas características indesejáveis, até que se obtenham variedades aceitáveis comercialmente.

Informações sobre o tamanho dos frutos, formato, precocidade e porte da planta das variedades sob intercruzamento indicam, com considerável grau de certeza, quais tipos de híbridos, entre indivíduos de duas variedades distintas, poderão ser obtidos (Horovitz, 1954).

Após o cruzamento entre genótipos muito diferentes entre si, dois caminhos podem ser seguidos: a) conduzir as gerações por meio de autofecundações sucessivas, visando aumentar a probabilidade de encontrar recombinações de características desejáveis por meio do método genealógico ou pedigree; b) fazer o

retrocruzamento, principalmente se um dos parentais já apresenta características desejáveis (Nakasone; Storey, 1955).

O interesse por sementes híbridas de mamoeiro está relacionado principalmente ao grupo Formosa, cujas sementes importadas representam alto custo nos sistemas de produção. A produção de híbridos envolve a obtenção de linhagens puras e a combinação entre elas, de modo que se obtenham genótipos promissores. O desenvolvimento de linhagens hermafroditas de mamão é relativamente fácil pelo fato de o mamoeiro poder ser autopolinizado sem perda de vigor, porém requer de três a cinco gerações de autofecundação, a depender do grau de homozigose inicial do genótipo (Giacometti; Ferreira, 1988).

O programa de melhoramento genético de mamoeiro em desenvolvimento pela Embrapa Mandioca e Fruticultura envolve dois procedimentos distintos: a) seleção e autofecundação de plantas com características superiores a partir de população-base (F₂) do híbrido 'Tainung nº 1'; b) seleção e autofecundação de plantas a partir da introdução de acessos segregantes, do tipo 'Solo', para promover fixação do material. Ambas as linhas de pesquisa permitem a obtenção de linhagens puras que passam a integrar o banco de linhas puras após avaliação e caracterização. Essas linhagens são intercruzadas para produção de híbridos simples ou de constituição genética mais ampla, com posterior avaliação em vários ambientes, multiplicando-se os materiais superiores para recomendação de plantio.

Hibridação interespecífica

Na literatura, são citados inúmeros cruzamentos interespecíficos, os quais tiveram o objetivo de avaliar o potencial de variabilidade em *Carica* para o melhoramento do mamoeiro. Jimenez e Horovitz (1958) realizaram cruzamentos entre seis espécies de *Carica* (*C. papaya*, *C. monoica*, *C. cauliflora*, *C. microcarpa*,

C. pubescens, *C. goudotiana*) e classificaram-nas em três grupos de acordo com a sua capacidade de cruzamento:

- a) Grupo 1 – *C. monoica*, *C. cauliflora*, *C. microcarpa* e *C. pubescens*.
- b) Grupo 2 – *C. papaya*.
- c) Grupo 3 – *C. goudotiana*.

Os cruzamentos entre espécies do grupo 1 são fáceis e produzem sementes viáveis. Os cruzamentos entre as espécies dos grupos 1 e 2 não formam sementes maduras, porém, em muitos casos, os embriões imaturos podem ser cultivados. Os cruzamentos entre os grupos 2 e 3 sempre dão resultados negativos.

Mekako e Nakasone (1975) descreveram hibridações interespecíficas entre seis espécies de *Carica*, incluindo o mamão comestível. A espécie *C. papaya* foi polinizada com *C. cauliflora*, *C. monoica*, *C. parviflora* e *C. goudotiana* e produziu frutos partenocárpicos (óvulos não desenvolvidos).

Manshardt e Wenslaff (1989) efetuaram hibridações interespecíficas envolvendo *C. papaya* x *C. monoica*, *C. parviflora*, *C. pubescens*, *C. quercifolia*, *C. stipulata* e *Carica* x *heibornii* nm. *pentagona*. As barreiras pré-zigóticas foram mínimas, enquanto as barreiras pós-zigóticas foram elevadas, por causa do aborto dos óvulos e da ausência de endosperma. Entretanto, a análise de mais de 150 frutos de *C. papaya*, realizada no período de 90 a 180 dias após a polinização interespecífica, revelou que foram produzidos alguns poucos embriões híbridos de cada combinação entre espécies. Os híbridos recuperados com sucesso a partir de culturas in vitro incluíram *C. papaya* x *C. pubescens* e o cruzamento recíproco *C. papaya* x *C. quercifolia* e *C. papaya* x *C. stipulata*. A hibridação interespecífica em mamoeiro tem sido realizada visando à resistência a doenças.

Além de seu próprio potencial comercial, mamões de montanhas (*Vasconcellea* spp.) possuem genes para resistência a doenças

importantes e resistência ao frio, que estão ausentes no genoma comum do mamão. Embora os dois gêneros compartilhem muitos traços morfológicos, as fortes barreiras reprodutivas limitaram consideravelmente o sucesso dos programas de introgressão, impondo o uso de técnicas especiais para hibridização (Magdalita et al., 1988).

Após a introgressão bem-sucedida da resistência ao vírus da mancha-anelar obtida de *V. quercifolia*, a combinação de seleção assistida por marcadores, novos esquemas de criação (por exemplo, espécies de ponte) e um conhecimento mais profundo dos conjuntos de genes *Caricaceae* devem dar acesso a mais genes de interesse considerável para a indústria de mamão.

No caso das viroses, os estudos para obtenção de fontes de resistência dentro do gênero *Carica* não têm obtido grande sucesso. Magdalita et al. (1988) avaliaram 44 acessos de *C. papaya* e três outras espécies da família *Caricaceae* em relação à reação ao PRSV. Os autores encontraram reação de suscetibilidade em todos os genótipos avaliados, com exceção da espécie *V. cauliflora*, que mostrou certa resistência. Infelizmente, outras espécies como *V. candamarcensis* e *V. quercifolia* apresentam certa resistência ao PRSV, porém são incompatíveis com *C. papaya*. Outros membros da família *Caricaceae*, como *V. cauliflora*, *V. pubescens* e *V. candicans* são resistentes ao vírus da mancha-anelar, e a espécie *J. spinosa* mostrou-se resistente em inoculações (Malaguetti et al., 1957; Riccelli, 1963).

Desde 1958, tem-se trabalhado no intuito de transferir a resistência à mancha-anelar de espécies de *Vasconcellea* para espécies de *C. papaya* (Jiménez; Horovitz, 1958; Sawant, 1958). Há resistência para o PRSV relatada em espécies da família do mamoeiro no gênero *Vasconcellea*, mas tem sido difícil obter híbridos de cruzamentos com espécies do gênero *Carica* (Sudha et al., 2013). Mais recentemente, pesquisadores têm conseguido superar as barreiras genéticas entre diferentes gêneros e obtido

híbridos de mamoeiro com resistência ao PRSV (Dinesh et al., 2007; Sudha et al., 2013).

Alguns trabalhos relatam a obtenção de híbridos intergenéricos entre *C. papaya* e espécies de *Vasconcellea* que apresentavam problema de fertilidade, impedindo os posteriores retrocruzamentos com *C. papaya* (Horovitz; Jimenez, 1967; Khuspe et al., 1980; Litz; Conover, 1983; Manshardt; Wenslaff, 1989a, 1989b; Magdalita et al., 1996). No entanto, um programa de cruzamento em larga escala tornou possível o desenvolvimento de protocolos adequados para o cruzamento, por meio da produção de plântulas in vitro (Magdalita et al., 1996, 1998). A produção de híbridos interespecíficos entre *Carica* (*C. papaya*) e *Vasconcellea* (*V. pubescens*, *V. quercifolia* e *V. cauliflora*), via resgate de embrião e micropropagação de plantas, com relativo sucesso, é descrita por Drew et al. (2006). No entanto, somente os cruzamentos com *V. quercifolia* geraram um grande número de vigorosos híbridos intergenéricos. O primeiro resultado de sucesso de retrocruzamentos dos F1 com *C. papaya* na geração das progênes BC1 e BC2 ocorreu na Austrália, com o subsequente desenvolvimento de plantas resistentes ao PRSV-P nas Filipinas (Drew et al., 2006). Um importante resultado desse trabalho foi a produção de frutos com boa qualidade para o mercado e com resistência à mancha-anelar (Siar et al., 2011).

Retrocruzamento

O melhoramento por retrocruzamento é geralmente usado para transferir um único caráter do genótipo não recorrente doador para o pai recorrente. Foi utilizado com sucesso para aumentar o tamanho do fruto e a adaptabilidade de 'Sunrise Solo' na Malásia. A variedade desenvolvida a partir desse programa foi a 'Eksotika', lançada em 1987 (Chan, 1987). O retrocruzamento também foi utilizado para melhorar características agrônômicas de outras cultivares e para transferir resistência de PRSV da mãe

doadora *V. quercifolia* para as variedades cultivadas (Drew et al., 2005).

O retrocruzamento consiste no cruzamento de um híbrido com um dos seus parentais. Esse método é utilizado quando se deseja agrupar uma ou duas características de herança simples de uma cultivar com as demais características satisfatórias. Devem ser feitos vários retrocruzamentos até que se obtenha o resultado esperado. Após esses cruzamentos, o(s) gene(s) que está(ão) sendo transferido(s) estará(ão) na condição heterozigota, a mesma situação não ocorre com os demais genes. Quando se busca a transferência de gene dominante, depois do último retrocruzamento realiza-se a autofecundação, que produz homozigose para esse gene. Quando o gene a ser transferido é recessivo, os retrocruzamentos são intercalados com autofecundações. Dessa maneira, será obtido um material com as mesmas qualidades do parental recorrente, no entanto trata-se de um material superior a esse parental na característica específica para a qual o programa foi conduzido (Borém; Miranda, 2013).

Giacometti e Ferreira (1988) sugerem duas alternativas para a produção de mamoeiros ginoico-andromonoicos:

- a) Ambos os parentais de porte baixo e fruto com polpa de cor vermelho-alaranjada. Nesse caso, já em F1 podem-se selecionar combinações desejáveis de porte baixo e fruto de polpa vermelho-alaranjada.
- b) Um dos parentais de porte alto e fruto com polpa de cor alaranjada e outro de porte baixo e fruto de polpa de cor vermelho-alaranjada. Somente em F2 serão selecionados segregantes de porte baixo e polpa vermelho-alaranjada.

Em ambas as alternativas, no F3, se as características de qualidade do fruto, tais como tamanho, consistência, teor de sólidos solúveis e sabor, não estiverem presentes em plantas selecionadas, realiza-se o retrocruzamento com

um dos parentais que possuam as características desejáveis. No RC1 resultante do cruzamento, deverão aparecer plantas e frutos desejáveis, os quais serão autofecundados. Caso apareçam segregantes desejáveis na terceira geração, as autofecundações devem ser continuadas até a fixação do material, o que deverá ocorrer em F7 ou F8.

Mutação

O melhoramento por mutações é de grande valor para corrigir um único problema na cultivar. A mutação induzida com produtos químicos ou irradiação causa alterações no genótipo e, com um procedimento rápido e eficiente, terá o mutante com a característica melhorada. Mutação induzida pela irradiação no mamoeiro foi realizada na Malásia, no *Malaysian Agricultural Research and Development Institute* (Mardi) (Chan, 2009). Testes de sensibilidade à irradiação gama mostraram que 525 Gy e 42,5 Gy foram as dosagens mais adequadas para a irradiação em massa de sementes de mamão secas e pré-embecidas, respectivamente (Chan et al., 2002; Chan, 2004). No M1 (variedade 'Ekstotika'), muitos defeitos fisiológicos foram observados, incluindo divisão do caule, variação da folha, anões dobrados e enrugamento das folhas. No M2, grande variabilidade foi registrada para muitas características. No estágio de plântula, uma baixa irradiação de 42,5 Gy em sementes pré-embecidas produziu elevado número de progênies M2, que foram mais curtas e mais vigorosas no desenvolvimento foliar do que aquelas com irradiação de 525 Gy e plantas-controle (Chan; Lam, 2003). Os padrões de distribuição das progênies M2 para nove caracteres quantitativos mostraram grande variação com intervalos frequentemente excedendo os limites da população-controle. Foram consideradas como boas as perspectivas para melhorar o mamão 'Ekstotika', especialmente no desenvolvimento de plantas frutíferas com menor altura de

produção dos frutos e frutos com maiores sólidos solúveis totais e maior tamanho. Vários mutantes M2 também mostraram resistência à malformação apical. No entanto, não foi encontrada resistência para PRSV após inoculação de 1.760 mudas M2 (Chan, 2004).

Poliploidização

O gênero *Carica* apresenta número de cromossomos $2n = 18$ para a fase diploide, ou seja, número básico de cromossomos haploides ou genoma $n = 9$ (Storey, 1941). Não existem variedades poliploides conhecidas.

Desde que bem empregada, a poliploidia induzida pode ser uma poderosa ferramenta para o melhoramento genético, podendo ser utilizada basicamente de quatro maneiras:

- a) Na própria espécie, como um modo de tentar conseguir plantas maiores e melhores.
- b) Para restaurar a fertilidade de um híbrido, sintetizar uma nova espécie ou resintetizar uma espécie já existente.
- c) Como uma ponte para transferir genes de interesse entre níveis de ploidia, na mesma espécie ou entre espécies diferentes (Dewey, 1980).
- d) Na produção de frutos sem sementes, como na melancia (Souza et al., 1999).

A influência da poliploidia sobre o número de sementes é bem variável. Alguns tetraploides mostram redução no número de sementes, outros não apresentam nenhuma alteração (Cameron; Frost, 1968). No Brasil, há relatos da obtenção de melancia triploide sem sementes em pesquisas que vêm sendo conduzidas pelo Centro Nacional de Pesquisa do Semiárido, em Petrolina, PE. Esse trabalho iniciou-se em 1996 quando duas linhagens de melancia tiveram suas sementes submetidas a uma solução de colchicina a 0,2% por 24 horas, tendo sido obtidos 192 possíveis

tetraploides, dos quais apenas 53 foram identificados como prováveis tetraploides. A melancia triploide foi obtida após cruzamento entre material diploide com material tetraploide (Souza et al., 1999). Esse material esteve em fase de avaliação da capacidade de combinação entre linhas tetraploides e diploides para selecionar as melhores combinações que permitiram a síntese de híbridos triploides superiores (Souza; Queiróz, 2004).

Os primeiros trabalhos de manipulação de ploidia em mamoeiro não foram bem-sucedidos (Singh, 1953, 1963). Embora a técnica tenha sido aplicada na Índia com sucesso, não foi obtido um produto útil (Dinesh, 2010). A colchicina foi usada com relativo sucesso para duplicação de cromossomos em mamoeiros dos grupos Solo e Formosa. De uma forma geral, os genótipos tratados resultaram em autotetraploides com peso, espessura da polpa, comprimento e diâmetro do fruto semelhantes ao genótipo original, mas com redução no número de sementes (Rossi, 2015). Vale ressaltar que há possibilidade de cruzamento de tetraploides com diploides, gerando assim triploides sem sementes. No entanto, frutas partenocárpicas, sem sementes, algumas vezes podem-se formar sem fertilização da flor. Isso geralmente acontece com plantas femininas isoladas sem qualquer fonte de pólen nas proximidades. A partenocarpia geralmente não é um critério buscado no programa de melhoramento de mamoeiro, já que a remoção de sementes é muito fácil. Além disso, as frutas partenocárpicas são pequenas e, embora sem sementes, os pequenos embriões subdesenvolvidos são amargos e ainda precisam ser raspados antes que o fruto seja comido (Chan, 2009).

Transgenia

A produção de plantas de mamoeiro transgênicas com resistência ao PRSV é uma excelente alternativa para o controle dessa doença. Essa tecnologia vem sendo pesquisada e utilizada

em várias regiões produtoras de mamão nos seguintes países: Austrália, Bangladesh, Brasil, China, Estados Unidos, Filipinas, Índia, Indonésia, Jamaica, Japão, Malásia, México, Taiwan, Tailândia, Venezuela e Vietnã (Gonsalves, 1998; Fitch, 2010).

No Brasil, plantas de mamoeiro transgênicas foram avaliadas em condições de casa de vegetação e em campo, em Cruz das Almas, BA. Eventos de mamoeiro transgênico da variedade 'Sunrise Solo' foram produzidos em uma parceria entre a Embrapa e a Universidade de Cornell, EUA. As plantas foram transformadas por biobalística com um cassete contendo o gene da capa proteica do isolado brasileiro do PRSV-P (coletado na Bahia) em diferentes versões traduzíveis e não traduzíveis, o promotor 35S, o terminador 35S, o gene Npt II, o gene Gent e o gene Tet (Souza Júnior, 1999; Souza Júnior et al., 2005). Esses trabalhos foram financiados com recursos da Embrapa e da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) na Rede de Biossegurança da Embrapa (BioSeg). Foram selecionados dois eventos-elite, a partir de plantas sem PRSV, que apresentavam as seguintes características: frutos piriformes, peso de aproximadamente 500 g, polpa alaranjada, columela de frutos bem formada, incidência de carpeloidia inferior a 10% e ausência de malformações nos frutos (Meissner Filho et al., 2021).

Na época, a Embrapa realizou avaliação estratégica do produto em desenvolvimento e decidiu encerrar os trabalhos com esse mamoeiro transgênico, uma vez que ele continha genes marcadores para resistência a antibióticos, o que poderia gerar problemas para sua futura comercialização (Meissner Filho, 2011).

Nos últimos anos, o desenvolvimento de plantas transgênicas resistentes ao PRSV tem contribuído para a reintrodução do mamoeiro em áreas abandonadas em outros países, como, por exemplo, no estado do Havaí, EUA (Lius et al., 1997; Davis; Ying, 2004). Até o momento, não há no mercado brasileiro cultivares de mamoeiro com resistência ao PRSV, que é a forma mais

econômica e eficiente para o controle dessa virose.

Considerações finais

Para maior sucesso no futuro do programa de melhoramento de mamoeiro, Dantas et al. (2002) propõem as seguintes ações:

- a) Ampliar a base genética útil disponível no Brasil para uso no melhoramento genético do mamoeiro.
- b) Implementar estudos em genética básica, tais como: citogenética, herdabilidade, heterose, combinação de parentais, marcadores moleculares e mapeamento genético.
- c) Revisar os métodos clássicos de melhoramento e ampliar os trabalhos com técnicas de biologia molecular, engenharia genética e associar essas técnicas aos métodos tradicionais de melhoramento.

Embora o mamão tenha variados usos, ainda é pouco explorado, principalmente, com relação à produção de papaína, exploração essa que se apresenta altamente rentável na Índia. Com base no sucesso já obtido no melhoramento de mamão nesse país, Dinesh (2010) recomenda para o futuro do melhoramento:

- a) Estabelecer programas que visem à seleção de genótipos para a produção de papaína.
- b) Explorar melhor a variabilidade do mamão. A exploração necessita ser sistematicamente conduzida, de forma que possa ser usada no desenvolvimento de novas variedades.
- c) Desenvolver genótipos ginodioicos estáveis para produção de papaína.
- d) Desenvolver linhagens ginodioicas anãs.
- e) Desenvolver variedades resistentes a estresses bióticos (resistência a doenças)

e tolerantes a estresses abióticos (seca e solo de baixa fertilidade).

Sugerem-se ainda as seguintes medidas:

- a) Desenvolver estudos de sistemática para caracterização de acessos de caricáceas, ainda não descritos, que possam ampliar a variabilidade para programas de melhoramento genético.
- b) Ampliar estudos de marcadores moleculares e bioquímicos que permitam conhecer melhor os padrões de expressões genéticas, metabolismo e síntese de biomoléculas dos diversos indivíduos, para aplicação tecnológica e melhoramento.
- c) Ampliar estudos de seleção assistida por marcadores moleculares e transgenia no desenvolvimento de plantas melhoradas de mamão, reduzindo o tempo para obtenção de linhas puras em mamoeiro e para a produção de plantas de mamoeiro transgênicas com resistência ao PRSV.
- d) Implementar estudos de criopreservação de mamoeiro, oferecendo suporte às técnicas de conservação de germoplasma in situ e ex situ utilizadas para a espécie.

Referências

- AGNEW, G. W. J. Growing quality pawpaws in Queensland. **Queensland Agricultural Journal**, v. 94, p. 24-36, 1968.
- ALLAN, P. Pollination of pawpaws. **Farming in South Africa**, v. 8, p. 13-15, 1963.
- ALLAN, P.; McCHLERY, J.; BIGGS, D. Environmental effects on clonal female and male *Carica papaya* (L.) plants. **Scientia Horticulturae**, v. 31, n. 3-4, p. 221-232, July 1987. DOI [10.1016/0304-4238\(87\)90089-6](https://doi.org/10.1016/0304-4238(87)90089-6).
- ALLARD, R. W. **Princípios do melhoramento genético das plantas**. São Paulo: Edgard Blücher, 1971. 381 p.
- ALZATE-MARIN, A. L.; COSTA, M. R.; SARTORATO, A.; RAVA, C. A.; BARROS E. G.; MOREIRA, M. A. Use of markers as a tool to investigate the presence of disease resistance genes in common bean cultivars. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 1, p. 125-133, 2001. DOI [10.13082/1984-7033.v01n02a04](https://doi.org/10.13082/1984-7033.v01n02a04).

- AQUILIZAN, F. A. Breeding systems for fixing stable papaya inbred lines with breeding potential for hybrid variety production. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM HELD AT TAICHUNG, 1986, Taipei. **The breeding of horticultural crops**: proceedings. Taiwan, 1987. p. 101-106. (FFTC book series, n. 35).
- AQUILIZAN, F. A. Development of papaw hybrid varieties. In: AUSTRALIAN PLANT BREEDING CONFERENCE, 8., 1983, Adelaide. **Proceedings**. [S.l.: s.n.], 1983. p. 267-277.
- ASHMORE, S. E.; DREW, R. A. The application of biotechnology in an integrated project of conservation and utilization of papaya and its wild relatives. **Acta Horticulturae**, v. 725, p. 89-94, 2006. DOI [10.17660/ActaHortic.2006.725.6](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2006.725.6).
- AWADA, M. **Relationships of minimum temperature and growth rate with sex expression of papaya plants (*Carica papaya* L.)**. Honolulu: Hawaii Agricultural Experiment Station, University of Hawaii, 1958. 16 p. (Technical bulletin, n. 38).
- AWADA, M. Soil moisture tension in relation to fruit types of papaya plants. **Hawaii Farm Science**, v. 10, p. 7-8, 1961.
- AWADA, M.; WU, I.-P.; SUEHISA, R. H.; PADGETT, M. M. **Effects of drip irrigation and nitrogen fertilization on vegetative growth, fruit yield, and mineral composition of the petioles and fruits of papaya**. Honolulu: Hawaii Agricultural Experiment Station, University of Hawaii, 1979. 19 p. (Technical bulletin, n. 103).
- BADILLO, V. M. *Carica* L. vs. *Vasconcella* St. Hil (Caricaceae): com la rehabilitacion deste ultimo. **Ernstia**, v. 10, p. 70-72, 2002.
- BADILLO, V. M. *Carica* L. vs. *Vasconcella* St. Hil. (Caricaceae): con la rehabilitación de este ultimo. **Ernstia**, v. 10, p. 74-79, 2000. DOI [10.2307/3393173](https://doi.org/10.2307/3393173).
- BADILLO, V. M. Caricaceae, segundo esquema. **Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela – Alcance**, v. 43, p. 1-111, 1993.
- BAJPAI, A.; SINGH, A. K. Meiotic behavior of *Carica papaya* L.: spontaneous chromosome instability and elimination in important cvs. in North Indian conditions. **Cytologia**, v. 71, n. 2, p. 131-136, 2006. DOI [10.1508/cytologia.71.131](https://doi.org/10.1508/cytologia.71.131).
- BENCHIMOL, L. L.; SOUZA JR., C. L.; SOUZA, A. P. Microsatellite-assisted backcross selection in maize. **Genetics and Molecular Biology**, v. 28, n. 4, p. 789-797, Oct./Dec. 2005. DOI [10.1590/S1415-47572005000500022](https://doi.org/10.1590/S1415-47572005000500022).
- BENSON, E. Cryopreservation theory. In: REED, B. **Plant cryopreservation**: a practical guide. New York: Springer, 2008. p. 15-32. DOI [10.1007/978-0-387-72276-4_2](https://doi.org/10.1007/978-0-387-72276-4_2).
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. **Melhoramento de plantas**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2013. 530 p.
- BRAMMER, S. P. **Variabilidade e diversidade genética vegetal**: requisito fundamental em um programa de melhoramento. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2002. 9 p. (Embrapa Trigo. Documentos online, 29). Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_do29.htm. Acesso em: 22 nov. 2017.
- BUENO, L. C. de S.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, S. P. de. **Melhoramento genético de plantas**: princípios e procedimentos. Lavras: Ed. UFLA, 2001. 282 p.
- BURLE, M. L.; OLIVEIRA, M. S. P. **Manual de curadores de germoplasma – vegetal**: caracterização morfológica. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia; Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2010. 15 p. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Documentos, 312; Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 378).
- CAMERON, J. W.; FROST, H. B. Genetics, breeding and nucellar embryony. In: REUTHER, W. L.; BATCHELOR, L. D.; WEBBER, H. J. (ed.). **The citrus industry**. Berkeley: University of California Press, 1968. v. 2, p. 325-370.
- CARBAJAL TORIBIO, C. N. Mejoramiento genético del Papayo In: TORIBIO TORIBIO, C. C. **El papayo, cultivo e mejoramiento**. Tingo Maria: Universidad Nacional Agraria da la Selva, Faculdade de Agronomia, 2015. p. 89-111.
- CARVALHO, J. M. F. C.; ARAÚJO, S. de S.; SILVA, M. A. da. **Preservação e intercâmbio de germoplasma**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2008. 24 p. (Embrapa Algodão. Documentos, 196).
- CEAGESP. **[Mamão]**. 2015. Folheto. Disponível em: <http://www.ceagesp.gov.br/wp-content/uploads/2015/07/mamao.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2017.
- CHAN, Y. K. Backcross method in improvement of papaya (*Carica papaya* L.). **Malaysian applied biology**: biologi gunaan Malaysia, v. 16, p. 95-100, 1987.
- CHAN, Y. K. Breeding Papaya (*Carica papaya* L.). In: JAIN, S. M.; PRIYADARSHAN, P. M. (ed.). **Plantation tree crops**: tropical species. Munich: Springer, 2009. p. 121-159. DOI [10.1007/978-0-387-71201-7_4](https://doi.org/10.1007/978-0-387-71201-7_4).
- CHAN, Y. K. Irradiation-induced mutation breeding of papaya. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL AND SUBTROPICAL FRUITS, 3., 2004, Fortaleza. **Fruit for a healthy world**: program and abstracts. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. 84 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 83).
- CHAN, Y. K. Studies on carpelody of stamens in papaya (*C. papaya* L.). **MARDI Research Bulletin**, v. 12, n. 2, p. 157-162, 1984.

- CHAN, Y. K.; LAM, P. F. Irradiation induced mutation in papaya with special emphasis on papaya ringspot resistance and delayed fruit ripening. In: IMPROVEMENT of tropical and subtropical fruit trees through induced mutations and biotechnology: second research. Vienna: FAO/IAEA, 2003. p. 5-45.
- CHAN, Y. K.; LAM, P. F.; ABDUL RAHIM, H. Sensitivity of papaya seeds to gamma-irradiation. In: INTERNATIONAL NUCLEAR CONFERENCE 2002 (INCO2), SEMINAR I: AGRICULTURE AND BIOSCIENCES, 2002, Kuala Lumpur, Malaysia, MNS-MINT. **Proceedings**. Bangi: Malaysian Institute for Nuclear Technology Research, 2002. p. 76-82.
- CHAROENSUB, R.; PHANSIRI, S.; SAKAI, A.; YONGMANITICHAI, W. Cryopreservation of cassava in vitro-grown shoot tips cooled to -196°C by vitrification. **Cryo-Letters**, v. 20, p. 89-94, 1999.
- CLEMENT, C. R.; ROCHA, S. F. R.; COLE, D. M.; VIVAN, J. L. **Conservação on farm**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2007. p. 511-543.
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2003. v. 2, 585 p.
- DAMASCENO JUNIOR, P. C.; COSTA, F. R. da; PEREIRA, T. N. S.; FREITAS NETO, M.; PEREIRA, M. G. Karyotype determination in three Caricaceae species emphasizing the cultivated form (*Carica papaya* L.). **Caryologia**: international journal of cytology, cytosystematics and cytogenetics, v. 62, n. 3, p. 10-15, 2009. DOI [10.1080/00087114.2004.10589660](https://doi.org/10.1080/00087114.2004.10589660).
- DAMASCENO JÚNIOR, P. C.; PEREIRA, T. N. S.; FREITAS NETO, M.; PEREIRA, M. G. Meiotic behavior of *Carica papaya* and *Vasconcellea monoica*. **Caryologia**: international journal of cytology, cytosystematics and cytogenetics, v. 63, n. 3, p. 229-236, 2010. DOI [10.1080/00087114.2010.10589732](https://doi.org/10.1080/00087114.2010.10589732).
- DANTAS, J. L. L.; DANTAS, A. C. V. L.; LIMA, J. F. Mamoeiro. In: BRUCKNER, C. H. **Melhoramento de fruteiras tropicais**. Viçosa: Ed. UFV, 2002. p. 308-349.
- DANTAS, J. L. L.; LIMA, J. F. Seleção e recomendação de variedades de mamoeiro: avaliação de linhagens e híbridos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 3, p. 617-621, dez. 2001. DOI [10.1590/S0100-29452001000300035](https://doi.org/10.1590/S0100-29452001000300035).
- DANTAS, J. L. L.; LUCENA, R. S.; VILAS BOAS, S. A. Avaliação agrônômica de linhagens e híbridos de mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 1, p. 138-148, mar. 2015. DOI [10.1590/0100-2945-022/14](https://doi.org/10.1590/0100-2945-022/14).
- DANTAS, J. L. L.; OLIVEIRA, E. J. de; PEREIRA, M. G.; CATTANEO, L. F. Melhoramento genético do mamoeiro no Brasil. In: SIMPÓSIO DO PAPAYA BRASILEIRO, 5., 2011, Porto Seguro. **Inovação e sustentabilidade**: anais. Porto Seguro: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2011. 1 CD-ROM.
- DANTAS, J. L. L.; SOUZA, J. S.; PINTO, R. M. S.; LIMA, J. F. Variabilidade genética e melhoramento do mamoeiro. In: QUEIRÓZ, M. A. de; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. (ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste Brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido; Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999. Disponível em: <http://www.cpatsa.embrapa.br/catalogo/livroorg/index.html>. Acesso em: 22 nov. 2017.
- DATTA P. C. Chromosomal biotypes of *Carica papaya* Linn. **Cytologia**, v. 36, n. 4, p. 555-562, 1971. DOI [10.1508/cytologia.36.555](https://doi.org/10.1508/cytologia.36.555).
- DAVIS, M. J.; YING, Z. Development of papaya breeding lines with transgenic resistance to *Papaya ringspot virus*. **Plant Disease**, v. 88, n. 4, p. 352-358, Apr. 2004. DOI [10.1094/PDIS.2004.88.4.352](https://doi.org/10.1094/PDIS.2004.88.4.352).
- DEMORE, P. dos S. **Seleção assistida por marcadores moleculares microssatélites para resistência ao oídio em soja**. 2008. 45 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal, Jaboticabal.
- DEWEY, D. R. Some applications and misapplications of induced polyploidy to plant breeding. In: LEWIS, W. H. (ed.). **Polyploidy**. New York: Plenum, 1980. p. 445-470. (Basic life sciences, v. 13). DOI [10.1007/978-1-4613-3069-1_23](https://doi.org/10.1007/978-1-4613-3069-1_23).
- DIAS, N. L. P.; OLIVEIRA, E. J. de; DANTAS, J. L. L. Avaliação de genótipos de mamoeiro com uso de descritores agrônômicos e estimação de parâmetros genéticos **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 11, p. 1471-1479, nov. 2011. DOI [10.1590/S0100-204X2011001100008](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011001100008).
- DINESH, M. R. Papaya breeding in India. **Acta Horticulturae**, n. 851, p. 69-76, 2010. II [International Symposium on Papaya](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.851.7). DOI [10.17660/ActaHortic.2010.851.7](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.851.7).
- DINESH, M. R.; IYER, C. P. A.; SUBRAMANYAM, M. D. Combining ability studies in *Carica papaya* L. with respect to yield and quality characters. **Gartenbauwissenschaft**, v. 56, n. 2, p. 81-83, 1991. DOI [10.17660/ActaHortic.2016.1111.9](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1111.9).
- DINESH, M. R.; REKHA, A.; RAVISHANKAR, K. S.; PRAVEEN, K. S.; SANTOS, H. L. C. Breaking the intergeneric crossing barrier in papaya using sucrose treatment. **Scientia Horticulturae**, v. 114, n. 11, p. 33-36, Sept. 2007. DOI [10.1016/j.scienta.2007.05.010](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2007.05.010).
- DREW, R. A.; SIAR, M.; O'BRIEN, C. O.; SAJISE, A. Introgression of genes for PRSV-P resistance to papaya

- from *Vasconcellea quercifolia*. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PAPAYA, 1., 2005, Genting Highlands. **Abstracts**. Genting Highlands: ISHS, 2005. p. 21.
- DREW, R. A.; SIAR, S. V.; O'BRIEN, C. M.; MAGDALITA, P. M.; SAJISE, A. G. C. Breeding for papaya ringspot virus resistance in *Carica papaya* L. via hybridization with *Vasconcellea quercifolia*. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 46, n. 3, p. 413-418, Jan. 2006. DOI [10.1071/EA04247](https://doi.org/10.1071/EA04247).
- EAT WELL WITH GINA. **Maradol papaya**. Disponível em: <http://www.eatwellwithgina.com/2014/06/maradol-papaya>. Acesso em: 17 fev. 2017.
- EMBRAPA RECURSOS GENÉTICOS E BIOTECNOLOGIA. **Intercâmbio de germoplasma**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/recursos-geneticos-e-biotecnologia/pesquisa-e-desenvolvimento/intercambio-de-germoplasma>. Acesso em: 23 fev. 2017.
- FAO. **Production**. 2016. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>. Acesso em: 19 mar. 2017.
- FERRAZ, R. A.; BARDIVIESSO, D. M.; LEONEL, S. Caracterização físico-química das principais cultivares de mamão 'solo' comercializadas na CEAGESP/SP. **Magistra**, v. 24, n. 3, p. 181-185, 2012.
- FERREIRA, J. P.; SCHMILDT, O.; SCHMILDT, E. R.; PIANTAVINHA, W. C.; CATTANEO, L. F. Correlações entre características morfo-agronômicas de acessos de mamoeiro. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 14, p. 246-257, 2012.
- FITCH, M. M. M. Papaya ringspot virus (PRSV) coat protein gene virus resistance in papaya: update on progress worldwide. **Transgenic Plant Journal**, v. 4, p. 16-28, 2010. Special issue 1.
- FRAIFE FILHO, G. A.; DANTAS, J. L. L.; LEITE, J. B. V.; OLIVEIRA, J. R. P. Avaliação de variedades de mamoeiro no extremo sul da Bahia. **Magistra**, v. 13, n. 1, p. 37-41, 2001.
- FREE, J. B. Observations on pollination of papaya (*Carica papaya* L.) in Jamaica. **Tropical Agriculture**, v. 52, n. 3, p. 275-279, 1975.
- FREITAS, L. B.; BERED, F. **Genética e evolução vegetal**. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2003. 463 p.
- GARRET, A. **The pollination biology of papaw (*Carica papaya* L.) in Central Queensland**. 1995. Thesis (Ph.D) – Central Queensland University, Rockhampton, Australia.
- GHANTA, P. K.; MONDAL, S. K. Genotypic variability and correlation coefficients relating to fruit yield and a few other quantitative characters in papaya (*Carica papaya* L.) cultivars. **South Indian Horticulture**, v. 40, n. 5, p. 242-247, 1992.
- GIACOMETTI, D. C.; FERREIRA, F. R. Melhoramento genético do mamão no Brasil e perspectivas. In: RUGGIERO, C. (ed.). **Mamão**. Jaboticabal: FCAV-UNESP, 1988. p. 377-388.
- GONSALVES, D. Control of papaya ringspot virus in papaya: a case study. **Annual Review of Phytopathology**, v. 36, p. 415-437, 1998. DOI [10.1146/annurev.phyto.36.1.415](https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.36.1.415).
- HAMILTON, R. A. **A quantitative study of growth and fruiting in inbred and crossbred progenies from two Solo papaya strains**. Honolulu: Hawaii Agricultural Experiment Station, University of Hawaii, 1954. 20 p. (Technical bulletin, n. 20).
- HELLIOT, B.; PANIS, B.; POUMAY, Y.; SWENNEN, R.; LEPOIVRE, P.; FRISON, E. Cryopreservation for the elimination of cucumber mosaic or banana streak viruses from banana (*Musa* spp.). **Plant Cell Reports**, v. 20, p. 1117-1122, 2002. DOI [10.1007/s00299-002-0458-8](https://doi.org/10.1007/s00299-002-0458-8).
- HOFMEYR, J. D. J. Determination of sex in *Carica papaya*. **Farming in South Africa**, v. 13, p. 332, 1938a.
- HOFMEYR, J. D. J. Genetical studies of *Carica papaya*. **South African Journal of Science**, v. 35, p. 300-304, 1938b.
- HOFMEYR, J. D. J. Genetics of *Carica papaya* L. **Chronica Botanica**, v. 6, p. 246-247, 1941.
- HOFMEYR, J. D. J. Sex reversal in *Carica papaya* L. **South African Journal of Science**, v. 36, p. 286-287, 1939.
- HOFMEYR, J. D. J. Some genetic breeding aspects of *Carica papaya*. **Agronomia Tropical**, v. 4, n. 1, p. 345-351, 1967.
- HOROVITZ, S. Determinacion del sexo en *Carica papaya* L. estructura hipotetica de los cromossomas sexuales. **Agronomia Tropical**, v. 3, n. 34, p. 229-249, 1954.
- HOROVITZ, S.; JIMÉNEZ, H. Cruzamientos interspecificos y intergenericos in Caricaceas y sus implicaciones fitotecnicas. **Agronomia Tropical**, v. 17, p. 323-343, 1967.
- HOROVITZ, S.; ZERPA, D. M.; ARNAL, H. Frecuencias de equilibrio de las formas sexuales en poblaciones de *Carica papaya* L. **Agricultura Tropical**, v. 3, n. 3, p. 149-174, 1953.
- IBGE. **Produção agrícola municipal**. 2015. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisas/calendario.php#1>. Acesso em: 7 mar. 2017.
- IDE, C. D. **Melhoramento genético do mamoeiro (*Carica papaya* L.): parâmetros genéticos e capacidade combinatória em ensaios de competição de cultivares**. 2008. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes.
- INTERNATIONAL PLANT GENETIC RESEARCH INSTITUTE. **Descriptor list for papaya**. Rome, 1988. 34 p.

- JARAMILLO, S.; BAENA, M. **Conservación ex situ de recursos fitogenéticos**. Roma: IPGRI, 2000. 209 p.
- JIMÉNEZ, H.; HOROVITZ, S. Cruzabilidad entre especies de *Carica*. **Agronomia Tropical**, v. 7, p. 207-215, 1958.
- KHADI, B. M.; SINGH, I. D. Estimates of variability, heritability and genetic advance in papaya (*Carica papaya* L.). **Pantnagar Journal of Research**, v. 5, n. 2, 1980.
- KHUSPE, S.; HENDRE, R.; MASCARENHAS, A.; JUGANNATHAN, V.; THOMBRE, M.; JOSHI, A. Utilization of tissue culture to isolate interspecific hybrids in *Carica*. In: NATIONAL SYMPOSIUM ON PLANT TISSUE CULTURE, GENETIC MANIPULATION AND SOMATIC HYBRIDIZATION OF PLANT CELLS, 1980, Bombay. **Proceedings** [...] Bombay: Bhabha Atomic Research Center, 1980. p. 198-205.
- KUMAR, L. S. S.; ABRAHAM, A.; SRINIVASAN, V. K. The cytology of *Carica papaya* Linn. **The Indian Journal of Agricultural Science**, v. 15, p. 242-253, 1945.
- KWOK, C. Y. Breeding the papaya-*Carica papaya*. **Utar Agriculture Science Journal**, v. 1, n. 2, p. 32-42, 2015.
- LITZ, R. E.; CONOVER, R. A. High-frequency somatic embryogenesis from *Carica* suspension cultures. **Annals of Botany**, v. 51, n. 5, p. 683-686, May 1983. DOI [10.1093/oxfordjournals.aob.a086516](https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a086516).
- LIU, Z.; MOORE, P. H.; MA, H.; ACKERMAN, C. M.; RAGIBA, M.; YU, Q.; PEARL, H. M.; KIM, M. S.; CHARLTON, J. W.; STILES, J. I.; ZEE, F. T.; PATERSON, A. H.; MING, R. A primitive Y chromosome in papaya marks incipient sex chromosome evolution. **Nature**, v. 427, p. 348-352, 2004. DOI [10.1038/nature02228](https://doi.org/10.1038/nature02228).
- LIUS, S.; MANSCHARDT, R. M.; FITCH, M. M. M.; SLIGHTOM, J. L.; SANFORD, J. C.; GONSALVES, D. Pathogen-derived resistance provides papaya with effective protection against papaya ringspot virus. **Molecular Breeding**, v. 3, p. 161-168, 1997. DOI [10.1023/A:1009614508659](https://doi.org/10.1023/A:1009614508659).
- LORENCE, D. H.; TORRES, C. R. *Carica cnidoscoloides* (sp. nov.) and sect. *holostigma* (sect. nov.) of Caricaceae from Southern Mexico. **Systematic Botany**, v. 13, n. 1, p. 107-110, 1988. DOI [10.2307/2419246](https://doi.org/10.2307/2419246).
- LOUW, A. J. Papaya breeding – a conventional approach. **Acta Horticulturae**, v. 1111, p. 61-66, 2016. DOI [10.17660/ActaHortic.2016.1111.9](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1111.9).
- LUCENA, C. C. **Polos de produção de mamão no Brasil**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2016. 47 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Documentos, 217).
- LUCENA, R. S. **Caracterização agrônômica de novas linhagens e híbridos de mamoeiro (*Carica papaya* L.)**. 2013. 114 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas.
- LUNA, J. V. U. Comportamento de variedades e seleções de mamoeiro (*Carica papaya* L.) no Estado da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 3., 1975, Rio de Janeiro, 1975. **Anais** [...] Campinas: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1976. v. 2, p. 525-533.
- LUNA, J. V. U. Variedades de mamoeiro. **Informe Agropecuário**, v. 12, n. 134, p. 14-18, 1986.
- LUZ, L. N. da; PEREIRA, M. G.; BARROS, F. R.; FERREGUETTI, G. A. Novos híbridos de mamoeiro avaliados nas condições de cultivo tradicional e no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 1, p. 159-171, jan./mar. 2015. DOI [10.1590/0100-2945-069/14](https://doi.org/10.1590/0100-2945-069/14).
- MAGDALITA, P. M.; ADKINS, S. W.; GODWIN, I. D.; DREW, R. A. An improved embryo-rescue protocol for a *Carica* interspecific hybrid. **Australian Journal of Botany**, v. 44, n. 3, p. 343-353, 1996. DOI [10.1071/EA98066](https://doi.org/10.1071/EA98066).
- MAGDALITA, P. M.; DREW, R. A.; GODWIN, I. D.; ADKINS, S. W. An efficient interspecific hybridisation protocol for *Carica papaya* L. × *C. cauliflora* Jacq. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 38, p. 523-530, 1998. DOI [10.1071/EA98066](https://doi.org/10.1071/EA98066).
- MAGDALITA, P. M.; VILLEGAS, V. N.; PIMENTEL, R. B.; BAYOT, R. G. Reaction of papaya (*Carica papaya* L.) and related *Carica* species to ringspot virus. **Philippine Journal of Crop Science**, v. 13, n. 3, p. 129-132, 1988.
- MALAGUETTI, G.; JIMENEZ, H.; HOROVITZ, S. Pruebas de transmisión del mosaico de la lechosa a otras especies de *Carica*. **Agronomia Tropical**, v. 7, n. 1, p. 23-32, 1957.
- MALUF, M. P.; GUERREIRO FILHO, O.; FAZUOLI, L. C. Biotecnologia: aporte tecnológico ao melhoramento do cafeeiro no IAC. **O Agrônomo**, v. 53, n. 2, 2001. Disponível em: www.iac.sp.gov.br/publicacoes/agronomico/pdf/05_biotecnologia.pdf. Acesso em: 7 mar. 2017.
- MANICA, I. **Fruticultura tropical: 3. mamão**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1982. 276 p.
- MANSCHARDT, R. M.; WENSLAFF, T. F. Interspecific hybridization of papaya with other *Carica* species. **Journal American Society Horticultural Science**, v. 114, p. 689-694, 1989a.
- MANSCHARDT, R. M.; WENSLAFF, T. F. Zygotic polyembryony in interspecific hybrids of *Carica papaya* and *C. cauliflora*. **Journal American Society Horticultural Science**, v. 114, p. 684-689, 1989b.
- MARIN, A. L. A.; CERVIGNI, G. D. L.; MOREIRA, M. A.; BARROS, E. G. Seleção assistida por marcadores moleculares visando ao desenvolvimento de plantas resistentes a doenças, com ênfase em feijoeiro e soja. **Fitopatologia Brasileira**, v. 30, n. 4, p. 333-342, jul./ago. 2005. DOI [10.1590/S0100-41582005000400001](https://doi.org/10.1590/S0100-41582005000400001).

- MARIN, S. L. D.; GOMES, J. A. Morfologia e biologia floral do mamoeiro. **Informe Agropecuário**, v. 12, n. 134, p. 10-14, 1986.
- MARIN, S. L. D.; GOMES, J. A.; ALVES, F. L. **Introdução, avaliação e seleção do mamoeiro cv. Improved Sunrise Solo Line 72/12 no Estado do Espírito Santo**. Vitória: EMCAPA, 1989. 13 p. (EMCAPA. Documentos, 59).
- MARIN, S. L. D.; GOMES, J. A.; SALGADO, J. S.; MARTINS, D. dos S.; FULLIN, E. A. **Recomendações para a cultura do mamoeiro dos grupos Solo e Formosa no Estado do Espírito Santo**. 4. ed. Cariacica: EMCAPA, 1995. 57 p. (EMCAPA. Circular técnica, 3).
- MARIN, S. L. D.; PEREIRA, M. G.; AMARAL JÚNIOR, A. T. do; MARTELLETO, L. A. P.; IDE, C. D. Partial diallel to evaluate the combining ability for economically important traits of papaya. **Scientia Agricola**, v. 63, n. 6, p. 540-546, Nov./Dec. 2006. DOI [10.1590/S0103-90162006000600005](https://doi.org/10.1590/S0103-90162006000600005).
- MARIN, S. L. D.; PEREIRA, M. G.; FERREGUETTI, G. A.; AMARAL JÚNIOR, A. T. do; CATTANEO, L. F. Capacidade combinatória em mamoeiro (*Carica papaya* L.) dos grupos 'Solo' e 'Formosa' sob cruzamento dialélico parcial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 1., Goiânia, 2001. **Anais** [...] Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2001. 1 CD-ROM.
- MARTELLETO, L. A. P.; MALDONADO, J. F. M.; VIEIRA, A.; FERNANDES, S. G.; CARVALHO, S. M. P. de; SILVA, J. A. da C. e; COSTA, R. A. da; OLIVEIRA, L. A. A. de; SARMENTO, W. da R. M. **A cultura do mamão: perspectivas, tecnologias e viabilidade**. Niterói: PESAGRO-RIO, 1997. 28 p.
- MATSUMOTO, K.; CARDOSO, L. D.; SANTOS, I. R. I. **Manual de curadores de germoplasma – vegetal: conservação in vitro**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2010. 11 p. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Documentos, 318).
- MATSUMOTO, T.; MOCHIDA, K.; ITAMURA, H.; SAKAI, A. Cryopreservation of persimmon (*Diospyros kaki* Thunb) by vitrification of dormant shoot tips. **Plant Cell Reports**, v. 20, p. 398-402, 2001. DOI [10.1007/s002990100350](https://doi.org/10.1007/s002990100350).
- MEDINA, J. C.; BLEINROTH, E. W.; SIGRST, J. M. M.; DE MARTIN, Z. J.; NISIDA, A. L. A. C.; BALDINI, V. L. S.; LEITE, R. S. S. F.; GARCIA, A. E. B. **Mamão: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos**. 2. ed. Campinas: ITAL, 1989. 367 p.
- MEISSNER FILHO, P. E. Mamoeiro transgênico no Brasil: resultados obtidos e legislação para sua liberação. In: SIMPÓSIO DO PAPAYA BRASILEIRO, 5., 2011, Porto Seguro. **Inovação e sustentabilidade: anais**. Porto Seguro: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2011. 1 CD-ROM.
- MEISSNER FILHO, P. E.; VILARINHOS, A. D.; OLIVEIRA, V. J. S.; SILVA, D. C. S.; SANTOS, V. S.; DANTAS, J. L. L. Resistance of transgenic papaya trees to papaya ringspot in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 56, e01954, 2021. DOI [10.1590/S1678-3921.pab2021.v56.01954](https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2021.v56.01954).
- MEKAKO, H. V.; NAKASONE, H. Y. Interspecific hybridization among six *Carica* species. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 100, p. 237-242, 1975.
- MICHELETTI DE ZERPA, D. Citologia de híbridos interespecíficos em *Carica*. **Agronomia Tropical**, v. 8, n. 4, p. 135-144, 1959.
- MING, R.; YU, Q.; MOORE, P. H. Sex determination in papaya (Review). In: **Seminars in Cell & Developmental Biology**. 2007. Disponível em: https://www.academia.edu/12763109/Sex_determination_in_papaya?auto=download. Acesso em: 10 mar. 2017.
- MONTALVÁN, R.; FARIA, R. T. Variabilidade genética e germoplasma. In: DESTRO, D.; MONTALVÁN, R. (org.). **Melhoramento genético de plantas**. Londrina: Ed. UEL, 1999. p. 27-38.
- NAKASONE, H. Y.; LAMOUREUX, C. Transitional forms of hermaphroditic papaya flowers leading to complete maleness. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 107, p. 589-592, 1982.
- NAKASONE, Y. H. A situação do vírus do mamão no Havaí. In: CULTURA do mamoeiro. São Paulo: Livrocercos, 1980. p. 199-209.
- NAKASONE, Y. H.; CROZIER JUNIOR, J. A.; IKEHARA, D. K. **Evaluation of 'Waimanalo', a new papaya strain**. Honolulu: Hawaii Agricultural Experiment Station, University of Hawaii, 1972. 12 p. (Technical bulletin, n. 79).
- NAKASONE, Y. H.; STOREY, W. B. Studies on the inheritance of fruiting height of *Carica papaya* L. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v. 66, p. 168-182, 1955.
- OLIVEIRA, E. J. de; SILVA, A. dos S.; CARVALHO, F. M. de; SANTOS, L. F. dos; COSTA, J. L.; AMORIM, V. B. de O.; DANTAS, J. L. L. Polymorphic microsatellite marker set for *Carica papaya* L. and its use in molecular-assisted selection. **Euphytica**, v. 173, p. 279-287, Feb. 2010. DOI [10.1007/s10681-010-0150-y](https://doi.org/10.1007/s10681-010-0150-y).
- ORGANISATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT. Environment Directorate. **Consensus document on the biology of *Carica papaya* L (papaya)**. France, 2004. 37 p. (Draft document).
- PARASNIS, A. S.; RAMAKRISHNA, W.; CHOWDARI, K. V.; GUPTA, V. S.; RANJEKAR, P. K. Microsatellite (GATA)_n reveals sex-specific differences in papaya. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 99, p. 1047-1052, 1999. DOI [10.1007/s001220051413](https://doi.org/10.1007/s001220051413).

- PEREIRA, H. S.; SANTOS, J. B. dos; SOUZA, T. P. de; LIMA, I. A. Seleção fenotípica e assistida por marcadores moleculares de famílias de feijoeiro-comum com alta produtividade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 11, p. 1551-1558, nov. 2008. DOI [10.1590/S0100-204X2008001100014](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008001100014).
- PEREIRA, M. G.; MARIN, S. L. D.; VIANA, A. P.; PEREIRA, T. N. S.; FERRETTI, G. A.; MARTELLETO, L. A. P.; IDE, C. D.; CATTANEO, L. F. Melhoramento genético do mamoeiro (*Carica papaya* L.): desenvolvimento e recomendação de híbridos. In: REUNIÃO DE PESQUISA DO FRUTIMAMÃO, 2., 2004, Campos dos Goytacazes. **Resumos** [...] Campos dos Goytacazes: UENF, 2004.
- PEREIRA, T. N. S.; FREITAS NETO, M.; DAMASCENO JUNIOR, P. C.; RABELO, F. da C.; PEREIRA, M. G. Genetic Relationship between *Vasconcellea* and *Carica* Based on Their Chromosome Features. **Cytologia**, v. 79, n. 4, p. 567-573, 2014. DOI [10.1508/cytologia.79.567](https://doi.org/10.1508/cytologia.79.567).
- PREST, R. L. Unfruitfulness in pawpaws. **Unfruitfulness Agricultural Journal**, v. 81, p. 144-148, 1955.
- QUINTAL, S. S. R.; VIANA, A. P.; GONÇALVES, L. S. A.; PEREIRA, M. G.; AMARAL JÚNIOR, A. T. Divergência genética entre acessos de mamoeiro por meio de variáveis morfoagronômicas. **Semina: ciências agrárias**, v. 33, n. 1, p. 131-142, 2012. DOI [10.5433/1679-0359.2012v33n1p131](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n1p131).
- RAM, M.; MAJUMDER, P. K. Character association in papaya. In: NATIONAL SEMINAR ON PAPAYA AND PAPAIN PRODUCTION, 1984, TNAU, Coimbatore. **Proceedings...** Coimbatore: Tamil Nadu Agricultural University, 1984. p. 30-33.
- RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SANTOS, J. B. Melhoramento de espécies autógamias. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S. de; VALADARES-INGLIS, M. C. (ed.). **Recursos genéticos e melhoramento – Plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 201-230.
- RAMOS, H. C. C. **Melhoramento populacional do mamoeiro (*Carica papaya* L.) assistido por marcadores microssatélites**. 2007. 136 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias Campos dos Goytacazes, RJ.
- RASHID, K.; OTHMAN, R. Y.; SHAREEF, B.; SHAIK, B. K.; YUSOF, Y. M.; NEZHADAHMADI, A. The application of Irap markers in the breeding of Papaya (*Carica Papaya* L.). **Indian Journal of Science and Technology**, v. 7, n. 11, p. 1720-1728, Nov. 2014.
- RICCELLI, M. Resistencia al virus del mosaico y adaptabilidad de tres especies de Caricaceae. **Agricultura Tropical**, v. 13, p. 89-94, 1963.
- RODRIGUEZ-PASTOR, M. C.; GALAN-SAUICO, V.; HERRERO-ROMERO, M. Evaluation of papaya autogamy. **Fruits-Paris**, v. 45, p. 387-391, 1990.
- RONZELLI JÚNIOR, P. Introdução e adaptação de plantas. In: RONZELLI JÚNIOR, P. **Melhoramento genético de plantas**. Curitiba, 1996. p. 25-40.
- ROSSI, F. S. **Caracterização de genótipos de mamoeiro (*Carica papaya* L.) tratados com solução de colchicina, visando à identificação de autotetraploides**. 2015. 45 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes.
- RUGGIERO, C.; MARIN, S. L.; DDURIGAN, J. F. Mamão, uma história de sucesso. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 76-82, out. 2011. Número especial. DOI [10.1590/S0100-29452011000500011](https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000500011).
- SAMPAIO, H. S. de V.; LUNA, J. V. U.; SAMPAIO, L. S. de V. Comportamento de linhas endógamas de mamão (*Carica papaya* L.) e seus híbridos, em solo infestado com *Phytophthora* sp. **Magistra**, v. 1, p. 36-45, 1983.
- SAWANT, A. Crossing relationships in the genus *Carica*. **Evolution**, v. 12, n. 2, p. 263-266, June 1958. DOI [10.1111/j.1558-5646.1958.tb02954.x](https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1958.tb02954.x).
- SCHIFINO-WITTMANN, M. T.; DALL'AGNOL, M. Gametas não reduzidos no melhoramento de plantas. **Ciência Rural**, v. 31, n. 1, p. 169-175, jan./fev. 2001. DOI [10.1590/S0103-84782001000100028](https://doi.org/10.1590/S0103-84782001000100028).
- SEMENTES FELTRIN. Disponível em: <https://sementesfeltrin.com.br/Produto/mamao-sunrise-solo>. Acesso em: 17 fev. 2017.
- SERRANO, L. A. L.; CATTANEO, L. F. O cultivo do mamoeiro no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 3, set. 2010. DOI [10.1590/S0100-29452010000300001](https://doi.org/10.1590/S0100-29452010000300001).
- SHARMA, S. K.; MITRA, S. K. An overview of biodiversity in papaya in India with future prospects. **Acta Horticulturae**, v. 1022, p. 149-155, 2014. DOI [10.17660/ActaHortic.2014.1022.19](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1022.19).
- SIAR, S. V.; BELIGAN, G. A.; SAJISE, A. J. C.; VILLEGAS, V. N.; DREW, R. A. Papaya ringspot virus resistance in *Carica papaya* via introgression from *Vasconcellea quercifolia*. **Euphytica**, v. 181, p. 159-168, 2011. DOI [10.1007/s10681-011-0388-z](https://doi.org/10.1007/s10681-011-0388-z).
- SILVA, D. J. H. Histórico e conceitos em conservação e uso de recursos genéticos. In: ENCONTRO TEMÁTICO DE GENÉTICA E MELHORAMENTO–DESAFIOS E PERSPECTIVAS DO SÉCULO XXI, 2., 2005, Viçosa, MG. Disponível em: <http://arquivo.ufv.br/dbg/genmelhor/Recursos%20Gen%20E9ticos/AULA%20N%201.pdf>. Acesso em: 7 mar. 2017.

- SINGH, I. D. *Papaya*. New Delhi: Oxford: IBH Publishing, 1990. 192 p.
- SINGH, K.; KUMAR, A. Genetic variability and correlation studies in papaya under Bihar conditions. **Acta Horticulturae**, v. 851, p. 145-150, 2010. DOI [10.17660/ActaHortic.2010.851.20](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.851.20).
- SINGH, R. N. Colchicine induced polyploidy in papaya (*Carica papaya* L.). **Science and Culture**, v. 19, p. 44, 1953.
- SINGH, R. N. The problematic papaya. **World Crops**, v. 15, p. 82-85, 1963.
- SOUZA JÚNIOR, M. T. **Analysis of the resistance in genetically engineered papaya against papaya ringspot potyvirus, partial characterization of the PRSV: Brazil: Bahia isolate, and development of transgenic papaya for Brazil**. 1999. Dissertation (Ph.D.) – Cornell University, Ithaca.
- SOUZA JÚNIOR, M. T.; NICKEL, O.; GONSALVES, D. Development of virus resistant transgenic papayas expressing the coat protein gene from a Brazilian isolate of papaya ringspot virus. **Fitopatologia Brasileira**, v. 30, n. 4, p. 657-665, July/Aug. 2005. DOI [10.1590/S0100-41582005000400004](https://doi.org/10.1590/S0100-41582005000400004).
- SOUZA, F. F.; QUEIRÓZ, M. A. Avaliação de caracteres morfológicos úteis na identificação de plantas poliploides de melancia. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 3, p. 516-520, 2004. DOI [10.1590/S0102-05362004000300002](https://doi.org/10.1590/S0102-05362004000300002).
- SOUZA, F. de F.; QUEIRÓZ, M. A. de; DIAS, R. de C. S. Melancia sem sementes: desenvolvimento e avaliação de híbridos triploides experimentais de melancia. **Biocientia, Ciência e Desenvolvimento**, v. 2, n. 9, p. 90-95, jul./ago. 1999. Encarte especial.
- STOREY, W. B. Genetics of the papaya. **Journal of Heredity**, v. 44, n. 2, p. 70-78, Mar. 1953. DOI [10.1093/oxfordjournals.jhered.a106358](https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.jhered.a106358).
- STOREY, W. B. Modification of sex expression in papaya. **Horticultural Advance**, v. 2, p. 49-60, 1958.
- STOREY, W. B. Papaya (*Carica papaya* L.). In: FERWERDA, P.; WIT, F. (ed.). **Outline of perennial crop breeding in the tropics**. Wageningen: Veenman and Zonen, 1969a. p. 389-407.
- STOREY, W. B. Pistillate papaya flower: a morphological anomaly. **Science**, v. 163, n. 3865, p. 401-405, 1969b. DOI [10.1126/science.163.3865.401](https://doi.org/10.1126/science.163.3865.401).
- STOREY, W. B. Segregation of sex type in Solo papaya and their application to the selection of seed. **Proceedings of the American of Society Horticultural Science**, v. 35, p. 83-85, 1938a.
- STOREY, W. B. The botany and sex relationship of the papaya. **Agricultural Experimental Station: papaya production in the Hawaii Island**, v. 87, p. 5-22, 1941.
- STOREY, W. B. The primary flowers types of papaya and the primary fruit types that develop from them. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v. 35, p. 80-82, 1938b.
- SUBHADRABANDHU, S.; NONTASWATSRI, C. Combining ability analysis of some characters of introduced and local papaya cultivars. **Scientia Horticulturae**, v. 71, n. 3-4, p. 203-212, Dec. 1997. DOI [10.1016/S0304-4238\(97\)00103-9](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(97)00103-9).
- SUDHA, R.; BALAMOCHAN, T. N.; SOORIANATHASUNDARAM, K.; MANIVANNAN, N.; RABINDRAN, R. Evaluation of F2 intergeneric population of papaya (*Carica papaya* L.) for resistance to papaya ringspot virus (PRSV). **Scientia Horticulturae**, v. 158, p. 68-74, July 2013. DOI [10.1016/j.scienta.2013.04.031](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.04.031).
- THINH, N. T.; TAKAGI, H.; YASHIMA, S. Cryopreservation of in vitro-grown shoot tips of banana (*Musa* spp.) by vitrification method. **Cryo-Letters**, v. 20, p. 163-174, 1999.
- TRINIDADE, A. V. (org.). **Mamão: produção: aspectos técnicos**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. 77 p. (Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. Frutas do Brasil, 3).
- VAN DROOGENBROECK, B.; BREYNE, P.; GOTGHEBEUR, P.; ROMEIJN-PEETERS, E.; KYNDT, T.; GHEYSEN, G. AFLP analysis of genetic relationships among papaya and its wild relatives (Caricaceae) from Ecuador. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 105, p. 289-297, 2002. DOI [10.1007/s00122-002-0983-4](https://doi.org/10.1007/s00122-002-0983-4).
- VANDENBUSSCHE, B.; WEYENS, G.; PROFT, M. D. Cryopreservation of *in vitro* sugar beet (*Beta vulgaris* L.) shoot tips by a vitrification technique. **Plant Cell Reports**, n. 19, p. 1064-1068, 2000. DOI [10.1007/s002990000232](https://doi.org/10.1007/s002990000232).
- WANG, Y.-L.; FAN, M.-J.; LIAW, S.-I. Cryopreservation of in vitro-grown shoot tips of papaya (*Carica papaya* L.) by vitrification. **Botanical Bulletin of Academia Sinica**, v. 46, n. 1, p. 29-34, 2005.



CAPÍTULO 4

Fisiologia

Jailson Lopes Cruz

Introdução

Em razão do aparecimento do vírus da mancha-anelar, também conhecido como mosaico, as áreas de plantio do mamoeiro migraram de São Paulo para o norte do Espírito Santo e para as regiões Nordeste e Norte do País, onde a cultura encontrou condições propícias para seu desenvolvimento e produção. Nos dias atuais, os produtores têm buscado novas regiões de plantio, no intuito de expandir as plantações para fronteiras agrícolas com menor custo de produção, maiores produtividades e/ou com localização mais próxima do mercado consumidor, o que lhes daria vantagens competitivas. As mudanças climáticas que vêm sendo detectadas, com uma nova configuração dos regimes de chuvas e de seca e aumentos da temperatura, são um desafio à manutenção dos sistemas atuais de cultivos. Nesse contexto, tornam-se ainda mais importantes os estudos relacionados com a fisiologia do mamoeiro, visto que o conhecimento das respostas das plantas aos fatores do clima pode contribuir para o desenvolvimento de técnicas e/ou tecnologias agrícolas mais adequadas ao manejo da cultura, possibilitando, dessa forma, a obtenção de sistemas de plantio mais produtivos, mais sustentáveis e com frutos de melhor qualidade. Este capítulo aborda aspectos relacionados às descrições anatômica, morfológica e fisiológica do mamoeiro, além dos principais fatores climáticos que interferem no crescimento, na produtividade e na qualidade dos frutos dessa espécie.

Características anatômicas e morfológicas

O centro de origem do mamoeiro (*Carica papaya* L.) é, muito provavelmente, o noroeste da América do Sul, vertente oriental dos Andes, mais precisamente na Bacia Amazônica Superior, onde a diversidade genética é máxima (Dantas; Lima, 2001). Esse aspecto caracteriza

o mamoeiro como uma planta tipicamente tropical, que pertence à classe Magnoliopsida (eudicotiledônea com dois ou mais cotilédones na semente) e à família Caricaceae. A despeito de alcançar grandes alturas, o mamoeiro não é considerado uma árvore, visto que sua complexidade funcional e estrutural assemelha-se mais a de uma planta herbácea. Assim, é conhecido como uma grande planta herbácea, cujo crescimento, que é indeterminado, pode alcançar 3 m de altura no primeiro ano e chegar a 10 m na fase final do ciclo de vida (Morton, 1987); no entanto, nos sistemas de plantio atuais raramente ultrapassam 6 m de altura (Jiménez et al., 2014). Essa característica de crescimento indeterminado indica que os processos de crescimento vegetativo, florescimento e crescimento dos frutos ocorrem simultaneamente.

O caule ou tronco é reto, apresenta largura de base, quando adulto, de 20 cm a 30 cm e afunila para alcançar em torno de 5 cm a 7 cm próximo ao ápice; com o tempo, torna-se oco entre os nós (Ming et al., 2008). O pecíolo é relativamente comprido (30 cm–105 cm). As primeiras folhas produzidas na planta não são palmadas, mas as folhas seguintes adquirem esse tipo de conformação. As folhas distribuem-se ao longo do caule em um modelo do tipo espiral (Morton, 1987) com filotaxia de 3/8 (Fisher, 1980). Em condições ideais de cultivo, o mamoeiro cresce rapidamente, produz de duas a quatro folhas por semana e, na fase adulta, as plantas saudáveis poderão apresentar entre 15 e 30 folhas restritas aos 2 m da parte superior do tronco (Ming et al., 2008; Wang et al., 2014). Ao mesmo tempo em que novas folhas são formadas, outras iniciam o processo de senescência e caem durante o ciclo da cultura. A lâmina foliar é grande, com largura variando entre 30 cm e 60 cm, e contém de cinco a nove lóbulos (Morton, 1987; Ming et al., 2008). Após o aparecimento, as folhas do mamoeiro necessitam entre 26 e 36 dias para completarem o processo de expansão (Wang et al., 2014). A folha apresenta mesofilo dorsiventral, com apenas

uma camada de parênquima paliçádico típico logo abaixo da epiderme adaxial e parênquima lacunoso formado geralmente por quatro a seis estratos de células (Carneiro; Cruz, 2009; Jiménez et al., 2014). Estômatos são observados exclusivamente na face abaxial (hipoestomáticos), podendo ser anisocíticos ou anomocíticos (Carneiro; Cruz, 2009; Leal-Costa et al., 2010). A densidade estomática (DE) e o índice estomático (IE) são importantes características foliares, pois podem estar relacionados com o controle da perda de água para o ambiente e com o processo fotossintético. Parés et al. (2008) encontraram que a DE e o IE de folhas do mamoeiro totalmente expostas ao sol e sem estresse foram, respectivamente, de 399 estômatos por milímetro quadrado e 17,4%. Valores dessa magnitude podem permitir um bom ajuste das plantas à variação nas condições de luz, água e temperatura do ambiente (Jiménez et al., 2014). A duração da folha na planta depende do ambiente em que o mamoeiro está sendo cultivado, mas as informações disponíveis indicam que, sob condições tropicais, elas podem permanecer ligadas ao caule por um período de 3 a 6 meses (Jiménez et al., 2014). O mamoeiro apresenta três tipos de flores: masculina, feminina e hermafrodita. Do ponto de vista comercial, as plantas que apresentam flores hermafroditas são as preferidas, pois geram frutos com formato mais apreciado pelos consumidores.

O sistema radicular do mamoeiro é fibroso, e as raízes laterais se desenvolvem rapidamente para dar suporte à planta (Carneiro; Cruz, 2009; Jiménez et al., 2014). As raízes apresentam endoderme com estrias de Caspary evidentes, cilindro vascular com seis polos de xilema que se alternam com seis arcos de floema, caracterizando a raiz como hexarca, e medula parenquimática ocupando o centro do órgão (Carneiro; Cruz, 2009).

O mamoeiro é uma planta produtora de látex. Os laticíferos estão presentes no caule, quando em início de desenvolvimento secundário, nos frutos e nas folhas, acompanhando os feixes

vasculares. Tem sido observado que o látex é composto de água, em sua maior parte, açúcares, proteínas, substâncias lipídicas, sais minerais, alcaloides, isoprenoides, entre outras substâncias (Jiménez et al., 2014). A rica composição do látex do mamoeiro induz pesquisadores a afirmar que ele tem importantes funções fisiológicas, como, por exemplo, na formação de tecidos e órgãos e proteção das plantas contra ataques de pragas e doenças (El-Moussaoui et al., 2001; Jiménez et al., 2014). Por exemplo, quando a planta sofre algum dano mecânico, ocorre grande liberação de látex, que rapidamente coagula, fechando a parte injuriada, impedindo a entrada de patógenos no floema das plantas. Além disso, a presença de substâncias tóxicas no látex reduz a taxa de alimentação dos insetos e, portanto, a sua capacidade de proliferação (El Moussaoui et al., 2001; Jiménez et al., 2014).

O mamoeiro é uma espécie perene. Entretanto, do ponto de vista comercial, tem sido caracterizado como de vida curta, visto que os pomares são renovados, em média, após o segundo ou terceiro ano de produção, tanto pelo crescimento excessivo em altura, que dificulta o processo de colheita, quanto pela ocorrência de pragas e doenças viróticas que, com frequência, infestam os pomares. Após esse curto período, as plantas são arrancadas e novos plantios realizados. O mamoeiro normalmente apresenta dominância apical, por isso não permite o aparecimento de ramificações no caule. Entretanto, em situações de crescimento vegetativo elevado ou de danos à gema apical, pode ocorrer a emissão de brotações laterais (Ming et al., 2008; Jiménez et al., 2014).

Crescimento e desenvolvimento

A propagação vegetativa é uma prática comum entre diversas fruteiras cultivadas, uma vez que esse processo permite a obtenção de plantas mais uniformes quanto aos seguintes aspectos: padrão de crescimento, produtividade e

características desejadas do fruto. A propagação vegetativa também é importante para minimizar problemas bióticos e abióticos. No entanto, essa não é uma prática comum em pomares de mamão, cujo método de propagação é basicamente por sementes. Entretanto, por serem as sementes provenientes de plantas hermafroditas, em um processo de autofecundação, a grande heterogeneidade dos pomares, observada em outras fruteiras propagadas por sementes, é menos visível no mamoeiro. Estudos acerca da propagação vegetativa do mamoeiro precisam ser realizados, principalmente para mamão do grupo Formosa, visto que o preço das sementes é elevado. Uma tecnologia desejada é a possibilidade de se realizarem plantios comerciais usando brotos de plantas hermafroditas, o que poderia, além de manter as características da planta matriz, gerar redução de custos com a compra das sementes e mão de obra para realização da sexagem. O uso de porta-enxertos também poderia ser uma possibilidade para o controle de importantes doenças. Trabalhos na Ásia e na Oceania já observaram atraso no aparecimento de sintomas de mancha-anelar quando se utilizou como porta-enxerto a espécie *Vasconcellea cauliflora*.

As sementes do mamoeiro são envolvidas por uma estrutura mucilagínosa, chamada sarcotesta, que apresenta diversas classes de inibidores da germinação e pode tornar esse processo lento e desuniforme. A retirada dessa mucilagem é importante para um melhor processo germinativo. Em relação à tolerância ao armazenamento em ambiente controlado, as sementes do mamoeiro têm sido classificadas como tendo um padrão intermediário entre as sementes consideradas recalcitrantes e as ortodoxas, visto que muitas sementes armazenadas em temperaturas mais baixas ou mais secas perderam a viabilidade, e as perdas ocorreram mais rapidamente a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ do que a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ou $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Ellis et al., 1991). Por sua vez, alguns pesquisadores têm sugerido que a semente de mamão

possa ser considerada como sendo ortodoxa (Efendi et al., 2019). Durante a germinação e a emergência, o caulículo cresce em sentido oposto ao da raiz e eleva, acima do solo, os cotilédones. O processo germinativo depende das condições do ambiente a que está sujeito, mas, em condições ideais (ambiente controlado de luz, umidade e temperatura), a germinação, definida como a protrusão da radícula, pode ser iniciada em 7 dias. Entretanto, em condições de campo, a emergência pode ocorrer em um período de 14 a 20 dias. Bhattacharya e Khuspe (2001) estudaram diversas cultivares de mamão e observaram que a percentagem de germinação foi baixa a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e aumentou com a elevação da temperatura, alcançando 80% de germinação a $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Abaixo de $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ e acima de $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, não houve germinação para nenhuma das dez cultivares avaliadas. Nesse trabalho, algumas cultivares responderam melhor à temperatura de $25\text{ }^{\circ}\text{C}$; no entanto, Furutani e Nagao (1987) relatam que sementes postas para germinar a $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ apresentaram maior percentagem de plantas emergidas do que a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Esses resultados indicam que cultivares de mamão podem requerer diferentes ótimos de temperatura para que a germinação e a emergência ocorram de forma eficiente.

O mamoeiro apresenta o mecanismo fotossintético típico das plantas C_3 , ou seja, é uma planta que possui a enzima Rubisco (Ribulose 1,5 bisfosfato carboxilase/oxigenase), pertencente ao ciclo de Calvin, para a fixação do CO_2 , com as vias metabólicas sendo iniciadas pela formação de um composto estável de três carbonos. A existência de variabilidade genética para a atividade fotossintética entre cultivares (Lin; Ehleringer, 1982; Jeyakumar et al., 2005) e mesmo entre plantas de uma mesma cultivar, a depender do sexo (Chutteang et al., 2007), tem sido observada para o mamoeiro. A fotossíntese líquida máxima das folhas do mamoeiro é próxima de $28\text{ }\mu\text{mol m}^{-2}\text{ s}^{-1}$ a $30\text{ }\mu\text{mol m}^{-2}\text{ s}^{-1}$ de CO_2 (Campostrini; Glenn, 2007; Chutteang

et al., 2007), o que é bem maior do que de outras plantas C_3 produtoras de frutos, como a mangueira ($13,1 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de CO_2) e o citros ($9 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de CO_2) (Chutteang et al., 2007). Essa alta taxa fotossintética ajuda a explicar o rápido e vigoroso crescimento do mamoeiro. No entanto, taxa fotossintética tão baixa quanto $9 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de CO_2 foi observada por Mahouachi et al. (2006) e Torres Netto et al. (2009). Esse aspecto evidencia a importância da cultivar, do manejo da planta e das variáveis climáticas na determinação da capacidade fotossintética do mamoeiro. Assim, estudos também devem focar em tecnologias que permitam a obtenção de altas taxas fotossintéticas, como forma de aumentar a produtividade para uma dada região. Os maiores valores de fotossíntese para o mamoeiro têm sido observados nos horários com relativamente altos valores de insolação, em temperaturas amenas e maior umidade relativa do ar (em torno de 9 h) e são reduzidos nos horários mais quentes e de menor umidade (após 12 h). Esse é um fenômeno comumente observado em plantas crescidas em regiões tropicais e está relacionado ao aumento do déficit de pressão de vapor (DPV), e ao consequente fechamento estomático, que ocorre entre 12 h e 14 h. Em geral, as raízes de algumas espécies apresentam em suas estruturas uma camada de célula (estrias de Caspary) composta por paredes impermeáveis que dificultam o fluxo de água e impõem resistência para que as raízes atendam a demanda hídrica da parte aérea. Nas raízes do mamoeiro, as estrias de Caspary e a periderme suberizada são evidentes (Carneiro; Cruz, 2009) e podem ser alguns dos fatores que contribuem para a rápida redução da fotossíntese sob médios a altos valores de DPV, mesmo quando a disponibilidade de água no solo é adequada. Como parte significativa dos sistemas comerciais de plantio é constantemente irrigada e, dada a existência de uma relação positiva entre transpiração e produtividade, é possível sugerir que a seleção de plantas com maior capacidade de absorção de água e menor

resistência ao fluxo dessa água absorvida possa contribuir para o aumento da produtividade do mamoeiro.

A fotossíntese do mamoeiro varia com a idade da folha e sua posição no caule. Wang et al. (2014) verificaram que as folhas localizadas entre as posições 11 e 29 a partir do ápice, as quais estavam expostas à alta incidência de luz solar, mantiveram alta capacidade fotossintética (90% da fotossíntese máxima), enquanto as folhas localizadas na parte mais inferior do dossel apresentaram considerável redução desse importante processo fisiológico. Essa redução da taxa fotossintética das folhas do mamoeiro com o avanço da idade pode ser consequência de três diferentes processos: autossombreamento, fechamento estomático e redução da atividade metabólica nos cloroplastos. Como semanalmente diversas folhas são formadas, o processo de autossombreamento inevitavelmente irá ocorrer, levando à redução na expressão da capacidade fotossintética das folhas localizadas nas partes intermediária e inferior do dossel. De fato, o alto coeficiente de extinção da luz apresentado pelo mamoeiro [($k = 1,7$; (Wang et al., 2014)] claramente confirma essa informação. Nesse sentido, tem sido sugerido que o índice de área foliar (IAF) ideal para redução da influência do autossombreamento sobre o processo de fixação do CO_2 da planta esteja entre $0,3 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ e $1,4 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ (Wang et al., 2014). Em condições climáticas adequadas e sem o problema do autossombreamento, é provável que o principal fator que leva à menor fotossíntese nas folhas mais velhas seja a redução da condutância estomática (Wang et al., 2014). Como a condutância estomática é reduzida primeiro e com maior intensidade que a fotossíntese, ocorre um ligeiro aumento da eficiência no uso de água das folhas mais velhas (Lin; Ehleringer, 1982). Poucos trabalhos têm sido conduzidos para avaliar as mudanças metabólicas durante o período de expansão e envelhecimento das folhas do mamoeiro;

entretanto, a redução dos níveis de clorofilas e de nitrogênio (N) e a relativa manutenção das concentrações internas de CO₂ observadas em folhas mais velhas (Lin; Ehleringer, 1982; Castro et al., 2011; Wang et al., 2014) indicam que alterações negativas no sistema enzimático, que proporcionam menor captura e menor assimilação do CO₂, também ocorrem em função da idade foliar do mamoeiro.

A respiração e a fotorrespiração são dois outros processos que influenciam a economia de carbono e o crescimento do mamoeiro. Apesar da importância desses dois processos, eles têm sido pouco estudados para essa cultura. O processo fotorrespiratório de algumas plantas pode levar à perda de 40% do CO₂ que é assimilado (Zelitch, 1992), o que, evidentemente, pode contribuir para redução da produtividade dessas espécies. Uma perda de 25% a 30% do carbono fotossintetizado pelo mamoeiro pode decorrer do processo fotorrespiratório (Jiménez et al., 2014) e a exposição dessa cultura a fatores estressantes, como deficit hídrico, altas temperaturas e altas densidades de fluxo de fótons fotossintéticos (DFFF), pode aumentar essas perdas de carbono. No entanto, Campostrini e Glenn (2007) sugerem que o mamoeiro, quando cultivado sem estresse, tem grande capacidade para minimizar as perdas decorrentes do processo fotorrespiratório.

A respiração total é dividida em dois componentes: respiração de manutenção e respiração de crescimento. Para o mamoeiro, os resultados que se encontram na literatura referem-se apenas à respiração total, a qual tem sido da ordem de 330 $\mu\text{L g}^{-1} \text{h}^{-1}$ de O₂ com base na matéria fresca, quando avaliada a 25 °C (Todaria, 1986). Segundo o autor, esse valor é considerado alto, se comparado a outras espécies, inclusive fruteiras, como a mangueira, que apresentou taxa respiratória em torno de 100 $\mu\text{L g}^{-1} \text{h}^{-1}$ de O₂.

Ecofisiologia

Temperatura

O mamoeiro é uma planta típica de clima tropical que floresce e produz frutos durante todo o ano; porém, também pode ser cultivado com sucesso em diversas regiões de clima subtropical, desde que as áreas não apresentem geadas durante o período de crescimento. Essa capacidade de adaptação a uma ampla faixa de temperatura tem permitido que se cultive o mamoeiro em regiões quentes, como o Nordeste do Brasil, e em regiões de temperaturas mais amenas, como algumas cidades localizadas no Sul e no Sudeste do País. Evidentemente, desde que os outros fatores de produção estejam suficientemente atendidos, a produtividade e a qualidade do mamoeiro são maiores quando a faixa de temperatura ótima para o seu crescimento é alcançada. O rendimento do mamoeiro é influenciado pela temperatura tanto de forma direta, por afetar diversos processos fisiológicos envolvidos no crescimento vegetativo e reprodutivo da planta, quanto indireta, por influenciar a incidência das pragas e doenças. Como parte significativa dos pomares comerciais é irrigada, a temperatura não é um impeditivo para que o plantio do mamoeiro possa ocorrer em qualquer época do ano.

Temperaturas intermediárias na faixa de 25 °C a 30 °C durante o dia e de 11 °C a 16 °C durante a noite são as mais satisfatórias para um bom crescimento e produção do mamoeiro (Allan et al., 1987). Nos municípios de Itabela e Linhares, dois polos de produção dos estados da Bahia e do Espírito Santo, respectivamente, a temperatura média anual varia entre 23,3 °C a 24,2 °C. Contudo, existem experiências bem-sucedidas no cultivo do mamoeiro em temperaturas médias anuais de até 28 °C, como é o caso do perímetro irrigado do Baixo Acaraú no norte do estado do Ceará. Nesse perímetro, a média das máximas é de 33 °C e a média das mínimas

é de 22,5 °C. No Semiárido, onde a insolação e a temperatura média são relativamente altas, é possível obter produtividades superiores a 180.000 kg ha⁻¹ por ano. Temperaturas do solo abaixo de 19 °C e do ar abaixo de 11 °C limitam o crescimento do mamoeiro (Mitchell; Allan, 1998; Allan, 2002). Altas temperaturas na fase vegetativa parecem ser menos prejudiciais ao mamoeiro do que na fase de floração e frutificação, visto que valores supraótimos podem levar ao abortamento de flores e à queda dos frutos que se encontrem na fase inicial de crescimento, reduzindo consideravelmente a produtividade.

Polinização é a transferência dos grãos de pólen das anteras, onde eles se formam, para o estigma da mesma flor ou de uma flor diferente. Após a fecundação (união dos gametas masculinos e femininos), o ovário sofre diversas modificações, desenvolve-se e leva à formação do fruto. Por isso, condições que favorecem a quantidade e a viabilidade do grão de pólen são importantes para a formação do fruto e, conseqüentemente, para a produtividade de uma cultura. Estudando o efeito da temperatura sobre a germinação do grão de pólen do mamoeiro, Freitas (2013) observou que a temperatura influenciou significativamente esse processo. Sob temperatura abaixo de 15 °C, poucos foram os grãos de pólen germinados. A partir desse valor, observou-se aumento gradual da germinação até um valor máximo de 30 °C, com percentuais de germinação em torno de 80%. A temperatura cardinal máxima, a partir da qual não houve nenhuma germinação do grão de pólen, foi de 40 °C. No trabalho de Vahidy e Nafees (1973), a percentagem de germinação do grão de pólen e a formação do tubo polínico, que é o crescimento do grão de pólen em direção ao óvulo, foram muito pequenas sob temperatura de 17 °C, na qual a maioria dos grãos de pólen produziu apenas pequenas protuberâncias. Por sua vez, em temperatura de 37 °C, os tubos polínicos mostraram várias deformações, como nanismo, enfraquecimento dos tubos, inchaço

da porção distal e retorcimentos. A temperatura que permitiu melhor germinação do grão de pólen e melhor formação do tubo polínico foi a de 27 °C. Tamaki et al. (2011) observaram que o comprimento do tubo polínico foi maior (248 µm) sob temperatura de 25 °C e menor sob 40 °C (27 µm). O desenvolvimento do óvulo é menos sensível às variações de temperaturas do que o grão de pólen, visto que, mesmo sob temperaturas altas ou baixas, os óvulos se desenvolveram satisfatoriamente, enquanto o grão de pólen foi negativamente afetado (Allan et al., 1987; Allan, 2002). A lógica é que, na fase de formação e desenvolvimento dos grãos de pólen e do tubo polínico, a flor não deve estar sujeita a baixas ou altas temperaturas, porque pode não ocorrer fecundação e a conseqüente formação normal dos frutos. Na situação, em que a temperatura limita a fecundação, mas não induz o abortamento das flores, pode ocorrer a formação de frutos partenocárpicos (processo pelo qual flores não fecundadas geram frutos). Porém, eles são de pequeno tamanho e, normalmente, sem sementes (Allan et al., 1997; Allan, 2002). As temperaturas elevadas, associadas às baixas umidades do ar, podem causar abortamento de flores e/ou queda prematura de frutos em sua fase inicial de crescimento, originando um espaço vazio no caule entre dois grupos de frutos. Esse fenômeno é popularmente conhecido como “pescoço”. Essas mesmas condições podem ainda induzir a esterilidade das flores, também causando a redução temporária na produção de frutos (Awada, 1958). Essas falhas na frutificação podem ser maiores ou menores a depender do nível de tolerância da cultivar utilizada, bem como do manejo técnico que se utiliza no pomar (adubações, irrigações, pragas e doenças, etc.).

O aumento da temperatura permite crescimento mais rápido das plantas do mamoeiro. De fato, Allan et al. (1987) observaram que plantas cultivadas sob temperaturas de 28 °C/20 °C (dia/noite) apresentaram taxa de crescimento

do caule da ordem de 20,6 mm por semana. Para as plantas cultivadas sob condições de temperaturas menores (20 °C/12 °C, dia/noite), essa taxa de crescimento foi de apenas 10,2 mm por semana. Ainda, a taxa de emergência de novas folhas foi de 7,5 ao mês para as plantas cultivadas sob essas maiores temperaturas e de apenas 4,9 para aquelas cultivadas sob temperaturas de 20 °C/12 °C (Allan et al., 1987). No entanto, e como mencionado, altas temperaturas podem ter efeitos negativos sobre o processo produtivo do mamoeiro.

Em condições de campo, é difícil definir qual é o limite de temperatura acima do qual os processos fisiológicos decrescem, visto que, quase sempre, ocorre significativa interação entre a umidade relativa do ar e a temperatura. Em algumas situações, mesmo pequenos aumentos de temperatura podem levar a reduções significativas dos processos fisiológicos, se esse fenômeno vier associado à redução da umidade. No mamoeiro, a resposta da fotossíntese à temperatura é descrita como uma curva hiperbólica, na qual há um intervalo em que a temperatura permite máxima atividade fotossintética. Abaixo ou acima desse intervalo, a fotossíntese é inibida, e a percentagem será tanto maior quanto mais a temperatura se distancie do valor ideal. Jeyakumar et al. (2005) construíram uma curva que descreve a relação entre temperatura e fotossíntese. Segundo esses autores, foi percebido que, no intervalo entre 25 °C e 35 °C, a fotossíntese cresceu com o aumento da temperatura, mas reduziu consideravelmente quando a temperatura excedeu esse valor. Allan e De Jager (1979) estudaram a cultivar Honey Gold e observaram que a taxa fotossintética foi relativamente constante entre 16 °C e 31 °C; porém, quando foi imposta uma temperatura de 41 °C, a taxa fotossintética foi reduzida em 50% em relação à taxa máxima alcançada. Segundo Pradhan et al. (2017), a exposição de genótipos de mamão à baixa temperatura (20 °C /10 °C, dia/noite) resulta em redução severa da taxa

fotossintética e em maior produção de espécies reativas de oxigênio (superóxido, peróxido de hidrogênio, hidroxila), as quais são bastante prejudiciais ao crescimento das plantas, por causarem danos às membranas celulares.

Como mencionado, a umidade do ar tem importante papel na resposta da fotossíntese à temperatura. Por exemplo, Reis e Campostrini (2008) avaliaram a taxa fotossintética do mamoeiro irrigado em duas épocas do ano: janeiro e outubro. Nessas duas épocas, a temperatura foi semelhante, aproximadamente 30 °C, mas a umidade do ar foi menor no mês de outubro, o que concorreu para maior DPV (2,2 kPa). Nessas condições, a resposta do mamoeiro foi diferente, e o mês de janeiro apresentou atividade fotossintética maior, devido ao menor DPV (1,4 kPa) e à menor tensão de água no solo. Jeyakumar et al. (2005) também indicam que, nas épocas de temperaturas mais amenas e de maiores umidades do ar, a fotossíntese do mamoeiro é maior, o que pode, em consequência, aumentar a produção de frutos. Assim, em condições de clima tropical e subtropical, a fotossíntese do mamoeiro pode ser reduzida diretamente pelo aumento ou redução da temperatura, acima ou abaixo de um nível ótimo, e pelo aumento no DPV. O efeito negativo do DPV sobre a fotossíntese do mamoeiro, na fase inicial do estresse, está mais ligado à redução da condutância estomática, visto que não se observa murchamento das folhas (Machado Filho et al., 2006; Reis; Campostrini, 2008). A lógica é que a maior demanda hídrica da atmosfera leva a uma acentuada perda de água das células estomáticas para o ambiente, levando ao fechamento parcial dos estômatos. Em mamoeiros irrigados, Machado Filho et al. (2006) observaram que um aumento no DPV de 1,5 kPa, verificado na época chuvosa, para 3,5 kPa, observado na época seca, determinou uma significativa redução da condutância estomática e, por conseguinte, da taxa fotossintética. De forma semelhante, El-Sharkawy et al. (1985) observaram que o aumento do DPV de

1,0 kPa a 1,5 kPa para 3,5 kPa a 4,5 kPa ocasionou redução de 47% na condutância estomática e de 48% na taxa fotossintética do mamoeiro. Um resultado interessante foi obtido por Torres Netto (2005), que, ao avaliar cinco genótipos de mamoeiro, observou variabilidade genética na resposta dos estômatos ao DPV. Nesse estudo, a cultivar Golden apresentou, nas horas de maior DPV, valores de condutância de, aproximadamente, $0,23 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, enquanto a cultivar Sunrise Solo 72/12 apresentou condutância estomática menor que $0,1 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Observou-se, também, que a cultivar Golden foi a única das cinco cultivares que não apresentou depressão da fotossíntese no momento de maior DPV. Torres Netto et al. (2009) sugerem que a cultivar Golden possa apresentar maior condutância hidráulica da folha, prevenindo, dessa forma, a ocorrência de déficit hídrico localizado. Ainda segundo os autores, outra possível explicação é que a cor verde-amarelada das folhas pode ter contribuído para aumentar a reflectância, evitando um aquecimento maior de suas folhas.

Em situação em que a disponibilidade de água não seja limitante, a redução na condutância estomática, em razão do aumento do DPV, é um aspecto negativo para a produção das plantas, visto que o ingresso do CO_2 ao sítio de carboxilação da Rubisco é limitado. Além disso, a redução na capacidade fotossintética do mamoeiro influencia negativamente a qualidade do fruto (Salazar, 1978). Por isso, estudos que visem à redução do efeito da alta temperatura e do aumento do DPV sobre a fotossíntese têm bom potencial para melhorar a produtividade do mamoeiro. Em um desses estudos, Reis e Campostrini (2011) utilizaram um sistema de irrigação que permitia reduzir a temperatura da copa do mamoeiro. Eles observaram que, para uma determinada época do ano, a aspersão de água sobre a copa reduziu a temperatura foliar nos horários mais quentes do dia, e isso favoreceu a fotossíntese das plantas. Um aspecto que pode comprometer a utilização dessa

tecnologia é que o aumento da umidade no nível das copas poderia aumentar a incidência de doenças foliares e dos frutos do mamoeiro. Além disso, o consumo e o custo de água nesse sistema seriam maiores do que no sistema de gotejamento, normalmente utilizado pelos produtores. Portanto, em relação a essa técnica, estudos adicionais precisam ser realizados.

Em algumas espécies, o comprometimento da fase fotoquímica também está associado com a redução da fotossíntese nos horários de maior temperatura. No entanto, Torres Netto et al. (2009) observaram que o mamoeiro apresentou redução da fotossíntese no horário de maior temperatura, mas nenhuma alteração na relação entre as fluorescências variável e máxima (F_v/F_m), indicando não ter havido comprometimento da fase fotoquímica da fotossíntese. De forma semelhante, Reis e Campostrini (2008) observaram que os valores da relação F_v/F_m , medida em folhas completamente expandidas mantiveram-se altos (superior a 0,8) mesmo nos horários mais quentes do dia (entre 12h e 14h). Assim, é possível sugerir que o sistema fotoquímico das folhas do mamoeiro é relativamente tolerante aos moderados aumentos da temperatura e do DPV do ar.

Para o mamoeiro, tem sido observado que, a partir de 25°C , a respiração aumenta linearmente com o aumento da temperatura, até valores de 45°C (Todaria, 1986). Entretanto, baixas temperaturas, como observadas nas principais áreas de produção, não afetam a respiração foliar do mamoeiro (Todaria, 1986). Esses resultados evidenciam que as baixas e altas temperaturas afetam mais o processo fotossintético do que o processo respiratório. O excessivo aumento da respiração por causa do aumento da temperatura pode concorrer para a redução da produtividade do mamoeiro, porque, nessas condições, a fração adicional da respiração é desconectada do crescimento da planta. Marler et al. (1994), por exemplo, sugerem que o aumento da respiração que ocorre sob condições de estresses,

principalmente o relacionado às altas temperaturas, possa contribuir para a redução do crescimento e da produtividade do mamoeiro.

Sob temperaturas mais altas, o tempo para que o fruto alcance o ponto de colheita tende a ser menor. Por exemplo, o completo crescimento do fruto foi de apenas 173 dias para as plantas cultivadas sob 30 °C/20 °C (dia/noite) e de 282 dias para as plantas cultivadas sob 22 °C /12 °C (dia/noite), uma diferença de 109 dias (Allan et al., 1987). Nos trabalhos de Berilli et al. (2007), o ponto máximo de crescimento dos frutos variou de acordo com as temperaturas prevalentes durante o período de desenvolvimento. Segundo os autores, frutos desenvolvidos sob temperaturas médias de 23,7 °C necessitaram de 112 dias para que fosse atingido o ponto de colheita; para os frutos crescidos sob menor temperatura média (22,2 °C), esse valor foi de 182 dias. No entanto, o tamanho e o peso dos frutos são menores sob altas temperaturas (Allan et al., 1987), pois, como mencionado, o tempo necessário para o acúmulo de massa seca no fruto é menor; ou seja, a taxa de crescimento do fruto cultivado sob altas temperaturas é maior, mas a duração do enchimento do fruto é menor. O crescimento dos frutos, independentemente da temperatura, estabiliza-se após acumularem, aproximadamente, 800 graus-dias, e, cessada a fase de crescimento, o processo de maturação é mais rápido para os frutos desenvolvidos sob as maiores temperaturas (Berilli et al., 2007).

A reversão das flores hermafroditas em flores masculinas, pela atrofia do ovário, tem sido denominada de reversão sexual ou esterilidade de verão. Plantas hermafroditas que crescem sob temperaturas menores que 17 °C podem apresentar grande percentagem de flores carpeloides, enquanto, sob altas temperaturas, maiores que 35 °C, as flores podem tornar-se funcionalmente machos, sem a produção de frutos comerciais (Paull; Duarte, 2011). De fato, no verão é comum o aumento do número de flores que apresentam esterilidade, enquanto

as taxas de carpeloidia e pentandria aumentam nos meses mais frios do ano (Damasceno Júnior et al., 2008). Segundo Almeida et al. (2003), tanto as temperaturas elevadas quanto as temperaturas baixas e, possivelmente, a amplitude térmica (diferença entre a máxima e a mínima) têm influência na produção de flores estéreis e de frutos pentândricos e carpeloides; ainda, esses efeitos estão condicionados ao excesso ou à falta de água e à disponibilidade de nutrientes no solo.

Disponibilidade hídrica

O fato de a grande maioria dos pomares comerciais de mamão ser irrigada, mesmo nas regiões do Extremo Sul do estado da Bahia e Norte do estado do Espírito Santo, onde chove regularmente, é um claro indicativo da susceptibilidade do potencial produtivo dessa cultura ao déficit hídrico. Por exemplo, resultados obtidos por Almeida et al. (2004) na região de Campos dos Goytacazes, RJ, com a cultivar Improved Sunrise Solo 72/12 indicam que, a depender da intensidade do déficit, a produtividade do mamoeiro pode ser reduzida em mais de 80% se não houver reposição da água perdida devido ao processo da evapotranspiração. O déficit hídrico pode ocorrer em consequência da diminuição sazonal da disponibilidade de água no solo ou, ainda, das variações no processo de evapotranspiração que ocorrem ao longo do dia (Torres Netto, 2005). Além disso, a intensidade e a duração desse déficit determinarão a intensidade dos efeitos negativos produzidos por esse fator ambiente. O período prolongado de déficit hídrico, principalmente na fase de floração e frutificação, reduz de forma considerável a produtividade do mamoeiro. De fato, após o 3º ou 4º mês de idade, a produção de flores e frutos no mamoeiro é constante, e um contínuo suprimento de água é necessário para preservar a retenção das flores, bem como a fixação e o crescimento dos frutos.

Sob deficit hídrico, a fotossíntese do mamoeiro é significativamente afetada. Mahouachi et al. (2012), por exemplo, observaram que a imposição do deficit hídrico por um período de 18 dias induziu significativa redução na assimilação líquida de CO_2 (-72%) em comparação com as plantas constantemente irrigadas. Mahouachi et al. (2006) trabalharam com a cultivar Baixinho de Santa Amália e também observaram que uma das respostas iniciais ao deficit hídrico foi a redução da taxa fotossintética, cuja intensidade foi maior à medida que o deficit progredia; a redução, ao final do período de restrição hídrica, que durou 34 dias, foi de 75% da taxa fotossintética. Outros trabalhos também têm observado efeito negativo do deficit hídrico sobre a taxa fotossintética do mamoeiro (Torres Netto, 2005; Lima et al., 2015), cuja intensidade também tem variado de acordo com a metodologia experimental utilizada. Sob deficit hídrico, a condutância estomática (CE) é reduzida, e esse tem sido um dos principais problemas relacionados à redução da atividade fotossintética do mamoeiro nessas condições. A lógica é que, com o fechamento estomático, a perda de água diminui, mas o ingresso do CO_2 até o sítio de carboxilação também é dificultado, reduzindo o processo de fixação do carbono. De fato, Mahouachi et al. (2007) encontraram que a CE de plantas cultivadas sem deficit hídrico não evidenciou mudanças significativas durante o período experimental, com valores variando entre $76 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e $85 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Entretanto, para as plantas submetidas ao deficit hídrico, a CE foi diminuindo à medida que o nível de água no solo se reduzia, até chegar ao valor de apenas $19 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ aos 40 dias após o início do deficit. Em situações em que o DPV foi alto, a CE alcançou um fechamento drástico em poucos dias após o início do deficit hídrico (Lima, 2014).

Mahouachi et al. (2007) observaram que, logo após o retorno da irrigação do mamoeiro, o processo fotossintético voltou aos mesmos níveis apresentados antes do deficit, e isso

estimulou o crescimento e a emergência de novas folhas. De forma semelhante, Mahouachi et al. (2006) também observaram que 6 dias após a retomada da irrigação, as plantas estressadas recuperaram totalmente a CE e, conseqüentemente, a fotossíntese, voltando a apresentar os mesmos valores que tinham antes da indução do deficit hídrico. A rápida recuperação da fotossíntese é um indicativo da resiliência do mamoeiro em resposta ao deficit hídrico, e poderia indicar que essa espécie tem a capacidade de minimizar os danos ao seu sistema fotossintético quando submetidas a esse estresse ambiental. Contudo, o grau de resiliência pode depender da cultivar. Segundo Lima (2014), que trabalhou com a cultivar Golden, mesmo 7 dias após a retomada da irrigação, os valores de fotossíntese não se recuperaram. Como nesse trabalho a relação entre as concentrações interna e externa de CO_2 ($C_i:C_a$) foi menor para as plantas cultivadas sob deficit, sugere-se que a menor CE foi um dos fatores relacionados a essa falta de recuperação total da fotossíntese. Por sua vez, Reis et al. (2004) observaram, após a retomada da irrigação das plantas de mamão que estavam sob deficit, a recuperação total da CE, mas não da fotossíntese, e isso indica que esse estresse ambiental também pode determinar o comprometimento das reações fotoquímicas e/ou bioquímicas que ocorrem no cloroplasto.

Em geral, quando as plantas começam a perceber os primeiros efeitos do deficit hídrico, existe um aumento na produção de ácido abscísico (ABA) nas raízes, que, em seguida, é translocado para a parte aérea, favorecendo o rápido acúmulo desse hormônio nas células-guarda dos estômatos. Além disso, o aumento na concentração de ABA nas células-guardas, em situações de deficit hídrico, também pode ser derivado de uma redistribuição do ABA já presente nas folhas. Esse aumento de ABA (fator não hidráulico) explicaria o fechamento estomático do mamoeiro que ocorre em condições de menor disponibilidade de água no

solo (Campostrini; Glenn, 2007). Por exemplo, a suspensão do fornecimento de água por 18 dias aumentou de forma expressiva a concentração de ABA nas folhas (Mahouachi et al., 2007, 2012); após o retorno da irrigação, as concentrações de ABA foliar das plantas foram equivalentes às das plantas-controle em 24 h (Mahouachi et al., 2007). Esses resultados foram interpretados pelos autores como uma importante evidência do envolvimento de ABA no fechamento estomático do mamoeiro. Além da redução da condutância e da fotossíntese por unidade de área foliar, a fotossíntese total dos mamoeiros cultivados sob deficit hídrico é adicionalmente prejudicada, porque, nessas condições, as plantas apresentam menor área disponível para a captação do CO₂ (menor área foliar), que é consequência da menor formação de folhas, do menor tamanho de cada folha individual e da maior abscisão foliar. No trabalho de Lima (2014), houve redução no comprimento da nervura central da folha, que tem relação direta com o tamanho de cada folha, já a partir do segundo dia de suspensão da irrigação; ao final de 14 dias de estresse, houve redução de 40% na área foliar. Ainda, o deficit hídrico também aumenta a senescência e a abscisão foliar do mamoeiro (Mahouachi et al., 2007). De fato, em condições de campo, uma das respostas visuais do mamoeiro submetido à limitação de água no solo é o aparecimento de uma clorose nas folhas mais velhas, seguida de senescência e abscisão.

Resultados obtidos por Aiyelaagbe et al. (1986) indicaram que repetidos ciclos de deficit hídrico inibiram progressivamente a produção de flores; além disso, as flores formadas também apresentaram forte taxa de abscisão. Em consequência disso, as plantas sob deficit também apresentaram baixa taxa de formação de frutos. De fato, os números de frutos para as parcelas-controle e sob deficit hídrico foram, respectivamente, de sete e quatro, o que representou redução de 43%. O peso médio do fruto também foi bem menor para as parcelas estressadas.

Normalmente, o efeito do deficit hídrico é mais prejudicial ao peso fresco do que ao número de frutos fixados. A forte redução da fotossíntese sob condições de deficit hídrico, que leva a uma menor disponibilidade de fotoassimilados para serem translocados para os frutos, é um dos fatores relacionados a esse resultado negativo. Outro fator importante é que o deficit hídrico reduz o potencial de turgescência celular e, assim, reduz o crescimento dos órgãos.

Menores índices de área foliar e condutância estomática levam à redução da fotossíntese, mas, também, reduzem a transpiração do mamoeiro, o que contribui para que suas relações hídricas se mantenham sem grandes alterações durante algum tempo após a imposição do deficit. De fato, o teor relativo de água (TRA) e o potencial de pressão do xilema foram minimamente afetados durante vários dias sob condições de deficit hídrico (Marler et al., 1994; Mahouachi et al., 2006). Mesmo após 26 dias de um segundo ciclo de deficit hídrico, o TRA foi reduzido em apenas 6% (Mahouachi et al., 2012). Por isso, diversos autores consideram que essa espécie apresenta relativa tolerância fisiológica à seca, utilizando-se de mecanismos que adiam a desidratação de seus tecidos (Marler et al., 1994; Marler; Mickelbart, 1998; Kruger; Mostert, 1999; Marler, 2000). Também tem sido demonstrado que o mamoeiro apresenta a habilidade para o acúmulo de sais (Na⁺, K⁺ e Cl⁻) e solutos compatíveis (prolina), os quais contribuem para o ajustamento osmótico e, conseqüentemente, para a redução do efeito negativo do deficit hídrico sobre sua fisiologia e seu crescimento (Mahouachi et al., 2006, 2012; Lima, 2014). De fato, a aplicação de glicina-betaína, um soluto compatível ou osmoprotetor, sobre plantas de mamoeiro, contribuiu para a redução do impacto do deficit hídrico, visto que aumentou a taxa fotossintética e o TRA, reduziu a abscisão foliar e, como consequência, aumentou o acúmulo de biomassa (Mahouachi et al., 2012).

Variabilidade genética para tolerância ao deficit hídrico em mamoeiro também tem sido noticiada. Por exemplo, Torres Netto (2005) observou que o deficit hídrico causou maior redução no acúmulo de massa seca do híbrido UENF/Caliman 01 quando comparado à cultivar Golden. No caso da massa seca da parte aérea, a redução foi de 62% para o híbrido e de apenas 18% para 'Golden'. O deficit hídrico não causou redução no acúmulo de massa seca das raízes da cultivar Golden, enquanto para o híbrido essa redução foi acentuada, em torno de 53%. Contudo, esses resultados devem ser interpretados com cuidado, visto que o experimento foi realizado em condições de casa de vegetação e em vasos de pequeno tamanho, situações em que plantas com crescimento mais rápido tendem a ser mais afetadas pelo deficit hídrico.

A fluorescência da clorofila é um componente do processo fotossintético que tem sido afetado pelo deficit hídrico. Sugere-se que seus parâmetros, principalmente a relação entre a fluorescência variável e a fluorescência máxima (F_v/F_m), que mede a eficiência quântica do fotossistema II, possam ser considerados como indicadores para selecionar genótipos com tolerância a esse fator climático. No mamoeiro, Marler e Mickelbart (1998) avaliaram plantas da cultivar Red Lady crescendo sob condições de deficit hídrico e observaram que a relação F_v/F_m não foi influenciada por essa condição de estresse, mesmo quando se observou redução em mais de 50% na assimilação de CO_2 . Resultado semelhante foi registrado por Marler et al. (1994). No trabalho de Gomes et al. (2013) as plantas dos genótipos Golden e UENF/Caliman apresentaram valores de F_v/F_m superiores a 0,75, mesmo quando submetidas a um período de 15 dias de seca; esses valores, segundo os autores, são indicativos de que a eficiência fotoquímica não foi afetada pela deficiência hídrica.

Marler e Mickelbart (1998) avaliaram três cultivares de mamoeiro e observaram que o deficit hídrico reduziu o ponto de saturação de luz

em aproximadamente 24%, além de aumentar o ponto de compensação de luz, que passou a apresentar valores próximos de $48 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de DFFF, caracterizando, na média dos três genótipos, um aumento de 69% em relação às plantas bem irrigadas. Aqueles menores valores no ponto de saturação de luz claramente indicam que o deficit hídrico reduz a capacidade das folhas do mamoeiro em usar a DFFF para alcançar maiores taxas fotossintéticas. Nesse trabalho, entretanto, a respiração no escuro não foi afetada pelo deficit hídrico em nenhum dos materiais genéticos avaliados.

Vale ressaltar que a resposta do mamoeiro ao deficit hídrico é fortemente influenciada pelas condições de luminosidade, velocidade do vento, umidade e temperatura prevalentes no ambiente. Em condições de alta luminosidade e alto DPV, por exemplo, a perda de água pelo processo evapotranspiratório é mais intensa, fazendo com que as plantas entrem em situação de estresse hídrico mais rápido do que as plantas cultivadas sob condições de temperaturas e irradiâncias mais amenas.

Com o avanço das mudanças climáticas, espera-se que situações de seca se tornem mais frequentes em diversas regiões do mundo; assim, continuar a entender os efeitos do deficit hídrico sobre a fisiologia do mamoeiro, especialmente os relacionados às trocas gasosas, será de fundamental importância para tentar minimizar a redução de produtividade dessa cultura sob condições limitantes de água (Campostrini et al., 2018).

Intensidade luminosa

Para o mamoeiro, condições de limitação de luz determinam menor número de folhas, redução na área foliar, menor densidade estomática, aumento do comprimento dos entrenós, maior comprimento do pecíolo e comprometimento do processo fotossintético; como resultado, o rendimento é sensivelmente reduzido (Paull; Duarte, 2011). Ao contrário, resultados como

aumentos na área foliar, na concentração de clorofilas e na taxa fotossintética têm sido associadas ao aumento na densidade de fluxo de fótons fotossintéticos (DFFF) (Wang et al., 2014).

Marler e Mickelbart (1998) avaliaram três genótipos de mamoeiro em condições de campo, com plantas bem irrigadas, e estimaram que o ponto de saturação de luz para a fotossíntese foi de $1.293 \pm 14 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para as plantas de 'Tainung nº 2', de $1.325 \pm 15 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para 'Red Lady' e de $1.279 \pm 16 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para as plantas de 'Sunrise Solo'. Resultados semelhantes foram encontrados por Marler et al. (1994) e Allan e De Jager (1979). Valores dessa magnitude podem ser considerados altos, visto que o mamoeiro é uma planta com metabolismo fotossintético do tipo C_3 . O ponto de compensação luminoso do mamoeiro para os três genótipos situou-se em torno de $29 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Marler; Mickelbart, 1998).

As taxas máximas de assimilação líquida de carbono, de $25 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ a $30 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, são alcançadas em valores de DFFF próximos de $2.000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Marler; Mickelbart, 1998; Campostrini; Glenn, 2007). Assim, a depressão da fotossíntese do mamoeiro, que normalmente ocorre no horário de meio-dia, pode não estar associada à elevada DFFF (superior a $1.800 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) que incide sobre as folhas, mas ao aumento da temperatura e à redução da umidade relativa que ocorrem, conjuntamente, sob essas condições. Uma das estratégias do mamoeiro para proteger o aparelho fotossintético das altas irradiâncias é o movimento foliar denominado para-heliotropismo (refere-se ao fenômeno em que as plantas orientam suas folhas paralelamente aos raios de luz que chegam em excesso, como um meio de reduzir sua absorção e evitar aumentos de temperaturas). Essa alta capacidade de utilizar a DFFF ajuda a explicar o alto rendimento médio alcançado em diversas áreas de produção do Nordeste brasileiro, cuja luminosidade, na maioria dos meses, alcança altos valores nos horários de maior insolação.

Entretanto, devido ao aumento do DPV, que normalmente é associado à alta DFFF, o ganho total de carbono do mamoeiro pode ser maior sob condições de intensidades luminosas mais moderadas.

Em condições de campo, a assimilação de CO_2 do mamoeiro é rapidamente comprometida quando a radiação fotossintética é reduzida, em razão, por exemplo, do aparecimento de algumas nuvens (Clemente; Marler, 1996). Esse resultado mais uma vez evidencia a alta demanda do mamoeiro por maiores DFFF. Segundo os autores, a redução da fotossíntese é causada pelo rápido fechamento estomático em resposta à redução dos níveis de radiação. O retorno das condições de alta luminosidade leva a planta a regularizar rapidamente suas funções fisiológicas; porém, a recuperação da condutância estomática, em algumas circunstâncias, pode ser mais lenta, o que dificulta a rápida recuperação da fotossíntese na transição da baixa para a alta radiação (Clemente; Marler, 1996).

O mamoeiro apresenta o hábito de crescimento indeterminado, o que significa que a iniciação e o crescimento das folhas ocorrem concomitantemente ao longo do ciclo. Assim, folhas que estão localizadas um pouco abaixo da parte superior do caule recebem as mais altas radiações; mas, a partir da formação de novas folhas, ocorre o autossombreamento, e a luz solar incidente nas folhas mais velhas é reduzida. Portanto, é possível sugerir que a menor DFFF seja um dos fatores que contribuem para que as folhas localizadas nos estratos mais inferiores apresentem fotossíntese menor do que as folhas localizadas nas partes intermediária e superior da planta. Wang et al. (2014) mediram a quantidade de DFFF que incidia sobre as folhas do mamoeiro e observaram que as mais altas incidências de radiação, superior a 90% da luz que chegava ao topo da planta, foram observadas sobre as folhas que apresentavam entre 26 e 36 dias de idade. Ainda, a luz solar incidente foi de 60% para as folhas com idade entre 56 e 62 dias

e de apenas 13% para as folhas com idade entre 83 e 98 dias. À medida que as folhas envelheceram e gradualmente tornaram-se sombreadas, a taxa fotossintética foi reduzida para um valor de apenas 50% da taxa obtida pelas folhas com maior atividade fotossintética. Os autores concluíram que um desfolhamento de parte da área foliar do mamoeiro (para alcançar um IAF entre $0,3 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ e $1,4 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$) pode permitir reduzir o problema do autossombreamento e melhorar o rendimento da cultura. A redução da área foliar também pode levar à redução da transpiração das plantas e, por conseguinte, demandar menores lâminas de irrigação para que o potencial de produtividade seja alcançado. Ou seja, o desfolhamento pode ter muitos benefícios que levem ao aumento de rendimento e/ou à redução dos custos de produção. No entanto, esse procedimento técnico, relacionado ao desfolhamento, precisa ser mais bem investigado.

Ventos

Um dos responsáveis pela redução da produtividade dos mamoeiros cultivados no Brasil e no mundo são os ventos que incidem sobre as plantações. O impacto do vento sobre as plantas depende, em grande parte, da velocidade, duração e extensão com que ele pode penetrar no dossel foliar (Burgess et al., 2016). Entender a resposta das plantas ao vento é complicado, pois esse fator não envolve apenas o estresse mecânico, mas também afeta o microclima que se forma muito próximo das folhas (Onoda; Anten, 2011). Em algumas situações, os ventos fortes podem derrubar as plantas mais vulneráveis, obrigando o produtor a substituí-las, o que determinaria aumento no custo de produção. Clemente e Marler (2001), ao exporem plantas de mamão ao vento, observaram que algumas folhas apresentavam-se partidas ou rasgadas ao longo das margens. Entretanto, citações de Marler e Clemente (2006) indicam que ventos que não causem decréscimos no crescimento da planta do mamoeiro podem ser benéficos,

visto que eles podem aumentar a resistência mecânica dos tecidos, dificultando a ação das pragas, além de fortalecer as propriedades biomecânicas das raízes e do caule, favorecendo o aumento da estabilidade das plantas. O movimento adequado do ar também é importante na redução da incidência de doenças fúngicas, como a podridão do fruto e a antracnose, visto que essas doenças podem se tornar severas quando há alta umidade ao redor das plantas (Nishina et al., 2000). Ainda, plantas que são submetidas a ventos de pequena intensidade nas fases iniciais do crescimento tendem a ser menos afetadas pelos ventos nas fases posteriores (Clemente; Marler, 2001).

Quando os ventos são excessivos, as plantas reduzem seu crescimento, o pegamento de flores e frutos, a produtividade e a qualidade dos frutos (Nishina et al., 2000). Vale ressaltar que espaçamentos próximos entre plantas do mamoeiro resultam em plantas altas com caules finos, o que as tornam mais vulneráveis a danos causados pelo vento do que as plantas cultivadas em um espaçamento maior (Carr, 2014). Marler (2011) estudou o efeito de três velocidades do vento sobre os diferentes órgãos do mamoeiro (caule, folhas e raízes) e constatou que o vento exerceu efeitos diferenciados sobre eles. Por exemplo, sob condições de velocidades do vento igual a $3,11 \text{ m s}^{-1}$ durante o dia e $1,62 \text{ m s}^{-1}$ durante a noite, foi observado que a altura e a área da base do caule foram reduzidas, respectivamente, em 19% e 11%; entretanto, não houve influência dessa velocidade do vento sobre a taxa de extensão das raízes. Ventos com velocidade média de $3,06 \text{ m s}^{-1}$ reduziram a taxa de expansão das folhas e a área foliar, mas não afetaram a extensão das raízes. Ele explica que a rápida redução na altura e na área foliar do mamoeiro pode ter sido consequência da exposição direta à dessecação promovida pelo vento, enquanto as respostas mais lentas das raízes podem ter sido resultado de uma reação apenas indireta aos sinais gerados pela ação do

vento sobre a parte aérea. Clemente e Marler (2001) submeteram três cultivares de mamão (Known You 1, Sunrise, e Tainung 2) à ação do vento e observaram que essa exposição aumentou a relação entre a raiz e a parte aérea, reduziu a altura das plantas e, em muitas situações, as massas secas do caule e das folhas; entretanto, a massa seca das raízes não foi significativamente afetada. Ainda segundo Clemente e Marler (2001), o efeito negativo de um vento de velocidade moderada é menor durante o período em que as taxas de crescimento são pequenas (mudas mais novas) e mais prejudicial no período em que a planta apresenta crescimentos mais robustos (após o transplântio).

Ao redor das folhas, existe uma camada de ar estacionária, também chamada de camada limítrofe. Essa camada funciona como um mecanismo que protege a folha de uma perda excessiva de água, na tentativa de manter a hidratação dos tecidos. Uma das principais ações negativas dos ventos é a diminuição da espessura dessa camada limítrofe, que pode levar, em um primeiro momento, ao aumento na perda de água e, em um segundo momento, ao fechamento estomático por causa da desidratação do tecido foliar. Esse aspecto é particularmente importante para o mamoeiro, que tem alta sensibilidade ao DPV que se estabelece entre as folhas e o ar. A consequência desse fechamento estomático é a redução não somente da transpiração, mas também do processo fotossintético.

De fato, Clemente e Marler (2001) verificaram que a assimilação líquida de CO₂ de plantas do mamoeiro foi significativamente diminuída pela exposição ao vento. No entanto, ao transferir as plantas expostas ao vento para uma situação sem estresse, elas recuperaram suas fotossínteses em 60 minutos. Já a taxa da respiração no escuro aumentou em até 120% pela incidência do vento e, mesmo após as plantas terem sido transferidas para um ambiente totalmente protegido dos ventos, manteve-se alta. Para esses autores, as menores fotossínteses e

maiores respirações estão associadas aos menores acúmulos de massa seca do mamoeiro quando cultivados sob condições de moderada a alta velocidade do vento. Marler e Clemente (2006) não conseguiram definir um valor da velocidade do vento abaixo do qual o crescimento do mamoeiro não seja afetado; no entanto, eles observaram que o acúmulo de massa seca nas plantas de mamão não diminuiu em velocidades inferiores a aproximadamente 0,8 m s⁻¹. Com base em algumas citações, Vincent et al. (2017) informam que velocidades do vento relativamente moderadas (1,1 m s⁻¹) podem reduzir significativamente a fotossíntese e o crescimento do mamoeiro e, ainda, exacerbar os impactos fisiológicos do déficit hídrico sobre as plantas.

Para minimizar o problema dos ventos sobre o mamoeiro, três estratégias podem ser apresentadas: a) o uso de cultivares mais tolerantes; b) a utilização de quebra-ventos; c) o uso de plantas em consórcio. Por exemplo, o acúmulo de massa seca da cultivar Tainung nº 2 foi pouco afetado quando submetida a ação de ventos de intensidades moderadas a alta; entretanto, as cultivares Sunrise e Known-You 1 tiveram seus acúmulos de massa seca afetados (Clemente; Marler, 2001), evidenciando haver variabilidade genotípica para resposta ao estresse provocado por esse fator ambiental. Vincent et al. (2017) avaliaram a possibilidade de utilizar a crotalária (*Crotalaria juncea* L.) como uma cultura intercalar para o mamoeiro. Eles verificaram que o uso da crotalária entre as fileiras reduziu a pressão das ervas daninhas, reduziu a velocidade do vento no interior das parcelas e favoreceu o crescimento do mamoeiro. A conclusão foi que o uso da crotalária pode ser um meio efetivo de reduzir a ação dos ventos sobre os plantios do mamoeiro. Entretanto, cuidados devem ser tomados para que a crotalária, ou qualquer outra cultura usada entre as fileiras, não induza sombreamento, visto que o mamoeiro é uma planta bastante exigente em radiação solar.

Disponibilidade de oxigênio

No Brasil, algumas das principais regiões de plantio do mamoeiro apresentam solos que têm como característica marcante a presença de horizontes subsuperficiais coesos, situados, geralmente, entre as profundidades de 0,15 m a 0,30 m e 0,80 m a 0,90 m (Santana et al., 2006). Essa coesão dificulta a dinâmica da água no perfil do solo (Souza et al., 2016). Assim, durante épocas de chuva intensa e/ou excesso de irrigação, os pomares podem sofrer problemas por causa da deficiência de oxigênio no solo. O solo encharcado, além de asfixiar as raízes pela redução da disponibilidade de O_2 , também facilita a propagação de patógenos do gênero *Phytophthora*, que causam a podridão das raízes e pode levar à morte das plantas (Carnaúba, 2006). Em razão disso, parte dos produtores têm adotado a técnica do camalhão no preparo do solo, cujo objetivo é evitar o acúmulo excessivo de água ao redor das raízes do mamoeiro. O uso da técnica do camalhão como instrumento de preparo do solo para o cultivo do mamoeiro é discutível; mas evitar o acúmulo excessivo de água nos pomares é altamente recomendado, porque o mamoeiro tem sido considerado uma planta bastante sensível à deficiência de oxigênio no solo, mesmo quando o período de estresse é curto.

Marler (1995) avaliou três concentrações de oxigênio ($6,54 \text{ mg L}^{-1}$, $3,62 \text{ mg L}^{-1}$ e $0,92 \text{ mg L}^{-1}$ de O_2) e observou que a taxa fotossintética para os dois tratamentos de estresse foi reduzida em apenas 1 dia após o início da deficiência de O_2 e paralisada 5 dias depois. Khondaker e Ozawa (2007) observaram que a deficiência de O_2 no ar do solo causou reduções na altura; no diâmetro do caule; na área foliar; no crescimento das raízes; na taxa de fotossíntese e, finalmente, no acúmulo de matéria seca do mamoeiro. Uma das características visuais da deficiência de O_2 para o mamoeiro é a senescência rápida e acentuada das folhas, que, em poucos dias, se desprendem do caule (Marler et al., 1994; Osei-Bonsu et al.,

2016). Quando a planta não morre, ela se recupera muito lentamente das injúrias sofridas pela deficiência de O_2 (Malo; Campbell, 1986), levando, na maioria das vezes, a um irreversível comprometimento da produtividade (Marler et al., 1994).

Sob condições de deficiência de O_2 , dois fatores, entre outros, contribuem para a rápida inibição da fotossíntese: a redução na concentração das clorofilas e o fechamento estomático. De fato, Khondaker e Ozawa (2007) observaram que a concentração de clorofilas é reduzida quase que linearmente com o tempo de imposição da deficiência de O_2 , e esse resultado pode ser observado pela descoloração que ocorre nas folhas. Em relação aos estômatos, Marler et al. (1994) observaram que sua abertura foi reduzida com apenas 1 dia de imposição do estresse, e o fechamento completo ocorreu após 3 dias de deficiência de O_2 .

Com base nesses resultados, conclui-se que o mamoeiro é bastante sensível à deficiência de oxigênio no solo e mesmo as pequenas reduções na percentagem de O_2 podem contribuir para a redução do acúmulo de massa seca e da produtividade dessa cultura. Assim, o excesso de irrigação deve ser evitado, e solos com boa capacidade de drenagem são os mais indicados para o cultivo do mamoeiro. Solos completamente alagados podem levar as plantas à morte em 2 ou 3 dias (Khondaker; Ozawa, 2007; Osei-Bonsu et al., 2016), e a variabilidade genética para tolerância à deficiência de oxigênio, ainda que limitada, tem sido observada para alguns genótipos de mamão (Osei-Bonsu et al., 2016).

Problemas fisiológicos associados ao fruto

Os consumidores têm exigido cada vez mais frutos de alta qualidade, não somente em relação ao sabor, mas também quanto aos aspectos externos. Entretanto, diversos problemas ocasionam má aparência do fruto e desordens

na polpa do mamoeiro, cujas causas são classificadas como bióticas (causados por macro ou microrganismos) e abióticas (causados por fatores do clima). Oliveira e Vitória (2011) indicam que entre as desordens fisiológicas mais importantes do fruto do mamoeiro estão as seguintes: a) mancha fisiológica; b) amolecimento precoce da polpa; c) gelificação da polpa; e d) nódulos duros na polpa. Todos esses distúrbios, ainda segundo os autores, aparecem em épocas específicas durante o ciclo de produção e são seguidos de períodos em que os problemas não são observados, indicando, claramente, a influência dos fatores do ambiente. Além disso, a predisposição genética também é um fator importante no grau de incidência dessas desordens fisiológicas.

Mancha fisiológica do mamoeiro

A aparência do mamão nas principais regiões produtoras tem sido severamente comprometida pela ocorrência desse distúrbio fisiológico (Oliveira et al., 2005; Pinto et al., 2013), o que tem levado a perdas econômicas, uma vez que a maioria dos consumidores, principalmente dos países importadores, têm clara preferência pelo fruto com casca livre de manchas (Gomes Filho et al., 2008). A mancha fisiológica do mamoeiro (MFM) é um distúrbio abiótico considerado o mais importante (Pinto et al., 2013) e suas causas ainda não estão bem estabelecidas (Oliveira; Vitória, 2011). Ela causa alterações na casca que confere um padrão de manchas irregulares, as quais se apresentam com maior intensidade na face do fruto exposta à radiação solar direta (Pinto et al., 2013). Em geral, essas manchas não são visivelmente observadas em frutos na fase inicial do crescimento (menos que 40 dias de idade); porém, a área afetada pela mancha aumenta quando o fruto está na última fase de crescimento e durante os estágios finais da maturação (Reyes; Paull, 1994; Oliveira; Vitória, 2011). Esse problema se manifesta no fruto

pelo surgimento de manchas superficiais de coloração marrom-escura, com a porção central podendo assumir aspecto cinzento, margens encharcadas e em um padrão reticulado; frequentemente, uma grande mancha, de formato irregular, pode envolver várias pequenas manchas escuras (Reyes; Paull, 1994). Algumas vezes, e em estágio mais avançado do distúrbio, as manchas podem apresentar diâmetros maiores, cujo aspecto é de desidratação intensa e com rachaduras (Reis et al., 2008). Quando os frutos amadurecem, as manchas apresentam coloração esverdeada, que contrasta com o amarelo da casca, depreciando-os comercialmente (Oliveira; Santos Filho, 2007).

O fruto do mamoeiro contém diversos ductos lactíferos compridos, que se localizam sob a epiderme e são responsáveis pela condução do látex. Assim, as manchas fisiológicas podem ser originadas do extravasamento do látex que é liberado devido ao rompimento dos lactíferos; isso porque a composição química nas áreas com MFM é semelhante à do látex (Kaiser et al., 1996). A ruptura dos vasos condutores do látex tem sido associada ao aumento de pressão no interior desses vasos. Nos estágios iniciais de crescimento, os frutos não apresentam os sintomas característicos da mancha fisiológica, porque, possivelmente, a parede celular de seus lactíferos apresenta plasticidade suficientemente alta para amenizar essas pressões, não permitindo sua ruptura (Oliveira; Santos Filho, 2007). Nos frutos com altas taxas de crescimentos, o potencial osmótico do látex é maior, o qual pode contribuir para elevar a pressão de turgescência no interior desses vasos (Reyes; Paull, 1994) e aumentar a possibilidade de rompimento, visto que a plasticidade da parede dos lactíferos também parece ser menor.

A MFM tem relação direta com as variáveis do clima (temperatura, umidade do ar e radiação solar) e disponibilidade de água e nutrientes (principalmente cálcio – Ca) no solo (Reyes; Paull, 1994; Oliveira et al., 2005; Reis et al., 2008;

Campostrini et al., 2010). No trabalho de Reyes e Paull (1994), a maior incidência da mancha fisiológica foi associada às temperaturas anormais (mais altas e mais baixas) que ocorreram 2 meses antes da colheita. Em um plantio comercial de 'Tainung nº 1', na cidade de São Francisco do Itabapoana, RJ, Campostrini et al. (2005) observaram que a incidência da mancha fisiológica não ocorreu no mês de janeiro, mas foi alta no mês de setembro. Sugeriram que, nos três meses que antecederam o mês de setembro, a maior amplitude térmica do ar foi uma das variáveis do clima que melhor se relacionou com a incidência desse distúrbio fisiológico. Gomes Filho et al. (2008) também verificaram que os meses de maior ocorrência da MFM – setembro e outubro – foram quando as amplitudes térmicas foram maiores (10,9 °C e 9,0 °C). Ou seja, para os autores, não somente os valores da temperatura per se podem ser importantes para a ocorrência da MFM, mas a amplitude térmica deve ser um fator a ser considerado nessas avaliações. Ueno et al. (2002) observaram, no Oeste da Bahia, que a maior incidência da mancha fisiológica ocorreu na época de temperaturas mais baixas e quando os pomares estavam sob condições de déficit hídrico. De fato, Campostrini et al. (2005) também observaram que, no período que antecedeu o mês de maior ocorrência da MFM, houve reduzidas precipitações, em comparação com os três meses que antecederam o mês de menor ocorrência dessa desordem. Reis et al. (2008) associaram a incidência da MFM à redução na disponibilidade de água, às menores demandas evaporativas e à amplitude térmica média de 11,3 °C.

A cultivar Golden tem apresentado maior grau de tolerância à mancha fisiológica do que outras cultivares, principalmente em relação ao híbrido 'Tainung nº 1', que é bastante susceptível. Essa maior tolerância à MFM, entre outras características, tem contribuído para que a cultivar Golden ganhe a preferência do mercado internacional. A cultivar Sekati também

tem sido indicada como tendo boa tolerância à mancha fisiológica (Yamanishi et al., 2006). Um fato interessante é que frutos de mamão com a cutícula mais espessa (Reyes; Paull, 1994) e com altos níveis de Ca em seus tecidos (Campostrini et al., 2005) estariam mais propensos a apresentar maiores incidências da MFM.

O problema da mancha fisiológica pode ser minimizado pela adoção de um manejo equilibrado tanto da irrigação, no intuito de reduzir problemas de falta ou excesso de água, quanto da fertilização, visando manter um balanço adequado de nutrientes no substrato. De fato, observações nas regiões produtoras de mamão evidenciam que plantas mais vigorosas e com melhor enfolhamento têm apresentado menor incidência de MFM (Oliveira; Santos Filho, 2007). A proteção do fruto contra a incidência direta da radiação solar é uma prática que também pode contribuir para reduzir esse problema. Oliveira e Vitória (2011), por exemplo, relatam que o ensacamento dos frutos com folhas de polietileno aluminizado 30 dias antes da colheita reduziu a incidência da MFM. No entanto, os autores ressaltam que essa estratégia é de difícil implementação em condições de campo e pode aumentar a incidência de doenças de causas bióticas, por causa do aumento da umidade ao redor do fruto.

Amolecimento precoce da polpa

Essa desordem fisiológica, que tem afetado pomares de mamão das principais regiões produtoras, resulta na depreciação do fruto e afeta negativamente a comercialização. O amadurecimento normal do fruto pode ser confundido com essa desordem, visto que o amolecimento precoce é geralmente caracterizado pela perda de firmeza de todo o fruto (Oliveira; Vitória, 2011). Entretanto, a perda precoce da firmeza, decorrente dessa desordem, pode ser verificada mesmo antes do amadurecimento do fruto (Gallon, 2010; Oliveira; Vitória, 2011). Não é

possível distinguir os frutos com distúrbio de amolecimento precoce daqueles sem o distúrbio pela análise da cor da casca e da firmeza da polpa no momento da colheita (Jacomino et al., 2010).

Em geral, o amaciamento natural e benéfico da polpa dos frutos é resultado de mudanças que ocorrem no teor de água e de intensas modificações na composição e organização da parede celular, em um processo bem coordenado, com arranjos e rearranjos dos componentes (Duan et al., 2008; Gallon, 2010). Portanto, qualquer fator que determine alteração nesse processo natural de amaciamento poderá estar relacionado com essa desordem fisiológica. Oliveira e Vitória (2011) indicam que temperaturas mais moderadas (média de 22 °C) são as que produzem frutos com maior firmeza da polpa. Entre os fatores associados à perda precoce da firmeza do fruto estão os de ordem ambiental (disponibilidade de água e temperatura) e de manejo do pomar (deficiências ou excessos nutricionais). Segundo Silva et al. (2005), no período entre a antese e a colheita do fruto, a ascensão dos valores da temperatura e da precipitação pluviométrica tende a ocasionar a aceleração na perda da firmeza pós-colheita. Gallon (2010) também relacionou a incidência do amolecimento precoce da polpa com elevadas pluviosidades que ocorreram antes da colheita. No entanto, os resultados obtidos por Caron (2014) mostraram que os frutos colhidos no mês de julho receberam água em excesso (2.350 mm), mas não apresentaram o distúrbio do amolecimento precoce. Para essa autora, o não aparecimento desse distúrbio pode ter sido consequência das menores temperaturas mínimas registradas no mês de julho, durante os 30 dias que antecederam a colheita, e das menores amplitudes térmicas ocorridas durante a formação dos frutos. Dessa forma, o excesso de água, isoladamente, pode não ser o principal causador do amolecimento anormal; o problema seria consequência da conjunção de fatores que levariam em consideração os

seguintes aspectos: temperatura, amplitude térmica, índices pluviométricos, DPV e nutrição na planta (Caron, 2014).

Níveis adequados dos principais nutrientes são de fundamental importância para a manutenção da firmeza dos frutos nos processos pré e pós-colheita e prevenção do aparecimento do amolecimento anormal. Alguns nutrientes, tais como N e, principalmente, Ca, quando em concentrações inadequadas nas plantas, mais especificamente no mesocarpo, podem levar ao amolecimento precoce do fruto. Muitas vezes, a firmeza de um fruto é relacionada positivamente com a concentração de Ca e negativamente com a concentração de N em seus tecidos (Marcelle, 1995). Provavelmente, o Ca reduz distúrbios pré e pós-colheita por desempenhar papel crucial na determinação da rigidez estrutural da parede celular (Demarty et al., 1984; Hepler, 2005) e na manutenção da função e integridade da membrana celular (Hepler, 2005). Além disso, esse elemento é importante para manter a firmeza do fruto por reduzir tanto a atividade das lipoxigenases quanto do conteúdo do ácido 1-carboxílico-1-aminociclopropano, que é o precursor imediato do etileno, fito-hormônio associado ao amadurecimento do fruto (Marcelle, 1995). Mahmud et al. (2008) concluíram que a infiltração de Ca na concentração de 2,5% prolongou a vida de prateleira do mamão, por causa de seu efeito sobre a inibição dos processos que levam à senescência e à perda da firmeza do fruto. Concentração de Ca superior a 130 $\mu\text{g g}^{-1}$ de peso fresco do mesocarpo foi associada à menor velocidade da perda de firmeza dos frutos do mamoeiro (Qiu et al., 1995). Indiretamente, fatores ambientais que levem à deficiência de Ca (Sud et al., 1995) podem potencializar o distúrbio do amolecimento precoce do fruto. Visto que o N e o Ca são os nutrientes mais associados a essa desordem, é possível sugerir que a manutenção de uma relação Ca:N equilibrada possa reduzir a ocorrência do amolecimento precoce da polpa.

Gelificação da polpa

A ocorrência da gelificação no mamoeiro é caracterizada pelos seguintes aspectos:

- a) Observação de um aspecto translúcido, de aparência gelatinosa, de parte da polpa do fruto, que evolui no sentido do endocarpo para o epicarpo, semelhante à maturação do fruto (Azevedo, 2006; Oliveira; Vitória, 2011).
- b) Os frutos tornam-se mais densos por causa do acúmulo de água na cavidade das sementes, facilitando sua identificação no tanque de lavagem (Oliveira; Vitória, 2011).
- c) Ocorre um tipo de “desprendimento” da casca e de parte do mesocarpo do resto da polpa, tornando-se possível retirar a casca manualmente (Oliveira; Vitória, 2011).
- d) Normalmente ocorre uma coloração vermelho-intensa na polpa do fruto afetado (Campostrini et al., 2010).
- e) Em nível microscópico, observa-se que as células apresentam-se mais espaçadas entre si e com parede celular menos rígida (Oliveira; Vitória, 2011).

A gelificação da polpa é um problema que ocorre com mais intensidade em determinados meses do ano. Em Linhares, ES, por exemplo, a maior ocorrência se dá entre os meses de abril e julho (Azevedo, 2006). Esse problema é de ocorrência quase que restrita ao mamoeiro ‘Golden’, não ocorre em todos os frutos da mesma árvore e não é externamente visível até que o fruto alcance um estágio avançado de desenvolvimento (Oliveira et al., 2010; Oliveira; Vitória, 2011).

Oliveira et al. (2010) observaram que não houve alterações nas concentrações de Ca tanto nas sementes quanto na polpa dos frutos afetados pela gelificação. Por sua vez, Azevedo (2006) observou que a análise da atividade

das bombas de H^+ mostrou uma deficiência energética no tonoplasto, que, possivelmente, tenha sido um dos fatores mais importantes no aspecto plasmolisado das células do mesocarpo, o qual explicaria a aparência de geleia dos frutos com essa desordem. Oliveira et al. (2010) e Oliveira e Vitória (2011) sugerem que esse distúrbio fisiológico é causado por uma redução na entrada de água no vacúolo, seguida da perda da pressão de turgescência celular, e não pela deficiência de Ca. O aspecto encharcado da polpa pode ter relação com o acúmulo de água no apoplasto (Oliveira et al., 2010). Ainda são necessários, para o mamoeiro, mais estudos que relacionem os componentes do clima e o manejo do pomar com os meses de maior incidência da gelificação da polpa.

Nódulos duros na polpa

Essa desordem é caracterizada pelo aparecimento de áreas diferenciadas na parte interna do mesocarpo, as quais apresentam tecidos mais firmes e de coloração ligeiramente mais clara do que a dos tecidos adjacentes (Paull, 1995; Oliveira; Vitória, 2011). Segundo Magalona (1963), ocorrem mudanças fisiológicas dentro dos tecidos, que alteram a atividade de enzimas e/ou inibem a síntese de seus precursores, retardando, assim, o processo de amadurecimento naquela área. Oliveira e Vitória (2011) indicam que esse problema é causado pela inativação das enzimas de degradação da parede celular, em resposta ao estresse provocado por altas temperaturas. Baixas temperaturas de armazenamento (abaixo de 10 °C) também podem induzir desordem semelhante (Paull; Chen, 2014). Acredita-se, também, que esse problema possa estar associado a ferimentos por insetos, doenças ou à introdução de qualquer material estranho na polpa (Paul et al., 1997). Em razão desses estresses, algumas áreas não amadurecem naturalmente como o resto da polpa (Paull, 1995), podendo ocasionar formações de nódulos ou caroços que se assemelham desde

a pequenos grãos até a grandes placas (Paull; Chen, 2014). Esse problema não é observável em frutos em estágios iniciais de desenvolvimento (Magalona, 1963), e não apresentam sintomas externos que sejam possíveis de ser diferenciados dos outros frutos (Oliveira; Vitória, 2011). Não existem métodos de controle para esse distúrbio fisiológico (Paull; Chen, 2014). No entanto, é possível que a indução de termotolerância torne os frutos menos sensíveis a essa desordem (Oliveira; Vitória, 2011).

Considerações finais

Nos últimos anos, tem sido conduzido um número razoável de estudos sobre a fisiologia do mamoeiro, o que possibilita o entendimento da ação e da interação entre diversos fatores de produção. Os efeitos do clima sobre o desenvolvimento e a produção do mamoeiro são inquestionáveis, pois podem ser responsáveis, direta ou indiretamente, por diversos problemas bióticos e abióticos que ocorrem na planta e nos frutos. As mudanças climáticas em curso irão requerer mais conhecimentos sobre como esses fatores podem afetar fisiologicamente o crescimento do mamoeiro, de modo que se possam desenvolver práticas de manejo do pomar, com vistas a adaptá-lo a essas alterações climáticas.

A predisposição genética é um fator importante no grau de incidência das desordens fisiológicas. Assim, os programas de pesquisa devem buscar identificar genótipos que apresentem maior capacidade de tolerância aos diversos estresses abióticos que acometem a planta ao longo do seu ciclo de produção. Em sequência, a definição dos mecanismos que conferem essa tolerância será importante para subsidiar os diferentes programas de pesquisa.

Estudos sobre a formação e manutenção de uma estrutura foliar que permita proteger os frutos da radiação solar direta e mantenha altas taxas fotossintéticas para sustentar o fluxo contínuo de formação e crescimento dos frutos

devem ser desenvolvidos, com o objetivo de manter/aumentar os índices de produtividade.

As questões nutricionais que afetam diretamente a fisiologia da planta devem, também, ser mais bem estudadas, no intuito de elucidar os efeitos desses fatores sobre a produtividade e qualidade dos frutos.

Alguns estudos fisiológicos têm sido desenvolvidos em casa de vegetação, em ambiente controlado, onde é possível obter informações de alto valor científico, mas de aplicabilidade restrita. Dessa forma, a comprovação, no campo de parte desses estudos é necessária para que seja possível o desenvolvimento de tecnologias que visem ao aprimoramento dos atuais sistemas de produção da cultura.

O balanço entre o ganho de CO₂, derivado da fotossíntese, e as perdas de CO₂ decorrentes da respiração e da fotorrespiração é extremamente importante para o acúmulo de massa seca e produtividade do mamoeiro. Estudos que visem tornar esse balanço o mais positivo e eficiente possível, principalmente sob condições de estresse, podem contribuir para o aumento da produtividade do mamoeiro.

Referências

- AIYELAAGBE, I. O.; FAWUSI, M. O.; BABALOLA, O. Growth, development and yield of pawpaw (*Carica papaya* L.) 'Homestead selection' in response to soil moisture stress. **Plant and Soil**, v. 93, p. 427-435, 1986. DOI [10.1007/BF02374293](https://doi.org/10.1007/BF02374293).
- ALLAN, P. *Carica papaya* responses under cool subtropical growth conditions. **Acta Horticulturae**, v. 575, p. 757-763, 2002. International Symposium on Tropical and Subtropical Fruits. DOI [10.17660/ActaHortic.2002.575.89](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.575.89).
- ALLAN, P.; DE JAGER, J. Net photosynthesis in macadamia and papaw and the possible alleviation of heat stress. **Acta Horticulturae**, v. 102, p. 23-30, 1979. Symposium on Tropical and Subtropical Fruits, XX IHC. DOI [10.17660/ActaHortic.1979.102.4](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1979.102.4).
- ALLAN, P.; MC CHLERY, J.; BIGGS, D. Environmental effects on clonal female and male *Carica papaya* L. plants. **Scientia Horticulturae**, v. 32, n. 3-4, p. 221-232, July 1987. DOI [10.1016/03044238\(87\)90089-6](https://doi.org/10.1016/03044238(87)90089-6).

- ALLAN, P.; MITCHELL, D. I.; BLORE, N. Growth and development of 'Honey Gold' papaws at Pietermaritzburg. **Journal of the South African Society for Horticultural Sciences**, v. 7, n. 2, p. 65-69, 1997.
- ALMEIDA, F. T. de; BERNARDO, S.; SOUSA, E. F. de; MARIN, S. L. D.; GRIPPA, S. Análise econômica baseada em funções de resposta da produtividade versus lâminas de água para o mamoeiro no Norte Fluminense. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 3, p. 675-683, set./dez. 2004. DOI [10.1016/03044238\(87\)90089-6](https://doi.org/10.1016/03044238(87)90089-6).
- ALMEIDA, F. T. de; MARINHO, C. S.; SOUZA, E. F. de; GRIPPA, S. Expressão sexual do mamoeiro sob diferentes lâminas de irrigação na Região Norte Fluminense. **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 25, n. 3, p. 383-385, dez. 2003. DOI [10.1590/S0100-29452003000300005](https://doi.org/10.1590/S0100-29452003000300005).
- AWADA, M. **Relationships of minimum temperature and growth rate with sex expression of papaya plants (*Carica papaya* L.)**. Honolulu: University of Hawaii, 1958. 16 p. (University of Hawaii. Technical bulletin, 38).
- AZEVEDO, I. G. **Caracterização das bombas de prótons da polpa de frutos de mamão (*Carica papaya* L.) e relação com a ocorrência do distúrbio da gelificação**. 2006. 68 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campo dos Goytacazes.
- BERILLI, S. da S.; OLIVEIRA, J. G. de; MARINHO, A. B.; LYRA, G. B.; SOUSA, E. F. de; VIANA, A. P.; BERNARDO, S.; PEREIRA, M. G. Avaliação da taxa de crescimento de frutos de mamão (*Carica papaya* L.) em função das épocas do ano e graus-dias acumulados. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 1, p. 11-14, abr. 2007. DOI [10.1590/S0100-29452007000100005](https://doi.org/10.1590/S0100-29452007000100005).
- BHATTACHARYA, J.; KHUSPE, S. S. In vitro and in vivo germination of papaya (*Carica papaya* L.) seeds. **Scientia Horticulturae**, v. 91, n. 1-2, p. 39-49, Nov. 2001. DOI [10.1016/S0304-4238\(01\)00237-0](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(01)00237-0).
- BURGESS, A. J.; RETKUTE, R.; PRESTON, S. P.; JENSEN, O. E.; POUND, M. P.; PRIDMORE, T. P.; MURCHIE, E. H. The 4-dimensional plant: effects of wind-induced canopy movement on light fluctuations and photosynthesis. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, article 1392, Sept. 2016. DOI [10.3389/fpls.2016.01392](https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01392).
- CAMPOSTRINI, E.; GLENN, D.M. Ecophysiology of papaya: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, n. 4, p. 413-424, Oct./Dec. 2007. DOI [10.1590/S1677-04202007000400010](https://doi.org/10.1590/S1677-04202007000400010).
- CAMPOSTRINI, E.; LIMA, H.; DE OLIVEIRA, J. G. de; MONNERAT, P. H.; MARINHO, C. Teores de Ca e variáveis meteorológicas: relações com a incidência da mancha fisiológica do mamão no norte Fluminense. **Bragantia**, v. 64, n. 4, p. 601-613, 2005.
- CAMPOSTRINI, E.; POMMER, C. V.; YAMANISHI, O. K. Environmental factors causing physiological disorders in papaya plants. **Acta Horticulturae**, v. 851, p. 453-458, 2010. II International Symposium on Papaya. DOI [10.17660/ActaHortic.2010.851.70](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.851.70).
- CAMPOSTRINI, E.; SCHAFFER, B.; RAMALHO, J. D. C.; GONZÁLEZ, J. C.; RODRIGUES, W. P.; SILVA, J. R. da; LIMA, R. S. N. Environmental factors controlling carbon assimilation, growth, and yield of Papaya (*Carica papaya* L.) under water-scarcity scenarios. In: GARCÍA TEJERO, I. F.; DURÁN ZUAZO, V. H. (ed.). **Water scarcity and sustainable agriculture in semiarid environment: tools, strategies and challenges for woody crops**. [S.l.]: Academic Press, 2018. p. 481-505. DOI [10.1016/B978-0-12-813164-0.00019-3](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813164-0.00019-3).
- CARNAÚBA, J. P. **Controle biológico, físico e químico de *Phytophthora palmivora* em plântulas de mamoeiro cv Sunrise Solo**. 2006. 62 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Alagoas, Centro de Ciências Agrárias, Rio Largo.
- CARNEIRO, C. E.; CRUZ, J. L. Caracterização anatômica de órgãos vegetativos do mamoeiro. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3, p. 918-921, maio/jun. 2009. DOI [10.1590/S0103-84782009005000011](https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000011).
- CARON, V. C. **Estudo da relação entre o amolecimento precoce de mamões 'Golden' e aspectos climáticos, nutricionais e hormonais**. 2014. 101 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- CARR, M. K. V. The water relations and irrigation requirements of papaya (*Carica papaya* L.): a review. **Experimental Agriculture**, v. 50, n. 2, p. 270-283, Apr 2014. DOI [10.1017/S0014479713000380](https://doi.org/10.1017/S0014479713000380).
- CASTRO, F. A.; CAMPOSTRINI, E.; TORRES NETTO, A.; VIANA, L. H. Relationship between photochemical efficiency (JIP-Test Parameters) and portable chlorophyll meter readings in papaya plants. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 23, n. 4, p. 295-304, 2011. DOI [10.1590/S167704202011000400007](https://doi.org/10.1590/S167704202011000400007).
- CHUTTEANG, C.; YINGJAJAVAL, S.; WASEE, S. Leaf photosynthetic potential of female and hermaphrodite papaya (*Carica papaya* cv. Khaeg Nuan). **Acta Horticulturae**, v. 740, p. 197-202, 2007. DOI [10.17660/ActaHortic.2007.740.23](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.740.23).
- CLEMENTE, H. S.; MARLER, T. E. Drought stress influences gas-exchange responses of papaya leaves to rapid changes in irradiance. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 121, n. 2, p. 292-295, Mar. 1996. DOI [10.21273/JASHS.121.2.292](https://doi.org/10.21273/JASHS.121.2.292).
- CLEMENTE, H. S.; MARLER, T. E. Trade winds reduce growth and influence gas exchange patterns in papaya

- seedlings. **Annals of Botany**, v. 88, n. 3, p. 379-385, Sept. 2001. DOI [10.1006/anbo.2001.1479](https://doi.org/10.1006/anbo.2001.1479).
- DAMASCENO JÚNIOR, P. C.; PEREIRA, T. N. S.; SILVA, F. F.; VIANA, A. P.; PEREIRA, M. G. Comportamento floral de híbridos de mamoeiro (*Carica papaya* L.) avaliados no verão e primavera. **Ceres**, v. 55, p. 310-316, 2008.
- DANTAS, J. L. L.; LIMA, J. F. de. Seleção e recomendação de variedades de mamoeiro: avaliação de linhagens e híbridos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 3, p. 617-621, dez. 2001. DOI [10.1590/S0100-29452001000300035](https://doi.org/10.1590/S0100-29452001000300035).
- DEMARTY, M.; MORVAN, C.; THELLIER, M. Calcium and the cell wall. **Plant, Cell & Environment**, v. 7, n. 6, p. 441-448, Aug. 1984. DOI [10.1111/j.1365-3040.1984.tb01434.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.1984.tb01434.x).
- DUAN, X.; CHENG, G.; YANG, E.; YI, C.; RUENROENGLIN, N.; LU, W.; LU, Y.; JIANG, Y. Modification of pectin polysaccharides during ripening of postharvest banana fruit. **Food Chemistry**, v. 111, n. 1, p. 144-149, Nov. 2008. DOI [10.1016/j.foodchem.2008.03.049](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.03.049).
- EFENDI, D.; SUHARTANTO, M. R.; PURWOKO, B. S.; HERVANI, D. Effect of immersion time in PVS2 and mesotesta removing on cryopreservation of papaya (*Carica papaya* L. 'Sukma') seeds. **Acta Horticulturae**, n. 1234, p. 167-174, 2019. DOI [10.17660/ActaHortic.2019.1234.22](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1234.22).
- EL MOUSSAOUI, A.; NIJS, M.; PAUL, C.; WINTJENS, R.; VINCENTELLI, J.; AZARKAN, M.; LOOZE, Y. Revisiting the enzymes stored in the laticifers of *Carica papaya* in the context of their possible participation in the plant defence mechanism. **Cell and Molecular Life Sciences**, v. 58, p. 556-570, 2001. DOI [10.1007/PL00000881](https://doi.org/10.1007/PL00000881).
- ELLIS, R. H.; HONG, T. D.; ROBERTS, E. H. Effect of storage temperature and moisture on the germination of papaya seeds. **Seed Science Research**, v. 1, n. 1, p. 69-72, Mar. 1991. DOI [10.1017/S0960258500000659](https://doi.org/10.1017/S0960258500000659).
- EL-SHARKAWY, M. A.; COCK, J. H.; HERNANDEZ, A. Del P. Stomatal response to air humidity and its relation to stomatal density in a wide range of warm climate species. **Photosynthesis Research**, v. 7, p. 137-149, 1985. DOI [10.1007/BF00037004](https://doi.org/10.1007/BF00037004).
- FISHER, J. B. The vegetative and reproductive structure of papaya (*Carica papaya*). **Lyonia**, v. 1, p. 191-208, 1980.
- FREITAS, L. L. **Efeito da temperatura sobre a germinação in vitro de grãos de pólen em dois genótipos de mamoeiro (Carica papaya L.)**. 2013. 58 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes.
- FURUTANI, S. C.; NAGAO, M. A. Influence of temperature, KNO₃, GA₃ and seed drying on emergence of papaya seedlings. **Scientia Horticulturae**, v. 32, n. 1-2, p. 67-72, June 1987. DOI [10.1016/03044238\(87\)90017-3](https://doi.org/10.1016/03044238(87)90017-3).
- GALLON, C. Z. **Amolecimento precoce de polpa e sua relação com as modificações da parede celular em mamões 'Golden'**. 2010. 111 p. Tese (Doutorado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- GOMES FILHO, A.; OLIVEIRA, J. G. de; VIANA, A. P.; PEREIRA, M. G. Mancha fisiológica e produtividade do mamão Tainung 01: efeito da lâmina de irrigação e cobertura do solo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 4, p. 1161-1167, jul./ago. 2008. DOI [10.1590/S1413-70542008000400019](https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000400019).
- GOMES, M. D.; TORRES NETTO, A.; CAMPOSTRINI, E.; BRESSAN-SMITH, R.; ZULLO, M. A.; FERRAZ, T. M.; SIQUEIRA, L. D.; LEAL, N. R.; NÚÑEZ-VÁZQUEZ, M. Brassinosteroid analogue affects the senescence in two papaya genotypes submitted to drought stress. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, v. 25, n. 3, p. 186-95, 2013. DOI [10.1590/S2197-00252013000300003](https://doi.org/10.1590/S2197-00252013000300003).
- HEPLER, P. K. Calcium: a central regulator of plant growth and development. **The Plant Cell**, v. 17, n. 8, p. 2142-2155, 2005. DOI [10.1105/tpc.105.032508](https://doi.org/10.1105/tpc.105.032508).
- JACOMINO, A. P.; GALLON, C. Z.; DIAS, I. S.; PEREIRA, W. S. P. Characterization and occurrence of early softening disorder in 'golden' papaya fruits. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 1261-1266, Dec 2010. DOI [10.1590/S0100-29452010005000126](https://doi.org/10.1590/S0100-29452010005000126).
- JEYAKUMAR, P.; KAVINO, M.; KUMAR, N.; SOORIANATHASUNDARAM, K. Physiological performance of papaya cultivars under abiotic stress conditions. **Acta Horticulturae**, v. 740, p. 209-215, 2005. I International Symposium on Papaya. DOI [10.17660/ActaHortic.2007.740.25](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.740.25).
- JIMÉNEZ, V. M.; MORA-NEWCOMER, E.; GUTIÉRREZ-SOTO, M. V. Biology of the papaya plant. In: MING, R.; MOORE, P. H. (ed). **Genetics and genomics of papaya**. New York: Springer Science-Business Media, 2014. p. 17-33. (Plant genetics and genomics: crops and models, v.10). DOI [10.1007/978-1-4614-8087-7_2](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8087-7_2).
- KAISER, C.; ALLAN, P.; WHITE, B. J.; DEHRMANN, F. M. Some morphological and physiological aspects of freckle on papaya (*Carica papaya* L.) fruit. **Journal of South African Society for Horticulture Science**, v. 6, p. 37-41, 1996.
- KHONDAKER, N. A.; OZAWA, K. Papaya plant growth as affected by soil air oxygen deficiency. **Acta Horticulturae**, v. 740, p. 225-232, 2007. I International Symposium on Papaya. DOI [10.17660/ActaHortic.2007.740.27](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.740.27).

- KRUGER, J. A.; MOSTERT, P. G. Irrigation. In: VILLIERS, E. A. de (ed.). **The cultivation of papaya**. ARC, Nelspruit: Inst. for Tropical and Subtropical Crops, 1999. p. 50-59.
- LEAL-COSTA, M. V.; MUNHOZ, M.; MEISSNER FILHO, P. E.; REINERT, F.; TAVARES, E. S. Anatomia foliar de plantas transgênicas e não transgênicas de *Carica papaya* L. (Caricaceae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 24, p. 595-597, abr./jun. 2010. DOI [10.1590/S0102-33062010000200030](https://doi.org/10.1590/S0102-33062010000200030).
- LIMA, R. S. N. de. **Irrigação parcial do sistema radicular e déficit de irrigação regulado em mamoeiro (*Carica papaya* L.)**: capacidade fotossintética, crescimento e eficiência no uso da água. 2014. 129 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes.
- LIMA, R. S. N.; FIGUEIREDO, F. A. M. M. de A.; MARTINS, A. O.; DEUS, B. C. da S. de; FERRAZ, T. M.; GOMES, M. de M. de A.; SOUSA, E. F. de; GLENN, D. M.; CAMPOSTRINI, E. Partial rootzone drying (PRD) and regulated deficit irrigation (RDI) effects on stomatal conductance, growth, photosynthetic capacity, and water-use efficiency of papaya. **Scientia Horticulturae**, v. 183, p. 13-22, Feb. 2015. DOI [10.1016/j.scienta.2014.12.005](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.12.005).
- LIN, Z. F.; EHLERINGER, J. Effects of leaf age on photosynthesis and water-use efficiency of papaya. **Photosynthetica**, v. 16, n. 4, p. 514-519, Jan. 1982.
- MACHADO FILHO, J. A.; CAMPOSTRINI, E.; YAMANISHI, O. K.; FAGUNDES, G. R. Variação sazonal das trocas gasosas em folhas de mamoeiro cultivado em condições de campo. **Bragantia**, v. 65, n. 2, p. 185-196, 2006. DOI [10.1590/S0006-87052006000200001](https://doi.org/10.1590/S0006-87052006000200001).
- MAGALONA, N. V. **Artificial induction of lumps in the fruit of papaya**. 1963. 96 p. Thesis (Master of Science) – University of Hawaii, Honolulu.
- MAHMUD, T. M. M.; AL ERYANI-RAQEEB, A.; OMAR, S. R. S.; ZAKI, A. R. M.; ABDULRAHMAN, A. Effects of different concentrations and applications of calcium on storage life and physicochemical characteristics of papaya (*Carica papaya* L.). **American Journal of Agricultural and Biological Sciences**, v. 3, n. 3, p. 526-533, 2008. DOI [10.3844/ajabssp.2008.526.533](https://doi.org/10.3844/ajabssp.2008.526.533).
- MAHOUACHI, J.; ARBONA, V.; GÓMEZ-CADENAS, A. Hormonal changes in papaya seedlings subjected to progressive water stress and re-watering. **Plant Growth Regulation**, v. 53, p. 43-51, 2007. DOI [10.1007/s10725-007-9202-2](https://doi.org/10.1007/s10725-007-9202-2).
- MAHOUACHI, J.; ARGAMASILLA, R.; GÓMEZ-CADENAS, A. Influence of exogenous glycine betaine and abscisic acid on papaya in responses to water-deficit stress. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 31, p. 1-10, 2012. DOI [10.1007/s00344-011-9214-z](https://doi.org/10.1007/s00344-011-9214-z).
- MAHOUACHI, J.; SOCORRO, A. R.; TALON, M. Responses of papaya seedlings (*Carica papaya* L.) to water stress and re-hydration: growth, photosynthesis and mineral nutrient imbalance. **Plant and Soil**, v. 281, p. 137-146, 2006. DOI [10.1007/s11104-005-3935-3](https://doi.org/10.1007/s11104-005-3935-3).
- MALO, S. E.; CAMPBELL, C. W. **The papaya**. Gainesville: University of Florida, Cooperative Extension Service, 1986. (Fruits Crops Fact Sheet FC-11).
- MARCELLE, R. Mineral nutrition and fruit quality. **Acta Horticulturae**, v. 383, p. 219-226, 1995. Mineral Nutrition of Deciduous Fruit Plants. DOI [10.17660/ActaHortic.1995.383.22](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1995.383.22).
- MARLER, T. E. Growth responses to wind differ among papaya roots, leaves, and stems. **HortScience**, v. 46, p. 1105-1109, Aug. 2011. DOI [10.21273/HORTSCI.46.8.1105](https://doi.org/10.21273/HORTSCI.46.8.1105).
- MARLER, T. E. Leaf gas-exchange and ion content of papaya plants simultaneously exposed to salinity and flooding. **HortScience**, v. 30, n. 4, p. 780, 1995. Abstract. DOI [10.21273/HORTSCI.30.4.780E](https://doi.org/10.21273/HORTSCI.30.4.780E).
- MARLER, T. E. Water conductance and osmotic potential of papaya (*Carica papaya* L.) roots as influenced by drought. In: STOKES, A. (ed.). **The supporting roots of trees and woody plants: form, function and physiology**. Dordrecht: Springer, 2000. p. 239-244. (Developments in plant and soil sciences book series, v. 87). DOI [10.1007/978-94-017-3469-1_23](https://doi.org/10.1007/978-94-017-3469-1_23).
- MARLER, T. E.; CLEMENTE, H. S. Papaya seedling growth response to wind and water deficit is additive. **HortScience**, v. 41, n. 1, p. 96-98, 2006. DOI [10.21273/HORTSCI.41.1.96](https://doi.org/10.21273/HORTSCI.41.1.96).
- MARLER, T. E.; GEORGE, A. P.; NISSEN, R. J.; ANDERSEN, P. C. Miscellaneous tropical fruits. In: SCHAFFER, A. (ed.). **Sub-tropical and tropical crops**. Boca Raton: CRC Press, 1994. p. 199-224. (Handbook of environmental physiology of fruit crops, v. 2).
- MARLER, T. E.; MICKELBART, M. V. Drought, leaf gas exchange, and chlorophyll fluorescence of field-grown papaya. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 123, n. 4, p. 714-718, 1998. DOI [10.21273/JASHS.123.4.714](https://doi.org/10.21273/JASHS.123.4.714).
- MEDINA, J. C. Cultura. In: SIMÕES, S. (ed.). **Mamão: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos**. 2. ed. rev. e ampl. Campinas: Ital, 1989. p. 1-177. (Série frutas tropicais, 7).
- MING, R.; YU, Q.; BLAS, A.; CHEN, C.; NA, J. K.; MOORE, P. H. Genomics of papaya a common source of vitamins in the tropics. In: MOORE, P. H.; MING, R. (ed.). **Genomics of tropical crop plants**. New York: Springer, 2008. p. 405-420. (Plant genetics and genomics: crops and models, v. 1). DOI [10.1007/978-0-387-71219-2_16](https://doi.org/10.1007/978-0-387-71219-2_16).

- MITCHELL, D.; ALLAN, P. Growth and development of 'Honey Gold' papaws. **Journal of the South African Society for Horticultural Sciences**, v. 7, n. 2, p. 65-69, 1998.
- MORTON, J. Papaya. In: MORTON, J. **Fruits of warm climates**. Miami: J. F. Morton; Winterville, NC: Creative Resource Systems, 1987. p. 336-346.
- NISHINA, M.; ZEE, F.; EBESU, R.; ARAKAKI, A.; HAMASAKI, R.; FUDUKA, S.; NAGATA, N.; CHIA, C. L.; NISHIJIMA, W.; MAU, R.; UCHIDA, R. Papaya production in Hawaii. In: FRUITS and nuts. Manoa: University of Hawaii, College of Tropical Agriculture and Human Resources, 2000. v. 3, p. 1-8.
- OLIVEIRA, A. A. R.; SANTOS FILHO, H. P. **Mancha fisiológica ou sarda**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2007. Não paginado. (Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Mamão em foco, 25).
- OLIVEIRA, J. G. de; BRESSAN-SMITH, R. E.; CAMPOSTRINI, E.; DA CINHA, M.; COSTA, E. S.; TORRES-NETTO, A.; COUTINHO, K. da S.; SILVA, M. G. da; VITÓRIA, A. P. Papaya pulp gelling: is it premature ripening or problems of water accumulation in the apoplast? **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 961-969, Dec. 2010. DOI [10.1590/S0100-29452011005000003](https://doi.org/10.1590/S0100-29452011005000003).
- OLIVEIRA, J. G. de; PEREIRA, M. G.; MARTELLETO, L. A. P.; IDE, C. D. Mancha fisiológica do mamão: uma perspectiva de obtenção de material genético tolerante. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 3, p. 458-461, dez. 2005. DOI [10.1590/S0100-29452005000300028](https://doi.org/10.1590/S0100-29452005000300028).
- OLIVEIRA, J. G. de; VITÓRIA, A. P. Papaya: nutritional and pharmacological characterization, and quality loss due to physiological disorders: an overview. **Food Research International**, v. 44, n. 5, p. 1306-1313, June 2011. DOI [10.1016/j.foodres.2010.12.035](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.12.035).
- ONODA, Y.; ANTEN, N. P. Challenges to understand plant responses to wind. **Plant Signaling & Behavior**, v. 6, p. 1057-1059, 2011. DOI [10.1016/j.foodres.2010.12.035](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.12.035).
- OSEI-BONSU, I.; DZOMEKU, B. M.; OFFEI, K. B.; OSEI, M. K.; AGYEMAN, K.; EKYEM, S. O.; BERTCHIE, J. N. Assessing flood tolerance potential of papaya germplasm at the juvenile stage. **International Journal of Plant & Soil Science**, v. 9, n. 6, p. 1-14, 2016. DOI [10.9734/IJPSS/2016/20191](https://doi.org/10.9734/IJPSS/2016/20191).
- PARÉS, J.; ARIZALETA, M.; SANABRIA, M. E.; GARCÍA, G. Efecto de los niveles de salinidad sobre la densidad estomática, índice estomático y grosor foliar en plantas de *Carica Papaya* L. **Acta Botánica Venezolana**, v. 31, n. 1, p. 27-34, jun. 2008.
- PAULL, R. E. Preharvest factors and the heat sensitivity of field-grown ripening papaya fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 6, n. 1-2, p.167-175, June 1995. DOI [10.1016/09255214\(94\)00054-V](https://doi.org/10.1016/09255214(94)00054-V).
- PAULL, R. E.; CHEN, N. J. Recent advances in postharvest management of papaya. **Acta Horticulturae**, v. 1024, p. 321-327, 2014. International Symposium on Tropical and Subtropical Fruits. DOI [10.17660/ActaHortic.2014.1024.44](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1024.44).
- PAULL, R. E.; DUARTE, O. Papaya. In: PAULL, R. E.; DUARTE, O. (ed.). **Tropical fruits**. 2nd ed. [S.l.]: CABI, 2011. v. 1, p. 291-326. (Crop production science in horticulture, 20). DOI [10.1079/9781845936723.0291](https://doi.org/10.1079/9781845936723.0291).
- PAULL, R. E.; NISHIJIMA, W.; REYES, M.; CAVALETTO, C. Postharvest handling and losses during marketing of papaya (*Carica papaya* L.). **Postharvest Biology and Technology**, v. 11, n. 3, p. 165-179, 1997.
- PINTO, F. de O.; RAMOS, H. C. C.; CARDOSO, D. L.; LUZ, L. N. da; PEREIRA, M. G. Desenvolvimento de genótipos de mamoeiro tolerantes à mancha fisiológica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 4, p. 1101-1115, dez. 2013. DOI [10.1590/S0100-29452013000400022](https://doi.org/10.1590/S0100-29452013000400022).
- PRADHAN, S.; GOSWAMI, A. K.; SINGH, S. K.; PRAKASH, J.; GOSWAMI, S.; CHINNUSAMY, V.; TALUKDAR, A.; SRIVASTAVA, V.; KUMAR, A. Physiological and biochemical alterations due to low temperature stress in papaya genotypes. **India Journal of Horticulture**, v. 74, n. 4, p. 491-497, 2017. DOI [10.5958/0974-0112.2017.00096.2](https://doi.org/10.5958/0974-0112.2017.00096.2).
- QIU, Y.; NISHINA, M. S.; PAULL, R. E. Papaya fruit growth, calcium uptake, and fruit ripening. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 120, n. 2, p. 246-253, Mar. 1995. DOI [10.21273/JASHS.120.2.246](https://doi.org/10.21273/JASHS.120.2.246).
- REIS, F. de O.; CAMPOSTRINI, E. Microaspersão de água sobre a copa: um estudo relacionado às trocas gasosas e à eficiência fotoquímica em plantas de mamoeiro. **Revista Brasileira de Agrociencia**, v. 17, n. 1, p. 284-295, 2011.
- REIS, F. de O.; CAMPOSTRINI, E. Trocas gasosas e eficiência fotoquímica potencial em mamoeiro do grupo 'Formosa' cultivado em condição de campo. **Bragantia**, v. 67, n. 4, p. 815-822, out./dez. 2008. DOI [10.1590/S0006-87052008000400002](https://doi.org/10.1590/S0006-87052008000400002).
- REIS, F. de O.; CAMPOSTRINI, E.; TORRES NETTO, A. Mancha fisiológica do mamão 'Formosa': relações com o potencial hídrico do solo, o teor de sólidos solúveis totais do látex e as variáveis do clima. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p. 1473-1480, set./out. 2008. DOI [10.1590/S141370542008000500018](https://doi.org/10.1590/S141370542008000500018).
- REIS, F. O.; CAMPOSTRINI, E.; CHIQUIERI, T. B.; CASTRO, F. A.; TORRES NETTO, A.; DOS SANTOS, A. M.; COSTA AZEVEDO, L.; GOMES, M. M. A.; DE SOUZA, M. A. Estresse hídrico em plantas de mamoeiro Golden: efeitos estomáticos e não-estomáticos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18., 2004, Florianópolis. **Anais** [...] Florianópolis: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2004. 1 CD-ROM.

- REYES, M. E. Q.; PAULL, R. E. Skin freckles on solo papaya fruit. **Scientia Horticulturae**, v. 58, n. 12, p. 31-39, June 1994. DOI [10.1016/0304-4238\(94\)90125-2](https://doi.org/10.1016/0304-4238(94)90125-2).
- SALAZAR, R. Determination of photosynthesis in commercial varieties of papaw (*Carica papaya* L.) and its possible relationship with the production and quality of the fruits. **Revista ICA**, v. 2, p. 291-295, 1978.
- SANTANA, M. B.; SOUZA, L. da S.; SOUZA, L. D.; FONTES, L. E. F. Atributos físicos do solo e distribuição do sistema radicular de citros como indicadores de horizontes coesos em dois solos de tabuleiros costeiros do estado da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 1, p. 112, jan./fev. 2006. DOI [10.1590/S0100-06832006000100001](https://doi.org/10.1590/S0100-06832006000100001).
- SILVA, M. M. da; BROETTO, S. G.; FONTES, R. V.; BALBINO, J. M. S.; SILVA, D. M. Influência dos fatores pré-colheita na perda de firmeza em frutos do mamoeiro (*Carica papaya* L.) cv. Golden e Gran Golden. In: MARTINS, D. dos S. (ed.). **Papaya Brasil: mercado e inovações tecnológicas para o mamão**. Vitória: Incaper, 2005. p. 568-571.
- SOUZA, L. D.; SOUZA, L. da S.; LEDO, C. A. da S.; CARDOSO, C. E. L. Distribuição de raízes e manejo do solo em cultivo de mamão nos Tabuleiros Costeiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 12, p. 1937-1947, dez. 2016. DOI [10.1590/s0100-204x2016001200004](https://doi.org/10.1590/s0100-204x2016001200004).
- SUD, R. G.; PRASAD, R.; BHARGAVA, M. Effect of weather conditions on concentration of calcium, manganese, zinc, copper and iron in green tea (*Camellia sinensis* (L) O kuntze) leaves of North-Western India. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 67, n. 3, p. 341-346, 1995. DOI [10.1002/jsfa.2740670311](https://doi.org/10.1002/jsfa.2740670311).
- TAMAKI, M.; URASAKI, N.; SUNAKAWA, Y.; MOTOMURA, K.; ADANIYA, S. Seasonal variations in pollen germination ability, reproductive function of pistils, and seeds and fruit yield in papaya (*Carica papaya* L.) in Okinawa. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, v. 80, n. 2, p. 156-163, 2011. DOI [10.2503/jjshs1.80.156](https://doi.org/10.2503/jjshs1.80.156).
- TODARIA, N. P. Respiration rates of some greenhouse cultivated tropical and subtropical species. **Biologia Plantarum**, v. 28, p. 280-287, July 1986. DOI [10.1007/BF02902294](https://doi.org/10.1007/BF02902294).
- TORRES NETTO, A. **Atributos fisiológicos e relações hídricas em genótipos de mamoeiro (*Carica papaya* L.) na fase juvenil**. 2005. 116 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes.
- TORRES NETTO, A.; CAMPOSTRINI, E.; AZEVEDO, L. C.; SOUZA, M. A.; RAMALHO, J. C.; CHAVES, M. M. Morphological analysis and photosynthetic performance of improved papaya genotypes. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 21, n. 3, p. 209-222, 2009. DOI [10.1590/S167704202009000300005](https://doi.org/10.1590/S167704202009000300005).
- UENO, B.; CAMPOSTRINI, E.; NEVES, E. F.; FAGUNDES, G. R.; MACHADO FILHO, J. A.; YAMANISHI, O. K. **Estudos sobre métodos de manejo da mancha fisiológica em frutos de mamoeiro (*Carica papaya* L.) no oeste da Bahia**. Brasília, DF: Setor de Fruticultura da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, 2002. 109 p. (Documento 4).
- VAHIDY, A. A.; NAFEEES, A. Temperature, pH and genotype interactions affecting pollen germination and tube growth in *Carica papaya* L. **Pakistan Journal of Botany**, v. 5, p. 159-163, 1973.
- VINCENT, C.; SCHAFFER, B.; ROWLAND, D. L.; MIGLIACCIO, K. W.; CRANE, J. H.; LI, Y. Sunn hemp intercrop and mulch increases papaya growth and reduces wind speed and virus damage. **Scientia Horticulturae**, v. 218, p. 304-315, Apr. 2017. DOI [10.1016/j.scienta.2017.02.042](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.02.042).
- WANG, R. H.; CHANG, J. C.; LI, K. T.; LIN, T. S.; CHANG, L. S. Leaf age and light intensity affect gas exchange parameters and photosynthesis within the developing canopy of field net-house-grown papaya trees. **Scientia Horticulturae**, v. 165, p. 365-373, Jan 2014. DOI [10.1016/j.scienta.2013.11.035](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.11.035).
- YAMANISHI, O. K.; MELLO, R. M.; MARTINS, V. A.; LIMA, L. A.; FAGUNDES, G. R. Comportamento do mamoeiro Sekati nas condições do oeste da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 1, p. 79-82, abr. 2006. DOI [10.1590/S0100-29452006000100023](https://doi.org/10.1590/S0100-29452006000100023).
- ZELITCH, I. Control of plant productivity by regulation of photorespiration. **BioScience**, v. 42, n. 7, p. 510-516, July/Aug. 1992. DOI [10.2307/1311881](https://doi.org/10.2307/1311881).



CAPÍTULO 5

Nutrição mineral

Arlene Maria Gomes Oliveira

Aureliano Nogueira da Costa

Mauricio Antonio Coelho Filho

Adelaide de Fátima Santana da Costa

Introdução

A nutrição mineral está relacionada à obtenção dos nutrientes pelas plantas, os quais são necessários ao seu crescimento e produção e proveem metabolismo equilibrado que permite o desenvolvimento de plantas saudáveis e com frutos de qualidade. Os nutrientes podem ser fornecidos às plantas via água, ar e solo. Os vegetais são compostos por 70% a 80% de água, e 90% de sua matéria seca é composta de carbono (C) e oxigênio (O), que são obtidos do ar na forma de CO₂. Embora o solo contribua apenas com 0,05% dos nutrientes que compõem as plantas, ele fornece materiais essenciais ao desenvolvimento e produção vegetal (Prado; Natalle, 2010).

Os nutrientes são divididos em duas classes: macronutrientes e micronutrientes. Os macronutrientes são necessários às plantas em maiores quantidades e os micronutrientes em menores, no entanto todos são essenciais para o desenvolvimento das plantas, independentemente da quantidade exigida. São considerados macronutrientes o nitrogênio (N), o fósforo (P), o potássio (K), o cálcio (Ca), o magnésio (Mg) e o enxofre (S). Os micronutrientes são o boro (B), o cloro (Cl), o cobre (Cu), o ferro (Fe), o manganês (Mn), o molibdênio (Mo) e o zinco (Zn). Este capítulo abordará diferentes aspectos nutricionais que influenciam o desenvolvimento e a produção do mamoeiro.

Importância dos nutrientes e da diagnose visual

Cada nutriente desempenha importante papel nas funções fisiológicas dos vegetais, e sua deficiência pode comprometer a produção e a qualidade dos cultivos. A diagnose nutricional pode ser realizada visualmente ou pela análise química das folhas. Muitas deficiências se evidenciam mediante sintomas visuais nas plantas, o que possibilita o uso da diagnose visual como

ferramenta para identificar possíveis desordens nutricionais no mamoeiro, de modo que se busque o ajuste da adubação ministrada.

A planta expressa os excessos ou as deficiências de nutrientes por meio de sintomas bem característicos. Porém, é necessário antes descartar a possibilidade de incidência de pragas e doenças que possam apresentar sintomas semelhantes aos de deficiências. Segundo Prado (2008), os problemas nutricionais apresentam as seguintes características:

- a) Dispersão – a desordem nutricional ocorre de forma homogênea no talhão.
- b) Simetria – em par de folhas, os sintomas afetam ambas as folhas.
- c) Gradiente – em um ramo ou planta, os sintomas se agravam e se espalham das folhas mais velhas para as mais novas ou vice-versa.

O autor agrupa os sintomas em seis categorias: a) crescimento reduzido; b) clorose uniforme ou em manchas nas folhas; c) clorose internerval; d) necrose; e) coloração purpúrea (arroxeadas); e d) deformações.

A diagnose visual é uma ferramenta que auxilia na determinação dos tipos de deficiências, mas tem a limitação de indicar o problema apenas quando a produção já foi afetada. A diagnose visual apresenta as seguintes limitações (Prado, 2008): a) o ataque de pragas e doenças podem mascarar os sintomas, pois se confundem; b) no campo os sintomas podem ser leves, e aqueles ilustrados na literatura são obtidos em condições severas de deficiência; c) as culturas expressam as deficiências dos nutrientes de modo diverso; d) podem ocorrer sintomas iguais para deficiências de nutrientes diferentes; e) a deficiência do nutriente pode afetar a produção sem que sintomas sejam apresentados; f) a deficiência simultânea de mais de um nutriente dificulta a identificação dos nutrientes deficientes; g) o sintoma do excesso de um nutriente pode ser semelhante à

deficiência de outro; h) para ser bem empregada, a diagnose visual depende da existência de técnicos com conhecimento da cultura na região de cultivo; e i) a diagnose visual não quantifica o nutriente em deficiência ou em excesso.

A maior parte das informações disponíveis de sintomas de deficiências no mamoeiro foi obtida em solução nutritiva, com a omissão do nutriente em estudo. Trabalhos dessa natureza foram desenvolvidos por Muñoz et al. (1966), com a espécie *Carica candamarcensis* Hook., e por Cibes e Gaztambide (1978), Cunha e Haag (1980b), Agarwala et al. (1986) e Nautiyal et al. (1986), com a espécie *Carica papaya* L. Os trabalhos de Awada e Long (1971a), Costa e Costa (2003), Fullin (2004) e Costa et al. (2013) descrevem sintomas de deficiências minerais observadas em campo.

A seguir serão descritas as principais funções dos nutrientes na planta e os sintomas de deficiência dos macronutrientes e micronutrientes.

Macronutrientes

Nitrogênio

O N, que é responsável pelo crescimento vegetativo das plantas, tem função estrutural em aminoácidos, proteínas, bases nitrogenadas, ácidos nucleicos, enzimas, coenzimas, vitaminas, glicoproteínas e lipoproteínas. Participa de processos como absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular. Além disso, está presente no solo em várias formas, principalmente na forma orgânica (Malavolta, 2006), e é um dos nutrientes mais exigidos pelo mamoeiro (Cunha; Haag, 1980c; Coelho Filho et al., 2007).

Na deficiência de N, os sintomas se iniciam nas folhas do terço inferior das plantas, que se apresentam com uma leve clorose. Posteriormente, essas folhas tornam-se todas amarelas, senescem e se destacam do tronco (Figura 1). Podem ainda apresentar necrose, com o centro marrom



Foto: Aureliano Nogueira de Costa

Figura 1. Deficiência de nitrogênio - aspecto generalizado de amarelamento das folhas do terço inferior da planta, com detalhe da folha baixeira totalmente amarela.

e margens arroxeadas. Com o agravamento da deficiência, toda a folhagem torna-se amarela, e as folhas novas se apresentam com pecíolo mais fino e limbo foliar menos desenvolvido (Cibes; Gaztambide, 1978; Cunha; Haag, 1980b; Fullin, 2004; Costa et al., 2013). O excesso de N proporciona crescimento excessivo do mamoeiro em detrimento da produção, com maior distância entre os frutos no tronco e polpa menos consistente (Costa et al., 2013).

Fósforo

O P é componente estrutural dos ésteres simples, dos fosfolipídeos e dos ácidos desoxirribonucleico (DNA) e ribonucleico (RNA). Seu principal papel na planta é o de armazenar e transferir energia (Malavolta, 2006). Na planta, o P acelera a formação das raízes, influencia no pegamento da floração, com consequente melhoria na frutificação (Malavolta, 2006). É o macronutriente requerido em menor quantidade pelo mamoeiro (Cunha; Haag, 1980c; Coelho Filho et al., 2007).

O sintoma de deficiência de P aparece inicialmente nas folhas mais velhas, que apresentam um mosqueado amarelo ao longo das margens. Com o agravamento da carência, as áreas amarelas tornam-se necróticas e as folhas

apresentam as pontas dos lóbulos e as margens enrolados para cima. Posteriormente, as folhas amarelecem completamente e soltam-se do tronco; e as folhas novas apresentam-se menores e com tonalidade verde-escura (Cibes; Gaztambide, 1978). Nas folhas em fase final de desenvolvimento, a clorose surge em área localizada, atingindo apenas alguns lóbulos da folha, que necrosam e enrolam-se para baixo (Cunha; Haag, 1980b). Em campo, o sintoma de deficiência de P inicia-se com o aparecimento de manchas arroxeadas no limbo das folhas maduras, onde o centro de cada mancha torna-se necrótico com o tempo, com tonalidade tendendo para marrom. Os sintomas de deficiência se espalham das folhas mais velhas para as folhas mais novas (Costa et al., 2013).

Potássio

As funções do K nas plantas são as seguintes: translocação de açúcares, abertura e fechamento de estômatos e regulação osmótica. Esse macronutriente participa ainda da ativação de enzimas, da respiração e da fotossíntese (Malavolta, 2006). A alta concentração de K⁺ no citoplasma e nos cloroplastos tem a função de estabilizar o pH entre 7 e 8 nesses compartimentos e neutralizar ânions macromoleculares solúveis e insolúveis, beneficiando a maioria das reações enzimáticas. Além disso, sua atuação no carregamento e transporte da sacarose no floema influencia diretamente na taxa de transporte dos fotoassimilados da fonte para o dreno (Marschner, 1995). É um dos nutrientes mais requeridos, alternando com o N entre a primeira e a segunda posição de elemento mais absorvido pelo mamoeiro (Cunha; Haag, 1980c; Coelho Filho et al., 2007).

A deficiência de K é evidenciada primeiramente nas folhas mais velhas, que apresentam o pecíolo em posição oblíqua (caído) em relação ao tronco e cor amarelo-esverdeada. Posteriormente, surge uma leve necrose

marginal nas extremidades dos lóbulos dessas folhas, as quais tendem a secar da ponta para o centro (Cibes; Gaztambide, 1978). As folhas em desenvolvimento apresentam os bordos cloróticos com pequenos pontos necróticos, e as folhas basais apresentam queda prematura (Cunha; Haag, 1980b). A deficiência severa de K afeta o ponto de crescimento da planta e a qualidade do fruto, como o sabor e a consistência da polpa (Costa et al., 2013).

Awada e Long (1971b) observaram que a deficiência de K, em campo, provocou clorose marginal do limbo das folhas mais velhas e bronzeamento do tecido internerval. Na deficiência severa, a maior parte do limbo era bronzeada e amarela. Além disso, o número de folhas e frutos foi reduzido drasticamente e a circunferência do tronco foi pequena.

Cálcio

O Ca participa da constituição das membranas e da parede celular, nas quais é encontrado, na maior parte, na forma de pectato de Ca como principal componente da lamela média. Portanto, é essencial para a divisão e o crescimento celular, com atuação no crescimento de raízes (Vitti et al., 2006), além de ser o terceiro nutriente mais requerido pelo mamoeiro (Cunha; Haag, 1980c; Coelho Filho et al., 2007). Na deficiência de Ca, observa-se inicialmente clorose das folhas recém-maduras, com pequenos pontos necróticos espalhados pelo limbo. Essa clorose se estende posteriormente para as folhas mais novas, e as folhas afetadas apresentam pecíolos tortos e dobrados (Awada; Suehisa, 1984). Porém, em campo, os sintomas iniciais de deficiência de Ca manifestam-se nas folhas mais novas em expansão, que apresentam suas margens encurvadas, prejudicando o seu desenvolvimento. A deficiência de Ca também é responsável pelo amolecimento da polpa do fruto, provocando sua menor resistência ao

transporte e menor tempo de prateleira na comercialização (Costa et al., 2013).

Magnésio

O Mg participa estruturalmente da molécula da clorofila e dos fitatos. É um regulador de muitas enzimas e participa da fotossíntese, da respiração, do armazenamento e da transferência de energia; além disso, auxilia na absorção e translocação de P na planta (Malavolta, 2006). A deficiência de Mg se inicia por uma leve clorose generalizada das folhas; posteriormente, as folhas velhas ficam com uma cor amarela mais intensa, enquanto as áreas próximas às nervuras permanecem verde-claras. As folhas novas apresentam-se com pequenas áreas cloróticas, dando um aspecto de renda, e os bordos curvam-se para cima (Cunha; Haag, 1980b). Em campo, os sintomas se expressam primeiro nas folhas mais velhas, apresentando manchas amareladas entre as nervuras das folhas. Em deficiência acentuada, as folhas novas também apresentam sintoma semelhante (Costa et al., 2013) (Figura 2).

Enxofre

O S tem funções estruturais e metabólicas. É constituinte dos aminoácidos cistina, cisteína e metionina e, portanto, participa da estrutura

das proteínas que os contêm, além de ser componente estrutural das membranas celulares. É componente também do acetil-CoA, composto que participa do ciclo de Krebs e, consequentemente, do metabolismo de gorduras e carboidratos. Esse macronutriente participa ainda da ativação de enzimas proteolíticas, como a papaína, presente no mamão; da composição das ferredoxinas, que atuam na fotossíntese e fixação do N₂; e da clorofila (Vitti et al., 2006). Na deficiência de S, as folhas novas (em expansão) apresentam-se inicialmente verde-claras, tornando-se com o tempo uniformemente amareladas. Com o agravamento da deficiência, as folhas completamente expandidas também se tornam amareladas. Antes que os sintomas visuais nas folhas se apresentem, o crescimento do mamoeiro é prejudicado (Costa et al., 2013).

Micronutrientes

Boro

O B participa da translocação de açúcares e do metabolismo de carboidratos, desempenhando importante papel no florescimento, nos processos de frutificação, no metabolismo dos nutrientes N e Ca, na formação de pectinas de membranas celulares e na atividade de hormônios (Dechen; Nachtigall, 2006). Atua na



Fotos: Aureliano Nogueira da Costa

Figura 2. Deficiência de magnésio: amarelecimento entre as nervuras de folhas maduras completamente expandidas (A) e de folhas novas em deficiência severa (B).

biossíntese da parede celular, auxiliando o Ca na deposição e na formação de pectatos que farão parte dessa estrutura (Prado, 2008). É o micronutriente mais importante para o mamoeiro, pois, além de ser extraído em grandes quantidades, afeta a qualidade e a produção de frutos.

Na deficiência de B, as folhas novas tornam-se cloróticas, destacando-se das plantas. Com o agravamento da deficiência, ocorre a paralisação do desenvolvimento apical, e as folhas tornam-se deformadas com a extremidade dos lóbulos necrosados (Cunha; Haag, 1980a). Em campo, a deficiência severa de B manifesta-se nas folhas novas (Figura 3A) e nos pontos de crescimento da parte aérea e da raiz (Costa; Costa, 2003). Os frutos têm desenvolvimento prejudicado, apresentam aspecto encaroçado e malformação, podendo ou não ter escorrimento de látex pela casca em três a cinco pontos bem distintos (Figura 3B).

Zinco

O Zn é um elemento constituinte de várias enzimas, sendo, portanto, essencial para a atividade, a regulação e a estabilização da estrutura proteica. Participa da ativação enzimática da trifosfato-desidrogenase, enzima essencial na glicólise, bem como nos processos de respiração e fermentação. Desempenha importante papel na síntese e conservação de auxinas,

hormônios vegetais de crescimento (Dechen; Nachtigall, 2006). Na deficiência de Zn, ocorre diminuição do crescimento e redução do tamanho do limbo; e o sintoma visual inicial é uma leve clorose internerval das folhas medianas. Posteriormente, nas áreas internervais, surgem manchas marrom-claras, que com o tempo se expandem e formam grandes manchas marrons, com posterior necrose. As margens dessas folhas se apresentam curvadas para baixo, os internódios tornam-se curtos, com muito poucas folhas, que se apresentam ásperas e enrugadas (Nautiyal et al., 1986). No campo, a deficiência afeta o crescimento das plantas, que apresentam as folhas novas de tamanho reduzido, estreitas e alongadas (Fullin, 2004).

Ferro

O Fe tem como principal função a ativação de enzimas, participando de reações fundamentais



Foto: Aureliano Nogueira da Costa



Foto: Arlene Maria Gomes Oliveira

Figura 3. Sintoma de deficiência de boro nas folhas (A) e nos frutos (B).

de oxirredução. Por fazer parte de enzimas responsáveis pela formação da clorofila, participa da catálise da sua biossíntese, de modo que, na ausência de Fe, a planta só apresenta pigmentos amarelos. Também faz parte da ferredoxina, transportador de elétrons que atua na fotossíntese e na redução do nitrato (Dechen; Nachtigall, 2006). Os sintomas de sua deficiência se iniciam nas folhas mais jovens, que apresentam a cor amarelo-pálida e progridem para uma cor quase branca. Em seguida, a porção apical do caule quebra e necrosa (Cibes; Gaztambide, 1978). A cor normal da folha fica restrita à nervura principal e, na deficiência severa, as folhas mais velhas também ficam cloróticas (Costa et al., 2013).

Manganês

A principal função do Mn é a ativação de enzimas, sendo essencial na síntese de clorofila (Dechen; Nachtigall, 2006). Inicialmente a deficiência se apresenta por uma clorose leve das folhas novas, com manchas ao longo das áreas internervais. Com o avanço da deficiência, as folhas tornam-se amarelas (Cibes; Gaztambide, 1978), adquirindo formas anormais (Fullin, 2004). Aparecem necroses nas folhas recentemente expandidas e em expansão (Costa et al., 2013).

Cobre

O Cu é constituinte da oxidase do ácido ascórbico (vitamina C) e de compostos constituintes dos cloroplastos. Também participa de enzimas de oxirredução e daquelas que catalisam a oxidação de compostos durante a formação da lignina e da cutícula (Dechen; Nachtigall, 2006). No início da deficiência, as folhas possuem coloração verde mais escuro e são encurvadas. Os sintomas evoluem para a clorose das pontas e margens (Fullin, 2004). A deficiência se inicia nos pontos de crescimento e nas folhas mais novas, não se manifestando em folhas maduras (Costa et al., 2013).

Marcha de absorção

O conhecimento da marcha de absorção de nutrientes pelo mamoeiro permite identificar as fases de maior exigência da cultura ao longo do seu ciclo fenológico, podendo ser utilizado também para testar parcelamentos da adubação que atendam às necessidades da planta. Pela marcha de absorção de nutrientes, podem-se obter taxas de absorção diárias, mensais, bimensais ou na escala de tempo que se preferir. Dessa forma, pode-se estabelecer um parcelamento na aplicação de macronutrientes e micronutrientes.

No Brasil, a marcha de absorção de nutrientes pelo mamoeiro foi desenvolvida primeiramente em São Paulo, sob condições de sequeiro (Cunha, 1979; Cunha; Haag, 1980c), e posteriormente na Bahia, sob condições de fertirrigação (Coelho Filho et al., 2007). Como consequência do regime hídrico, de diferentes condições edafoclimáticas e de materiais genéticos, algumas diferenças são apontadas entre os estudos de Cunha (1979) e Coelho Filho et al. (2007).

No estado de São Paulo, foram utilizadas plantas femininas da espécie *C. papaya* L., em densidade de plantio de 1.650 plantas por hectare, mas sem uma variedade definida. Por apresentar frutos de massa de 1.105 kg, o material se assemelhava às variedades atuais do grupo Formosa. Foi realizada correção da área com calcário dolomítico, adubação da cova com 5 kg de esterco curtido e 66 kg ha⁻¹ de P₂O₅. A adubação em cobertura foi feita com 66 kg ha⁻¹ de N, 165 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 82 kg ha⁻¹ de K, parcelada em duas aplicações, aos 5 e 9 meses após o plantio, e estimou uma produtividade de 48,8 t ha⁻¹ em 1 ano de colheita. As adubações nitrogenadas foram realizadas com sulfato de amônio, as fosfatadas com superfosfato simples e as potássicas com cloreto de potássio (Cunha, 1979; Cunha; Haag, 1980c).

Nesse experimento, foi observado que o acúmulo de matéria seca total no mamoeiro se

distribuiu de forma crescente no primeiro ano de cultivo, com picos aos 210 e 330 dias após o plantio (Figura 4). Para as diversas partes das plantas, o acúmulo de matéria seca foi lento até os 180 dias, aumentando até os 330 dias, quando então a matéria seca de caule e folhas apresentaram um decréscimo até os 360 dias após o plantio. Flores e frutos, após os 180 dias de plantio, continuaram a acumular matéria seca até os 360 dias de cultivo, quando foi encerrada a avaliação. Houve acúmulo de matéria seca na planta, em 360 dias, na ordem de 3,8 t ha⁻¹.

A marcha de absorção para os macronutrientes e micronutrientes (Figuras 5A e 5B) seguiu a mesma tendência de acúmulo crescente da matéria seca da parte aérea ao longo do ciclo da planta (Cunha, 1979).

Os estudos de Coelho Filho et al. (2007) na Bahia foram desenvolvidos também com a espécie *Carica papaya* L., cultivar Sunrise Solo, em solo de Tabuleiros Costeiros da Bahia, em uma densidade de 1.543 plantas por hectare, sob fertirrigação por gotejamento, com diferentes fontes nitrogenadas. A adubação relatada foi baseada em Oliveira (2002), que recomendou

aplicação na cova de 60 kg ha⁻¹ de N na forma orgânica e de 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Em cobertura, a recomendação no primeiro ano foi de 350 kg ha⁻¹ de N, 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 450 kg ha⁻¹ de K₂O. As adubações nitrogenadas foram realizadas com ureia (fonte amídica) e nitrato de cálcio + nitrato de potássio (fonte nítrica); as fosfatadas com superfosfato simples; e as potássicas com cloreto de potássio. Todas as parcelas receberam a mesma dose de K. As doses de N e K foram parceladas ao longo do primeiro ano, de maneira crescente, a taxas iguais a 8,88%, da seguinte forma: 5% no 1º mês; 5,44% no 2º mês; 5,93% no 3º mês; 6,46% no 4º mês; 7,03% no 5º mês; 7,65% no 6º mês; 8,29% no 7º mês; 9,08% no 8º mês; 9,88% no 9º mês; 10,76% no 10º mês; 11,72% no 11º mês; e 12,76% no 12º mês. Com base nessa informação e na recomendação de adubação de Oliveira (2002), a Tabela 1 simula as adubações mensais ministradas. Segundo Coelho Filho et al. (2007), as doses mensais foram divididas semanalmente em parcelas iguais e aplicadas na fertirrigação. Após 1 ano de cultivo, iniciando a colheita aos 7,5 meses de idade, a produção de frutos foi de 30 kg a 36 kg por planta, nas áreas adubadas com as fontes

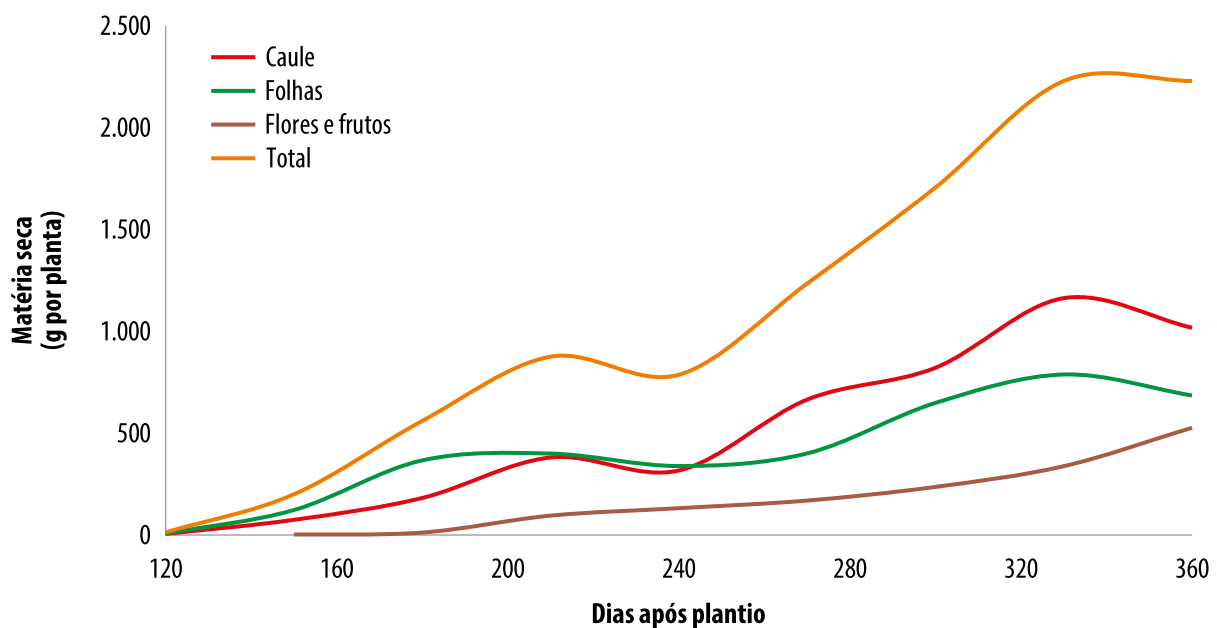


Figura 4. Produção de massa seca em plantas de mamoeiro em função da idade da planta. Dados sem ajustes de modelos matemáticos.

Fonte: Adaptado de Cunha (1979).

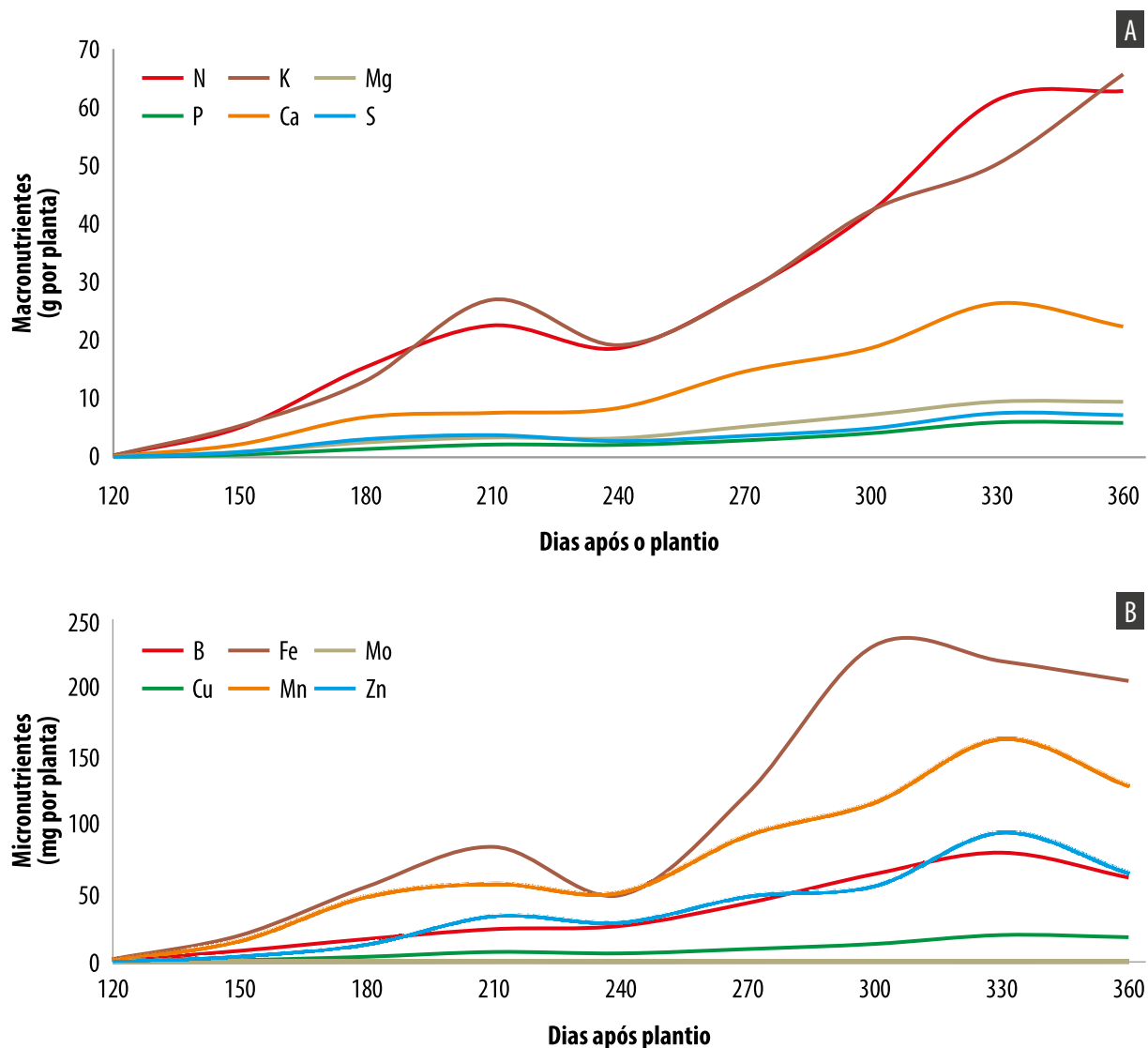


Figura 5. Marcha de absorção de macronutrientes (A) e micronutrientes (B) do mamoeiro da espécie *Carica papaya* L., tipo comum. Dados sem ajustes de modelos matemáticos.

Fonte: Adaptado de Cunha (1979).

amídica e nítricas, respectivamente, o que corresponde à quantidade de 46 t ha⁻¹ a 56 t ha⁻¹ de frutos em 4,5 meses de colheita.

Considerando que há três fases de desenvolvimento no ciclo do mamoeiro – vegetativa (período inferior a 120 dias após o plantio – DAP), floração/frutificação (de 120 a 210 DAP) e produção (superior a 210 DAP) –, Coelho Filho et al. (2007) observaram aumento na taxa de acúmulo de matéria seca nas fases de floração/frutificação e início de produção (Figuras 6A e 6B). O caule foi a parte da planta que mais acumulou

matéria seca, e os frutos apresentaram maior acúmulo que as folhas. Na fase de produção, aos 270 DAP, houve uma ligeira redução na taxa de acúmulo de matéria seca.

Até o início da floração, o mamoeiro apresenta acúmulo mais lento de nutrientes (Figuras 7 e 8). Depois que a floração se inicia (120 DAP), o acúmulo de N e K pelas plantas aumenta rapidamente e atinge o máximo no início da colheita. A partir desse estágio até 360 DAP, a taxa de acumulação de N e K pela planta continua aumentando quando adubada com uma fonte amídica

Tabela 1. Esquema de adubações mensais ministradas por fertirrigação.

| Meses após plantio | Nutriente | |
|--|---------------|------------------|
| | N | K ₂ O |
| (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹) | | |
| 1 | 17,50 | 22,50 |
| 2 | 19,04 | 24,48 |
| 3 | 20,76 | 26,69 |
| 4 | 22,61 | 29,07 |
| 5 | 24,61 | 31,64 |
| 6 | 26,78 | 34,43 |
| 7 | 29,02 | 37,31 |
| 8 | 31,78 | 40,86 |
| 9 | 34,58 | 44,46 |
| 10 | 37,66 | 48,42 |
| 11 | 41,02 | 52,74 |
| 12 | 44,66 | 57,42 |
| Total anual | 350,00 | 450,00 |

Fonte: Adaptado de Coelho Filho et al. (2007).

(como a ureia) (Figura 7A), no entanto essa taxa diminui quando a fonte é nítrica (como o nitrato de cálcio e potássio) (Figura 8A). Observa-se aumento da taxa de extração diária de todos os macronutrientes entre os 120 e 240 DAP, e uma queda drástica aos 270 DAP (Figura 9A), que corresponde à intensificação das colheitas, mostrando que o período de maior demanda desses nutrientes corresponde à fase de formação e crescimento da primeira carga de frutos, que vai dos 150 a 270 DAP (Coelho Filho et al., 2007). Em relação aos micronutrientes, também se observa elevação da taxa de extração diária aos 120 DAP. Porém, essa elevação, para a maioria dos micronutrientes, foi lenta até o final da análise (Figura 9B).

O acúmulo de nutrientes na parte aérea, no primeiro ano de cultivo, calculado a partir dos números constantes das Tabelas 2 e 3, varia de 295 kg ha⁻¹ a 648 kg ha⁻¹ de nutrientes, quantidades consideradas altas. No primeiro ano,

a planta apresenta exportação de nutrientes pelos frutos em apenas 3 a 5 meses de colheita. A característica de colheitas intermitentes a partir do início de produção mostra que a planta necessita de suprimentos de água e nutrientes em intervalos frequentes, de modo que se permita o fluxo contínuo de produção de flores e frutos.

No que se refere à absorção, o mamoeiro apresenta a seguinte ordem de extração para os macronutrientes: Ca > Mg > S > P (Tabelas 2 e 3). Embora N e K sejam mais absorvidos que os demais macronutrientes (Cunha, 1979; Coelho Filho et al., 2007), a ordem de extração varia de acordo com a fonte de adubo utilizado. A fonte nítrica proporcionou maior absorção de N do que de K, com o aumento em 22% na absorção de N e diminuição de 14% na absorção de K, em relação à fonte amídica (Tabela 3). A maior quantidade de Ca aportada pelo adubo nítrico pode promover competição com K pelos sítios de absorção na raiz, resultando em menor absorção deste último, quando comparada com a fonte amídica. A adubação com a fonte nítrica também induziu a planta a aumentar a absorção de Mg e S e levou ao aumento também de Ca (por ser fonte desse nutriente). Embora não tenha afetado a absorção total de P, aumentou em 22% a exportação desse macronutriente para flores e frutos (Tabela 3) (Coelho Filho et al., 2007).

O micronutriente mais absorvido pelo mamoeiro é o Fe e o menos absorvido é o Cu (Tabelas 2 e 3). Porém, a ordem de absorção dos demais micronutrientes nos estudos desenvolvidos com o mamoeiro são variáveis (Cunha, 1979; Coelho Filho et al., 2007). A fonte nítrica proporcionou menor acumulação de micronutrientes que a fonte amídica, provavelmente por apresentar uma reação básica, que pode diminuir a disponibilidade de micronutrientes no solo, com consequente menor absorção pelas plantas.

Essas diferenças demonstram que o processo de adubação e acumulação de nutrientes é dinâmico e varia de acordo com as condições

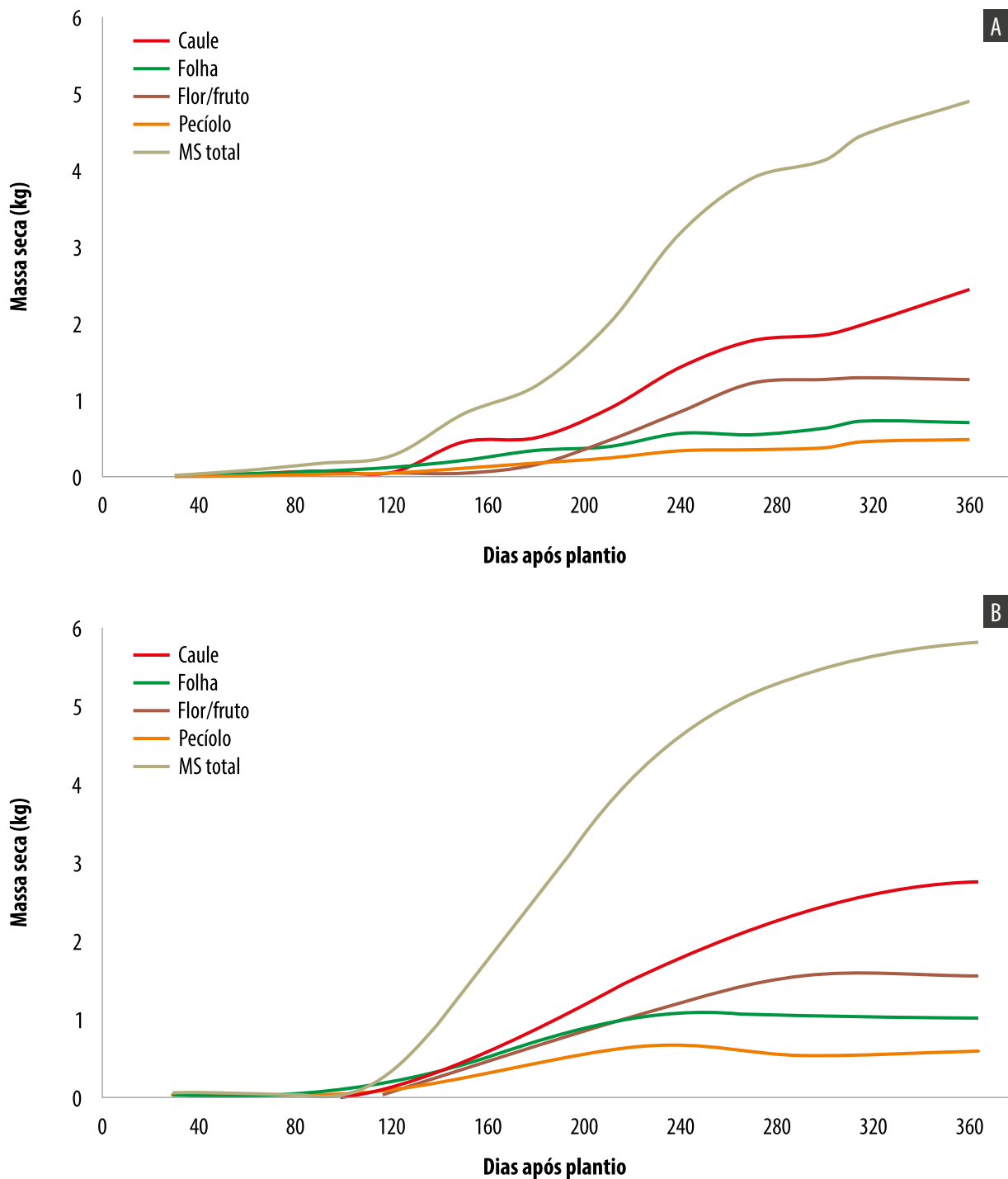


Figura 6. Massa seca de caule, folhas, pecíolos e frutos de plantas de mamoeiro 'Sunrise Solo' relacionada à fertirrigação nitrogenada com fonte amídica (A) e nítrica (B). Dados sem ajustes de modelos matemáticos.

Fonte: Coelho Filho et al. (2007).

edafoclimáticas e de manejo da cultura. Portanto, é necessário um acompanhamento sistemático, com análise de folhas e solo, para ajustes ao longo do desenvolvimento da planta.

No segundo ano de cultivo, o mamoeiro entra em processo de colheitas contínuas. Os estudos desenvolvidos por Cunha e Haag (1980d), considerando produtividade média estimada

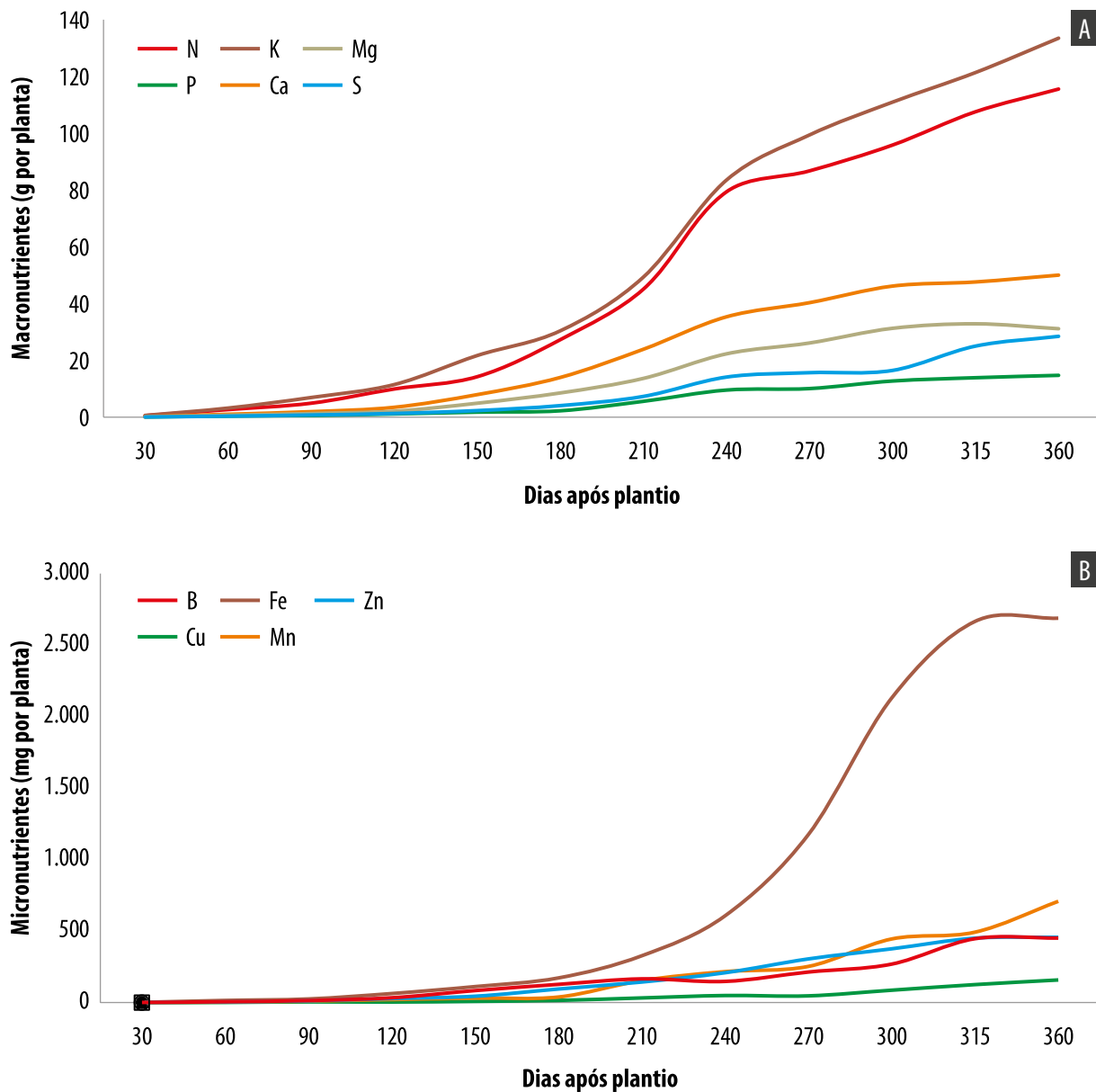


Figura 7. Marcha de absorção de macronutrientes (A) e micronutrientes (B) do mamoeiro da espécie *Carica papaya* L., variedade 'Sunrise Solo', tendo como fonte de N a ureia (fonte amídica). Dados sem ajustes de modelos matemáticos.

Fonte: Coelho Filho et al. (2007).

de 49 t ha⁻¹ ao ano, demonstraram que a exportação de macronutrientes durante 12 meses de colheita, ficou na ordem de 87 kg ha⁻¹ de N, 10 kg ha⁻¹ de P, 103 kg ha⁻¹ de K, 17 kg ha⁻¹ de Ca, 10 kg ha⁻¹ de Mg e 10 kg ha⁻¹ de S. O K foi o nutriente mais exportado pela colheita, seguido do N. O Ca ocupa o terceiro lugar na exportação de nutrientes pelos frutos. Quanto aos nutrientes P, Mg e S, quantidades similares são exportadas pela colheita. Embora em 360 dias de cultivo a quantidade de P exportada pelos frutos seja

pequena, estima-se que parte do que é absorvida (de 31% a 40%) é exportada pela colheita dos frutos. Os teores de micronutrientes exportados por ano pela colheita ficaram na ordem de 48 g ha⁻¹ de B, 16 g ha⁻¹ de Cu, 164 g ha⁻¹ de Fe, 90 g ha⁻¹ de Mn, 0,38 g ha⁻¹ de Mo e 68 g ha⁻¹ de Zn. Embora o B ocupe o quarto lugar na exportação pela colheita, a manifestação da sua deficiência é comum em plantios onde não são efetuadas adubações com micronutrientes ou adubos orgânicos.

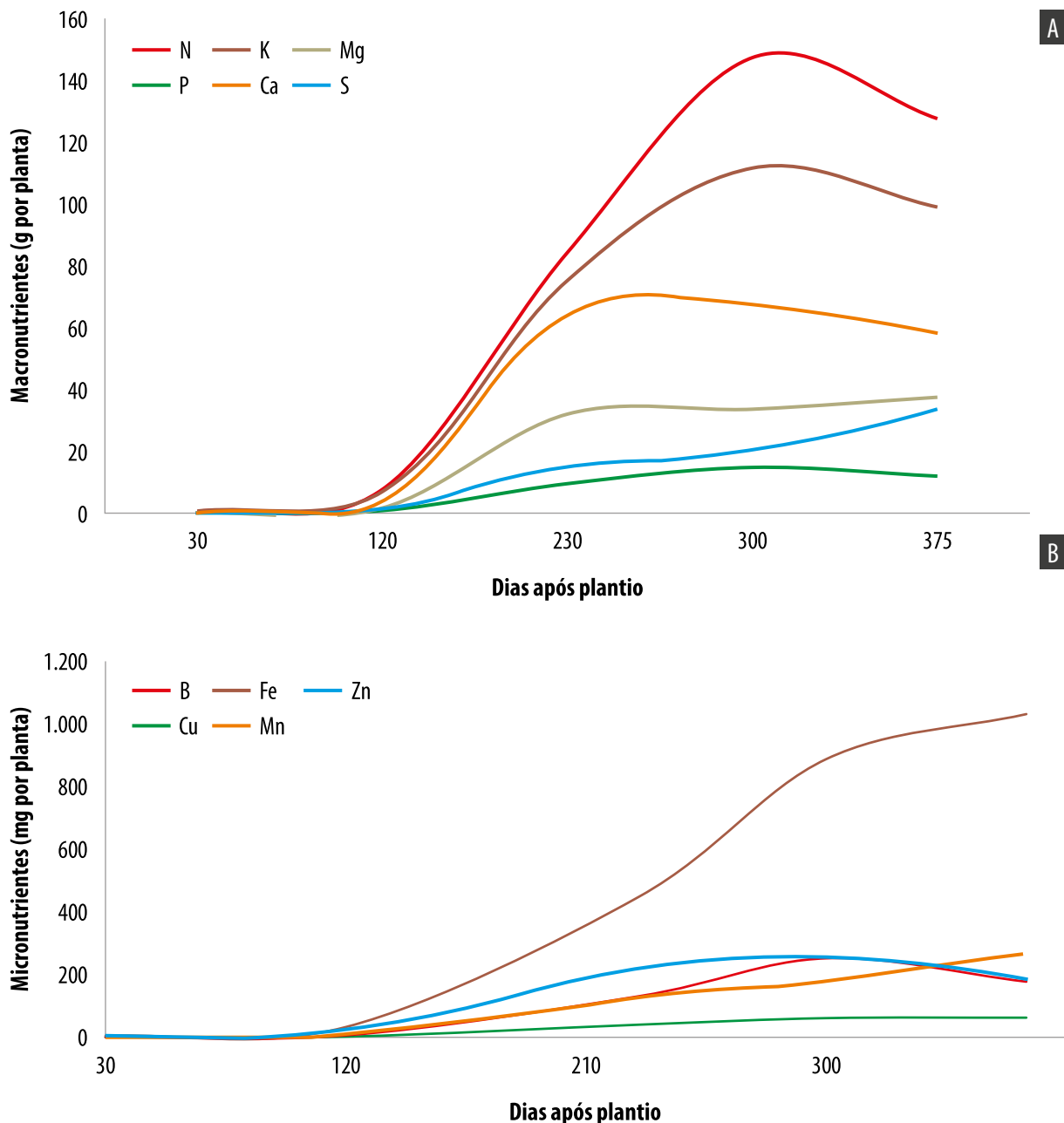


Figura 8. Marcha de absorção de macronutrientes (A) e micronutrientes (B) do mamoeiro da espécie *Carica papaya* L., variedade 'Sunrise Solo', tendo como fonte de N o nitrato de cálcio e potássio (fonte nítrica). Dados sem ajustes de modelos matemáticos.

Fonte: Coelho Filho et al. (2007).

Diagnose foliar

A análise de solo é um método empregado para determinar sua fertilidade química, visando à recomendação de corretivos e fertilizantes para a produção dos cultivos comerciais. O método de acompanhamento do estado nutricional por meio da análise química foliar (diagnose foliar) permite determinar se a adubação empregada

está atendendo às necessidades nutricionais da planta. Uma planta bem nutrida reflete em maiores produções com melhor qualidade de frutos. Assim, a conjugação dos dois métodos de diagnóstico permite avaliar as possíveis causas de problemas que possam advir no processo de produção vegetal, separando problemas nutricionais de distúrbios fisiológicos ou de ataque de pragas e doenças. Por exemplo, se, na análise foliar, forem

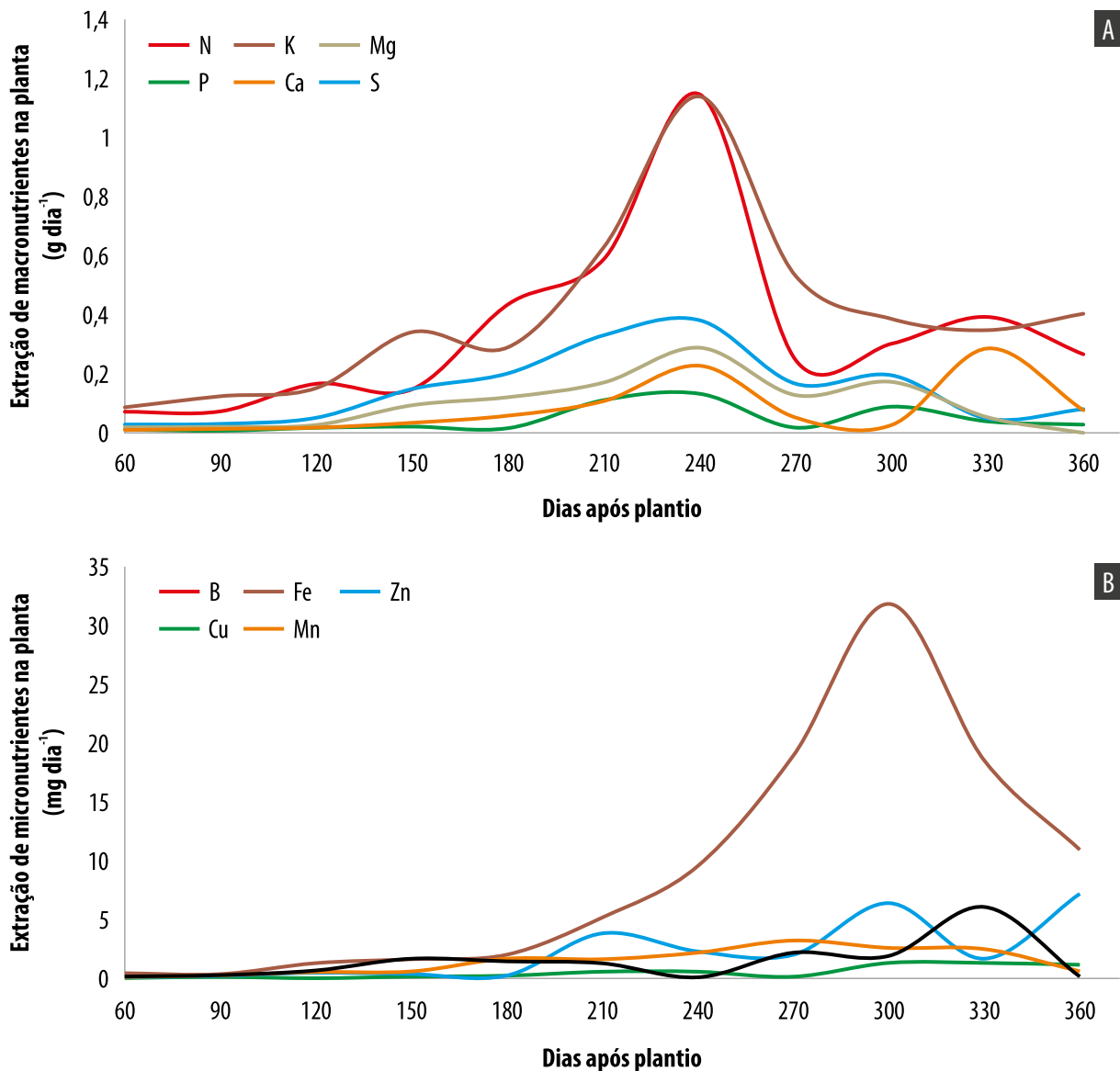


Figura 9. Taxas de extração de macronutrientes (A) e micronutrientes (B) pelo mamoeiro adubado com fonte amídica.

Fonte: Coelho Filho et al. (2007).

observados níveis baixos de K e o solo contiver esse elemento, existe a possibilidade de haver problema de absorção pelas raízes, causado pelo ataque de pragas ou impedimentos físicos.

O método de diagnose foliar consiste em comparar o resultado da análise química das folhas de uma amostra de plantas cujo estado nutricional se quer conhecer com um padrão estabelecido para a cultura. O resultado dessa comparação representará os níveis ideais de todos os nutrientes para que uma planta se desenvolva adequadamente.

Porém, existem algumas limitações de uso da diagnose foliar do mamoeiro. Por exemplo, na literatura são encontrados diferentes padrões de referências quanto ao tecido (o limbo ou o pecíolo das folhas) que melhor representa seu estado nutricional em relação à maioria dos nutrientes. Além disso, parte dos trabalhos de pesquisa foi desenvolvida em casa de vegetação, onde se utilizou solução nutritiva com omissão de nutrientes, o que não reflete as condições de campo a que as plantas estão submetidas. Nas Tabelas 4 e 5, podem ser observados os teores de nutrientes

Tabela 2. Total de macronutrientes (g por planta) e micronutrientes (mg por planta) extraído e acumulado nos diferentes tecidos das plantas, 360 dias após o plantio (densidade de 1.650 plantas por hectare)⁽¹⁾.

| Tecido da planta | N | P | K | Ca | Mg | S | Cu | Fe | Zn | Mn | B | Mo |
|--|--------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|---------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|
| | g por planta | | | | | | mg por planta | | | | | |
| Caule ⁽¹⁾ | 18,7 | 2 | 27,1 | 8,9 | 4,8 | 3,2 | 9,6 | 89,6 | 34,1 | 41,8 | 23,7 | 0,04 |
| Folha ⁽¹⁾ | 29 | 2,1 | 22 | 10,2 | 3,2 | 2,4 | 4,9 | 82,9 | 16,9 | 68,3 | 25,9 | 0,06 |
| Flores + frutos ⁽¹⁾ | 15,1 | 1,8 | 16,5 | 3,3 | 1,5 | 1,6 | 3,6 | 32,5 | 13,5 | 17,8 | 11,9 | 0,05 |
| Total sem ajustes⁽¹⁾ | 62,8 | 5,9 | 65,7 | 22,4 | 9,5 | 7,2 | 18 | 204,9 | 64,5 | 127,9 | 61,5 | 0,15 |
| Total ajustado⁽²⁾ | 66,7 | 6,3 | 62,8 | 24,8 | 10,3 | 7,3 | 20,0 | 229,8 | 79,7 | 149,1 | 74,2 | 0,15 |
| % de frutos ⁽³⁾ | 24 | 31 | 25 | 15 | 16 | 22 | 20 | 16 | 21 | 14 | 19 | 33 |

⁽¹⁾Dados reais, sem ajustes por modelos matemáticos. ⁽²⁾Dados ajustados por modelos matemáticos. ⁽³⁾Percentual de nutriente exportado por flores e frutos em relação ao total extraído.

Fonte: Adaptado de Cunha (1979).

Tabela 3. Total de macronutrientes e micronutrientes extraído e acumulado nos diferentes tecidos das plantas fertirrigadas com fonte amídica (ureia) e nítrica (nitrato de cálcio e potássio) em 360 dias após o plantio (densidade de 1.543 plantas por hectare).

| Tecido da planta | N | P | K | Ca | Mg | S | Cu | Fe | Zn | Mn | B | |
|-----------------------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|---------------|----------------|--------------|--------------|--------------|--|
| | g por planta | | | | | | mg por planta | | | | | |
| Fonte amídica | | | | | | | | | | | | |
| Caule | 48,0 | 9,2 | 76,2 | 20,7 | 14,0 | 15,5 | 51,1 | 554,1 | 233,3 | 102,7 | 76,5 | |
| Folha | 29,1 | 3,5 | 14,5 | 12,7 | 8,6 | 4,5 | 31,9 | 1.159,0 | 140,0 | 157,3 | 205,8 | |
| Flores + fruto | 33,5 | 4,7 | 33,7 | 13,9 | 10,1 | 8,8 | 82,1 | 1.162,0 | 361,2 | 200,1 | 176,7 | |
| Pecíolo | 4,5 | 0,7 | 13,6 | 6,8 | 4,0 | 1,4 | 4,1 | 147,3 | 9,8 | 18,1 | 19,8 | |
| Total | 115,0 | 14,7 | 133,5 | 50,0 | 32,9 | 28,5 | 169,1 | 3.022,4 | 744,3 | 478,1 | 478,7 | |
| % de frutos ^{(1)*} | 29,1 | 32,3 | 25,3 | 27,8 | 30,6 | 30,9 | 48,5 | 38,4 | 48,5 | 41,8 | 36,9 | |
| Fonte nítrica | | | | | | | | | | | | |
| Caule | 60,5 | 6,5 | 52,6 | 24,5 | 18,4 | 18,6 | 38,1 | 439,5 | 129,3 | 148,6 | 149,7 | |
| Folha | 47,6 | 5,0 | 22,4 | 26,0 | 10,9 | 8,3 | 12,1 | 294,0 | 46,3 | 50,1 | 74,3 | |
| Flores + fruto | 45,2 | 5,9 | 28,1 | 18,9 | 10,0 | 6,3 | 14,1 | 300,5 | 94,0 | 38,1 | 63,1 | |
| Pecíolo | 5,7 | 0,8 | 14,1 | 13,1 | 4,6 | 1,7 | 5,7 | 67,4 | 9,7 | 30,5 | 22,9 | |
| Total | 146,8 | 14,8 | 117,3 | 67,5 | 37,5 | 33,5 | 61,2 | 887,7 | 252,0 | 262,3 | 256,4 | |
| % de frutos ⁽¹⁾ | 30,8 | 39,8 | 24,0 | 27,9 | 26,8 | 18,8 | 23,1 | 33,9 | 37,3 | 14,5 | 24,6 | |

⁽¹⁾Percentual de nutriente exportado por flores e frutos em relação ao total extraído.

Fonte: Coelho Filho et al. (2007).

no limbo e no pecíolo, que diversos autores estabelecem como adequados para o mamoeiro.

Para que seja realizada adequadamente a diagnose foliar, mediante a análise química de

folhas, é necessário que se observe principalmente a época de amostragem e a posição das folhas coletadas. Costa (1995) comparou diversos tipos (jovens, recém-maduras e maduras) e

Tabela 4. Teores de macronutrientes e micronutrientes no limbo das folhas do mamoeiro, indicados por alguns autores.

| Nutriente | Cunha (1979) | | Nautiyal et al. (1986) Agarwala et al. (1986) | | Cibes e Gaztambide (1978) | | Prezotti (1992) |
|---------------------------|--------------|------|--|------|------------------------------|------|--------------------|
| | C | D | C | D | C | D | Adequado |
| Macronutriente | | | | | | | |
| g kg⁻¹ | | | | | | | |
| N | 42,4 | 36,1 | - | - | 22,5 | 19,6 | 45–50 |
| P | 5,2 | 1,4 | - | - | 8,2 | 1,4 | 5–7 |
| K | 38,1 | 13,6 | - | - | 15,8 | 4,0 | 25–30 |
| Ca | 12,9 | 2,8 | - | - | 36,1 | 14,8 | 20–22 |
| Mg | 6,5 | 1,7 | - | - | 12,1 | 3,0 | 10 |
| S | 3,1 | 3,4 | - | - | 12,1 | 5,4 | 4–6 |
| Micronutriente | | | | | | | |
| mg kg⁻¹ | | | | | | | |
| B | 136 | 20 | 17,3 | 6,7 | 109 | 26 | 15 |
| Fe | - | - | 140,0 | 85,0 | 252 | 140 | 291 |
| Mn | - | - | 62,7 | 4,5 | 88 | 16 | - |
| Zn | - | - | 22,4 | 13,0 | - | - | 43 |
| Cu | - | - | 11,8 | 6,4 | - | - | 11 |
| Mo | - | - | 1,85 | 0,14 | - | - | - |

C = solução nutritiva completa, com todos os nutrientes.

D = solução nutritiva deficiente, com omissão do nutriente em estudo.

Tabela 5. Teores de macronutrientes e micronutrientes no pecíolo das folhas do mamoeiro, indicados por alguns autores.

| Nutriente | Cibes e Gaztambide (1978) | | Diversos autores ⁽¹⁾ | Fullin e Dadalto (2001) | Costa et al. (2013) | |
|---------------------------|------------------------------|-----|------------------------------------|----------------------------|---------------------|---------------|
| | C | D | Adequado | Adequado | Grupo Solo | Grupo Formosa |
| Macronutriente | | | | | | |
| g kg⁻¹ | | | | | | |
| N | 13,3 | 6,5 | 12,5–14,5 | 10 a 12 | 26,4 | 11,5 |
| P | 9,8 | 0,7 | 1,6–2,5 | 2,5 a 3,0 | 1,6 | 1,0 |
| K | 22,2 | 2,2 | 3,61 | 40 a 50 | 24,9 | 27,8 |
| Ca | 14,3 | 5,1 | 7,3–9,3 | 15 a 20 | 16,5 | 17,7 |
| Mg | 9,7 | 1,4 | | 4 a 5 | 5,7 | 4,1 |
| S | 9,2 | 3,3 | | 2,5 a 3,0 | 3,2 | 2,34 |
| Micronutriente | | | | | | |
| mg kg⁻¹ | | | | | | |
| B | 25 | 16 | - | 25 a 30 | 23,1 | 27,7 |
| Fe | 90 | 69 | - | 50 a 70 | 43,3 | 26,17 |
| Mn | 24 | 1 | - | 50 a 70 | 42,9 | 55,5 |
| Zn | - | - | - | 15 a 20 | 10,5 | 14,2 |
| Cu | - | - | - | 8 a 10 | 2,9 | 3,96 |

⁽¹⁾ Awada e Long (1969, 1971a, 1971b, 1978), Awada (1969, 1976, 1977), Awada et al. (1975) e Awada e Suehisa (1984).

C = solução nutritiva completa, com todos os nutrientes.

D = solução nutritiva deficiente, com omissão do nutriente em estudo.

partes (limbo e pecíolo) das folhas e observou que o pecíolo das folhas recém-maduras, identificadas como aquelas que possuem em sua axila uma flor que abriu há pouco tempo, é o que melhor representa o estado nutricional do mamoeiro (Figura 10). De forma prática, deve-se identificar e coletar, a partir do topo da planta, a primeira folha que apresente uma flor recém-aberta em sua axila. Para formar uma amostra para análise foliar que represente uma área homogênea do plantio, devem-se retirar de 12 a 15 folhas de plantas sob os mesmos tratos culturais e de mesma variedade (Costa, 1995; Quaggio et al., 1997). As plantas amostradas devem ter a mesma idade e representar a média da plantação. Áreas com plantas cloróticas ou com solo, cultivares e idades diferentes devem ser amostradas separadamente. Não existe indicação de tamanho de área representada por uma amostra. Geralmente os plantios são divididos em talhões que, naturalmente, quando homogêneos, são utilizados para retirada de uma amostra de folhas. O coletor deve andar em zigue-zague para retirar as amostras.

Foto: Ailene Maria Gomes



Figura 10. Folha padrão para análise foliar: a partir do topo da planta, a primeira folha que contém uma flor recém-aberta em sua axila.

Costa (1995) utilizou o Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação de Adubação (Dris – do inglês *Diagnosis and Recommendation Integrated System*) e observou que a estação climática do ano (época de chuvas ou de seca)

influenciou os padrões de referência dos nutrientes nas folhas do mamoeiro, como mostram os dados da Tabela 6. As normas de referência do Dris para o mamoeiro foram estabelecidas pelo autor e serão detalhadas em tópico específico neste capítulo.

De posse dos teores obtidos na análise química foliar do plantio que se quer avaliar quanto ao estado nutricional, um dos métodos de diagnose foliar consiste em compará-los com os teores de nutrientes de folhas de mamoeiro considerados padrões, como os apresentados na Tabela 6. Nessa comparação, que é feita de modo empírico, observa-se se os teores estão significativamente acima ou abaixo dos padrões para a cultura. Porém, não existe um critério do quanto a diferença entre o padrão e a amostra é considerada significativa. A partir do momento em que se define que a análise foliar está indicando deficiência, faz-se o aporte do nutriente, caso não esteja sendo ministrado, ou aumenta-se a quantidade do adubo que o contenha. No caso de estar acima dos valores padrões, diminui-se a quantidade do adubo que está sendo aplicada com o nutriente.

Sistema integrado de diagnose e recomendação

O Dris, como descrito anteriormente, é um método de avaliação do estado nutricional das plantas que se baseia em análises químicas de tecidos vegetais e no equilíbrio nutricional. O Dris, que vem sendo utilizado em diversas culturas, utiliza fórmulas para o cálculo de índice para cada nutriente, considerando sua relação com os demais, e compara cada relação com as relações médias de uma população de referência.

Desenvolvido originalmente por Beaufils (1971), com propósitos amplos de diagnosticar as causas primárias e secundárias que afetam a produtividade das culturas, atualmente o Dris está se popularizando como um método

Tabela 6. Padrões de referência de macronutrientes e micronutrientes no pecíolo das folhas do mamoeiro do grupo Solo, nas épocas seca e chuvosa, obtidos pelo Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação de Adubação (Dris).

| Época | Macronutriente (g kg ⁻¹) | | | | | |
|---------|--|------|-------|-------|-------|-----|
| | N | P | K | Ca | Mg | S |
| Seca | 11,0 | 1,7 | 28,1 | 18,4 | 5,3 | 2,6 |
| Chuvosa | 26,4 | 1,6 | 24,9 | 16,5 | 5,7 | 3,2 |
| | Micronutriente (mg kg ⁻¹) | | | | | |
| | B | Cu | Fe | Mn | Zn | |
| Seca | 25,20 | 2,40 | 51,00 | 41,70 | 15,30 | |
| Chuvosa | 23,10 | 2,90 | 43,30 | 42,90 | 10,50 | |

Fonte: Adaptado de Costa (1995).

de avaliação do estado nutricional de plantas cultivadas.

O estabelecimento de padrões de referência é a base comum entre os métodos de diagnose foliar e o Dris. Esses valores são denominados de normas Dris e são calculados a partir de relações bivariadas (quociente) dos teores na população de referência, que, no mamoeiro, é considerada a população de alta produtividade (Costa et al., 2013).

A seleção das lavouras a serem utilizadas para o estabelecimento das normas Dris é fundamental para a representatividade do padrão de referência, uma vez que esse valor pode variar de acordo com a classe de produtividade, conforme foi observado por Costa (1995), que selecionou 67 lavouras representativas do estado do Espírito Santo para o seu estudo e considerou três diferentes classes de produtividade para o mamoeiro do grupo Solo.

O uso de diferentes critérios pode resultar em normas Dris distintas, com diferente eficácia no processo de diagnose, conforme foi verificado por Costa (2012) quando comparou as normas de referência obtidas para o mamoeiro do grupo Solo com as do grupo Formosa.

Diferentemente dos outros métodos de diagnose foliar, o Dris utiliza a relação entre duas variáveis (quociente) para definição do padrão de referência na população selecionada e para diagnóstico do estado nutricional, gerando índices para cada nutriente. Esses índices podem ser valores positivos ou negativos e, quanto mais próximo de zero, menor o desequilíbrio nutricional (Beaufils, 1971).

Diversos fatores e critérios podem interferir na definição da população de referência e nos resultados do diagnóstico originados de diferentes formas de cálculo quanto à seleção das relações bivariadas para o estabelecimento das normas Dris. Diversas formas de cálculo são utilizadas na determinação da relação entre dois nutrientes, conforme relatado por Serra et al. (2013), que citam não haver consenso quanto aos procedimentos para a seleção da relação a ser utilizada (direta ou inversa) no cálculo dos índices Dris. Diversas pesquisas utilizaram a relação direta (A/B) ou a relação inversa (B/A) ou a média das relações direta e inversa (Alvarez V.; Leite, 1992).

A produtividade e o grupo do mamoeiro são fatores que influenciam na relação entre os

nutrientes. As normas Dris foram definidas para o mamoeiro do grupo Solo com produtividade maior ou igual a 50 t ha⁻¹ de frutos (Costa, 1995); e para o mamoeiro do grupo Formosa com produtividade maior ou igual a 80 t ha⁻¹ de frutos (Costa; Costa, 2008). Em ambas as situações, utilizou-se a média das relações direta e inversa.

De acordo com Costa (1995), Costa e Costa (2003, 2008) e Costa (2012), diversas vantagens foram observadas no uso do Dris no mamoeiro:

- a) As relações das concentrações dos nutrientes, tomados dois a dois, são frequentemente melhores indicadoras do estado nutricional do mamoeiro do que a concentração do nutriente tomada isoladamente.
- b) A diagnose nutricional é calculada com base no equilíbrio entre os diversos nutrientes, a partir de um banco de dados obtidos de uma população com características desejáveis. A consideração do equilíbrio nutricional ótimo é particularmente importante nas situações em que se pretende atingir altas produtividades.
- c) As normas Dris (média, desvio-padrão e coeficiente de variação para a população de alta produtividade e com características desejáveis) podem ser aplicadas em várias regiões do país, considerando a ampla variação nas condições ambientais.
- d) O diagnóstico pode ser feito em diferentes fases fenológicas e independentemente da cultivar.
- e) Os nutrientes limitantes, tanto por deficiência quanto por excesso, podem ser prontamente identificados e ordenados em função do desequilíbrio.

Cálculo dos índices

Para o cálculo dos índices Dris para o mamoeiro dos grupos Solo e Formosa, foram adotadas as fórmulas de Jones (1981):

$$ID_X = [Z(X/Y_1) + Z(X/Y_2) + \dots + Z(Y_{n-2}/X) - Z(Y_{n-1}/X) - Z(Y_n/X)] / [2(n-1)]$$

e

$$Z(X/Y) = [(X/Y) - (x/y)] \times (k/s)$$

em que ID_X é o índice Dris do nutriente X ; $Z(X/Y)$ é a função da relação entre os nutrientes X e Y da amostra; X/Y , o valor da relação entre os nutrientes X e Y na amostra; x/y , o valor da norma média para as relações X/Y na população de alta produtividade; n , o número de nutrientes envolvidos no diagnóstico; k , o valor constante (normalmente utiliza-se 10); e s , o desvio-padrão dos valores das relações X/Y na população de alta produtividade.

O índice de balanço nutricional (IBN) é calculado pelo somatório dos valores absolutos dos índices Dris, obtidos para cada nutriente em cada lavoura, conforme a equação:

$$IBN = |ID_{X_1}| + |ID_{X_2}| + \dots + |ID_{X_3}|$$

O Dris utiliza os resultados da análise química vegetal, obtidos para os cálculos dos índices Dris, a partir das relações que envolvem as concentrações dos nutrientes, tomados dois a dois. Para o cálculo dos índices Dris, compara-se, por meio de uma equação, as relações na amostra que está sendo analisada com as relações padrões para o mamoeiro, denominadas de normas Dris, obtidas de lavouras comerciais de alta produtividade e qualidade dos frutos.

Os índices Dris obtidos para cada nutriente podem assumir valores negativos, que indicam deficiência nutricional; valores positivos, que indicam excesso; e valores próximos ou iguais a zero, que indicam o estado ideal de equilíbrio nutricional. Desse modo, fornecem a ordem de limitação dos nutrientes, classificando-os na sequência de deficiência a excesso, o que permite estimar o equilíbrio nutricional.

O Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) desenvolveu

o software Dris-Mamão e o utiliza com sucesso no diagnóstico do estado nutricional e na recomendação de adubação. Esse software tem como base os trabalhos de pesquisas de campo realizadas em lavouras comerciais no estado do Espírito Santo (Costa, 1995) e é pioneiro no estabelecimento das normas Dris de referência para o mamoeiro do grupo Solo. Porém, ainda não está disponível para o público. O IBN é calculado pelo software e é obtido pelo somatório dos valores absolutos dos índices Dris de cada nutriente, indicando o equilíbrio nutricional global da planta, em que, quanto menor for o valor para o IBN, melhor será o estado nutricional da lavoura analisada.

Normas de referência para o mamoeiro

As normas de referência para o uso do Dris são a primeira etapa do processo pelo qual se estabelecem os valores da média, o desvio-padrão e o coeficiente de variação (CV). Essas normas são obtidas a partir da concentração dos macronutrientes (g kg^{-1}) e dos micronutrientes (mg kg^{-1}) em lavouras representativas no cultivo comercial do mamoeiro e são fundamentais para o cálculo dos índices Dris (Costa, 1995).

O uso eficiente do Dris depende das normas de referência que devem ser obtidas para lavouras representativas no cultivo comercial do mamoeiro, e devem ser específicas para cada grupo. Assim, no intuito de evitar generalizações, as normas devem ser desenvolvidas para o grupo Solo independentemente das normas do grupo Formosa.

Normas de referência para o mamoeiro do grupo Solo

As normas de referência para o uso do Dris na diagnose foliar do mamoeiro do grupo Solo no estado do Espírito Santo são mostradas na Tabela 7.

Aplicando-se as normas Dris para o mamoeiro do grupo Solo, obtêm-se os índices Dris para

cada lavoura e para cada nutriente. O índice Dris indica, pela sua magnitude, o balanço de cada nutriente em relação aos demais, bem como a intensidade com que cada um é requerido pela lavoura analisada (Tabela 8). A partir da análise desses índices, obtém-se a ordem de limitação dos nutrientes (Tabela 9).

A apresentação dos resultados pelo Dris é de fácil compreensão. Em razão disso, é possível estabelecer facilmente a recomendação da adubação para a lavoura com base nas necessidades nutricionais e no equilíbrio entre os nutrientes. O conhecimento a respeito do(s) nutriente(s) requerido(s) pela lavoura torna possível planejar a correção das deficiências nutricionais com exatidão.

Na Tabela 8, verifica-se que o IBN pode ser alto ou baixo, dependendo do cálculo do índice Dris, tanto por excesso quanto por deficiência. Geralmente, em lavouras com alto valor para o IBN, ou seja, com problemas de desbalanço nutricional, as plantas não têm como responder com alta produtividade.

Em lavouras de baixa produtividade, como é o caso da lavoura de nº 1 (Tabelas 8 e 9), o IBN é normalmente alto, indicando o efeito do desequilíbrio nutricional na produtividade do mamoeiro. Entretanto, pode acontecer que, mesmo em lavouras de baixa produtividade, o valor do IBN possa ser baixo, indicando que o fator limitante na produtividade não está relacionado ao equilíbrio nutricional, mas sim a outros fatores, como pragas e doenças, irrigação, compactação do solo, clima, etc. Os altos valores de IBN indicam desequilíbrios nutricionais e estão associados à baixa produtividade.

Na Figura 11, é apresentado o equilíbrio nutricional de uma lavoura de mamão do grupo Solo diagnosticado pelo Dris.

O resultado obtido com a utilização deste grupo de normas para o mamão do grupo Solo identificou que P foi o nutriente que se destacou como o mais limitante por deficiência, cuja

Tabela 7. Normas Dris para o mamoeiro do grupo Solo no estado do Espírito Santo.

| Nutriente ou relação | Média | Nutriente ou relação | Média | Nutriente ou relação | Média | Nutriente ou relação | Média |
|------------------------------|--------------|-------------------------------|--------------|--------------------------------|--------------|--------------------------------|--------------|
| N (g kg⁻¹) | 26,40 | Ca (g kg⁻¹) | 16,50 | Fe (mg kg⁻¹) | 43,30 | B (mg kg⁻¹) | 23,10 |
| N:P | 17,30 | Ca:N | 0,62 | Fe:N | 16,45 | B:N | 8,75 |
| N:K | 1,15 | Ca:P | 10,88 | Fe:P | 292,44 | B:P | 152,13 |
| N:Ca | 1,66 | Ca:K | 0,73 | Fe:K | 17,39 | B:K | 10,15 |
| N:Mg | 4,63 | Ca:Mg | 2,89 | Fe:Ca | 26,42 | B:Ca | 14,39 |
| N:S | 8,82 | Ca:S | 5,16 | Fe:Mg | 75,96 | B:Mg | 43,23 |
| N:Fe | 0,07 | Ca:Fe | 0,04 | Fe:S | 150,48 | B:S | 77,30 |
| N:Zn | 1,06 | Ca:Zn | 0,16 | Fe:Zn | 4,83 | B:Fe | 0,53 |
| N:Mn | 0,07 | Ca:Mn | 0,04 | Fe:Mn | 1,12 | B:Zn | 2,20 |
| N:B | 0,12 | Ca:B | 0,07 | Fe:B | 1,88 | B:Mn | 0,59 |
| N:Cu | 4,00 | Ca:Cu | 0,57 | Fe:Cu | 14,93 | B:Cu | 11,41 |
| P (g kg⁻¹) | 1,60 | Mg (g kg⁻¹) | 5,70 | Zn (mg kg⁻¹) | 10,50 | Cu (mg kg⁻¹) | 2,90 |
| P:N | 0,06 | Mg:N | 0,22 | Zn:N | 3,94 | Cu:N | 1,08 |
| P:K | 0,07 | Mg:K | 0,26 | Zn:P | 66,20 | Cu:P | 18,10 |
| P:Ca | 0,10 | Mg:P | 3,56 | Zn:K | 4,45 | Cu:K | 1,16 |
| P:Mg | 0,31 | Mg:Ca | 0,35 | Zn:Ca | 6,64 | Cu:Ca | 1,82 |
| P:S | 0,52 | Mg:S | 1,78 | Zn:Mg | 18,42 | Cu:Mg | 5,09 |
| P:Fe | 0,00 | Mg:Fe | 0,01 | Zn:S | 32,81 | Cu:S | 9,11 |
| P:Zn | 0,02 | Mg:Zn | 0,06 | Zn:Fe | 0,26 | Cu:Fe | 0,07 |
| P:Mn | 0,00 | Mg:Mn | 0,01 | Zn:Mn | 0,26 | Cu:Zn | 0,30 |
| P:B | 0,01 | Mg:B | 0,02 | Zn:B | 0,45 | Cu:Mn | 0,07 |
| P:Cu | 0,08 | Mg:Cu | 0,28 | Zn:Cu | 5,03 | Cu:B | 0,13 |
| K (g kg⁻¹) | 24,90 | S (g kg⁻¹) | 3,20 | Mn (mg kg⁻¹) | 42,90 | - | - |
| K:N | 0,94 | S:N | 0,12 | Mn:N | 16,20 | - | - |
| K:P | 15,90 | S:P | 2,00 | Mn:P | 279,47 | - | - |
| K:Ca | 1,61 | S:K | 0,14 | Mn:K | 17,22 | - | - |
| K:Mg | 5,00 | S:Ca | 0,19 | Mn:Ca | 26,76 | - | - |
| K:S | 8,10 | S:Mg | 0,61 | Mn:Mg | 80,88 | - | - |
| K:Fe | 0,06 | S:Fe | 0,01 | Mn:S | 134,06 | - | - |
| K:Zn | 0,26 | S:Zn | 0,03 | Mn:Fe | 1,05 | - | - |
| K:Mn | 0,07 | S:Mn | 0,01 | Mn:Zn | 4,52 | - | - |
| K:B | 0,11 | S:Cu | 0,15 | Mn:B | 1,87 | - | - |
| K:Cu | 0,86 | S:B | 0,01 | Mn:Cu | 20,91 | - | - |

Fonte: Costa e Costa (2003).

frequência de ocorrência foi de 25% nas lavouras comerciais de mamão amostradas no estado do Espírito Santo. Em seguida, por ordem de deficiência, foram identificados os nutrientes K, Ca e Mg.

Os resultados do Dris no mamoeiro dos grupos Solo e Formosa fundamentaram a quinta recomendação de adubação e calagem do Espírito Santo, que vem sendo utilizada com sucesso pelos produtores de mamão no estado

Tabela 8. Índice Dris e índice de balanço nutricional (IBN) calculados com base nas normas de referência estabelecidas por Costa (1995), a partir da análise de folhas de três lavouras comerciais de mamão, no estado do Espírito Santo.

| Lavoura ⁽¹⁾ | Índice Dris | | | | | | | | | | | IBN |
|------------------------|-------------|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|-----|-----|
| | N | P | K | Ca | Mg | S | Fe | Zn | Mn | B | Cu | |
| 1 | -14 | -6 | 12 | -1 | -13 | 12 | -1 | 2 | 16 | 4 | -11 | 92 |
| 2 | -6 | 0 | 0 | 0 | 5 | -5 | -6 | 3 | 0 | 9 | 0 | 34 |
| 3 | -5 | -4 | 5 | -1 | -8 | 7 | 5 | -6 | 5 | -3 | 5 | 54 |

⁽¹⁾Lavouras comerciais de mamoeiro do grupo Solo do município de Linhares, ES.

Fonte: Costa e Costa (2003).

Tabela 9. Sequência decrescente de deficiência a excesso de nutrientes com base no índice Dris para três lavouras comerciais de mamão no estado do Espírito Santo.

| Lavoura ⁽¹⁾ | Sequência de deficiência a excesso nutricional | IBN |
|------------------------|---|-----|
| 1 | N > Mg > Cu > P > Ca = Fe > Zn > B > K = S > Mn | 92 |
| 2 | N = Fe > S > P = K = Ca = Mn = Cu > Zn > Mg > B | 34 |
| 3 | Mg > Zn > N > P > B > Ca > K = Fe = Mn = Cu > S | 54 |

⁽¹⁾Lavouras comerciais de mamoeiro do grupo Solo do município de Linhares, ES.

Fonte: Costa e Costa (2003).

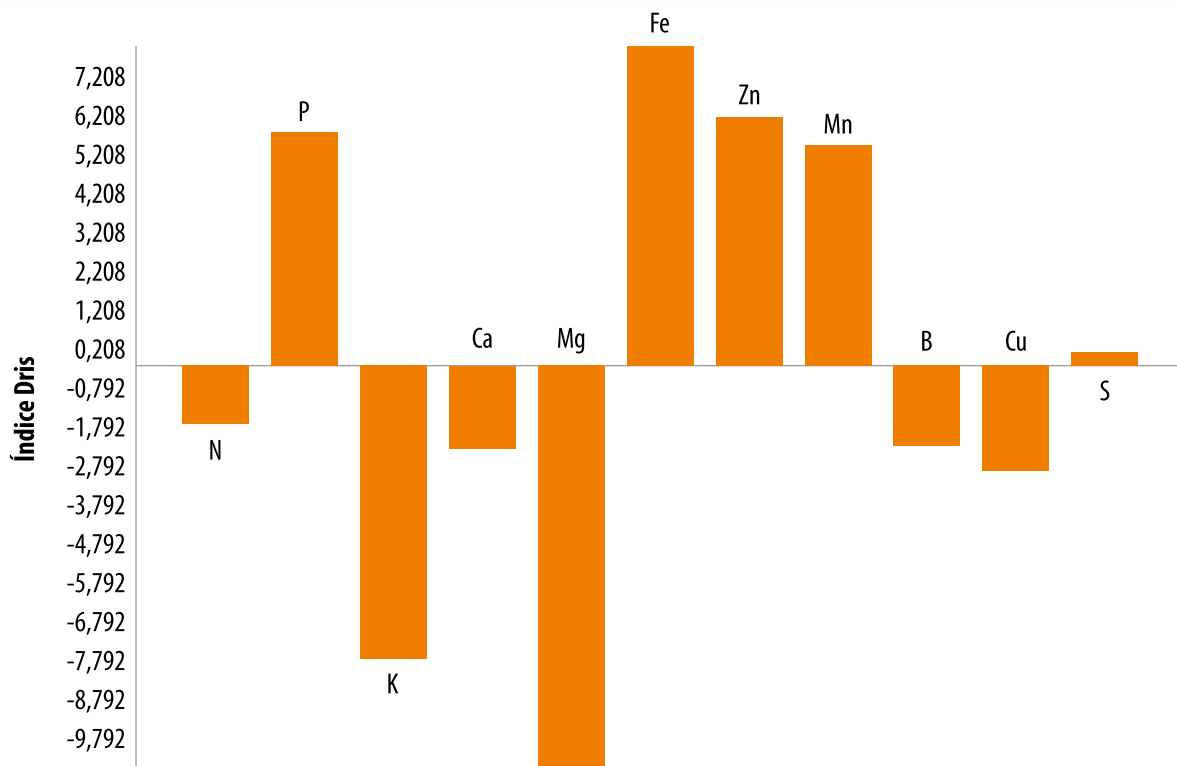


Figura 11. Relatório do software Dris indicando o equilíbrio nutricional de uma lavoura. Valores acima do eixo tendem a excesso e valores abaixo do eixo tendem a deficiência.

Fonte: Costa e Costa (2003).

e pelos laboratórios de análise de solo e foliar (Costa; Costa, 2007).

Em lavouras de baixa produtividade, o IBN pode ser alto ou baixo. Esse resultado depende de o fator limitante na produtividade estar ou não relacionado ao equilíbrio nutricional. Se o IBN for baixo (menor que 20), é provável que um fator não nutricional esteja limitando a produtividade quando esta apresentar valores menores que $50 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Por sua vez, o valor do IBN alto (maior que 20) indica a existência do desbalanço nutricional. Dessa forma, a produtividade pode estar sendo limitada por um fator de ordem nutricional (Figura 12).

A utilização de técnicas de análise estatística multivariada tem sido útil para demonstrar a maior capacidade do Dris, em relação ao método convencional, para o diagnóstico nutricional

do mamoeiro. Percebe-se claramente que o método do Dris é capaz de agrupar corretamente as lavouras segundo a classe de produtividade e o IBN (Figura 12).

Normas para o mamoeiro do grupo Formosa

As normas de referência para o uso do Dris na diagnose foliar do mamoeiro do grupo Formosa são mostradas na Tabela 10.

São considerados padrões de referência para N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Mn, B e Cu os valores constantes nas Tabelas 7 e 10, estabelecidos em lavouras comerciais na região Norte do estado do Espírito Santo, considerada representativa no cultivo do mamoeiro dos grupos Solo e Formosa.

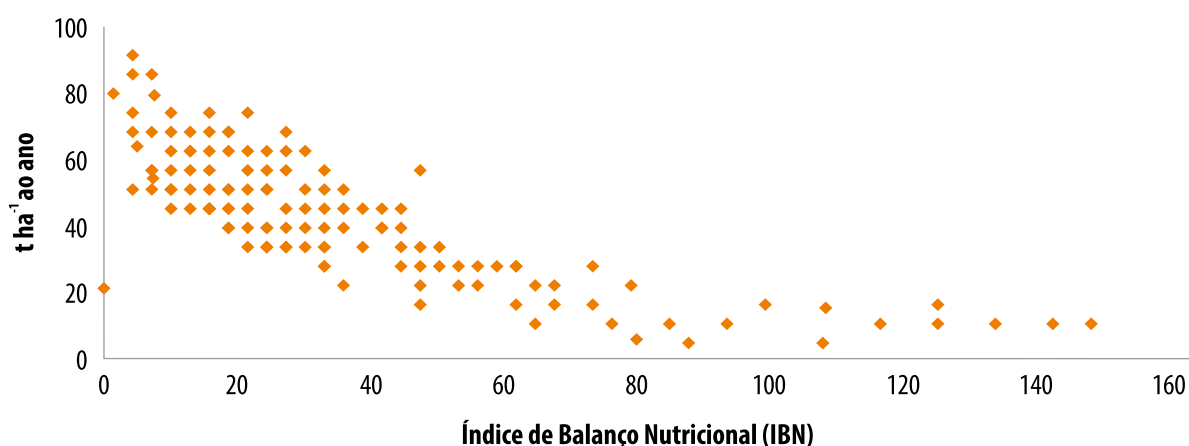


Figura 12. Produtividade de 160 lavouras de mamão (toneladas de frutos por hectare por ano) em função do índice de balanço nutricional (IBN).

Fonte: Costa e Costa (2003).

Tabela 10. Teores médios para o uso do Dris para o mamoeiro do grupo Formosa no estado do Espírito Santo.

| Nutriente ou relação | Média | Nutriente ou relação | Média | Nutriente ou relação | Média | Nutriente ou relação | Média |
|--|--------------|---|--------------|--|--------------|---|--------------|
| N (g kg^{-1}) | 11,48 | Ca (g kg^{-1}) | 17,70 | Fe (mg kg^{-1}) | 26,16 | B (mg kg^{-1}) | 27,71 |
| N:P | 13,64 | Ca:N | 1,56 | Fe:N | 2,33 | B:N | 2,43 |
| N:K | 0,44 | Ca:P | 22,01 | Fe:P | 29,56 | B:P | 31,69 |
| N:Ca | 0,71 | Ca:K | 0,67 | Fe:K | 1,05 | B:K | 1,03 |
| N:Mg | 3,15 | Ca:Mg | 4,52 | Fe:Ca | 1,71 | B:Ca | 1,66 |

Continua...

Tabela 10. Continuação.

| Nutriente ou relação | Média | Nutriente ou relação | Média | Nutriente ou relação | Média | Nutriente ou relação | Média |
|------------------------------|--------------|-------------------------------|-------------|--------------------------------|--------------|--------------------------------|-------------|
| N:S | 12,91 | Ca:S | 16,80 | Fe:Mg | 7,87 | B:Mg | 7,53 |
| N:Fe | 0,52 | Ca:Fe | 0,82 | Fe:S | 44,58 | B:S | 30,24 |
| N:Zn | 0,85 | Ca:Zn | 1,33 | Fe:Zn | 1,94 | B:Fe | 1,25 |
| N:Mn | 0,24 | Ca:Mn | 0,36 | Fe:Mn | 0,57 | B:Zn | 2,05 |
| N:B | 0,49 | Ca:B | 0,77 | Fe:B | 1,09 | B:Mn | 0,60 |
| N:Cu | 4,00 | Ca:Cu | 6,06 | Fe:Cu | 8,73 | B:Cu | 9,43 |
| P (g kg⁻¹) | 0,98 | Mg (g kg⁻¹) | 4,10 | Zn (mg kg⁻¹) | 14,24 | Cu (mg kg⁻¹) | 3,96 |
| P:N | 0,09 | Mg:N | 0,36 | Zn:N | 1,24 | Cu:N | 0,35 |
| P:K | 0,04 | Mg:P | 5,09 | Zn:P | 16,90 | Cu:P | 4,70 |
| P:Ca | 0,06 | Mg:K | 0,16 | Zn:K | 0,54 | Cu:K | 0,15 |
| P:Mg | 0,28 | Mg:Ca | 0,23 | Zn:Ca | 0,87 | Cu:Ca | 0,24 |
| P:S | 1,26 | Mg:S | 3,87 | Zn:Mg | 3,92 | Cu:Mg | 1,08 |
| P:Fe | 0,04 | Mg:Fe | 0,19 | Zn:S | 15,32 | Cu:S | 3,89 |
| P:Zn | 0,07 | Mg:Zn | 0,31 | Zn:Fe | 0,64 | Cu:Fe | 0,17 |
| P:Mn | 0,02 | Mg:Mn | 0,08 | Zn:Mn | 0,30 | Cu:Zn | 0,30 |
| P:B | 0,04 | Mg:B | 0,18 | Zn:B | 0,61 | Cu:Mn | 0,08 |
| P:Cu | 0,35 | Mg:Cu | 1,40 | Zn:Cu | 4,90 | Cu:B | 0,16 |
| K (g kg⁻¹) | 27,84 | S (g kg⁻¹) | 2,34 | Mn (mg kg⁻¹) | 55,52 | - | - |
| K:N | 2,45 | S:N | 0,21 | Mn:N | 4,85 | - | - |
| K:P | 32,49 | S:P | 2,70 | Mn:P | 69,13 | - | - |
| K:Ca | 1,69 | S:K | 0,08 | Mn:K | 2,11 | - | - |
| K:Mg | 7,69 | S:Ca | 0,14 | Mn:Ca | 3,30 | - | - |
| K:S | 30,44 | S:Mg | 0,65 | Mn:Mg | 14,80 | - | - |
| K:Fe | 1,29 | S:Fe | 0,11 | Mn:S | 65,22 | - | - |
| K:Zn | 2,08 | S:Zn | 0,17 | Mn:Fe | 2,48 | - | - |
| K:Mn | 0,59 | S:Mn | 0,05 | Mn:Zn | 4,21 | - | - |
| K:B | 1,17 | S:B | 0,10 | Mn:B | 2,46 | - | - |
| K:Cu | 9,84 | S:Cu | 0,87 | Mn:Cu | 18,50 | - | - |

Fonte: Costa e Costa (2007).

Considerações finais

O conhecimento das necessidades nutricionais das plantas é a base para uma adubação correta, principalmente nos solos tropicais, que têm baixa fertilidade e não atendem a demanda por nutrientes das culturas comerciais. Embora todas as plantas necessitem dos mesmos

elementos minerais para se desenvolverem, as quantidades exigidas variam de acordo com a espécie vegetal, e sua absorção sofre influência da idade da planta, da sua fase fenológica e das condições edafoclimáticas, entre outros fatores, o que dificulta o estabelecimento de parâmetros nutricionais para o mamoeiro. Quando são confrontadas as informações disponíveis

sobre a marcha de absorção de nutrientes para o mamoeiro obtidas com diferentes materiais genéticos e em diferentes manejo e condições edafoclimáticas, observa-se que, embora guardem relativa semelhança no que diz respeito à sequência de absorção dos nutrientes (o que é mais absorvido e o que é menos absorvido), mostram demandas diferentes ao longo do primeiro ano de cultivo. Como atualmente a cultura do mamoeiro está estabelecida em sua grande maioria no Extremo Sul da Bahia e Norte do Espírito Santo, e com novas variedades do grupo Solo, as informações obtidas por pesquisas com a 'Sunrise Solo' no Recôncavo da Bahia refletem mais as necessidades atuais da cultura e deverá servir como parâmetro para o suprimento dos nutrientes ao longo do ciclo do mamoeiro. Porém, novos estudos em diferentes condições edafoclimáticas, principalmente com materiais genéticos do grupo Formosa, são necessários para afinar as informações relativas às fases de maior exigência dos nutrientes pelas plantas.

Apesar de haver trabalhos que abordam o sintoma de deficiência de macro e micronutrientes, a maioria relatada se baseia em experimentos em solução nutritiva, com sintomas descritos apenas para a fase vegetativa. Dessa forma, existe uma lacuna de informações quanto aos sintomas no âmbito do campo e nas demais fases de desenvolvimento do mamoeiro e que são de extrema importância para auxiliar na diagnose dos problemas nutricionais da cultura.

Embora existam trabalhos na literatura que utilizam diferentes partes das folhas para análise química, a maior parte dos trabalhos atuais e dos laboratórios de análise química utilizam o pecíolo como padrão para análise foliar. Em relação ao acompanhamento do estado nutricional com base na análise foliar, estudos com o estabelecimento de normas de referência nutricional pelo Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação de Adubação (Dris – do inglês *Diagnosis and Recommendation Integrated*

System) apresentam um ganho em relação às informações sobre padrões de referências existentes para a cultura, podendo nortear as recomendações e os ajustes em relação à adubação para o mamoeiro. O uso do Dris para a diagnose foliar se destaca como método preventivo de deficiência ou excesso de nutriente, por utilizar a planta como extrator dos elementos minerais do solo e avaliar de forma indireta a disponibilidade de nutrientes antes da manifestação do sintoma visual de deficiência ou excesso, quando o efeito prejudicial já ocorreu. As relações utilizadas no Dris, considerando o conceito de equilíbrio nutricional, permitem a classificação dos nutrientes por ordem de deficiência a excesso. Assim, para o mamoeiro, o Dris é uma ferramenta de grande valor para auxiliar nos ajustes da adubação do mamoeiro que se façam necessários.

Referências

- AGARWALA, S. C.; NAUTIYAL, B. D.; CHATTERJEE, C. Manganese, copper and molybdenum nutrition of papaya. **Journal of Horticultural Science**, v. 61, n. 3, p. 397-405, 1986. DOI: [10.1080/14620316.1986.11515719](https://doi.org/10.1080/14620316.1986.11515719).
- ALVAREZ V., V. H.; LEITE, R. A. Fundamentos estatísticos das fórmulas usadas para cálculos dos índices dos nutrientes no sistema integrado de diagnose e recomendação – DRIS. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20., Piracicaba, 1992. **Anais...** Piracicaba: SBCS, 1992. p. 186-187.
- AWADA, M. Relation of nitrogen, phosphorus and potassium fertilization to nutrient composition of the petiole and growth of papaya. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 102, n. 4, p. 413-418, 1977.
- AWADA, M. Relation of phosphorus fertilization to petiole phosphorus concentrations and vegetative growth of young papaya plants. **Tropical Agriculture**, v. 53, p. 173-181, 1976.
- AWADA, M. The selection of the nitrogen index in papaya tissue analysis. **Journal American Society Horticultural Science**, v. 94, n. 6, p. 687-690, 1969.
- AWADA, M.; LONG, C. Relation of nitrogen and phosphorus fertilization to fruiting and petiole of Solo papaya. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 103, p. 217-219, 1978.

- AWADA, M.; LONG, C. Relation of petiole levels to nitrogen fertilization and yield of papaya. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 96, n. 6, p. 745-749, 1971a.
- AWADA, M.; LONG, C. The selection of the phosphorus index in papaya tissue analysis. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 94, n. 5, p. 501-504, 1969.
- AWADA, M.; LONG, C. The selection of the potassium index in papaya tissue analysis. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 96, n. 1, p. 74-77, 1971b.
- AWADA, M.; SUEHISA, R. Effects of calcium and sodium on growth of papaya plants. **Tropical Agriculture**, v. 61, n. 2, p. 102-105, 1984.
- AWADA, M.; SUEHISA, R.; KANEHIRO, Y. Effects of lime and petiole composition of papaya. **Journal American Society Horticultural Science**, v. 100, n. 3, p. 294-298, 1975.
- BEAUFILS, E. R. Physiological diagnosis: a guide for improving maize production based on principles developed for rubber trees. **Fertilizer Society of South African Journal**, v. 1, p. 1-30, 1971.
- CIBES, H. R.; GAZTAMBIDE, S. Mineral-deficiency symptoms displayed by papaya grown under controlled conditions. **Journal Agriculture University of Puerto Rico**, v. 62, p. 413-423, 1978.
- COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F.; CRUZ, J. L.; SOUZA, L. F. da S.; OLIVEIRA, A. M. de; SILVA, T. S. M. da. Marcha de absorção de macro e micronutrientes do mamoeiro sunrise solo. In: MARTINS, D. dos S.; COSTA, A. N.; COSTA A. F. S. (ed.). **Papaya Brasil: manejo, qualidade e mercado do mamão**. Vitória: Incaper, 2007. p. 29-40.
- COSTA, A. N. da. Diagnose foliar na cultura do mamão. In: PRADO, R. de M. (ed.). **Nutrição de plantas: diagnose foliar em frutíferas**. Jaboticabal: FCAV, 2012. p. 259-279.
- COSTA, A. N. da. **Uso do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) na avaliação do estado nutricional do mamoeiro (*Carica papaya* L.) no estado do Espírito Santo**. 1995. 95 p. (Tese Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- COSTA, A. N. da; COSTA, A. de F. S. da. Frutífera. In: DADALTO, G. G.; FULLIN, E. A. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo: 5ª aproximação**. Vitória: SEEA/INCAPER, 2007. p. 151-153.
- COSTA, A. N. da; COSTA, A. de F. S. da. Nutrição e adubação. In: MARTINS, D. dos S.; COSTA, A. de F. S. da. (ed.). **A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção**. Vitória: Incaper, 2003. p. 201-227.
- COSTA, A. N. da; COSTA, A. de F. S. da. Padrão de referência dos macronutrientes N, P e K para o uso do Dris no mamoeiro do grupo Formosa no Espírito Santo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 20.; ANNUAL MEETING OF THE INTERAMERICAN SOCIETY FOR TROPICAL HORTICULTURE, 54., 2008, Vitória. **Anais...** Vitória: Incaper: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2008.
- COSTA, A. N. da; COSTA, A. de F. S. da; FERREGUETTI, G. A. Manejo da fertilidade do solo e da nutrição do mamoeiro. **Cultivo do Mamoeiro**, v. 34, n. 275, p. 38-47, 2013.
- CUNHA, R. J. P. **Marcha de absorção de nutrientes em condições de campo e sintomatologia de deficiências de macronutrientes e do boro em mamoeiro**. 1979. 131 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.
- CUNHA, R. J. P.; HAAG, H. P. Nutrição mineral do mamoeiro (*Carica papaya* L.). II – Deficiência de Boro em condições de campo e casa de vegetação. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v. 37, n. 1, p. 291-302, 1980a. DOI: [10.1590/S0071-12761980000100017](https://doi.org/10.1590/S0071-12761980000100017).
- CUNHA, R. J. P.; HAAG, H. P. Nutrição mineral do mamoeiro (*Carica papaya* L.). III – Sintomatologia de carências nutricionais. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v. 37, n. 1, p. 303-317, 1980b. DOI: [10.1590/S0071-12761980000100018](https://doi.org/10.1590/S0071-12761980000100018).
- CUNHA, R. J. P.; HAAG, H. P. Nutrição mineral do mamoeiro (*Carica papaya* L.). V – Marcha de absorção de nutrientes em condições de campo. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v. 37, n. 2, p. 631-668, 1980c. DOI: [10.1590/S0071-12761980000200005](https://doi.org/10.1590/S0071-12761980000200005).
- CUNHA, R. J. P.; HAAG, H. P. Nutrição mineral do mamoeiro (*Carica papaya* L.). IV – Desenvolvimento dos frutos e exportação de nutrientes através da colheita. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v. 37, n. 1, p. 169-178, 1980d. DOI: [10.1590/S0071-12761980000100012](https://doi.org/10.1590/S0071-12761980000100012).
- DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M. S. (ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 227-354.
- FULLIN, E. A. Fertirrigação para o mamoeiro. In: BOARETO, A. E.; VILLAS BÔAS, R. L.; SOUSA, W. F. de; PARRA, I. R. V. (ed.). **Fertirrigação: teoria e prática**. Piracicaba: Os Autores, 2004. p. 536-573. 1 CD-ROM.
- FULLIN, E. A.; DADALTO, G. G. Avaliação da fertilidade do solo e do estado nutricional das plantas. In: DADALTO, G. G.; FULLIN, E. A. (ed.). **Manual de recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo: 4ª aproximação**. Vitória: SEEA/INCAPER, 2001. p. 21-55.

- JONES, C. A. Proposed modifications of the Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) for interpreting plant analyses. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 12, n. 8, p. 785-794, 1981. DOI: [10.1080/00103628109367194](https://doi.org/10.1080/00103628109367194).
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.
- MARSCHNER, H. Functions of mineral nutrients. In: MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. London: Academic Press, 1995. p. 229-312. DOI: [10.1016/B978-012473542-2/50010-9](https://doi.org/10.1016/B978-012473542-2/50010-9).
- MUÑOZ, S. M.; KOCHERG, F.; VILLALOBOS, P. A. Sintomas de deficiências nutricionais de plantas de papaya (*Carica candamarcensis* Hook f.). **Agricultura Técnica**, v. 2, n. 3, p. 106-113, 1966.
- NAUTIYAL, B. D.; SHARMA, C. P.; AGARWALA, S. C. Iron, zinc and boron deficiency in papaya. **Scientia Horticulturae**, v. 29, n. 1/2, p. 115-123, June 1986. DOI: [10.1016/0304-4238\(86\)90037-3](https://doi.org/10.1016/0304-4238(86)90037-3).
- OLIVEIRA, A. M. G. Mamão. In: BORGES, A. L.; COELHO, E. F.; TRINDADE, A. V. (org.). **Fertirrigação em fruteiras tropicais**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2002. p. 114-121.
- PRADO, R. de M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Ed. Unesp, 2008. 407 p.
- PRADO, R. de M.; NATALLE, W. **Nutrição e adubação do mamoeiro no Brasil**. Uberlândia: EDUFU, 2010. 124 p. DOI: [10.14393/EDUFU-978-85-7078-243-4](https://doi.org/10.14393/EDUFU-978-85-7078-243-4).
- PREZOTTI, L. C. **Recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo: 3ª aproximação**. Vitória: EMCAPA, 1992. 73 p. (EMCAPA. Circular técnica, 12).
- QUAGGIO, J. A.; VAN RAIJ, B.; PIZA JUNIOR, C. de T. Frutíferas. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. rev. atual. Campinas: Instituto Agronômico/Fundação IAC, 1997. p. 121-125. (IAC. Boletim técnico, 100).
- SERRA, A. P.; MARCHETTI, M. E.; MORAIS, H. S. de; CONRAD, V. do A.; GUIMARÃES, F. C. N. Estabelecimento de normas DRIS para o algodoeiro com diferentes critérios de seleção da população de referência. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 11, p. 1472-1480, nov. 2013. DOI: [10.1590/S0100-204X2013001100008](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013001100008).
- VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Calcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 299-325.

CAPÍTULO 6

Implantação da cultura e práticas culturais

Marco Antonio da Silva Vasconcellos

José Eduardo Borges de Carvalho

Tullio Raphael Pereira de Pádua

Luiz Aurélio Peres Martelleto

Arlene Maria Gomes Oliveira

Introdução

O mamoeiro é uma planta cujo cultivo responde às variações nas condições ambientais, no que se refere tanto aos efeitos do solo e do clima quanto às práticas culturais aplicadas, que podem causar redução na produção e na qualidade dos frutos ou mesmo levar à inviabilidade comercial de sua exploração comercial. Essa resposta é decorrente da instabilidade sexual observada nas plantas hermafroditas, que podem apresentar produção de flores que darão origem a frutos malformados (não comerciais) ou mesmo que não originarão frutos.

Outro aspecto importante está relacionado aos impactos que as variações das condições ambientais podem causar diretamente no crescimento e no desenvolvimento das plantas, tanto na parte aérea quanto em suas raízes, bem como na capacidade da planta de produzir os fotoassimilados altamente demandados pelos seus diferentes órgãos.

Sem dúvida, o sucesso comercial do cultivo do mamoeiro dependerá da capacidade de adaptação dos genótipos, tanto das cultivares do grupo Solo como nos híbridos do grupo Formosa, às condições ambientais e de manejo adotado no cultivo.

Portanto, os cuidados com a implantação da cultura e com a correta realização das práticas culturais de manejo tornam-se fundamentais para o sucesso da exploração comercial do mamoeiro.

Definição da área

Na escolha da área para o cultivo do mamoeiro devem ser levados em consideração os fatores que podem, em algum momento, limitar ou mesmo inviabilizar a produção econômica de mamão.

Entre esses fatores, que podem ser considerados pelos efeitos isolados ou associados, alguns estão relacionados às variáveis climáticas,

notadamente aos fatores temperatura, precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar. Outros que também devem ser considerados relacionam-se às características do solo, à topografia e à disponibilidade de água.

Também deve se considerar a disponibilidade de mão de obra para emprego no cultivo, uma vez que a cultura demanda diversas práticas culturais, as quais são realizadas constantemente desde o plantio e início de produção, com destaque para a colheita, que deverá ser feita em intervalos de 2–3 dias. Ressalta-se que atualmente a escassez de oferta de trabalhadores para realização das práticas de cultivo, somada ao valor do seu custo, tem inviabilizado a exploração comercial de fruteiras em diferentes regiões do País.

Com relação aos fatores climáticos, para que as plantas possam apresentar o máximo de seu potencial genético de produção, a área escolhida, de forma geral, deverá apresentar temperaturas médias que variem de 20 °C a 32 °C, faixa ideal para a cultura. Temperaturas médias abaixo e acima dos limites da faixa ideal levam as plantas a entrar em estresse, e isso induzirá as plantas a apresentar efeitos negativos sobre aspectos relacionados ao seu metabolismo, crescimento e produção; e a intensidade desses danos será tanto maior quanto maior for o período de tempo que a planta fique submetida a essas temperaturas. Portanto, como reflexos diretos, o crescimento das plantas diminui e ocorre redução na formação de novas folhas e conseqüentemente de flores e frutos, bem como o surgimento de distúrbios florais. Esses efeitos provocam a sazonalidade de crescimento e de produção, além de afetar negativamente a qualidade dos frutos que amadurecem nessas condições.

A localização geográfica da área a ser cultivada permite que se faça uma previsão do potencial produtivo a ser alcançado pelo mamoeiro. No Brasil, quanto mais os plantios estão localizados em maiores latitudes sul, ou seja, abaixo do estado do Espírito Santo, menor será o

crescimento das plantas nos meses finais do outono e no inverno, uma vez que, nessas épocas, as temperaturas médias ficam abaixo de 20 °C, condição em que ocorre maior intervalo entre o lançamento de folhas, refletindo em menor produção e qualidade de frutos. O efeito negativo da latitude poderá ser maior quanto maior for a altitude do local de plantio. O mamoeiro tem a melhor performance produtiva em altitudes de 200 m. No Brasil, regiões em maiores latitudes sul, onde as temperaturas médias no outono e no inverno são mais baixas, apresentam elevado risco de ocorrência de geadas, fato esse que as tornam regiões marginais para cultivo do mamoeiro, visto que o mamoeiro é uma planta herbácea com hábito de crescimento contínuo (sem períodos de dormência), folhas com grande limbo e não possui estruturas de proteção das gemas ao frio. Em condições de geadas, quanto mais nova for a planta maior a chance desta morrer e, mesmo que a planta não morra, demandará maior gasto de energia para reposição de folhas, comprometendo o potencial de produção e a qualidade de frutos em desenvolvimento.

A precipitação pluviométrica ideal na área de cultivo deve variar de 1.800 mm a 2.000 mm ao ano, o que mostra como o mamoeiro é exigente em água. Dessa forma, na escolha da área para plantio, onde se deseja a obtenção de elevada produtividade e qualidade de frutos durante todo o período de produção, a disponibilidade de água para irrigação torna-se fundamental.

Outro aspecto importante está relacionado ao conhecimento sobre a distribuição do volume de chuvas ao longo do ano, por causa do risco de ocorrência de chuvas intensas associadas a solos com má drenagem natural, solos de baixada ou com lençol freático superficial, que causam condições de encharcamento limitantes para a exploração da cultura. De forma geral, os solos devem apresentar boa capacidade de retenção de água, associada a uma boa capacidade de permeabilidade da água das chuvas para as camadas mais

profundas, além de apresentar profundidade de lençol freático superior a 90 cm. A má drenagem leva ao acúmulo de água, causando a falta de oxigenação nas raízes, o que impacta negativamente a capacidade de trocas gasosas, o crescimento, a produção e a qualidade de frutos (Campostrini; Glenn, 2007), além de ser um fator desencadeador da infecção e morte de plantas causadas por fungos de solo, notadamente a podridão do pé, que tem como agente causal o fungo *Phytophthora palmivora* (Carnaúba et al., 2006).

A umidade relativa do ar também assume importância na exploração comercial do mamoeiro. Reis (2003) observou que as plantas do mamoeiro do grupo Formosa apresentam estômatos sensíveis à quantidade de água na atmosfera, fato esse corroborado por Machado Filho et al. (2006) para a variedade 'Sunrise Solo'. De forma geral, plantas de mamoeiro apresentam controle de abertura/fechamento estomático influenciado pelo déficit de pressão de vapor do ar ($DPV_{\text{folha-ar}}$). Além disso, plantas de mamoeiro em boa disponibilidade de água no solo, mas com elevado $DPV_{\text{folha-ar}}$ ao meio-dia, apresentam redução na taxa fotossintética, possivelmente causada pelo decréscimo na condutância estomática (Machado Filho et al., 2006). Portanto, o conhecimento prévio sobre os valores de umidade relativa do ar ideal (entre 60% e 80%) e sobre os históricos, em uma determinada área de cultivo, deve ser considerado na avaliação do potencial de produção do mamoeiro.

Na exploração de fruteiras, o vento é um fator climático importante, pois renova o ar atmosférico na área de cultivo (concentração de CO_2), favorece a transpiração e, conseqüentemente, a absorção de água e nutrientes, porém também pode ser um agente indesejável ao provocar a dispersão de pragas e doenças, bem como provocar queda de folhas e rasgar o limbo foliar, fatos esses que levam à redução da capacidade fotossintética das plantas e causam queima dos frutos devido a sua exposição direta ao sol. A ocorrência de vento de intensidade elevada

associado a chuvas pode causar o tombamento de plantas, principalmente as cultivadas em solos pouco profundos e com alta carga de frutos. O conhecimento sobre a ocorrência dos ventos (direção e intensidade) é importante para a definição do uso de quebra-ventos e mesmo para orientação de plantio.

Áreas onde os solos apresentam características físicas que dificultem a drenagem natural, tais como as de solos muito argilosos e as de solos com a presença de camadas coesas superficiais ou subsuperficiais, exigem ações prévias para contornar esses problemas, como a construção de canais de drenagem, plantio em camalhões e uso de subsolador no preparo do solo. Isso ocorre porque a maior concentração das raízes do mamoeiro se desenvolve em profundidade de 30 cm a 40 cm e a 60 cm de distância do tronco (Costa et al., 1998) e, portanto, nessa profundidade deve ser permitido o pleno crescimento das raízes.

Solos ideais para o cultivo do mamoeiro devem apresentar pH de 5,5 a 6,5, uma vez que a planta apresenta toxidez ao alumínio (Silva et al., 2008) e redução da produção em pH mais ácido. A calagem é uma prática importante para melhor aproveitamento dos adubos, valendo ressaltar que o cálcio é o terceiro nutriente mais extraído pela planta.

Costa et al. (2003) relatam que, nas regiões produtoras do Espírito Santo e da Bahia, onde ocorrem solos de Tabuleiros Costeiros, declividades acima de 8% exigem adoção de práticas conservacionistas como o uso de curvas de nível. Em razão da exposição do solo causada pelo espaçamento de plantio e crescimento das plantas, Souza e Oliveira (2000) indicam, para exploração da cultura, o limite de declividade de 10% em cultivos que empregam práticas conservacionistas simples. Em área com declividade acima de 10%, os autores concluem que existe a necessidade de adoção de práticas conservacionistas mais onerosas e que há aumento do risco de perdas de solo por erosão.

Preparo do solo

O mamoeiro, quando cultivado em solos compactados ou adensados, tem seu crescimento prejudicado não somente pela redução do volume do sistema radicular, mas também pela baixa capacidade de armazenamento de água desses solos. Áreas sujeitas a encharcamento, por causa de fatores ligados às características físicas do solo, topografia (plantio em baixadas) e associadas a períodos de elevada precipitação pluvial, necessitam de práticas de manejo que possam evitar/minimizar os efeitos negativos desse encharcamento. Essas práticas têm início no preparo do solo para plantio.

Na Bahia e no Espírito Santo, o mamoeiro é largamente cultivado em áreas dos Tabuleiros Costeiros, que apresentam grande diversidade de solos, com predominância do Latossolo Amarelo álico coeso, cujas características são as seguintes: baixa fertilidade, baixa capacidade de retenção de água e fácil compactação. Além disso, apresentam uma camada adensada logo abaixo do horizonte AP, entre os horizontes AB e BA, com uma espessura que varia de 0,30 m a 0,80 m. No diagnóstico da cultura do mamão realizado por Martins (2003), no Espírito Santo, constatou-se que a cultura está implementada em solos de textura argiloarenosa, com 91% de área com declive inferior a 8%; e, na maioria dos casos, para o preparo do solo, são utilizadas duas gradagens ou uma aração e gradagem.

De acordo com Souza et al. (2016), a permeabilidade do solo é um dos fatores mais importantes na escolha da área para plantio do mamoeiro. Os autores relatam também o elevado uso de máquinas e implementos no cultivo do mamoeiro. Para o preparo do solo, são realizadas de oito a dez entradas, somadas à execução de subsolagem e ao preparo dos camalhões. Assim, no ciclo de 24 meses, é comum que ocorram mais de 160 entradas de máquinas no pomar, o que resulta na compactação do solo, que reduz a infiltração de água e agrava

as deficiências hídricas em profundidade nos períodos secos. Além da deficiência hídrica, a compactação pode causar encharcamento, que, mesmo temporário, prejudica o mamoeiro, como mostra o trabalho de Thani et al. (2016). Esses autores avaliaram o efeito da prévia aplicação do fertilizante CaO_2 na forma sólida sobre a redução do estresse causado em plantas de mamoeiro posteriormente submetidas a solos inundados. Como resultado, observaram que os tratamentos nos quais as plantas tiveram 75% e 100% das raízes submersas por 2 dias apresentaram alterações fisiológicas negativas nas plantas, como reduções na fotossíntese líquida (A), na condutância estomática (g), no índice de clorofila foliar e no rendimento quântico máximo do fotossistema II, que é determinado pela emissão da fluorescência da clorofila e pela relação fluorescência variável/fluorescência máxima (F_v/F_m). Após serem recolocadas na condição de não inundação, no tratamento com 75% das raízes inundadas, as plantas voltaram a apresentar os níveis normais de A , g e da relação F_v/F_m . Por sua vez, as plantas do tratamento com 100% de raízes inundadas só voltaram aos níveis normais nos tratamentos que receberam a adubação prévia com CaO_2 , ou seja, o fertilizante químico de oxigênio permitiu que as raízes 100% inundadas pudessem voltar ao seu funcionamento normal, bem como a planta como um todo. A adição de CaO_2 no solo minimizou a redução do efeito negativo do estresse por inundação sobre a massa seca de folha, caule e raiz e aumentou a sobrevivência das plantas submetidas a 100% de raízes submersas.

Os dados citados reforçam a necessidade de que o preparo do solo seja realizado de forma a permitir o pleno crescimento e desenvolvimento do sistema radicular do mamoeiro a uma profundidade mínima de 40 cm, corrigindo algumas características químicas do solo (pH e toxidez por Al^{3+}) por meio da calagem, bem como possíveis impedimentos físicos do solo. A subsolagem torna-se fundamental onde os sistemas radiculares

enfrentam graves problemas em solos mal estruturados (compactados) ou coesos, pois a solubilidade e o transporte de nutrientes dependem diretamente das proporções dos diâmetros do sistema de poros do solo e da sua estabilidade. Assim, solos que não apresentem zonas compactadas em seu perfil permitem melhor desenvolvimento do sistema radicular e maior produtividade das plantas (Souza et al., 2016).

Embora no polo de produção de mamão do Extremo Sul da Bahia e Norte do Espírito Santo os plantios sejam estabelecidos em camalhões ou a amontoa de terra seja realizada junto ao tronco da planta durante o primeiro ano de cultivo, essas técnicas não são recomendadas, pois promovem grande movimentação e consequente degradação do horizonte superficial do solo. O objetivo do emprego dessas técnicas é diminuir os problemas de encharcamento advindos da existência de horizontes coesos nos solos dessa região. Em termos gerais, algumas regras básicas são recomendadas para que se proceda a um adequado preparo do solo (Souza; Oliveira, 2000), como, por exemplo: a alternância de implementos, com diferentes mecanismos de corte em profundidade do solo, que diminuem os problemas de compactação e degradação; o revolvimento mínimo do solo; a preparação do solo na condição friável, ou seja, nem muito seco nem muito úmido, de forma a evitar, respectivamente, a formação de grandes torrões ou a compactação, que desestruturam o solo e afetam a infiltração e o armazenamento de água e a aeração; e a manutenção do solo coberto com vegetação para conservação da umidade e da estabilidade de sua temperatura e prevenção de processos erosivos.

Operações de preparo do solo

Durante a prática de preparo do solo, aproveita-se para realizar a calagem (doses, época e localização do calcário serão abordadas no [Capítulo 7](#), sobre Calagem e Adubação). Nas

áreas a serem cultivadas com o mamoeiro, caso existam restos de pequenos tocos, resíduos lenhosos e raízes na superfície ou muita ondulação no terreno, Souza e Souza (2019) orientam que seja utilizado o arado para preparar o solo e incorporar o calcário na profundidade de 20 cm–40 cm. Caso a área não se encontre nessa situação, a recomendação é a utilização do escarificador em lugar do arado. Após o período de 20 a 30 dias, a dose de calcário recomendada para a profundidade de 0–20 cm deverá então ser aplicada e incorporada com uma gradagem.

Em solos com horizontes coesos, nos quais é necessária a subsolagem para a quebra dessa camada, Souza et al. (2009) recomendam que essa seja a última operação mecanizada na área. Para evitar nova compactação, a distância do rodado do trator deve ser de, no mínimo, 30 cm. Quando o espaçamento da cultura permitir, as linhas de plantio devem ser alocadas sobre o sulco da subsolagem, mantendo-se o solo com coberturas vegetais e resíduos orgânicos. Assim, os materiais orgânicos, ao se decomporem e se incorporarem em profundidade, preencherão as fendas provocadas pelo subsolador e retardarão a junção do solo, preservando os efeitos benéficos da subsolagem por maior tempo. Quando a calagem é recomendada em solos coesos, Souza e Souza (2019) orientam o plantio de uma leguminosa após a calagem e roçagem após a floração. Posteriormente, realiza-se a subsolagem uma única vez e em uma só direção, nas profundidades de 0,50 m a 1,00 m, a depender de onde se localize a camada coesa. Após a subsolagem, a área deverá ser mantida sem entrada de máquinas ou pastoreio por no mínimo 50 dias, a fim de não comprometer os efeitos benéficos dessa prática.

Produção de mudas

Propagação por sementes

Em plantios comerciais no Brasil, o mamoeiro é propagado predominantemente via sementes.

Para mamões do grupo Solo, as principais cultivares utilizadas na atualidade são provenientes de linhagens selecionadas pelos próprios produtores em campo, com baixa variação genética, uma vez que o mamoeiro apresenta elevada taxa de autofecundação. Desse modo, o produtor utiliza as sementes das cultivares em uso, a fim de manter as características desejáveis quanto a sabor, produção, cor da polpa e resistência a fatores bióticos e abióticos. Os mamões do grupo Formosa cultivados no Brasil são híbridos, oriundos de programas de melhoramento no Brasil e na Ásia. O uso de sementes desses genótipos, após a primeira geração, altera as características superiores dessas cultivares, portanto não é uma prática indicada para produtores, pois as mudanças afetam o formato, a produtividade e a qualidade dos frutos, o que reduz seu valor comercial e a rentabilidade do pomar.

Quando se opta pela reutilização de sementes de mamão do grupo Solo procedentes de um cultivo anterior, algumas práticas para a obtenção do material propagativo devem ser adotadas. O produtor deve selecionar plantas que apresentem, entre outras características, precocidade, elevada produtividade, frutos com bom formato e coloração de casca e polpa e que sejam sadias (Sanchez; Dantas, 1999; Dantas et al., 2013). Após a seleção, essas plantas devem ser marcadas e alguns de seus botões florais cobertos por um saco de papel preso ao pedúnculo floral. Essa técnica tem como objetivo evitar o contato da flor com o pólen proveniente de outras plantas do pomar ou de pomares circundantes. Após o desenvolvimento, e depois de atingir o estágio fisiológico maduro, os frutos devem ser colhidos e abertos, com um instrumento cortante, para a retirada das sementes. Essas devem ser colocadas em uma peneira, lavadas em água corrente para retirada da mucilagem e, posteriormente, colocadas para secar sobre papel-toalha. Após 2 dias secando à sombra, as sementes podem ser acondicionadas em sacos plásticos à temperatura de 6 °C (Sanchez; Dantas, 1999).

Construção de viveiros e tipos de recipientes para produção de mudas

Atualmente a maior parte das mudas de mamoeiro é produzida em viveiros rústicos estabelecidos nas propriedades dos produtores, próximos a áreas de cultivo (Figura 1). Tais viveiros podem ser construídos apenas com proteção lateral, a pleno sol, ou podem ser usadas coberturas para redução da incidência da radiação solar (geralmente, a cerca de 1,00 m de altura do solo). Essa cobertura pode ser à base de palha, capim, folhas de coqueiros, ripas de bambu ou sombrite, a fim de que permita a passagem de aproximadamente 50% de luminosidade (Dantas et al., 2013). O uso de estruturas rudimentares pode aumentar os riscos na

produção de mudas, pois eleva a possibilidade de incidência de pragas e doenças e de ocorrência de fatores de natureza abiótica, como excesso ou falta de luminosidade, água e maior ação de ventos, os quais impactam de modo negativo a qualidade do material propagativo. Os viveiros construídos geralmente próximo a plantios antigos também elevam o potencial de inóculo de doenças e pragas.

Dessa forma, a definição do local onde será construído o viveiro para produção de mudas via sementes é fator essencial para garantir a qualidade fitossanitária do material de plantio (Figura 2). Deve-se sempre optar por locais planos ou, preferencialmente, com baixa declividade, o que permite escoamento de água evitando encharcamento. O viveiro deve ser implantado



Figura 1. Produção de mudas de mamoeiro a pleno sol e afastadas de plantios antigos.



Fotos: Jorge L. Loyola Dantas



Fotos: Jorge L. Loyola Dantas

Figura 2. Produção de mudas de mamoeiro em viveiros com tela de sombreamento.

distante de plantios antigos, de modo que não fiquem próximos de plantas que possam estar doentes ou que sejam portadoras de pragas, como ácaros, entre outros.

No caso da produção de mudas em saquinhos, as dimensões do viveiro dependem do tamanho da área de produção (Figura 3). De maneira geral, recomenda-se a construção de canteiros com largura entre 1,00 m e 1,20 m e comprimento variável de acordo com a área do viveiro. Para facilitar a movimentação e execução dos tratos culturais fitossanitários, os espaçamentos entre canteiros devem medir entre 0,60 m e 0,70 m. O número de mudas produzidas por área varia de acordo com o recipiente utilizado no processo.

Quando se opta por saquinhos/sacolas plásticas com dimensões de 10 cm x 15 cm (largura x altura), têm-se 100 saquinhos por metro quadrado, o que corresponde a 240 mudas, quando se considera o plantio de três sementes por saquinho e a viabilidade das mudas é de 80%. Para o plantio de 1,0 ha de mamão do grupo Solo, no espaçamento de 3,0 m x 2,5 m, o que corresponde a uma densidade de plantio de 1.333 plantas por hectare, é necessária a produção de 4 mil mudas, considerando o plantio de 3 mudas por cova para a realização da sexagem. É necessário acrescentar a esse valor o risco de perda de até 10% das mudas transplantadas, o que indica a necessidade de 4.400 mudas por hectare. Para produzir a quantidade

Fotos: Jorge L. Loyola Dantas



Figura 3. Sacolas plásticas preparadas com substrato (A) e mudas de mamoeiro produzidas em sacolas plásticas (B).

de mudas para 1 ha, são necessárias 16.500 sementes, considerando 80% de germinação. Dessa forma, considerando o exemplo de um viveiro com canteiros de 1,00 m de largura, são necessários ao menos 68,75 m² de canteiro para a produção de mudas para 1,0 ha. Portanto, pode-se construir um viveiro com seis canteiros de 1,00 m x 12,00 m (largura x comprimento), com espaço entre eles de 0,60 m e recuo das laterais do viveiro de 1,20 m. Nesse caso, a área total é de 11,40 m x 14,40 m, o que corresponde a 164,16 m².

O substrato utilizado para os saquinhos deve apresentar uma proporção de 2:1:1 de terra virgem (solo de barranco), areia e esterco curtido de curral respectivamente. É importante que o substrato seja esterilizado, o que reduz o risco de ataques de doenças de solo como *Phytophthora* sp., *Pythium* sp. e *Rhizoctonia*, muito comuns no processo de produção de mudas.



Uma alternativa para a produção de mudas é o uso de tubetes (Figura 4), cujo volume pode variar de 30 cm³ a 120 cm³. Para os tubetes, utilizam-se, preferencialmente, substratos comerciais que apresentam baixa densidade, produzidos a partir de resíduos orgânicos, como esterco, turfa, cascas e palhas de espécies vegetais (arroz, café, eucalipto, pínus e outros) e vermiculita. Quando se opta pela utilização de bandejas e tubetes, deve-se ficar atento para a necessidade de complementação nutricional para as mudas de mamão, uma vez que os recipientes utilizados apresentam baixo volume de substrato, que não é suficiente para a manutenção e o crescimento das plântulas durante períodos longos.

Semeadura

Após a construção do canteiro e o enchimento das sacolinhas ou tubetes com substrato, realiza-se a semeadura. Para variedades de mamão do grupo Solo, as sementes são produzidas pelo próprio agricultor ou adquiridas. Por sua vez, para o grupo Formosa, as sementes de híbridos devem ser compradas em casas agropecuárias, a fim de garantir suas características superiores nos cultivos subsequentes.

Para as cultivares do grupo Solo, devem-se colocar três sementes sobre o substrato. Por sua vez, para as variedades do grupo Formosa,



Fotos: Jorge L. Loyola Dantas

Figura 4. Bandejas com tubetes em área de produção de mudas de mamoeiro (A e B) e detalhe da muda de mamoeiro produzida em tubete (C).

devem-se depositar ao menos duas sementes. Posteriormente faz-se aplicação de uma fina camada de substrato (1 cm a 3 cm) para proteger a semente e facilitar o processo de germinação. As primeiras plântulas emergem entre 8 e 15 dias após a semeadura. Durante essa fase, é necessário que seja realizado acompanhamento constante, por meio de irrigações e monitoramento da incidência de doenças, principalmente aquelas causadoras do tombamento da muda, e de pragas como o ácaro-branco e o ácaro-rajado. Sempre que se observar a presença de sintomas de doenças ou de pragas no viveiro de mudas, deve-se realizar a aplicação de defensivos para reduzir sua incidência. Após a germinação, deve-se realizar desbaste das mudas, mantendo em cada recipiente apenas a muda de maior crescimento. Nessa fase de desbaste e eliminação de mudas, podem-se aproveitar mudas retiradas para replantio, que devem ser plantadas em sacolas ou tubetes onde não ocorreu germinação. O tempo de manutenção das mudas em viveiro varia conforme a região e o nível de tecnologia adotado pelo produtor. De maneira geral, consideram-se as mudas aptas ao transplantio para o campo quando atingem aproximadamente 20 cm de altura ou cerca de 30 a 45 dias após a semeadura.

Como dito anteriormente, para o cultivo de mamão do grupo Formosa, usam-se predominantemente sementes de híbridos adquiridas em lojas de produtos agropecuários para se ter garantia de qualidade e uniformidade do estande vegetativo do pomar. O principal híbrido de mamão do grupo Formosa cultivado atualmente é denominado de 'Tainung nº 1' (o preço do quilograma da semente, em meados de 2017, estava entre US\$ 4.000 e US\$ 6.500). Para 1,00 ha de mamão, plantado em espaçamento de 3,00 m x 3,00 m, o que equivale a uma densidade populacional de 1.111 plantas por hectare, são necessárias para a formação do pomar, usando-se três plantas por cova para posterior realização da sexagem, 3.333 mudas

por hectare. Considerando que, para a formação das mudas, foram utilizadas duas sementes por sacola e um cálculo de perdas (mudas e transplantio) de 10%, tem-se:

$3.333 \text{ (mudas por hectare)} \times 2 \text{ (sementes por sacola)} + 10\% \text{ (perdas)} = 7.333 \text{ sementes por hectare}$

Dessa forma, para que se tenha garantia de uma elevada porcentagem de plantas hermafroditas no pomar após a prática da sexagem, são necessárias 7.333 sementes por hectare. Sabe-se que, em média, há 60 sementes por grama. Assim, serão necessários aproximadamente 125 g de semente para a formação de 1,00 ha de mamão, o que corresponde a um custo com aquisição de sementes de até US\$ 812,50. Estimando que, no Brasil, 40% de uma área esteja cultivada com mamão do grupo Formosa, haverá aproximadamente 12.150 ha cultivados (IBGE, 2016). Se o custo para compra de sementes for de US\$ 812,50 por hectare, o gasto total com aquisição de sementes será de US\$ 9.871.875,00.

Propagação por enxertia

Os métodos de propagação vegetativa, entre eles a enxertia e a estaquia, são alternativas que podem reduzir o custo com sementes, por meio da utilização de clones de plantas com características superiores para produtividade, tais como firmeza de polpa, coloração de casca e polpa, teor de açúcares e maior tempo de prateleira (Allan, 1995; Senthilkumar et al., 2014). Essas técnicas permitem cultivar matrizes de plantas selecionadas que apresentem características superiores em ambientes controlados, garantindo a sanidade das plantas. No cultivo do mamoeiro, entre as vantagens observadas na utilização da enxertia e da estaquia citam-se as seguintes: a precocidade de produção, que reduz o tempo do plantio à frutificação; a altura de inserção dos primeiros frutos, que facilita a colheita; e plantas com flores hermafroditas, que produzem frutos

de maior valor comercial (Costa; Costa, 2003; Ruiz, 2016). A utilização de genótipos de mamoeiro resistentes à *P. palmivora* pode ser uma alternativa de grande impacto para o produtor, uma vez que essa é uma das principais doenças fúngicas de solo que ataca a cultura do mamão (Dantas et al., 2013). Além disso, resultados de um estudo indicam que a espécie silvestre de mamão *Carica cauliflora*, quando utilizada como porta-enxerto, atrasa a expressão de sintomas da mancha-anelar (PRSV), principal doença de natureza virótica da cultura na variedade comercial *Carica papaya* L. (Valencia et al., 2001). No entanto, são necessários mais estudos para melhor avaliação do comportamento de variedades comerciais enxertadas sobre variedades silvestres resistentes a essa doença.

As técnicas de enxertia mais utilizadas para o mamoeiro são as seguintes: garfagem lateral e garfagem de fenda cheia. Esta última é a que tem apresentado os melhores resultados nos experimentos realizados na Embrapa (Figuras 5 a 7).

A garfagem de fenda cheia consiste na recepagem da parte aérea do cavalo ou porta-enxerto e na utilização de brotos da parte aérea com a base cortada em forma de cunha. Esses brotos são inseridos num corte (fenda) aberto no sentido vertical do porta-enxerto, e a região da enxertia é coberta com filme plástico após o ajuste das partes (Figura 6). Para a obtenção dos brotos, realiza-se a seleção de plantas matrizes após uma poda drástica do ápice caulinar com retirada de todas as folhas da planta. A realização dessa poda é essencial para que ocorra a quebra de dominância apical, fenômeno que impede o desenvolvimento de brotações laterais nessa espécie (Giampan et al., 2005; Lopes et al., 2008).

Essa técnica, quando utilizada para unir variedades diferentes dentro da espécie *C. papaya*, apresenta elevada porcentagem de sobrevivência. Entretanto, resultados obtidos em experimentos em casa de vegetação na Embrapa Mandioca e Fruticultura indicaram



Fotos: Filipe das Neves Pereira

Figura 5. Mudas para porta-enxerto de mamoeiro (A); porta-enxerto e variedade-copa (B); e corte vertical no caule do porta-enxerto para inserção da variedade-copa (C).

Fotos: Filipe das Neves Pereira



Figura 6. Base de variedade-copa com corte em formato de cunha (A); fixação da copa no porta-enxerto pela técnica de enxertia por garfagem de fenda cheia (B e C); e cobertura da região da enxertia com filme plástico transparente (D e E).

que são necessários estudos de compatibilidade entre esses genótipos, uma vez que se observou comportamento diferenciado para uma mesma variedade comercial enxertada sobre diferentes porta-enxertos.

A garfagem lateral é a técnica de enxertia comumente utilizada na Malásia, a fim de substituir

plantas femininas por plantas hermafroditas diretamente no campo (Jain; Priyadarshan, 2008).

Propagação por estaquia

Outro método de propagação do mamoeiro que apresenta resultados positivos é a estaquia, a qual vem sendo empregada tanto em



Fotos: Filipe das Neves Pereira

Figura 7. Enxertos preparados em casa de vegetação da Embrapa Mandioca e Fruticultura (A); soldadura de enxertia do tipo garfagem de fenda cheia (B); e planta de mamoeiro enxertada, cultivada em casa de vegetação (C).

pesquisa como em áreas comerciais em diversas partes do mundo (Allan, 1995; Oliveira et al., 2014; Schmildt et al., 2015; Ruiz, 2016). Consiste no enraizamento de brotações laterais provenientes de plantas matrizes nas quais foi realizada uma poda drástica com retirada de folhas

e do ápice caulinar para quebra da dominância apical. Embora seja um método de baixa complexidade para produção de mudas, tem como inconveniente a necessidade de utilização de hormônios sintéticos para a promoção do enraizamento das estacas.

Para essa técnica de propagação, propõe-se o uso de brotos que medem entre 12 cm e 30 cm de altura e entre 1,2 cm e 2,5 cm de diâmetro, que são cortados rente ao caule (Allan, 1964; Schmildt et al., 2015). Para estimular o desenvolvimento de raízes, indica-se o uso de hormônios sintéticos como o ácido indol-butírico (AIB), cujas pesquisas apresentaram taxa de sucesso relativamente alta para o enraizamento (Costa; Costa, 2003; Ruiz, 2016). O manejo de estacas nesse sistema de propagação deve ser realizado, preferencialmente, em câmara úmida, que permite o controle de umidade e temperatura. Essa estrutura pode ser instalada dentro de casas de vegetação e consiste em bancadas cobertas com plástico e sistemas de micronebulização, a fim de que a temperatura e a umidade sejam mantidas em condições ótimas para o desenvolvimento de raízes nas estacas. Assim como ocorre na enxertia, deve ser feita a seleção de plantas matrizes que tenham o ápice caulinar podado juntamente com as folhas para induzir a formação dos brotos. Para induzir as brotações, utilizam-se hormônios sintéticos, como citocininas e ácido giberélico (Allan, 1995). A aplicação pode ser feita com pasta de lanolina, que deve ser aplicada no ápice do caule após a poda; com spray, aplicado semanalmente em todo o caule; ou com o auxílio de um pincel para espalhar a solução com os indutores de brotação em todo o caule (Costa; Costa, 2003; Giampan et al., 2005).

O período de desenvolvimento dos brotos varia de acordo com a região de cultivo e com a estação climática em que é realizada a prática. De maneira geral, de 3 a 5 semanas após a realização da poda e a aplicação dos hormônios sintéticos, os brotos atingem tamanho e espessura adequados para a produção de estacas. Resultados que apresentaram maior eficiência de enraizamento foram alcançados utilizando-se estacas de menor diâmetro (0,8 cm a 1,2 cm) e comprimento (5 cm a 15 cm) (Reuveni; Shlesinger, 1990; Schmildt et al., 2015). Os brotos devem ser retirados com um corte em

diagonal rente ao caule da planta matriz para a formação das estacas. Apenas duas folhas devem ser deixadas por broto ou devem ser mantidos apenas seus pecíolos, os quais serão então submersos por 15 minutos em uma solução de fungicida para evitar o desenvolvimento de doenças durante o período de enraizamento. Posteriormente, as estacas devem ter as bases imersas por 5 minutos em uma solução com AIB (0,4%), e, em seguida, devem ser “plantadas” em canteiros sob câmara úmida (Allan, 1995). Em condições controladas de ambiente, pode-se alcançar mais de 70% de enraizamento dessas estacas (Ruiz, 2016). Após 3 semanas, essas novas mudas devem ser transplantadas para tubetes ou saquinhos plásticos com maior volume de substrato e nutrientes, a fim de permitir maior crescimento até que alcancem tamanho adequado para plantio em campo.

Plantio

Métodos de plantio

Na maioria das regiões produtoras de mamão no Brasil, são utilizados dois tipos de plantio: cova e sulco. Em cultivos tecnificados, com utilização de máquinas e implementos apropriados, faz-se uso do plantio em renque.

No plantio em cova, o ideal é que elas tenham dimensões que favoreçam o crescimento e o desenvolvimento de um sistema radicular vigoroso. Como a grande concentração de raízes do mamoeiro está localizada a uma profundidade de 30 cm a 40 cm, as covas devem ter, no mínimo, as dimensões de 30 cm x 30 cm x 30 cm, mas o ideal é que tenham 40 cm x 40 cm x 40 cm.

No preparo da cova, o volume de terra deve ser separado em dois pequenos montes colocados em lados opostos na cova. Um monte será formado pela terra da camada de 0–20 cm e o outro pela camada de 20 cm–40 cm do solo. No monte formado pela camada de 0–20 cm de profundidade, adiciona-se de 10 L a 15 L de matéria

orgânica (esterco curtido) + 50 g–60 g de P₂O₅ (fonte de fósforo) + 250 g de calcário dolomítico, devidamente homogeneizados. Esse monte é colocado na base da cova, e depois o volume é completado com a terra do outro monte. As covas devem ser abertas 30 a 45 dias antes do plantio, no espaçamento definido, e identificadas para facilitar sua localização pelo operador.

Em cada cova, havendo necessidade de realizar o plantio de duas a três mudas, elas deverão estar separadas entre si entre 15 cm e 20 cm.

Nos plantios em áreas mais extensas, pode-se optar pela abertura de sulcos no sentido do comprimento das linhas de plantio. O uso de sulcadores deve possibilitar que os sulcos tenham uma profundidade de 30 cm a 40 cm. No fundo dos sulcos, pode ser espalhado o esterco curtido ou outra fonte de matéria orgânica. Em cada sulco, é demarcado o espaçamento entre plantas e identificado o local de plantio da muda. Em seguida, o operador deve realizar o acabamento da cova misturando a terra com a matéria orgânica e os adubos. O plantio em sulcos torna-se mais econômico e eficiente em grandes áreas de cultivo.

Para o plantio em covas ou sulcos, podem ser usadas mudas formadas em sacolinhas plásticas

ou tubetes. No campo, antes do plantio definitivo, as mudas devem ser retiradas dos recipientes com o torrão, colocadas em aberturas na cova, de forma que o colo da planta fique acima do nível do solo. Mudanças em tubetes, por causa do volume destes, serão plantadas com menor crescimento que as mudas em sacos plásticos ou outros recipientes; no entanto, necessitam de cuidados, ou seja, a prévia aclimatização para evitar perdas por pragas, notadamente formigas.

Para o plantio em renque, utilizam-se implementos próprios, como a plantadeira e o encanteirador. Após o preparo do solo, constroem-se canteiros, sobre os quais é realizado o plantio das mudas. Para esse plantio, utilizam-se mudas formadas em tubetes e implementos adequados, como uma plantadeira apropriada. As mudas são plantadas no espaçamento de 70 cm, de forma que, após a sexagem, na linha de plantio, as plantas tenham entre elas o espaçamento de 1,40 m a 2,10 m. Esses espaçamentos foram preconizados para o cultivo de variedades do grupo Solo.

Considere-se o exemplo de plantio em renque para a variedade ‘Golden’ (grupo Solo). Na descendência, a relação entre plantas hermafroditas e femininas é de 2:1 (Figura 8). Logo, em 12 mudas, oito plantas são hermafroditas e quatro

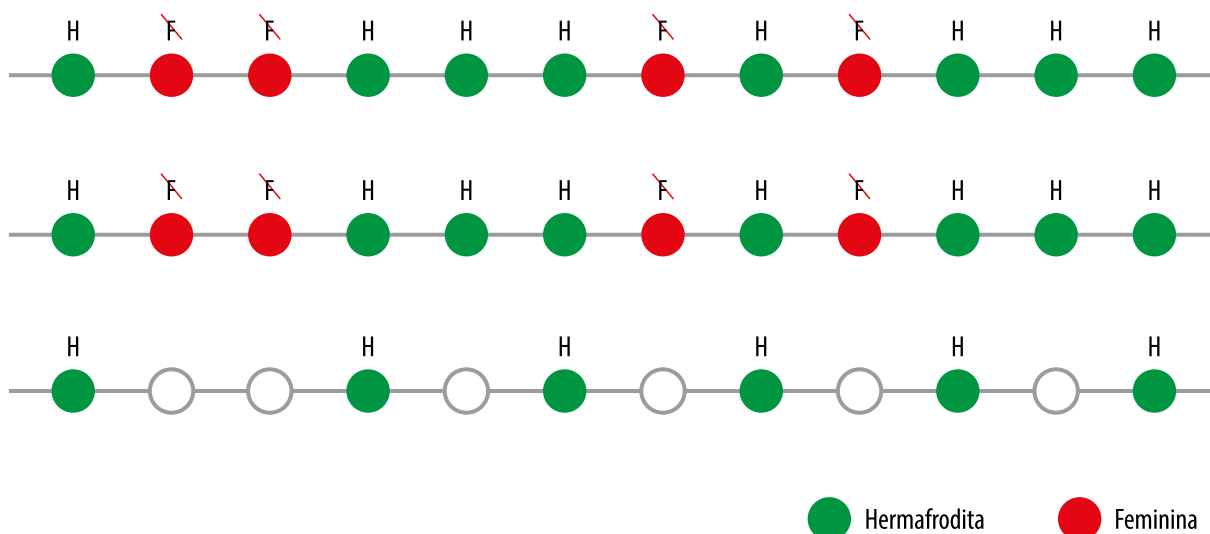


Figura 8. Sexagem de mamoeiros do grupo Solo plantados em renque no espaçamento de 0,70 m entre plantas: F identifica plantas femininas e H identifica as plantas hermafroditas. O espaçamento final de plantio entre plantas hermafrodita poderá variar de 1,40 m a 2,10 m.

femininas que ocorreram ao acaso na linha de plantio. O espaçamento de plantio entre as mudas é de 70 cm.

Na comparação entre a quantidade de mudas utilizada de acordo com a forma de plantio adotada, observa-se que, numa área de plantio em renque (no espaçamento de 0,70 m x 3,0 m), serão utilizadas 4.760 mudas por hectare. Por sua vez, no plantio convencional em cova ou sulco, com duas mudas por cova, no espaçamento de plantio de 1,40 m x 3,0 m, também serão utilizadas 4.760 mudas por hectare, porém num custo maior e com menor eficiência, uma vez que o plantio em renque será totalmente mecanizado. Já utilizando três mudas por cova no mesmo espaçamento, a quantidade de mudas será de 7.142 mudas por hectare.

O consórcio do mamoeiro com outra espécie vegetal é uma forma de exploração possível, desde que a cultura escolhida não seja hospedeira de pragas e doenças que afetam o mamoeiro, razão pela qual não se deve consorciar o mamoeiro com cucurbitáceas (melão, abóbora, pepino, melancia), pois essas espécies são hospedeiras do vírus da mancha-anelar. De maneira similar, as culturas usadas em consórcio não devem ser hospedeiras de vetores de viroses do mamoeiro. As espécies a serem utilizadas devem apresentar espaçamentos, ciclo e sistema de manejo que não interfiram no crescimento e na produção do mamoeiro. São recomendados consórcios com milho, arroz, feijão, batata-doce, amendoim, entre outras culturas. Uma prática recomendável é o cultivo de leguminosas nas entrelinhas do mamoeiro para a adubação verde.

O mamoeiro proporciona bom retorno econômico ao produtor e se adapta bem em consórcio com outras culturas, apresentando um período economicamente produtivo em torno de 2,5 a 3,0 anos. Essas características possibilitam a sua utilização como cultura temporária em consórcios para implantação de cultivos perenes, como, por exemplo, macadâmia, graviola, goiaba e café. Na região produtora do Extremo

Sul da Bahia e Norte do Espírito Santo, é muito comum o plantio de mamão para financiar a implantação de cafezais.

Costa et al. (2003) relatam que, em Pinheiros, ES, o cultivo do mamoeiro do grupo Formosa tem sido conduzido com sucesso em plantio que sucede o de milho e de feijão. Nesse caso, o plantio do mamoeiro é realizado após o preparo do solo, com a abertura de sulcos, manejo e colheita do milho ou feijão.

O uso de cobertura vegetal nas entrelinhas, como forma de controle de plantas daninhas e mesmo de adubação verde, também é uma prática que pode ser incorporada ao manejo da cultura.

Nas entrelinhas de um cultivo comercial de mamoeiro 'Tainung nº 1' (subsolagem + adubação em cobertura + irrigação), Souza et al. (2016) testaram duas espécies vegetais como cobertura verde do solo, *Canavalia ensiformis* (feijão-de-porco) e *Pennisetum glaucum* (milheto), bem como a combinação das duas espécies, em comparação ao manejo nas entrelinhas da vegetação espontânea e ao tratamento com cultivo em camalhão e uso de fertirrigação. Em relação à produção, os autores observaram que o tratamento com uso de camalhão + fertirrigação induziu maiores produções, aos 5 meses de colheita, com 1.987 kg ha⁻¹. Esse resultado foi 45,5% superior ao tratamento com cobertura combinada de feijão-de-porco + milheto, 28,6% superior à cobertura verde com feijão-de-porco, 36,4% superior à cobertura verde com milheto e 40,3% superior à vegetação espontânea.

Embora os dados obtidos pelos autores tenham mostrado que o uso da cobertura verde do solo nas entrelinhas não tenha induzido maiores produções, deve ser considerado que os tratamentos com cobertura verde foram instalados depois do início da colheita dos frutos e avaliados por 4–5 meses, ou seja, sem tempo suficiente para causarem algum efeito. As melhorias reconhecidas pelo uso de cobertura verde,

nas questões física e química do solo, precisam de mais tempo para efetivamente ocorrer, o que denota a importância da ampliação de pesquisas nessa área de grande relevância na busca da sustentabilidade da produção agrícola. Além disso, o tratamento com plantio em camalhão + fertirrigação foi capaz de promover melhorias nos aspectos físicos do solo, proporcionando condição mais favorável ao crescimento das raízes, bem como melhor disponibilidade de água e nutrientes com reflexos positivos em curto prazo no desempenho produtivo dessa fruteira.

O plantio de frutíferas sobre camalhões é muito utilizado em várias regiões do Brasil, pois apresenta várias vantagens. Os camalhões atuam como um terraço, controlando a erosão, e viabilizam o plantio de frutíferas em locais com problemas de drenagem ou acúmulo de água ou, ainda, com lençol freático superficial. Uma das desvantagens ocorre durante os períodos de seca, quando há rápida perda de água do solo; porém, com o uso da irrigação, esse problema pode ser solucionado. Souza et al. (2016) informam que, no cultivo do mamoeiro, a amontoa de solo próximo às plantas, que funciona como camalhões, é uma prática refeita várias vezes no ciclo da cultura, a qual traz como benefício possibilitar o crescimento das raízes em condições de menor chance de acúmulo de água, o que também diminuiria o risco de infecções por patógenos do solo. Contudo, os efeitos dessa prática em longo prazo precisam ser investigados, pois a grande mobilização do horizonte superficial para formar camalhões ou amontoa pode promover erosão dessa camada do solo e comprometer a qualidade produtiva do mamoeiro. A formação do camalhão para o plantio foi uma técnica usada para contornar o problema específico que ocorre nos solos dos Tabuleiros Costeiros, por causa da presença de horizonte subsuperficial coeso e do índice pluviométrico elevado que provocavam encharcamentos nas áreas de cultivo (Souza et al., 2016). Porém, essa técnica muitas vezes é empregada

em regiões em que não se encontram esses problemas. A técnica da subsolagem, se bem empregada, minimiza o problema causado pela coesão do solo.

Época de plantio

O mamoeiro é uma planta que, ao atingir a fase adulta, tem a produção de flores e consequentemente de frutos unicamente associada ao seu crescimento, ou seja, não há estímulo específico para sua indução floral. Dessa forma, os estímulos (temperatura e água) para o crescimento da planta levam à formação de folhas e flores, uma vez que estas últimas surgem na axila das folhas. A época de plantio depende da disponibilidade de água na área de cultivo. Em regiões onde ocorre distribuição mensal homogênea da precipitação pluviométrica (acima de 1.200 mm ao ano), o plantio poderá ser realizado durante todo o ano. Se a região apresentar períodos com baixa precipitação mensal, o plantio ficará limitado aos períodos chuvosos ou, em outros períodos, na dependência do uso da irrigação.

Para o cultivo do mamoeiro, regiões onde nos meses do inverno possam ocorrer temperaturas médias muito baixas devem ser evitadas, já que as plantas estariam com seu crescimento limitado/comprometido e ficariam expostas ao ataque de pragas e doenças, necessitando de capinas (aumento de custo) sem apresentar crescimento que pudesse levá-las à fase adulta. Em locais com risco de ocorrência de geadas, plantas jovens teriam maior risco de morte.

A definição da época de plantio visa adequar esse procedimento às condições ideais para o crescimento das plantas, buscando precocidade de produção; porém, quando não há limitação hídrica, outro fato que pode ser considerado está relacionado ao momento do início da colheita. Deve-se considerar que a maioria das variedades de mamão inicia florescimento aos 3–4 meses após o plantio, e a colheita dos frutos ocorre 4–5 meses após o florescimento (as primeiras colheitas são realizadas aos 8–9 meses

após o plantio). Quando o plantio é irrigado, e tem-se o conhecimento a respeito do comportamento histórico dos preços nos períodos de safra e entressafra, bem como do preço pago pelos frutos ao longo do ano no mercado-alvo, será possível realizar o plantio de forma que as primeiras colheitas sejam realizadas nesses meses de melhor preço pago ao produtor. Destaca-se ainda que não há possibilidade de alterar ou concentrar a época de produção do mamoeiro.

Espaçamento

Existe uma série de fatores que condicionam, tecnicamente, a indicação de variadas densidades de cultivo a serem adotadas na implantação de um pomar de mamoeiro. O espaçamento pode variar, sobretudo de acordo com o tipo de solo, o sistema de cultivo, o clima, a cultivar e os tratos culturais a serem adotados (Oliveira; Trindade, 2000).

O mamoeiro pode ser plantado no sistema de fileiras simples ou duplas. O espaçamento para o cultivo do mamão em fileiras simples varia de 1,4 m a 2,1 m entre plantas e de 3,0 m a 3,8 m entre fileiras. Por sua vez, para o cultivo com fileiras duplas, o espaçamento varia de 3,6 m a 4 m nas fileiras duplas e de 1,8 m a 2,5 m nas fileiras simples e entre plantas (Salomão et al., 2007).

Para o cultivo de mamoeiro do grupo Solo, os espaçamentos mais recomendados para fileira simples são de 3,0 m x 2,0 m e de 3,0 m x 2,50 m. Por sua vez, para o sistema de fileiras duplas, são recomendados os seguintes espaçamentos: 4,0 m x 2,0 m x 2,0 m; 4,0 m x 2,0 m x 1,8 m; 4,0 m x 1,8 m x 1,8 m; 3,8 m x 2,0 m x 2,0 m; 3,8 m x 2,0 m x 1,8 m; 3,6 m x 2,0 m x 2,0 m; 3,6 m x 1,8 m x 1,8 m.

Para o cultivo de mamoeiro do grupo Formosa, é recomendado para fileiras simples o espaçamento de 4,0 m x 2,0 m, enquanto para fileiras duplas recomenda-se o espaçamento de 4,0 m x 2,5 m x 2,5 m (Dantas et al., 2003).

A tendência dos últimos anos é a busca por maior aproveitamento das áreas exploradas com fruteiras, por meio da redução do espaçamento, no intuito de colocar o maior número de plantas em área menor e, assim, alcançar a maximização do uso da terra e da produtividade, além da maior obtenção de lucros por parte dos produtores (Araújo Neto et al., 2005; Fontes, 2008).

A densidade de cultivo adequada visa obter, sobretudo, altas produtividades sem o comprometimento da qualidade dos frutos (Costa et al., 2003; Martelleto et al., 2013). No entanto, o adensamento em demasia pode dificultar as atividades de manejo e tratos nos mamoeiros, como pulverizações, irrigação, colheita, as quais são necessárias no dia a dia. Além disso, sabe-se que o plantio adensado em exagero tende a conferir maior altura às plantas e menor peso unitário aos frutos das plantas cultivadas.

Outro aspecto que deve ser visto diz respeito à questão fitossanitária. Silvério et al. (2015), em trabalho com a cultivar Sunrise Solo, avaliaram a severidade da varíola (mais importante doença fúngica que acomete a parte aérea do mamoeiro) em parcelas experimentais com diferentes densidades, que variaram desde 1.667 a 4.167 plantas por hectare. Os autores verificaram que o maior adensamento comparado ao menor adensamento promoveu maior ocorrência da doença tanto nas folhas quanto nos frutos. Todavia, nesse mesmo experimento, Rezende (2016) verificou que a produtividade de frutos aumentou em 66% da menor para a maior densidade (4.167 plantas por hectare), sem comprometer o peso médio próximo de 300 g por fruto, em todas as densidades de cultivo estudadas.

Condução do pomar

Desbaste de plantas

O desbaste de plantas é uma prática cultural que passou a ser obrigatoriamente empregada no Brasil. No final da década de 1970, foram

introduzidas as variedades do grupo Solo e dos híbridos do grupo Formosa, que produzem na sua descendência populações de plantas hermafroditas e femininas em diferentes proporções. Vale ressaltar a exigência do mercado consumidor quanto ao tipo de fruto a ser comercializado, que se origina de flores hermafroditas. A partir dessa introdução de novos genótipos, houve a necessidade de definir formas de manejo que permitissem ao produtor a certeza da presença de plantas de sexo desejado em cada cova de plantio.

Diversas técnicas foram e estão sendo desenvolvidas para identificar o sexo das plantas ainda na fase de mudas nos viveiros, entre as quais se destacam as seguintes: o uso de marcadores químicos colorimétricos (Jindal; Singh, 1976), marcadores morfológicos (Rao et al., 1985), uso de técnicas biotecnológicas por meio de sistemas isoenzimáticos (Oliveira et al., 1996) e marcadores moleculares (Oliveira et al., 2007). Todavia, tais métodos ainda não se mostraram eficientes e economicamente viáveis para sua utilização comercial.

Atualmente, faz-se o plantio de duas a três mudas por cova e, quando as plantas emitem suas primeiras flores, identifica-se o sexo, uma vez que, na prática, apenas pela observação das flores ou botões florais formados, é possível ter a certeza do sexo da planta. Essa prática também é chamada de sexagem (Marin; Gomes, 1985) e funciona da forma descrita a seguir.

No caso das variedades de mamão do grupo Solo, são utilizadas sementes obtidas de cruzamento entre plantas hermafroditas ou de autofecundação de uma planta hermafrodita. Na população obtida a partir de sementes dessas variedades, é observada a relação de duas plantas hermafroditas para uma planta feminina. Para o mercado interno e externo, só são comercializados frutos formados a partir de flores hermafroditas. Logo, para o produtor, é fundamental que, em todas as covas de plantio, estejam em produção plantas hermafroditas. A solução mais empregada no cultivo comercial de variedade do grupo Solo é o plantio de duas a três mudas por cova, com posterior seleção da planta hermafrodita mais vigorosa. Com o uso de uma muda por cova, a probabilidade de essa ser hermafrodita é de 66,7%; já com duas plantas por cova, essa probabilidade sobe para 89%; e com três mudas por cova, a probabilidade chega a 96%.

Após o aparecimento das primeiras flores (cerca de 3–4 meses após o plantio das mudas no campo), é realizada, em cada cova, a seleção da planta hermafrodita mais vigorosa, eliminando-se as demais. Essa eliminação é feita pelo corte do caule das plantas rente ao solo, (nunca deverão ser arrancadas, pois isso iria causar lesões no sistema radicular da planta selecionada para cultivo) (Figuras 9 a 14).



Figura 9. Botão floral (A) e plantas hermafroditas (B).

Fotos: Aylene Maria Gomes Oliveira



Figura 10. Botão floral (A) e plantas femininas (B).

Fotos: Aylene Maria Gomes Oliveira



Figura 11. Plantio de duas (A) a três (B) mudas por cova para posterior sexagem.

No caso da produção do mamoeiro do grupo Formosa, são utilizadas sementes de híbridos provenientes do cruzamento entre plantas hermafroditas e plantas femininas, obtendo-se na população de sua descendência a relação 1:1 entre plantas hermafroditas e femininas. Em relação ao tipo de fruto comercializado, o mercado externo exige frutos produzidos em plantas hermafroditas. Já no mercado interno, são comercializados frutos produzidos em plantas hermafroditas e em plantas femininas,

embora em alguns mercados no País os produtores recebam valores inferiores pelos frutos produzidos por plantas femininas, ou seja, os frutos de plantas hermafroditas alcançam preços mais altos. Com isso, atualmente é realizado o mesmo manejo do plantio para mamoeiro do grupo Solo, mantendo-se por cova apenas uma planta hermafrodita.

Dessa forma, devido à exigência do mercado consumidor e mesmo com o elevado valor das sementes dos híbridos do grupo Formosa

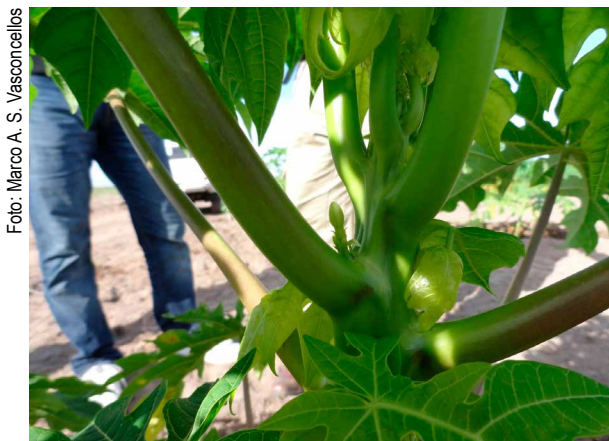


Foto: Marco A. S. Vasconcellos

Figura 12. Identificação do sexo da planta pela observação da flor ou do botão floral (na foto, o botão floral é de uma planta hermafrodita).

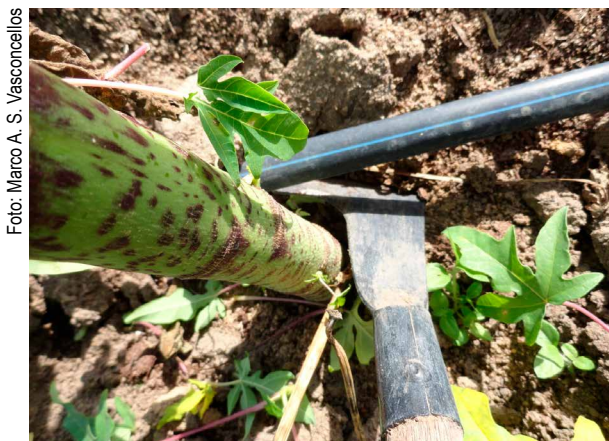


Foto: Marco A. S. Vasconcellos

Figura 13. Corte rente ao solo no momento da sexagem.



Foto: Marco A. S. Vasconcellos

Figura 14. Planta hermafrodita selecionada após a sexagem.

(em torno de US\$ 3.000,00 por quilograma de semente), a prática da sexagem passa a ser empregada. Quando se planta uma muda por cova, a probabilidade de se obter uma planta

hermafrodita do mamoeiro Formosa é de 50%. Já com duas, três e quatro mudas por cova, a probabilidade sobe, respectivamente, para 75%, 87,5% e 93,7%.

A sexagem também deve ser empregada no plantio em renque. Nesse caso, como o espaçamento entre as plantas é de 70 cm (no caso do mamão do grupo Solo), e se for de interesse durante a seleção transplantar as mudas, pode-se arrancá-las, em vez de cortá-las, pois o sistema radicular das outras plantas não será afetado, diferentemente do sistema de plantio em cova, em que as mudas são plantadas próximas umas das outras.

Desbrota

Essa prática cultural é importante, uma vez que o mamoeiro é cultivado em tronco único, ou seja, na planta em produção não é permitido o desenvolvimento de brotações laterais.

As brotações laterais podem se desenvolver a partir de gemas vegetativas presentes na axila das folhas. O desenvolvimento ou não das brotações das gemas laterais está relacionado à ação da dominância apical, com a produção de ácido indolacético (AIA) na zona meristemática do ápice da planta (Ono et al., 2004; Barros et al., 2009).

Dessa forma, com o crescimento do mamoeiro, nas folhas mais distantes do ápice meristemático poderá ocorrer o desenvolvimento das gemas laterais, que deverão ser periodicamente eliminadas. Esse processo pode ser manual ou podem ser utilizadas tesouras de poda, a depender do desenvolvimento da brotação. Quando se utilizam ferramentas para a realização da desbrota, ou remoção de qualquer outro órgão da planta, a operação deve ser feita com assepsia das ferramentas para evitar a disseminação de doenças.

Desbaste de frutos

Essa prática cultural é realizada com finalidades diferentes. Na produção comercial de

mamão, as plantas hermafroditas, devido a variações ambientais ou de manejo, podem apresentar a produção de frutos malformados, como os frutos pentândricos, frutos carpeloides e outros. Outra finalidade na prática de desbaste de frutos está relacionada ao controle do número de frutos por planta, o que reflete na sua qualidade.

Por esses frutos malformados não apresentarem valor comercial, devem ser retirados assim que forem identificados, a fim de que não cresçam com os demais frutos próximos, competindo com esses por nutrientes, água e fotoassimilados, e não interfiram no peso médio dos frutos. Além dessa competição, a presença de frutos malformados também ocasiona uma competição por “espaço” entre os frutos, o que pode levar frutos perfeitos a crescerem numa condição de pouco espaço e acabarem ficando deformados (fora do padrão da variedade).

Nas plantas hermafroditas e mesmo nas femininas (no caso dos híbridos do mamoeiro do grupo Formosa comercializado no mercado interno), podem ser formadas de uma a três flores por axila da folha. Se todas essas flores se desenvolverem em frutos, ocorrerá um número excessivo de frutos que irão crescer em espaço reduzido, visto que os entrenós no caule do mamoeiro são relativamente curtos. Esse número excessivo pode levar à redução do peso médio, principalmente quando esses frutos se desenvolverem nos meses de temperatura média mais elevada, quando o período do crescimento até sua colheita é menor, resultando na produção de frutos com peso médio inferior. Portanto, quando um número maior de frutos cresce na planta ao mesmo tempo, essa redução do peso médio poderá ser maior, o que pode interferir no preço final obtido pelo produtor.

Da mesma forma, um número excessivo de frutos crescidos próximos uns dos outros pode levar a sua deformação. Além disso, pode provocar manchas em sua casca causadas pelo látex presente nos vasos lactíferos, que pode escorrer

devido às possíveis lesões na casca causadas pela ação abrasiva entre os frutos, principalmente na presença de ventos.

Numa condição de produção excessiva, não existe um padrão definido na orientação de como realizar o desbaste. Assim, o desbaste poderá ser feito, por exemplo, deixando um fruto numa axila de folha e dois frutos na axila de folha seguinte, ou dois frutos por axila de folha seguidos de um fruto na axila da folha seguinte. Na definição do momento de início do desbaste, e de sua intensidade, será importante a experiência do produtor com o cultivo do mamoeiro, bem como o conhecimento da exigência do mercado onde esses frutos serão comercializados.

Desbaste de folhas

De acordo com Silva et al. (2003), o mamoeiro é uma planta que apresenta característica reprodutiva própria, pois, após apresentar o primeiro botão floral na axila de suas folhas (fase a partir da qual a planta é considerada adulta), as novas folhas formadas sempre terão botões florais presentes em suas axilas. Os autores relatam que, de forma diferente da maioria das espécies frutíferas, as folhas não permanecerão vivas durante todo o desenvolvimento dos frutos, já que senescem antes que os frutos sejam colhidos.

As folhas do mamoeiro ‘Sunrise Solo’ e ‘Golden’ apresentaram durante sua ontogenia uma fase de máxima expansão foliar entre 40–50 dias. Já o acúmulo de massa seca do limbo foliar foi um pouco distinto entre as variedades, visto que as folhas da variedade ‘Sunrise Solo’ apresentaram o máximo de acúmulo de massa seca entre 40–50 dias, enquanto nas folhas da variedade ‘Golden’ esse máximo foi observado entre 30–40 dias. A partir desses períodos indicados para cada variedade, inicia-se a redução da área e da massa do limbo foliar (Figura 15), momento que Silva et al. (2003) relatam como início do processo de senescência foliar. Esse fato indica que o processo de senescência foliar ocorreu mais precocemente na

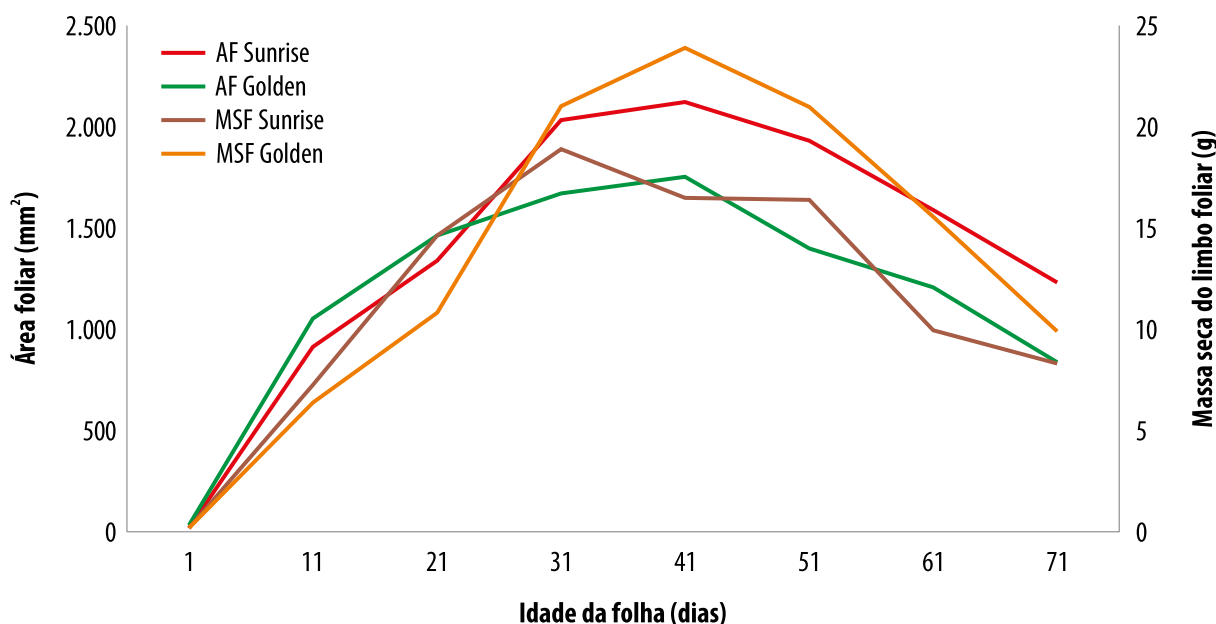


Figura 15. Valores da área foliar (AF) e massa seca do limbo foliar (MSF) de dois genótipos de mamoeiro – ‘Golden’ e ‘Sunrise Solo’ – em função da idade da folha.

variedade ‘Golden’ em comparação a variedade ‘Sunrise Solo’.

Os autores observaram ainda que as variedades avaliadas apresentaram diferença nos períodos de ontogenia foliar: a área e massa seca foliar das folhas da cultivar Sunrise Solo apresentaram valores maiores do que as da cultivar Golden.

As folhas, quando atingem a plena senescência, apresentam limbo foliar totalmente seco e tendem a se desprender do caule da planta. Porém, nem sempre essa queda ocorre naturalmente: às vezes o pecíolo pode ficar preso à planta, entre os frutos, o que pode causar lesões na casca dos frutos e provocar a exsudação do látex, manchando a casca dos frutos, o que deprecia seu valor comercial.

Outro motivo para a retirada de folhas relaciona-se ao controle de algumas doenças, como a pinta-preta ou varíola, causada pelo fungo *Asperisporium caricae*. Nesse caso, folhas com mais de 20 lesões coalescentes devem ser retiradas das plantas e do pomar, com vistas à redução do potencial do inóculo da doença. Folhas com muitas lesões coalescentes apresentam áreas necrosadas ou amareladas, e sua

capacidade de produção de fotoassimilados é reduzida, por causa da perda de clorofila, deixando de ser folhas funcionais.

Cultivo do mamoeiro em ambiente protegido

O mamoeiro é cultivado ao natural ou em campo em muitas regiões do globo terrestre, tanto em condições de clima tropical quanto em condições subtropicais. Mesmo em situações de relativa adversidade climática, existem experiências bem-sucedidas que utilizam a técnica de cultivo protegido. Para exemplificar, nas Ilhas Canárias, Espanha, desde o século passado, cultivam-se mamoeiros em ambiente protegido ou em casas de vegetação (Pastor et al., 1995). Martelleto et al. (2008) utilizaram essa técnica com sucesso em um experimento no estado do Rio de Janeiro. Mais recentemente, na Espanha, podem ser vistos centenas de hectares de mamoeiros cultivados em condições de casa de vegetação.

Em campo, o cultivo protegido pode ser estabelecido em linhas duplas, no espaçamento de 4 m x 2 m x 2 m, no qual uma planta ocupará

6,0 m² de área (1.666 plantas por hectare). Esses espaçamentos podem variar, e a área por planta pode chegar a 3,7 m² (2.702 plantas por hectare) (Ruggiero et al., 2012). Esses mesmos autores destacam cultivos no Japão estabelecidos em espaçamento entre plantas de 1,5 m x 1,5 m (4.444 plantas por hectare) e, em Israel, de 1,5 m a 2,0 m nas linhas e de 2,0 m a 3,0 m nas entrelinhas (1.666 a 3.333 plantas por hectare).

Por sua vez, mesmo nas condições de clima apto para o mamoeiro, a ocorrência de doenças, sobretudo o mosaico, pode justificar o cultivo em condições protegidas. Para tanto, montam-se estruturas simples no intuito de impedir a entrada de pulgões vetores do vírus (*Papaya ringspot virus* – PRSV-P) causador da referida doença.

Para a construção dessas estruturas de proteção citadas, Martelleto et al. (2008) recomendam a montagem de uma estrutura do tipo túnel, de armação em madeira e vergalhão, com 25,0 m de comprimento, 8,0 m de largura, pé-direito de 3,0 m e cumeeira de 4,5 m, coberta com polietileno de baixa densidade (PEBD) e revestida nas laterais e frentes com tela clarite antiafídica (malha de 0,24 mm).

Cultivares

Em razão do seu baixo porte, a cultivar Baixinho de Santa Amália se adapta bem à condição protegida, pois não exige estruturas com pé-direito muito alto. Com outras cultivares, é comum que se construam estufas, em ferro galvanizado, com até 7 m de pé-direito, o que aumenta os custos na produção. Martelleto et al. (2008) cultivaram a ‘Baixinho de Santa Amália’ por 28 meses em estrutura com pé-direito de 3,0 m.

No Brasil, os mamoeiros em condições de campo não têm ultrapassado, em média, 2 anos de cultivo, e todas as cultivares são susceptíveis ao mosaico (Marin et al., 2003). Esse tempo curto de cultivo se deve, em grande parte, à

ocorrência dessa virose, o que obriga os produtores a promover a eliminação da planta acometida tão logo se verifique o início dos sintomas do mosaico.

A ‘Baixinho de Santa Amália’, que pertence ao grupo Solo, é tida como um mutante natural de porte baixo, oriundo, provavelmente, da ‘Sunrise Solo’. De acordo com Marin et al. (1995), essa cultivar foi selecionada na Fazenda Santa Amália, município de Linhares, ES, e apresenta as seguintes características: as primeiras flores surgem de 50 cm a 70 cm do nível do solo e as colheitas iniciam-se no oitavo ou nono mês após o plantio; a produção em sistema convencional de cultivo situa-se em torno de 50 t ha⁻¹ ano⁻¹. Os frutos pesam, em média, 550 g, e sua polpa é vermelho-alaranjada e pouco consistente.

Plantio e condução das plantas

O mamoeiro necessita de bom desenvolvimento do sistema radicular para aumentar o seu potencial de vigor, de modo que a produção de frutos seja economicamente rentável ao produtor. Assim, recomenda-se que o plantio em condições de ambiente protegido seja realizado diretamente no solo. Para tanto, devem ser abertas covas com 40 cm de diâmetro e 40 cm de profundidade. Faz-se a calagem, se houver necessidade. Posteriormente as covas devem ser preenchidas com o próprio solo retirado delas, misturado com cerca de 15 L de esterco bovino curtido ou de outro composto orgânico e com a quantidade de fonte de fósforo indicada pela análise do solo.

É interessante que a produção das mudas a serem usadas seja realizada já dentro do ambiente de cultivo. A depender do tipo e da manutenção do teor de umidade do substrato, em um período de 45 dias a 2 meses após a semeadura, as mudas já podem ser transplantadas. Com temperaturas entre 20 °C a 30 °C, as sementes germinam em 12 a 15 dias. Faz-se necessário o

transplântio de três mudas por cova, pois 2/3 delas formarão plantas hermafroditas e 1/3 plantas fêmeas. As plantas hermafroditas produzem frutos com formato piriforme e pouca cavidade ovariana, mais valorizados pelo mercado.

Para maximizar a produção por área, pode-se adotar o espaçamento de 2,0 m nas entrelinhas e de 1,5 m a 1,8 m na linha.

As adubações de cobertura devem ser realizadas de acordo com a necessidade da cultura. As plantas infestantes podem ser controladas por meio de cobertura morta (palha ou serapilheira) e roçadas. As irrigações devem ser efetuadas com sistemas que não promovam o molhamento da parte aérea das plantas nem qualquer estresse hídrico ao longo do cultivo.

Manejo de coberturas vegetais no sistema de produção do mamoeiro

Período crítico de interferência e alelopatia

O período crítico de interferência e a alelopatia são dois fatores que devem ser considerados antes da definição do manejo e do controle de plantas infestantes na cultura do mamoeiro nos Tabuleiros Costeiros.

Entende-se por interferência a soma de pressões que a cultura sofre por causa da convivência com as plantas infestantes, por um certo período e em determinadas condições de clima, solo e manejo. Contudo, um dos tipos de pressão direta é a competição pelos fatores limitados do ecossistema comum, sobretudo por água e nutrientes. Sabendo-se que a competição entre as plantas consideradas infestantes não se dá por todos os fatores de produção em todo o período do ano, mas em um determinado momento ou período em que um desses fatores seja escasso e no momento crítico para a cultura, é perfeitamente viável a adoção de um manejo mais racional dessa vegetação espontânea, de modo

que se aproveitem dos serviços ambientais por ela prestados, contribuindo para melhoria da estrutura do solo, prevenção da compactação, proteção do solo dos fatores de erosão, ciclagem de nutrientes, redução de custos, entre outros (Figura 16).

Para qualquer cultura, é importante que, durante seu ciclo ou durante o ano, seja definido o período no qual é possível haver uma convivência harmônica entre as plantas infestantes e a cultura. Assim, o controle do mato de forma correta e oportuna contribui para elevar a produtividade da cultura, sem necessariamente elevar os custos de produção. Na cultura do mamoeiro, o período crítico de competição (ou período de interferência) é, a rigor, absolutamente desconhecido. Carvalho (2003, 2005) menciona que, para regiões de Tabuleiros Costeiros (especificamente Espírito Santo e Bahia), o período crítico de competição situa-se entre os meses de setembro/outubro e abril/maio. Todavia, esse autor reconhece a ausência de informação sobre o tema e menciona que tal período de competição se baseia apenas em uma extrapolação feita a partir da cultura de citros, porém para ambiente semelhante àquele em que o mamoeiro é cultivado. Tornam-se prementes, portanto, pesquisas de campo para determinar o período de interferência das plantas infestantes na cultura do mamoeiro. Essa informação permitiria a otimização do manejo do mato, seja por reduzir o custo de produção (diminuição no número de operações de cultivo) seja por prevenir danos ao meio ambiente decorrentes da eliminação indevida da cobertura vegetal do solo, em épocas inoportunas, que seriam fundamentais na sustentabilidade do sistema agrícola (Ronchi et al., 2008).

A alelopatia é um fenômeno que ocorre largamente em comunidades de plantas cultivadas. Trata-se de um dos mecanismos de interferência que determinadas plantas impõem sobre outras em suas imediações, por meio da produção de substâncias químicas que são

Fotos: José Eduardo Borges de Carvalho



Figura 16. Controle integrado de plantas infestantes na cultura do mamoeiro. Uso de coberturas vegetais nas entrelinhas: fileiras duplas – vegetação espontânea (A) e feijão-de-porco (B); fileiras simples – *Crotalaria ochroleuca* (C) e *Crotalaria juncea* (D); e aplicação do herbicida pós-emergente glifosato para o controle nas linhas de plantio duas vezes durante o ano agrícola (Fazenda Lagoa do Coco em Rio Real e Cruz das Almas, BA).

liberadas para o meio ambiente de diferentes formas, por meio da lixiviação de tecidos mortos e vivos da planta, da exsudação radicular, da decomposição de tecidos e da volatilização (Rice, 1984). Aos compostos químicos responsáveis pela alelopatia dá-se o nome de aleloquímicos.

Existe um grande número de espécies de plantas infestantes com potencial alelopático. Essas plantas poderiam contribuir para o controle de outras plantas infestantes por meio da produção de exsudatos, lixiviados e compostos voláteis. A prática de deixar os resíduos das culturas sobre o terreno, formando o que se chama de cobertura morta, tal como é praticado no plantio direto, é o processo por meio do qual a alelopatia está sendo usada com maior êxito na agricultura. A quantidade de palha da cobertura morta influencia a intensidade do efeito alelopático. Quanto maior o volume do

material, mais aleloquímicos contém e maior quantidade é lixiviada para o solo. A liberação dos aleloquímicos é prolongada, assim como os seus efeitos sobre o mato, permitindo que as culturas instaladas nessas áreas estejam sujeitas a menor infestação.

Quanto à capacidade de inibir o desenvolvimento de plantas infestantes, os resultados obtidos por Fernandes et al. (1998), em solos de Tabuleiros Costeiros, mostraram que as leguminosas mais eficientes foram as de folhas largas e de crescimento rápido, como a mucuna-preta (*Stizolobium aterrimum*) e o feijão-de-porco (*C. ensiformis*). Essas espécies foram as únicas a eliminar quase totalmente as plantas infestantes presentes na área experimental. O controle total do mato pela mucuna-preta foi alcançado quando sua densidade de plantio foi de 200 mil sementes por hectare, ao passo que, para

o controle total pelo feijão-de-porco, foram necessárias 400 mil sementes por hectare. Observou-se que a capacidade de controle de plantas infestantes pela *Crotalaria spectabilis* foi muito superior à da *C. breviflora*. Segundo os autores, essa diferença deve estar relacionada às substâncias alelopáticas e não à competição por luz ou outros recursos. O feijão-de-porco exerce, também, um efeito alelopático muito significativo no controle da tiririca (*Cyperus rotundus*).

O uso de leguminosa como adubo verde com alta capacidade competitiva é um exemplo de alelopatia que propicia economia no controle de plantas infestantes, pois reduz a produção de sementes e, conseqüentemente, as seguintes infestações dessas plantas interferentes (Silva et al., 1996).

A ocorrência de plantas infestantes quando são adotados manejos de coberturas vegetais na cultura do mamoeiro foi avaliada por Santana et al. (2005). Os resultados mostraram que os tratamentos com herbicida pós-emergente nas linhas e nas entrelinhas (o plantio de feijão-de-porco, crotalária e roçadeira para controle, quando necessário, da vegetação espontânea) foram os que promoveram maior redução da matéria seca e, conseqüentemente, os que mais controlaram as plantas infestantes presentes na cultura, por apresentarem menor estoque de sementes no solo.

Incorporação de matéria seca ao solo

A vegetação espontânea e as leguminosas promovem a ciclagem de nutrientes, o que é fundamental para mantê-los e acrescentá-los às camadas superficiais do solo, principalmente em se tratando daqueles de fácil mobilidade (cálcio, magnésio, potássio) e em solos muito permeáveis.

Em um trabalho sobre manejo do solo e coberturas vegetais no controle integrado de plantas infestantes na cultura do mamoeiro

conduzido em Cruz das Almas, BA, pela Embrapa Mandioca e Fruticultura, o feijão-de-porco foi a cobertura que mais incorporou matéria seca ao solo, seguido pela crotalária (*C. juncea*) e pelo caupi (*Vigna unguiculata*) (Tabela 1). A leguminosa que proporcionou maior forração e ciclagem de nutrientes no solo foi o feijão-de-porco, seguido da crotalária e do caupi (Carvalho et al., 2004).

Tabela 1. Produção de biomassa verde e seca pelas leguminosas utilizadas como coberturas vegetais melhoradoras de solo, no controle integrado de plantas infestantes na cultura do mamoeiro. Cruz das Almas, 2004.

| Leguminosa | Peso fresco | Peso seco |
|--|--------------------|-----------|
| | t ha ⁻¹ | |
| Feijão-de-porco (<i>Canavalia ensiformis</i>) | 47,5 | 13,8 |
| Crotalária (<i>Crotalaria juncea</i>) | 28,6 | 9,8 |
| Caupi (<i>Vigna unguiculata</i>) | 18,0 | 5,4 |

Controle integrado de plantas infestantes

O controle integrado é definido como a combinação de métodos que, de forma eficiente, promove o controle de plantas infestantes, reduzindo o uso de herbicidas e, conseqüentemente, os custos.

A utilização, em condições de sequeiro, da vegetação espontânea nas entrelinhas roçadas por todo o ano e/ou o manejo de coberturas vegetais (adubos verdes) como método integrado de controle do mato na cultura do mamoeiro, desde que plantadas no início das águas (maio/junho) e roçadas no seu final (setembro/outubro) para evitar a concorrência por água, têm constituído uma alternativa economicamente viável e ambientalmente mais sustentável, por melhorar e preservar

os recursos naturais como solo e água, proporcionando mais competitividade e sustentabilidade ao produtor. As leguminosas promovem redução da massa seca de plantas infestantes na lavoura, bem como redução significativa da quantidade de sementes no solo (Santana et al., 2005).

Antes da semeadura das coberturas vegetais, deve-se proceder às seguintes ações: inspeção do pomar, controle das pragas e doenças, aplicação de uma das parcelas da adubação e controle de plantas infestantes nas linhas da cultura. Além disso, deve-se evitar a entrada de máquinas na área logo após a semeadura. Na escolha da espécie a ser plantada, deve-se levar em conta o porte e o hábito de crescimento, evitando que a planta provoque sombreamento e competição com a cultura principal. Na semeadura, pode-se optar pelo esquema de plantio “rua sim, rua não”, que consiste em intercalar uma rua com espécies de portes médio a alto, como *C. juncea*, *C. spectabilis*, o guandu (*Cajanus cajan*), *C. ochroleuca* e o milheto (*P. glaucum*), e outra de porte baixo, como o feijão-de-porco, o amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*), o caupi e o calopogônio (*Calopogonium mucunoides*). Existe ainda a opção de manejar a vegetação espontânea produtora de flores e pólen para proporcionar mais biodiversidade, criando melhores condições para o manejo integrado de pragas (MIP). Essas opções de plantio possibilitam o trânsito no pomar caso necessário, e, em todos os casos, as posições das coberturas vegetais com diferentes alturas são invertidas no ano seguinte. A primeira linha de adubo verde deve ficar a pelo menos 50 cm da projeção da copa do mamoeiro, evitando sombreamento e competição. Algumas coberturas vegetais (leguminosas) indicadas para a cultura do mamoeiro apresentam sistema radicular profundo e vigoroso e funcionam também como plantas melhoradoras do solo por descompactá-lo. Com a roçagem da parte aérea dessas coberturas, o sistema radicular funciona como uma rede de drenagem e aeração, até ocorrer sua decomposição.

A roçagem das coberturas é realizada no fim do período chuvoso para evitar a concorrência por água. Pode ser mecanizada ou manual, a depender da condição do produtor, e deverá ser efetuada a 20 cm–25 cm do solo para que haja formação de uma boa cobertura morta. A permanência da cobertura morta depende muito da velocidade de decomposição dos resíduos, isto é, quanto mais rápido os resíduos vegetais se decompõem, menos protegem o solo. A decomposição está inversamente relacionada ao teor de lignina e à relação C:N (Costa et al., 1993).

Para formação de cobertura morta, o controle das plantas infestantes nas linhas da cultura pode ser realizado com enxada (agricultura orgânica) ou com herbicidas pós-emergentes (produção convencional e integrada), de forma a evitar a exposição do solo à ação direta do sol, das chuvas e dos ventos, agentes de significativa contribuição para sua degradação, principalmente em solos dos Tabuleiros Costeiros.

Propriedades físicas do solo

A recuperação dos solos com estrutura comprometida pelo adensamento pode ser feita a partir de práticas culturais ou biológicas, as quais se baseiam na utilização de plantas que possuem um sistema radicular profundo, abundante e agressivo, capaz de romper a camada coesa (Camargo; Alleoni, 1997), proporcionando, assim, benefícios em seus atributos físicos e consequentemente a utilização desse solo em manejo agroecológico sustentável (Carvalho et al., 2001). A adubação verde é uma das práticas mais eficientes e mais viáveis do ponto de vista prático, na tentativa de manter ou até mesmo aumentar a produtividade dos solos pela melhoria das suas características físicas, químicas e biológicas.

No município de Cruz das Almas, BA, Carvalho et al. (2006) obtiveram resultados com as cultivares Sunrise Solo e Tainung nº 1 em um Latossolo Amarelo álico coeso dos Tabuleiros Costeiros, com uso de coberturas vegetais no

controle integrado de plantas infestantes. Após 4 anos de iniciado o trabalho, os resultados mostraram que houve um acréscimo de 13,8% na porosidade total, 106,1% na macroporosidade, 877,9% na condutividade hidráulica saturada, redução de 13,3% na microporosidade e 7,1% na densidade do solo nos seguintes tratamentos: subsolagem para preparo do solo e plantio de feijão-de-porco nas entrelinhas do mamoeiro (T4); subsolagem para preparo do solo e plantio de *C. juncea* nas entrelinhas do mamoeiro (T5); subsolagem para preparo do solo e plantio de caupi nas entrelinhas do mamoeiro (T6); e subsolagem para preparo do solo, correção com calcário + gesso agrícola e plantio de feijão-de-porco nas entrelinhas do mamoeiro (T7) (Tabela 2). Os resultados demonstraram que o manejo de coberturas vegetais, a subsolagem e a calagem + gesso agrícola são fundamentais no sistema de produção dessa cultura nos solos de Tabuleiros Costeiros. Esses resultados estão coerentes com os encontrados por Nacif (1994) e Carvalho et al. (2004), ao associarem subsolagem ao plantio de leguminosas. Nos demais tratamentos, as alterações foram menores, com redução de 15,2% na porosidade total nos tratamentos mecanizados.

Nos tratamentos manejados nas entrelinhas da cultura do mamoeiro com leguminosas,

observou-se que houve tendência de proporcionar os maiores impactos na melhoria das propriedades físicas de um Latossolo Amarelo álico coeso. Esses mesmos tratamentos foram os que mais se evidenciaram em produtividade, tanto no peso total de frutos (PTF), em toneladas por hectare, quanto no número total de frutos por hectare (NTF).

As variações na disponibilidade de água, dentro de cada tratamento, são mostradas na Figura 17. Nos tratamentos manejados com leguminosas e subsolagem (T5, T6 e T7), observou-se que houve tendência de contribuir para que o solo apresentasse mais disponibilidade de água para o mamoeiro quando comparado aos tratamentos mecanizados (T1, T2, T3) e à vegetação espontânea (T8). Quanto ao baixo valor encontrado para a condutividade hidráulica saturada no tratamento T4 (subsolagem cruzada + feijão-de-porco), admite-se não ser efeito do tratamento em si, mas à presença de algum fator no solo por ocasião da amostragem, haja vista que, das propriedades físicas do solo, a condutividade hidráulica é a que apresenta maior variabilidade (Lopes et al., 2003).

Cruz et al. (2014) utilizaram, nas entrelinhas do mamoeiro num plantio comercial já em condução (manejo intensivo de máquinas

Tabela 2. Alterações nas propriedades físicas do solo – porosidade total (Pt), macroporosidade (Mp), microporosidade (Mip), densidade do solo (Ds) e condutividade hidráulica saturada (K_o). Cruz das Almas, BA, 2004.

| Grupo de manejo | Acréscimo | | | Redução | |
|---------------------|-----------|--------|------------------------|---------|--------------------|
| | Pt (%) | Mp (%) | K_o ($cm\ h^{-1}$) | Mip (%) | Ds ($g\ m^{-3}$) |
| Coberturas T4 a T7 | 13,80 | 106,10 | 877,94 | -13,37 | -7,14 |
| Espontâneas T8 | 2,74 | 56,79 | 439,80 | -13,02 | -2,38 |
| Mecanizados T1 a T3 | -15,20 | 41,58 | 681,19 | -30,70 | -4,76 |

Tratamentos: T1 – capina com enxada em área total; T2 – controle do mato com gradagens nas entrelinhas e uso de herbicida pós-emergente nas linhas de plantio; T3 – preparo do solo com subsolagem e capina com enxada em área total; T4 – subsolagem para preparo do solo e plantio de feijão-de-porco nas entrelinhas do mamoeiro; T5 – subsolagem para preparo do solo e plantio de *Crotalaria juncea* nas entrelinhas do mamoeiro; T6 – subsolagem para preparo do solo e plantio de caupi nas entrelinhas do mamoeiro; T7 – subsolagem para preparo do solo correção com calcário + gesso agrícola e plantio de feijão-de-porco nas entrelinhas do mamoeiro; e T8 – subsolagem para preparo do solo e manejo da vegetação espontânea em área total.

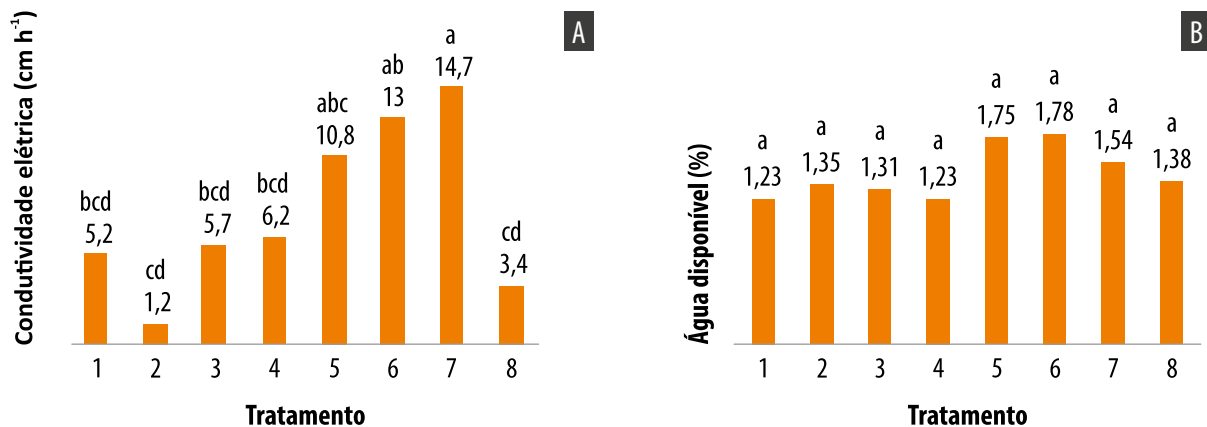


Figura 17. Condutividade hidráulica saturada (A) e água disponível (B) nos seguintes tratamentos: capina em área total (1); grade nas entrelinhas e herbicidas nas linhas de plantio (2); subsolagem cruzada antes do plantio + capinas em área total (3); subsolagem cruzada antes do plantio + feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) nas entrelinhas da cultura (4); subsolagem cruzada antes do plantio + *Crotalaria juncea* nas entrelinhas da cultura (5); subsolagem cruzada antes do plantio + caupi (*Vigna sp.*) nas entrelinhas da cultura (6); subsolagem cruzada antes do plantio + calagem + gesso e feijão-de-porco nas entrelinhas da cultura (7); e subsolagem cruzada antes do plantio + vegetação nativa nas ruas da cultura, roçada quando necessária (8). Média de 0–40 cm de profundidade, em Latossolo Amarelo álico coeso, após 18 meses com manejo de coberturas vegetais e subsolagem a 55 cm de profundidade.

Fonte: Lopes et al. (2003).

e herbicidas), as seguintes coberturas vegetais: crotalária (*C. juncea*), guandu (*C. cajan*), feijão-de-porco (*C. ensiformis*), calopogônio (*Calopogonium muconoides*) e sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor*). Os autores verificaram que, em comparação com os manejos exclusivos com herbicida e com a manutenção da vegetação espontânea com roçadas, as coberturas vegetais induziram melhoria na agregação do solo e na produção do mamoeiro. Os autores destacaram ainda que o tratamento com a crotalária resultou na formação de maiores agregados do solo e na produção do mamoeiro acima da média das outras coberturas vegetais de solo avaliadas.

Propriedades biológicas do solo

Os manejos de coberturas vegetais no cultivo do mamoeiro nas condições dos solos de Tabuleiros Costeiros testados por Maia et al. (2003) não promoveram alterações significativas na biomassa microbiana, nas duas épocas amostradas: final do período seco (maio) e final do chuvoso (novembro). A respiração basal sofreu influência dos manejos apenas no final do período seco, no qual o controle de plantas

infestantes com enxada em área total foi o tratamento que apresentou maior taxa de respiração, seguido do manejo com subsolagem + feijão-de-porco nas entrelinhas da cultura, que diferiu significativamente dos demais tratamentos. O uso de subsolagem associada ao plantio de feijão-de-porco nas entrelinhas, com utilização de calagem e calagem + gesso, influenciou positivamente a população de microrganismos nitrificadores e oxidantes do nitrito.

Os autores concluíram que a manutenção de uma cobertura verde nas entrelinhas do pomar foi importante para a atividade dos microrganismos no solo, contudo dependeu da planta utilizada. Nesse caso, o feijão-de-porco foi importante para a presença de bactérias nitrificadoras. A subsolagem associada ao uso de leguminosas teve forte influência nos atributos microbiológicos no solo quando comparada ao controle de plantas infestantes realizado com enxada em área total.

Sistema radicular do mamoeiro

Os dados de densidade total de raízes do mamoeiro 'Tainung nº 1', submetido a dois

preparos de solo na implantação do pomar e a diferentes manejos de coberturas vegetais no controle integrado de plantas infestantes, mostraram que, em todas as profundidades e locais amostrados (linha, entre plantas e entre fileiras duplas), os tratamentos com subsolagem na linha de plantio e o manejo de feijão-de-porco e amendoim forrageiro foram os que apresentaram maior densidade de raízes em comparação aos demais. Esse resultado demonstrou que essas duas leguminosas contribuíram significativamente para a melhoria da estrutura do solo (Carvalho et al., 2007). Contudo, Souza et al. (2016), em um estudo também em solo de Tabuleiros Costeiros, obtiveram menor densidade de raiz e produtividade de frutos com o uso de coberturas vegetais (vegetação espontânea, leguminosas, gramíneas e leguminosas mais gramíneas), em comparação ao sistema de produção tradicional sem cobertura vegetal, com camalhão e fertirrigação. Os autores atribuem esse resultado ao pouco tempo de manejo das coberturas vegetais no pomar (3 meses), que foi insuficiente para corrigir os problemas de compactação ocorridos no preparo e manejo do solo no ciclo de 24 meses do mamoeiro. Além disso, segundo os mesmos autores, o fator profundidade da subsolagem, que não atingiu toda a camada coesa desse solo, contribuiu também para a baixa densidade de raízes em profundidade.

Manejo integrado de pragas (MIP)

É muito importante a manutenção de coberturas verdes dentro do pomar. As principais vantagens são as seguintes: possibilitar um equilíbrio ecológico do manejo integrado de pragas e proporcionar alimento e abrigo aos inimigos naturais, como os ácaros fitoseídeos, que são predadores de ácaros fitófagos, como o ácaro-branco e o ácaro-rajado do mamoeiro. A utilização da adubação verde, segundo Silva et al. (1999), constitui um dos métodos mais baratos

no controle de nematoides, principalmente *Meloidogyne*. Algumas espécies contribuem para o incremento populacional, enquanto outras, como as crotalárias, mucunas e o guandu, reduzem a população de nematoides no solo. Ressalta-se também que as leguminosas feijão-de-porco e feijão-caupi, recomendadas como coberturas vegetais para a cultura do mamoeiro, não são hospedeiras do vírus da meleira do mamoeiro (Habibe et al., 2004).

A região produtora de mamão do Espírito Santo apresenta elevado número de plantas infestantes hospedeiras de pulgões associado à cultura (Lima et al., 2003; Rocha et al., 2005; Martins et al., 2007; Martins; Ventura, 2007). As dez principais espécies de plantas infestantes são as seguintes: *Bidens pilosa*, *Chamaesyce hirta*, *Chamaesyce hyssopifolia*, *Commelina benghalensis*, *Emilia coccinea*, *Emilia sonchifolia*, *Gnaphalium spicatum*, *Malvastrum americanum*, *Sida* spp. e *Solanum americanum* (Lima et al., 2003). Das 31 espécies hospedeiras de pulgões, *S. americanum* (maria-pretinha) foi a que apresentou maior número desses insetos (apesar de não ser a mais frequente), seguida de *C. benghalensis* (trapoeraba), que se destacou também por ser a espécie com maior frequência de infestação (Lima et al., 2003). *Solanum americanum* mostrou-se hospedeira de *Aphis fabae* e *C. benghalensis*; *B. pilosa* e *Amaranthus* spp. foram hospedeiras de *Aphis gossypii* (Lima et al., 2003).

Certamente, um dos grandes desafios da cultura do mamoeiro, particularmente em sistema de produção integrada, será o de eliminar, de forma seletiva, somente as plantas infestantes hospedeiras dos pulgões, mantendo-se a cobertura vegetal natural (não hospedeira de vetores) na lavoura. É importante ressaltar que determinadas espécies de plantas infestantes podem contribuir para a manutenção de elevadas populações de inimigos naturais dos pulgões (Ronchi et al., 2008).

Produtividade do mamoeiro

Nos tratamentos em que foram manejadas as diferentes coberturas vegetais (leguminosas) e vegetação espontânea, associadas a uma subsolagem antes do plantio, observou-se uma tendência de aumento tanto de peso quanto de número de frutos. A exceção coube ao tratamento 5, que corresponde à subsolagem cruzada antes do plantio + *Crotalaria juncea* nas entrelinhas da cultura, que, apesar de ter contribuído para a melhoria das propriedades físicas do solo, não apresentou resposta compatível de produção (não sendo assim atribuído ao efeito de tratamento). Destaca-se, também, o tratamento 2, que corresponde à grade nas entrelinhas e herbicidas nas linhas de plantio, que apresentou produção economicamente viável, embora o manejo do controle de plantas infestantes nas entrelinhas da cultura seja feito mecanicamente. Esperava-se que esse controle mecânico nas entrelinhas contribuísse para a redução da produção pelo manejo inadequado da superfície do solo no controle das plantas infestantes, principalmente para as condições do solo dos Tabuleiros Costeiros. É possível que esse resultado esteja associado ao efeito benéfico da subsolagem no preparo do solo e ao manejo de cobertura morta formada na linha de

plântio da cultura, como resultado do controle químico de plantas infestantes com herbicida pós-emergente (Lopes et al., 2003).

Na Figura 18, encontra-se a produção (peso de frutos em toneladas e número de frutos, ambos por hectare) da cultivar Sunrise Solo após 18 meses de colheita.

Para o híbrido Tainung nº 1 (Figura 19), apesar de não ter havido diferenças significativas entre os tratamentos, observou-se a mesma tendência da cultivar Sunrise Solo de apresentar produções mais elevadas nos tratamentos manejados com coberturas vegetais (leguminosas) e vegetação espontânea, associadas a uma subsolagem antes do plantio (Carvalho et al., 2004).

Em trabalho realizado por Azevedo et al. (2006) no município de Rio Real, BA, o plantio de feijão-de-porco na entrelinha do mamoeiro 'Tainung nº 1' proporcionou a maior média de produção (grama por fruto), enquanto o manejo convencional de preparo de solo sem subsolagem e controle de plantas infestantes com capinas com enxada resultou em produções mais baixas.

Em pesquisa na mesma linha de manejo de coberturas vegetais na cultura do mamoeiro, Cruz et al. (2014) observaram valores diferentes

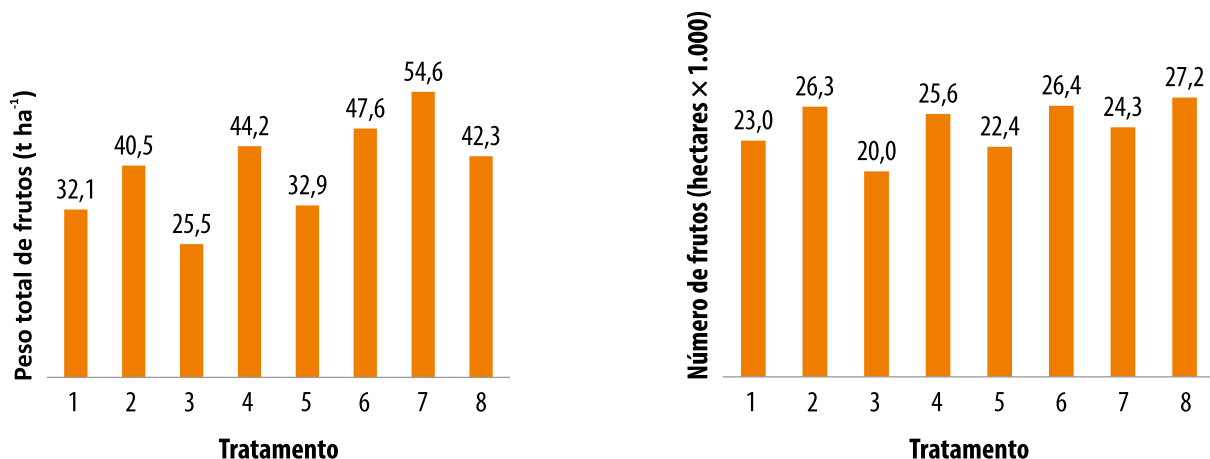


Figura 18. Peso total de frutos e número total de frutos por hectare, após 18 meses, nos diferentes tratamentos estudados: capina em área total (1); grade nas entrelinhas e herbicidas nas linhas de plantio (2); subsolagem cruzada antes do plantio + capinas em área total (3); subsolagem cruzada antes do plantio + feijão-de-porco nas entrelinhas da cultura (4); subsolagem cruzada antes do plantio + *Crotalaria juncea* nas entrelinhas da cultura (5); subsolagem cruzada antes do plantio + caupi nas entrelinhas da cultura (6); subsolagem cruzada antes do plantio + calagem + gesso e feijão-de-porco nas entrelinhas da cultura (7); e subsolagem cruzada antes do plantio + vegetação nativa nas ruas da cultura, roçada quando necessária (8).

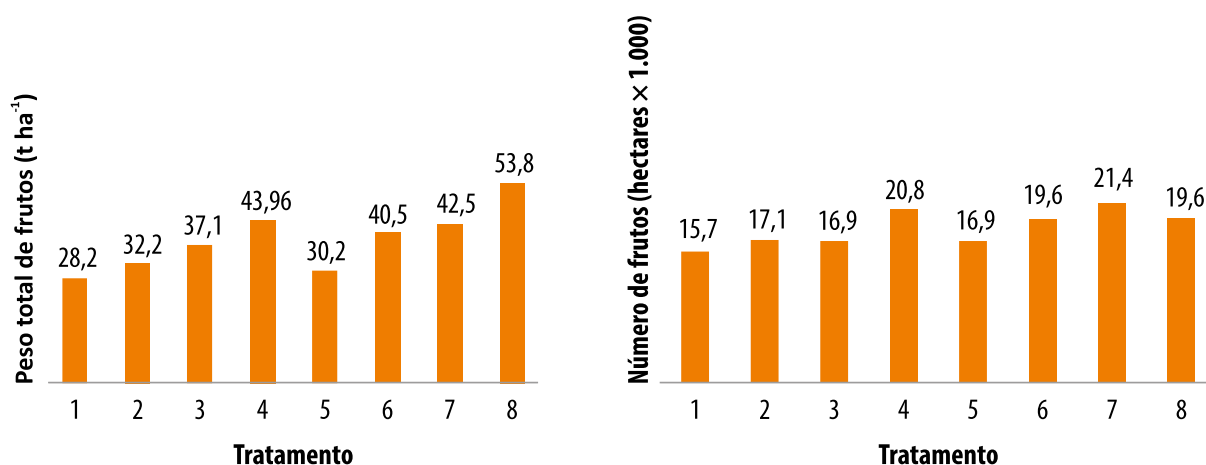


Figura 19. Peso total de frutos (em t ha⁻¹) e número total de frutos por hectare, após 18 meses, nos seguintes tratamentos: capina em área total (1); grade nas entrelinhas e herbicidas nas linhas de plantio (2); subsolagem cruzada antes do plantio + capinas em área total (3); subsolagem cruzada antes do plantio + feijão-de-porco nas entrelinhas da cultura (4); subsolagem cruzada antes do plantio + *Crotalaria juncea* nas entrelinhas da cultura (5); subsolagem cruzada antes do plantio + caupi nas entrelinhas da cultura (6); subsolagem cruzada antes do plantio + calagem + gesso e feijão-de-porco nas entrelinhas da cultura (7); e subsolagem cruzada antes do plantio + vegetação nativa nas ruas da cultura, roçada quando necessária (8).

quanto à produção de frutos do mamoeiro em consequência da cobertura vegetal utilizada. A maior produção ocorreu quando foi usada a *C. juncea* nas entrelinhas. Nesse mesmo trabalho, os autores observaram que todas as coberturas vegetais utilizadas (calopogônio, *C. juncea*, sorgo, guandu, feijão-de-porco, feijão-de-porco + sorgo e vegetação espontânea) contribuíram para a formação de agregados do solo com maior diâmetro, em razão da adição de matéria orgânica promovida por essas coberturas, que foi maior em comparação ao tratamento em que as entrelinhas permaneceram com o solo sem proteção. Esses agregados permitem mais trocas gasosas e drenagem de água, melhorando as condições para o cultivo do mamoeiro e, conseqüentemente, o rendimento de frutos.

Como plantar as coberturas vegetais

Normalmente as coberturas anuais são plantadas no início das chuvas e roçadas no início do período seco. As perenes, como o amendoim forrageiro, a braquiária (*Brachiaria ruziziensis*) e o calopogônio, são mantidas nas entrelinhas da cultura durante todo o ano. O plantio é muito

fácil e são apresentadas duas alternativas: plantio a lanço e plantio direto.

Plantio a lanço

A semeadura dos adubos verdes pode ser realizada em área total (lanço), com auxílio de uma gradagem para controlar o mato, se for necessário. Logo após semeá-las, deve-se cobri-las com uma gradagem superficial, pois o sistema radicular do mamoeiro ainda é pouco desenvolvido e, dessa forma, não corre o risco de ser cortado pelos discos da grade. Em plantas adultas, sempre que possível, devem-se privilegiar técnicas como a escarificação, para quebrar camadas mais compactadas e remover plantas infestantes.

Nesse sistema de plantio a lanço, as coberturas vegetais devem ser semeadas em alta densidade, numa proporção de 100 kg a 130 kg de sementes por hectare (feijão-de-porco), de 20 kg a 30 kg de *C. juncea* ou 40 kg de guandu, para proporcionar boa cobertura. Esse sistema, apesar de prático e rápido, apresenta dois aspectos negativos, que são o uso de grade, ainda que superficial, e a utilização de uma quantidade muito grande de sementes por hectare para que ocorra o “fechamento” eficiente da cobertura

vegetal (leguminosa ou gramínea), de forma a permiti-la competir com as plantas infestantes. Normalmente, não é necessário o controle do mato após o plantio dos adubos verdes não somente por questão de economia, mas também pelo próprio controle proporcionado por essas plantas de cobertura utilizadas (seja pelo efeito alelopático dessas coberturas seja pelo sombreamento que impede a germinação das sementes das plantas infestantes). Outro aspecto a ser considerado é que não se deve adubar essas plantas de cobertura, pois elas aproveitam a adubação residual realizada na cultura explorada.

Plantio direto

Nesse sistema, é necessária a aplicação de um herbicida pós-emergente à base de glifosato, registrado para a cultura do mamoeiro, para dessecção do mato presente nas entrelinhas do pomar. Uma semana após a aplicação, procede-se ao plantio mecanizado das coberturas em sulcos, com adaptação dos equipamentos já existentes, ou manual em covas, buracos ou com matracas, no espaçamento de 25 cm x 25 cm. Devem ser colocadas de duas a quatro sementes por cova, no caso do feijão-de-porco, numa proporção de 80 kg a 90 kg de sementes por hectare.

O sistema de plantio direto apresenta algumas vantagens em relação ao convencional a lanço, que são as seguintes: a retirada por completo do uso da grade no pomar para o controle de plantas infestantes; a segurança de que dificilmente haverá necessidade de replanta, em razão da melhor condição competitiva dada às coberturas implementadas pelo dessecamento do mato e pela disponibilidade de água, em virtude da formação de cobertura morta; menor risco de erosão; menor gasto de sementes por hectare e, conseqüentemente, redução de custos.

Considerações finais

A adoção de práticas culturais modernas é de grande relevância para o desenvolvimento da

cultura do mamoeiro de maneira sustentável e economicamente viável. O sistema de produção dessa cultura hoje praticado no principal polo de produção dessa frutífera, que é o Norte do Espírito Santo e Extremo Sul da Bahia, emprega muitas das técnicas aqui relatadas, mas ainda são encontradas muitas propriedades em que os cuidados com o meio ambiente, o manejo do solo adequado, o uso de sementes e a obtenção de mudas de qualidade ainda são práticas relegadas a segundo plano. Muitas vezes as sementes são retiradas de frutos na casa de embalagem sem seguir o protocolo de identificação de plantas com características desejáveis para obtenção de sementes. Da mesma forma, mudas muitas vezes estioladas por terem permanecido no viveiro por um tempo maior que o programado, ou debilitadas por problemas fitossanitários ou déficit hídrico, comprometem seu vigor e afetam o desenvolvimento vegetativo e produtivo da planta. Técnicas inovadoras como propagação vegetativa e cultivo protegido ainda são de pouco domínio dos produtores e, portanto, apresentam baixa adoção, necessitando, portanto, de maior difusão ou mesmo validação de forma extensiva.

Outra questão que merece atenção é o preparo do solo. Como a maior parte dos plantios encontra-se estabelecida em solos dos Tabuleiros Costeiros (com camadas coesas e índice pluviométrico anual em torno de 1.800 mm), é importante o uso de subsolagem para evitar problemas de encharcamento, mesmo que temporários, que não são tolerados pelo mamoeiro. A subsolagem é recomendada e apresenta resultados promissores, mas não deve ser usada indiscriminadamente. Recomenda-se que essa prática, quando necessária, esteja sempre associada à incorporação de matéria orgânica no solo e ao manejo de coberturas vegetais como gramíneas e, preferencialmente, leguminosas de sistema radicular profundo e vigoroso, agindo como um descompactador biológico em profundidade, a fim de que seu resultado seja

mais duradouro pelo efeito sinérgico dessas práticas agrícolas.

Os trabalhos desenvolvidos com o controle integrado de plantas infestantes mostram que a aplicação dessa tecnologia permite a redução de custos, o aumento de rentabilidade e produtividade da cultura. Além disso, tem-se a melhoria da estrutura do solo e a preservação de sua produtividade, bem como a viabilização do manejo integrado de pragas (por propiciar um ambiente adequado para criação de inimigos naturais das principais pragas e, conseqüentemente, a redução da aplicação de insumos externos contaminantes). Portanto, a adoção dessa tecnologia tende a aumentar a longevidade do mamoeiro nos solos de Tabuleiros Costeiros, garantindo a sua sustentabilidade econômico-ambiental.

Referências

- ALLAN, P. Papaws growth from cuttings. **Farming in South Africa**, v. 39, n. 11, p. 35-40, 1964.
- ALLAN, P. Propagation of 'Honey Gold' papayas by cuttings. **Acta Horticulturae**, v. 370, p. 99-102, 1995. International Symposium on Tropical Fruits. DOI: [10.17660/ActaHortic.1995.370.15](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1995.370.15).
- ARAÚJO NETO, S. E. de; RAMOS, J. D.; ANDRADE JUNIOR, V. C. de; RUFINI, J. C. M.; MEDONÇA, V.; OLIVEIRA, T. K. de. Adensamento, desbaste e análise econômica na produção do maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 3, p. 394-398, dez. 2005. DOI: [10.1590/S0100-29452005000300014](https://doi.org/10.1590/S0100-29452005000300014).
- AZEVEDO, C. L. L.; CARVALHO, J. E. B. de; COELHO FILHO, M. A. **Efeitos de métodos integrados de controle de plantas infestantes sobre a produtividade de mamão 'Tainung 1' no município de Rio Real – BA**. 2006. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/mamao/Index.htm. Acesso em: 28 set. 2015.
- BARROS, F. L. S.; SCHMILDT, E. R.; AMARAL, J. A. T.; COELHO, R. I. Influência da poda em diferentes alturas no mamoeiro 'Golden'. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 4, p. 596- 601, 2009.
- CAMARGO, O. A. de; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: Ed. dos Autores, 1997. 132 p.
- CAMPOSTRINI, E.; GLENN D. M. Ecophysiology of papaya: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, n. 4, p. 413-424, Oct/Dec 2007. DOI: [10.1590/S1677-04202007000400010](https://doi.org/10.1590/S1677-04202007000400010).
- CARNAÚBA, J. P.; SOBRAL, M. F.; FURTADO, D. C. de M.; SILVA, I. O.; SILVA, K. M. M. da; AMORIM, E. P. da R. *Phytophthora palmivora*, agente da podridão de raiz e frutos de mamoeiro no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 1, p. 134-135, abr. 2006. DOI: [10.1590/S0100-29452006000100037](https://doi.org/10.1590/S0100-29452006000100037).
- CARVALHO, J. E. B. de. Manejo e controle de plantas daninhas em fruteiras. **Revista Seahortes**, ano 1, n. 1, p. 43-48, 2003.
- CARVALHO, J. E. B. de.; AZEVEDO, C. L. L.; SOUZA, L. da S. **Coberturas vegetais na cultura do mamão em Tabuleiros Costeiros e o controle integrado de plantas infestantes**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. 4 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Comunicado técnico, 115).
- CARVALHO, J. E. B. de; LOPES, L. C.; ARAÚJO, A. M. de A.; SOUZA, L. da S.; CALDAS, R. C.; DALTRO JÚNIOR, C. A.; CARVALHO, L. L. de; OLIVEIRA, A. A. R.; SANTOS, R. C. dos. Leguminosas e seus efeitos sobre propriedades físicas do solo e produtividade do mamoeiro 'Tainung 1'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 2, p. 335-338, ago. 2004. DOI: [10.1590/S0100-29452004000200036](https://doi.org/10.1590/S0100-29452004000200036).
- CARVALHO, J. E. B. de; SOUZA, L. da S.; AZEVEDO, C. L. L.; CRUZ, J. L.; SANTOS, L. A. dos.; PEIXOTO, C. A. B. **Manejo do solo convencional e com coberturas vegetais – Efeito sobre a distribuição do sistema radicular do mamoeiro 'Tainung 1'**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2007. 3 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Comunicado técnico, 124).
- CARVALHO, J. E. B. de; SOUZA, L. da S.; RAMOS, W. F.; LOPES, L. C.; ARAÚJO, A. M. de A. Manejo do solo e cobertura vegetal em citros na Bahia e em Sergipe. **Laranja**, v. 22, n. 1, p. 271-284, 2001.
- CARVALHO, J. E. B. Manejo de solos e cobertura verde em solos de tabuleiros costeiros para o cultivo do mamão. In: MARTINS, D. S. (ed.). **Papaya Brasil: mercado e inovações tecnológicas para o mamão**. Vitória: Incaper, 2005. p. 111-125.
- COSTA, A. de F. S.; COSTA, A. N. da; DESSAUNE FILHO, N. Distribuição do sistema radicular do mamoeiro em solos do Estado do Espírito Santo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 15., 1998, Poços de Caldas. **Resumos...** Poços de Caldas: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1998. p. 494.
- COSTA, A. F. S.; COSTA, A. N. Produção de mudas clonais de mamoeiro. In: MARTINS, D. S. (ed.). **Papaya Brasil: qualidade do mamão para o mercado interno**. Vitória: Incaper, 2003. p. 317-320.

- COSTA, A. F. S.; COSTA, A. N.; SANTOS, F. A. M.; BARRETO, F. C.; ZUFFO, V. J. Plantio, formação e manejo da cultura. In: MARTINS, D. S.; COSTA, A. F. S. (ed.). **A cultura do mamoeiro**: tecnologias de produção: anais. Vitória: Incaper, 2003. p. 125-159.
- COSTA, M. B. B.; CALEGARI, A.; MONDARD, A.; BULISANI, E. A.; WILDNER, L. P.; ALCÂNTARA, P. B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. C. **Adubação verde no Sul do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. 346 p.
- CRUZ, J. L.; SOUZA, L. da S.; SOUZA, N. C. dos S. de; PELACANI, C. R. Effect of cover crops on the aggregation of a soil cultivated with papaya (*Carica papaya* L.). **Scientia Horticulturae**, v. 172, p. 82-85, June 2014. DOI: [10.1016/j.scienta.2014.03.045](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.03.045).
- DANTAS, J. L. L.; JUNGHANS, D. T.; LIMA, J. F. de (ed.). **Mamão**: o produtor pergunta, a Embrapa responde. 2. ed. rev. e atual. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 170 p. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).
- DANTAS, J. L. L.; JUNGHANS, D. T.; LIMA, J. F. **Mamão**: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura; Brasília, DF: Embrapa Informação tecnológica, 2003. 151 p.
- FERNANDES, M. F.; BARRETO, A. C.; EMÍDIO FILHO, J. **Densidade de semeadura a lanço de sete leguminosas utilizadas como adubo verde em solos de tabuleiros costeiros**. Aracaju: EMBRAPA-CPATC, 1998. 8 p. (EMBRAPA-CPATC. Comunicado técnico, 18).
- FONTES, R. V. **Resposta do híbrido UENF/CALIMAN 01 a diferentes espaçamentos e níveis de adubação**. 2008. 130 p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes.
- GIAMPAN, J. S.; CERQUEIRA, T. S.; JACOMINO, A. P.; REZENDE, J. A. M.; SASAKI, F. F. Indução de brotos laterais de mamoeiro (*Carica papaya* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 1, p. 185-187, abr. 2005. DOI: [10.1590/S0100-29452005000100050](https://doi.org/10.1590/S0100-29452005000100050).
- HABIBE, T. C.; NASCIMENTO, A. S.; ARAÚJO, A. M. de A.; SANTOS, L. de S.; MEISSNER FILHO, P. E.; BARBOSA, C. de J.; CARVALHO, J. E. B. de. Avaliação de coberturas vegetais como hospedeiros para o vírus da meleira do mamoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18., 2004, Florianópolis, SC. **Resumos extendidos**. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2004. 1 CD ROM.
- IBGE. **Produção Agrícola Municipal**. 2016. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=1613&z=p&o=28&i=P>. Acesso em: 22 set. 2016.
- JAIN, S. M.; PRIYADARSHAN, P. M. (ed.). **Breeding plantation tree crops**: tropical species. New York: Springer, 2008. 654 p. DOI: [10.1007/978-0-387-71201-7](https://doi.org/10.1007/978-0-387-71201-7).
- JINDAL, K. K.; SINGH, R. N. Sex determination in vegetative seedlings of *Carica papaya* by phenolic tests. **Scientia Horticulturae**, v. 4, n. 1, p. 33-39, Feb. 1976. DOI: [10.1016/0304-4238\(76\)90062-5](https://doi.org/10.1016/0304-4238(76)90062-5).
- LIMA, R. de C. A.; PANCIERI, G. N.; ROCHA, M. A. M.; PAULA, A. de.; MARTINS, D. dos S. Ocorrência de plantas hospedeiras de afideos em sistemas de produção integrada e convencional de mamão no polo de fruticultura de Linhares-ES. In: MARTINS, D. S. (ed.). **Papaya Brasil**: qualidade do mamão para o mercado interno. Vitória: Incaper, 2003. p. 535-538.
- LOPES, J. C.; COELHO R. I.; BREGONCI, I. dos S.; MACEDO, C. M. P.; MAIA, L. R. Brotação de mamoeiro Tainung 1 submetido a diferentes alturas de corte do caule. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 2, p. 360-365, mar./abr. 2008. DOI: [10.1590/S1413-70542008000200002](https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000200002).
- LOPES, L. C. L.; CARVALHO, J. E. B. de; ARAÚJO, A. M. de A.; SOUZA, L. da S.; CALDAS, R. C.; DALTRO JÚNIOR, C. A.; CARVALHO, L. L. de; SANTOS, R. C. dos. Manejo de coberturas vegetais e seus efeitos sobre as propriedades físicas de um Latossolo Amarelo álico coeso e produtividade do mamoeiro 'Sunrise Solo'. **Magistra**, v. 15, n. 2, p. 257-264, jul./dez. 2003.
- MACHADO FILHO, J. A.; CAMPOSTRINI, E.; YAMANISHI, O. K.; FAGUNDES, G. R. Efeito da umidade do ar nas trocas gasosas em folhas de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cultivado em condições de campo. **Bragantia**, v. 65, n. 2, p. 185-196, 2006. DOI: [10.1590/S0006-87052006000200001](https://doi.org/10.1590/S0006-87052006000200001).
- MAIA, I. C. S.; TRINDADE, A. V.; ALMEIDA, M. da C.; CARVALHO, J. E. B. de. Características microbiológicas de solo de Tabuleiro Costeiro cultivado com mamão, sob diferentes manejos de cobertura vegetal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto, SP. **Resumos extendidos**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. 1 CD ROM.
- MARIN, S. L. D.; GOMES, J. A. **Sexagem do mamoeiro e sua aplicação no desbaste de plantas**. Vitória: EMCAPA, 1985. 23 p. (EMCAPA. Circular técnica, 11).
- MARIN, S. L. D.; GOMES, J. A.; SALGADO, J. S.; MARTINS, D. dos S.; FULLIN, E. A. **Recomendações para a cultura do mamoeiro dos grupos Solo e Formosa no estado do Espírito Santo**. Vitória: EMCAPA, 1995. 57 p. (EMCAPA. Circular técnica, 3).
- MARIN, S. L. D.; YAMANISHI, O. K.; MARTELETO, L. A. P.; IDE, C. D. Hibridação do mamão. In: MARTINS, D. S. (ed.). **Papaya Brasil**: qualidade do mamão para o mercado interno, 2003. Vitória: Incaper, 2003. p. 175-220.
- MARTELETO, L. A. P.; MARTELETO, M. S.; MACHADO, A. F. L.; VASCONCELLOS, M. A. S. Manejo fitotécnico. **Informe Agropecuário**, v. 34, n. 275, p. 29-37, 2013.

- MARTELLETO, L. A. P.; RIBEIRO, R. de L. D.; SUDO-MARTELLETO, M.; VASCONCELLOS, M. A. da S.; MARIN, S. L. D.; PEREIRA, M. B. Cultivo orgânico do mamoeiro 'Baixinho de Santa Amália' em diferentes ambientes de proteção. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 3, p. 662-666, set. 2008. DOI: [10.1590/S0100-29452008000300017](https://doi.org/10.1590/S0100-29452008000300017).
- MARTINS, D. dos S. Situação atual da produção integrada de mamão no Brasil. In: MARTINS, D. dos S. (ed.). **Papaya Brasil: qualidade do mamão para o mercado interno**. Vitória: Incaper, 2003. p. 97-127.
- MARTINS, D. S.; PAULA, R. de C. L. de; PERONTI, A. L. B. G.; CARVALHO, R. C. Z. de. Ocorrência de espécies de afídeos em áreas comerciais de mamão no estado do Espírito Santo. In: MARTINS, D. S.; COSTA, A. N.; COSTA, A. F. S. (ed.). **Papaya Brasil: manejo, qualidade e mercado do mamão**. Vitória: Incaper, 2007. p. 496-501.
- MARTINS, D. S.; VENTURA, J. A. Vetores de doenças do mamoeiro: monitoramento e controle. In: MARTINS, D. S.; COSTA, A. N.; COSTA, A. F. S. (ed.). **Papaya Brasil: manejo, qualidade e mercado do mamão**. Vitória: Incaper, 2007. p. 113-128.
- NACIF, P. G. S. **Efeito da subsolagem em propriedades físico – hídricas de um latossolo amarelo álico coeso, representativo do Recôncavo baiano**. 1994. 75 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- OLIVEIRA, E. J. de; DANTAS, J. L. L.; CASTELLEN, M. da S.; LIMA, D. S. de; BARBOSA, H. de S.; MOTTA, T. B. N. Marcadores moleculares na predição do sexo em plantas de mamoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 12, p. 1747-1754, 2007. DOI: [10.1590/S0100-204X2007001200012](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007001200012).
- OLIVEIRA, J. R. P.; TRINDADE, A. V. Propagação e formação de pomar. In: TRINDADE, A. V. (org.). **Mamão: produção: aspectos técnicos**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura; Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 20-25. (Frutas do Brasil, 3).
- OLIVEIRA, M. J. V. de; SCHMILDT, E. R.; AMARAL, J. A. T. do; COELHO, R. I.; SCHMILDT, O. Formas de esterilização do GA3 e reação morfogênica em microestacas de mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 2, p. 467-471, abr./jun. 2014. DOI: [10.1590/0100-2945-271/13](https://doi.org/10.1590/0100-2945-271/13).
- OLIVEIRA, P. R.; DANTAS, L. J. L.; ALMEIDA, P. E.; NICKEL, O.; VILARINHOS, A. D.; MORALES, G. C. F. Uso da biotecnologia no melhoramento genético e propagação do mamoeiro. In: MENDES, L. G.; DANTAS, L. J. L.; MORALES, G. C. F. (ed.). **Mamão no Brasil**. Cruz das Almas: EUBFA: EMBRAPA-CNPMPF, 1996. p. 159-172.
- ONO, E. O.; GRANA JÚNIOR, J. F.; RODRIGUES, J. D. Reguladores vegetais na quebra da dominância apical de mamoeiro (*Carica papaya* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 2, p. 348-350, ago. 2004. DOI: [10.1590/S0100-29452004000200040](https://doi.org/10.1590/S0100-29452004000200040).
- PASTOR, M. C. R.; GÁLÁN SAÚCO, V.; ESPINO DE PAZ, A. I. **Técnicas de cultivo de la papaya (Carica papaya L.) en canarias**. 2. ed. Tenerife: Consejería de Agricultura y Alimentación, 1995. 15 p.
- RAO, O. P.; SINGH, R. N.; SINGH, B. P. Sex identification in papaya through colorimetric test and morphological characters of leaf petiole. **Progressive Horticulture**, v. 17, n. 4, p. 340-346, 1985.
- REIS, F. O. **Trocas gasosas, eficiência fotoquímica e fluxo de seiva xilemática em mamoeiro do grupo 'Formosa' cultivado em condição de campo na região Norte Fluminense**. 2003. 59 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes.
- REUVENI, O.; SHLESINGER, D. R. Rapid vegetative propagation of papaya plants by cuttings. **Acta Horticulturae**, n. 275, p. 301-306, 1990. DOI: [10.17660/ActaHortic.1990.275.36](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1990.275.36).
- REZENDE, N. C. **Comportamento vegetativo e reprodutivo do mamoeiro em diferentes densidades de cultivo orgânico**. 2016. 74 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Orgânica) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia, Seropédica.
- RICE, E. L. **Allelopaty**. 2nd ed. New York: Academic Press, 1984. 422 p.
- ROCHA, M. A. M.; MARTINS, D. S.; LIMA, R. C. A. Levantamento fitossociológico das plantas daninhas, na cultura do mamão, sob diferentes sistemas de irrigação, nos municípios de Linhares e Sooretama – ES. In: MARTINS, D. S. (ed.). **Papaya Brasil: mercado e inovações tecnológicas para o mamão**. Vitória: Incaper, 2005. p. 327-331.
- RONCHI, C. P.; SILVA, A. A.; SERRANO, L. A. L.; CATTANEO, L. F.; SANTANA, E. N.; FERREGUETTI, G. A. Manejo de plantas daninhas na cultura do mamoeiro. **Planta Daninha**, v. 26, n. 4, p. 937-947, 2008. DOI: [10.1590/S0100-83582008000400026](https://doi.org/10.1590/S0100-83582008000400026).
- RUGGIERO, C.; GALÁN SAÚCO, V.; MARTELLETO, L. P. M.; CORRÊA, L. de S.; BOLIANI, A. C.; PASTOR, M. C. R. Cultivo do mamoeiro em ambiente protegido. In: CHAVARRIA, G.; SANTOS, H. P. dos (ed.). **Fruticultura em ambiente protegido**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. p. 105-147.
- RUIZ, L. M. **Fatores ambientais e fisiológicos relacionados a propagação assexuada do Mamoeiro (Carica papaya L) e de Espécies Afins**. 2016. 69 p. Tese

(Doutorado) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

SALOMÃO, L. C. C.; SIQUEIRA, D. L.; SANTOS, D.; BORBA, A. N. **Cultivo do mamoeiro**. Viçosa: Ed. UFV, 2007. 73 p.

SANCHES, N. F.; DANTAS, J. L. L. **O cultivo do mamoeiro**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 1999. 105 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Circular técnica, 34).

SANTANA, I. S.; PEIXOTO, M. F. S. P.; CARVALHO, J. E. B. de; SAMPAIO, L. S. V.; LEDO, C. A. S.; PEIXOTO, C. P. Emergência e matéria seca de plantas daninhas na cultura do mamoeiro (*Carica papaya*). **Planta Daninha**, v. 23, n. 4, p. 583-588, out./dez. 2005. DOI: [10.1590/S0100-83582005000400004](https://doi.org/10.1590/S0100-83582005000400004).

SCHMILDT, O.; SCHMILDT, E. R.; ALEXANDRE, R. S.; AMARAL, J. A. T.; COELHO, R. I.; OLIVEIRA, M. J. V.; CAMPOSTRINI, E.; TORRES NETTO, A.; FERREGUETTI, G. A. Propagação vegetativa do mamoeiro: estaquia e cultura de tecidos. In: SIMPÓSIO DO PAPAYA BRASILEIRO: TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO E MERCADO PARA O MAMÃO BRASILEIRO, 6., 2015, Vitória. **Tecnologia de produção e mercado para o mamão brasileiro**: anais. Vitória: Incaper, 2015. v. 1, p. 21-40.

SETHILKUMAR, S.; KUMAR, N.; SOORIANATHASUNDARAM, K.; KUMAR, P. J. Aspects on asexual propagation in papaya (*Carica papaya* L.) – a review. **Agricultural Reviews**, v. 35, n. 4, p. 307-313, 2014. DOI: [10.5958/0976-0741.2014.00919.2](https://doi.org/10.5958/0976-0741.2014.00919.2).

SILVA, A. C.; SILVA, A. C. da; VASCONCELLOS, M. A. S.; MARTELLETO, L. A. P. Ontogenia foliar de genótipos de mamoeiros do grupo Solo, dados de crescimento. In: MARTINS, D. S. (ed.). **Papaya Brasil**: qualidade do mamão para o mercado interno. Vitória: INCAPER, 2003. p. 404-407.

SILVA, A.; VASCONCELLOS, M. A. S.; JACOB-NETO, J. Avaliação do crescimento radicular de plantas de mamoeiro do grupo solo – var. Golden e grupo Formosa – híbrido Tainung 01 em solução nutritiva com diferentes níveis de alumínio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 20.; INTERAMERICAN SOCIETY FOR TROPICAL HORTICULTURE, 54., 2008, Vitoria. **Anais [...]** Vitória: Incaper: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2008. 1 DVD.

SILVA, J. A. A. da; DONADIO, L. C.; CARLOS, J. A. D. **Adubação verde em citros**. Jaboticabal: Funep, 1999. 37 p. (Boletim citrícola, 9).

SILVA, J. A. A.; STUCHI, E. S.; SEMPIONATO, R. Adubação orgânica na cultura de citros, In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS, 4., 1996, Bebedouro. **Anais [...]** Campinas: Fundação Cargill, 1996. p. 211-236.

SILVÉRIO, T. C.; RESENDE, N. C.; PIVOTO, H. C.; SALLES, R. E.; MARTELLETO, L. A. P. Ação do leite vaca adicionado à calda bordalesa, associada a diferentes densidades de cultivo, na ocorrência da varíola do mamoeiro. **Cadernos de Agroecologia**, v. 10, n. 3, out. 2015. 5 p.

SOUZA, L. D.; SOUZA, L. da S.; LEDO, C. A. da S.; CARDOSO, C. E. L. Distribuição de raízes e manejo do solo em cultivo de mamão nos Tabuleiros Costeiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 12, p. 1937-1947, dez. 2016. DOI: [10.1590/s0100-204x2016001200004](https://doi.org/10.1590/s0100-204x2016001200004).

SOUZA, L. da S.; BORGES, A. L.; SOUZA, L. D.; CARVALHO, J. E. B. de C. Manejo e conservação do solo. In: BORGES, A. L.; SOUZA, L. da S. (ed.). **Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, laranja, tangerina, lima ácida, mamão, mandioca, manga e maracujá**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2009. p. 11-21.

SOUZA, L. da S.; SOUZA, L. D. Manejo do solo. In: CRUZ, J. L.; OLIVEIRA, A. M. G. (ed.). **Sistema de produção integrada do mamoeiro para o sul da Bahia**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2019. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Sistema de produção, 46). Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 20 ago. 2019.

SOUZA, L. S.; OLIVEIRA, A. M. G. Preparo e conservação do solo. In: TRINDADE, A. V. (org.). **Mamão**: produção, aspectos técnicos. 19. ed. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. v. 3, p. 18-19.

THANI, Q. A.; SCHAFFER, B.; LIU, G.; VARGAS, A. I.; CRANE, J. H. Chemical oxygen fertilization reduces stress and increases recovery and survival of flooded papaya (*Carica papaya* L.) plants. **Scientia Horticulturae**, v. 202, p. 173-183, Apr. 2016. DOI: [10.1016/j.scienta.2016.03.004](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.03.004).

VALENCIA, L. D.; GARCIA, R. D.; LAURENA, A. C.; VILLEGAS, V. N.; BAJET, N. B. Delayed ringspot virus symptom expression in *Carica* Interspecific Grafts & Inarches. **Philippine Journal of Crop Science**, v. 26, n. 2, p. 51-54, 2001.



CAPÍTULO 7

Calagem e adubação

Arlene Maria Gomes Oliveira

Introdução

O manejo da adubação é imprescindível para manutenção e/ou aumento da produtividade do mamoeiro, para que sejam atendidas as necessidades nutricionais das plantas e para que o retorno em produção seja economicamente viável, com menores perdas de nutrientes por processos de lixiviação e volatilização. O mamoeiro é uma planta que extrai grandes quantidades de nutrientes, e a maioria dos solos brasileiros não possui estoques suficientes para atender às demandas nutricionais dessa cultura, por isso é necessária a complementação por meio da fertilização. Trabalhos com a cultura do mamoeiro têm sido desenvolvidos principalmente na Bahia e no Espírito Santo, visando ao estabelecimento de parâmetros relacionados ao clima, ao solo e à planta. Essas pesquisas dão suporte às recomendações de adubação para que se obtenha boa produtividade e frutos com qualidade e que atendam aos diferentes mercados consumidores.

A maior parte dos cultivos do mamoeiro no Brasil encontra-se implantada em solos de baixa fertilidade química, principalmente no que se refere aos níveis de fósforo (P), o que leva à utilização de altas dosagens de adubos químicos. Neste capítulo, no tópico Recomendações de Calagem e Adubação, são apresentadas as doses de adubos recomendadas para o mamoeiro por diversas instituições de pesquisa e extensão, bem como por empresas privadas de assistência técnica. Observa-se grande variação nas doses recomendadas, variações essas que estão ligadas não só às diferenças edafoclimáticas, mas também às produtividades esperadas e às condições de irrigação.

A adubação deve atender à demanda nutricional das culturas nos períodos corretos de exigência dos nutrientes, com o objetivo de aumentar a eficiência dessa prática, minimizando perdas de nutrientes por lixiviação, fixação e volatilização. Assim, faz-se necessário conhecer

os parâmetros nutricionais das plantas para adequação da recomendação de adubação, já que as condições edafoclimáticas são variáveis para cada local. A planta é a expressão viva dessas variações e de todas as interações que ocorrem com o ambiente.

Este capítulo abordará os diferentes aspectos do solo e da adubação que influenciam o desenvolvimento e a produção do mamoeiro.

Solo

O mamão é um fruto consumido em todo o Brasil, porém a maior parte da produção está concentrada na fronteira entre o Sul da Bahia e o Norte do Espírito Santo, estados que concentram 53% da produção (IBGE, 2017). A cultura ocupa solos dos Tabuleiros Costeiros, de relevo em forma tabular, que variam de plano a suave ondulado. Nesse ecossistema, os plantios de mamoeiro ocupam áreas com predominância de duas classes de solos – Latossolos Amarelos e Argissolos Amarelos –, ambos de baixa fertilidade química, de textura arenosa na superfície e com horizontes coesos subsuperficiais, cujo pH e alumínio trocável aumentam com a profundidade (Jacomine, 1996; Moreau et al., 2006). Essa condição de fertilidade não é favorável ao atendimento das necessidades nutricionais do mamoeiro; e os horizontes coesos, fortemente adensados, impedem o deslocamento de água no perfil do solo e o aprofundamento radicular. Além da prática de subsolagem das áreas cultivadas com mamão, os plantios nesses solos são realizados em cima de camalhões ou no nível do solo, onde, neste último caso, faz-se posteriormente a “amontoa” de solo. A amontoa é realizada utilizando-se uma grade aradora, com os discos dispostos lateralmente, de maneira a se arrastar o solo das camadas superficiais e depositá-lo na base do tronco da planta e ao longo de toda a linha de plantio. Essa prática é realizada a partir do terceiro ou quarto mês de idade da planta, visando à diminuição dos

problemas de encharcamento temporário em épocas de chuvas fortes.

O mamoeiro possui um sistema radicular que se distribui por um raio inferior a 60 cm ao redor do tronco e chega a uma profundidade de até 30 cm, com a raiz pivotante atingindo até 1 m. A maior concentração das raízes é encontrada radialmente a 35 cm de distância do tronco (Costa et al., 1998). Por tais características, a condição ideal de desenvolvimento do sistema radicular do mamoeiro está ligada a solos com boa profundidade, aeração e drenagem. Para o cultivo do mamoeiro, são recomendados solos com baixo teor de argila, de textura arenoargilosa, com boa drenagem, ricos em matéria orgânica e cujo pH varie de 5,5 a 6,7. Solos argilosos são mais propensos à formação de camadas compactadas e possuem menor aeração, condição desfavorável ao sistema radicular do mamoeiro, mesmo que temporária.

Solos rasos, ou com presença de camadas coesas ou compactadas na superfície ou subsuperfície, constituem limitação física ao desenvolvimento radicular, agravando os problemas de déficit ou excesso de água. Em condições de irrigação, e com o uso da prática de subsolagem, tem-se observado o desenvolvimento da raiz pivotante do mamoeiro a uma profundidade de até 1,0 m (Costa et al., 2003). Caso o cultivo seja realizado em solos argilosos e rasos e/ou com presença de camadas adensadas, deve-se efetuar subsolagem a 1,0 m de profundidade.

A topografia no cultivo do mamoeiro exerce grande influência na conservação do solo. O mamoeiro é uma planta de ciclo relativamente rápido para uma frutífera e necessita de renovação no máximo a cada 3 anos de plantio. A partir dos 9 meses de idade, é intensificado o tráfego de máquinas não só para as colheitas semanais, mas também para realizar tratos culturais. Por causa dessas peculiaridades inerentes à cultura, para o cultivo do mamoeiro recomenda-se o uso de terrenos planos ou levemente ondulados, com declives menores que 8%.

Calagem

O calcário é o corretivo de acidez do solo mais comumente utilizado nos cultivos agrícolas. Os calcários agrícolas, compostos principalmente por carbonatos de cálcio (Ca) e magnésio (Mg), corrigem a acidez, pois geram íons (oxidrilas e bicarbonatos) que neutralizam os íons hidrogênio (H^+), liberando os sítios de troca do solo por eles ocupados. Esses sítios vão sendo preenchidos por bases como Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , aumentando, assim, a saturação de bases do complexo de troca do solo (CTC) (Meurer, 2000). Além da correção da acidez, o calcário é importante como fonte de Ca e Mg, e a calagem é a forma mais econômica e eficiente de disponibilização desses nutrientes para a planta. Os calcários são classificados quanto ao seu teor de óxido de magnésio (MgO) em três tipos: a) calcítico, com menos de 50 g kg^{-1} de MgO; b) magnesiano, com 50 g kg^{-1} a 120 g kg^{-1} de MgO; e c) dolomítico, com mais de 120 g kg^{-1} de MgO. Os calcários calcíticos apresentam de 10 g kg^{-1} a 50 g kg^{-1} de MgO e de 450 g kg^{-1} a 550 g kg^{-1} de óxido de cálcio (CaO); os magnesianos, de 50 g kg^{-1} a 120 g kg^{-1} de MgO e de 400 g kg^{-1} a 420 g kg^{-1} de CaO; e os dolomíticos, de 130 g kg^{-1} a 210 g kg^{-1} de MgO e de 250 g kg^{-1} a 350 g kg^{-1} de CaO (Primavesi; Primavesi, 2004).

Em razão dos vastos plantios de eucaliptos e da presença de indústrias de celulose nas regiões produtoras da Bahia e do Espírito Santo, região onde se concentra grande parte da produção nacional de mamão, existe a oferta de produtos de baixo custo derivados dessas indústrias, que são utilizados pelos produtores como corretivos. São comercializados nessa região os seguintes produtos: a) cinza calcítica, com 90% de poder de neutralização (PN), 74% de poder relativo de neutralização total (PRNT), 480 g kg^{-1} de CaO e 10 g kg^{-1} de MgO; b) corretivo calcítico, indicado para os solos que não tenham a relação Ca:Mg desbalanceada, com 88% de PN, 73,9% de PRNT, 400 g kg^{-1} de CaO e 40 g kg^{-1} de MgO; e c) cinza cálcio-magnésio 38:8, mais

adequado para solos que apresentam baixo Mg, com 85% de PN, 68% de PRNT, 380 g kg⁻¹ de CaO e 80 g kg⁻¹ MgO (Vida, 2017).

Em relação à prática da calagem, poucos são os estudos desenvolvidos com o mamoeiro. Muitas das recomendações se baseiam em experiências práticas e em recomendações gerais para frutíferas. Porém, os estudos realizados mostram efeitos benéficos no desenvolvimento da planta e na produção de frutos (Awada et al., 1975; Cunha et al., 1983).

O mamoeiro apresenta bom desenvolvimento em solos com pH de 5,5 a 6,7 (Awada et al., 1975). Em solos ácidos (pH 4,5–5,0) ou de acidez média (pH 5,1–5,5), com teores de Al³⁺ maiores que 4 mmol_c dm⁻³ ou de Ca²⁺ + Mg²⁺ menores que 20 mmol_c dm⁻³, a correção da acidez pela calagem é necessária (Oliveira; Coelho, 2009). A prática da calagem, que é recomendada com base na análise química do solo, eleva o pH do solo, contribuindo para o aumento da disponibilidade de nutrientes, como nitrogênio (N), P, potássio (K), enxofre (S) e molibdênio (Mo), para a neutralização do alumínio (Al) e/ou manganês (Mn) trocáveis, bem como para fornecimento de Ca e Mg para as plantas e elevação da saturação de bases (V%) (Meurer, 2000).

Algumas das recomendações de calagem existentes para o mamoeiro, visando à redução da acidez e ao aporte de bases, baseiam-se na elevação da saturação de bases (V%) de 60% a 80% (Soares; Quaggio, 1997; Viégas; Souza, 2007; Oliveira; Coelho, 2009; Costa et al., 2013; Prezotti, 2016) ou na neutralização do alumínio trocável (Al³⁺) e/ou aumento dos teores de Ca²⁺ e Mg²⁺ do solo (Souza et al., 1999; Moura et al., 2008). Para calcular a necessidade de calagem por meio da elevação do valor V%, utiliza-se a fórmula a seguir:

$$NC \text{ (t ha}^{-1}\text{)} = CTC (V_2 - V_1)/100 \times f$$

em que *NC* é a necessidade de calagem, expressa em t ha⁻¹ de calcário; *CTC* é a capacidade de

troca de cátions (cmol_c dm⁻³); *V*₂ é a percentagem da saturação de bases que se pretende atingir; *V*₁ é a percentagem inicial de saturação de bases (V%); *f* é igual a 100/*PRNT* do calcário; e *PRNT* é o poder relativo de neutralização total (especificado na embalagem do calcário adquirido).

Variações do estabelecimento da necessidade de calagem com base no teor de Al³⁺ e/ou Ca²⁺ + Mg²⁺ podem ser observadas nas tabelas de calagem e adubação disponibilizadas em publicações de instituições de pesquisa e extensão dos estados brasileiros. Todas as informações necessárias para estimar a necessidade de calagem são fornecidas pela análise química completa do solo.

A coleta de solo para análise química deve ser realizada antes do preparo do solo, de preferência nas profundidades de 0 cm–20 cm e de 20 cm–40 cm. Não existem estudos que determinem o tamanho da área ideal de um plantio de mamão para ser representado por uma amostra composta de solo. Dessa forma, segue-se a recomendação geral de dividir a área em porções de, no máximo, 10 ha. Essas porções devem ser uniformes quanto à topografia, cor e textura do solo, bem como quanto aos manejos que receberam, como adubação e calagem. Deve-se caminhar pela área em zigue-zague, de forma a abrangê-la por completo, retirar subamostras de solo em 10 a 20 pontos distintos, misturá-las bem e tirar uma parte para formar uma amostra composta que deverá ser encaminhada para análise no laboratório (Borges; Accioly, 2012).

A calagem, quando recomendada, deve ser realizada com antecedência de 2 a 3 meses antes do plantio, durante o preparo do solo. A quantidade de calcário comercial a ser utilizada deve ser corrigida de acordo com a qualidade do calcário, expressa pelo seu PRNT. Quando o teor de Mg²⁺ for inferior a 0,9 cmol_c dm⁻³, deve-se dar preferência ao calcário dolomítico, que deve conter de 250 g kg⁻¹ a 350 g kg⁻¹ de CaO e mais que 120 g kg⁻¹ de MgO. O teor mínimo de

Ca^{2+} no solo deve ser de $2,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Oliveira; Coelho, 2009).

Embora produtores da região do Extremo Sul da Bahia distribuam o calcário recomendado para a camada de 0–20 cm de profundidade no sulco de plantio, incorporando-o com um subsolador de três hastes, é recomendada a calagem incorporada em área total, que apresenta efeito positivo no crescimento da planta, diferentemente da aplicação localizada apenas na cova ou sulco de plantio (Cunha et al., 1983).

Respostas à adubação

Adubação nitrogenada, fosfatada e potássica

A experimentação com adubação do mamoeiro tem demonstrado que a cultura responde em produção principalmente à adubação nitrogenada (Gaillard, 1972; Awada; Long, 1978; Luna; Caldas, 1984; Marinho et al., 2001; Coelho et al., 2002; Oliveira; Caldas, 2004; Brito Neto et al., 2011). Porém, resultados diversos têm sido apresentados para a resposta produtiva do mamoeiro à adubação potássica (Gaillard, 1972; Luna; Caldas, 1984; Oliveira; Caldas, 2004; Anjos et al., 2015). A adubação fosfatada tem recebido menos atenção nos estudos de adubação do mamoeiro.

Em relação aos experimentos que testam diferentes doses de N, quando a dose máxima anual ficou entre 400 kg ha^{-1} e 643 kg ha^{-1} , as respostas em produção foram lineares (Luna; Caldas, 1984; Marinho et al., 2001; Brito Neto et al., 2011). Experimento que usou uma dose maior (40 kg ha^{-1} a 760 kg ha^{-1} de N por ano) como limite superior da faixa aplicada apresentou comportamento quadrático, com produção física máxima na dose de 347 kg ha^{-1} de N (Oliveira; Caldas, 2004), inferior às doses testadas pelos autores anteriormente citados.

Em relação à adubação fosfatada, as quantidades reportadas são menores quando

comparadas às aplicações de N e K. Em um dos poucos estudos a esse respeito, Luna e Caldas (1984) observaram efeito positivo de P nos aumentos de produção do mamoeiro em solos com teores iniciais de 2 mg dm^{-3} . Por sua vez, em solos com teores altos de P disponível (92 mg dm^{-3}), a adubação fosfatada com doses que variaram de 0 a 250 kg ha^{-1} de fosfato monoamônico (MAP) provocou decréscimo linear no número de frutos de mamão (Tosta, 2013). Excesso de P no solo pode levar às deficiências de ferro (Fe), zinco (Zn) e Ca por precipitações na forma de fosfatos, o que pode prejudicar a produção.

Embora em termos gerais os teores iniciais de K no solo influenciem na resposta das plantas à adubação potássica, esse fator isolado não é determinante para essa resposta, como mostram os experimentos realizados em solos com teores iniciais de K de $1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ a $1,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Gaillard, 1972), de $0,04 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Luna; Caldas, 1984), de $0,20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Oliveira; Caldas, 2004) e de $0,03 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Anjos et al., 2015), nos quais foram observadas diferentes respostas em relação à produção do mamoeiro. Doses anuais de 0 a 120 kg ha^{-1} de K_2O não mostraram efeito na produção do mamoeiro, embora os teores no solo estivessem baixo (Luna; Caldas, 1984). Porém, quando a dose anual máxima foi aumentada, testando-se variações de K_2O de 0 a 500 kg ha^{-1} (Gaillard, 1972), de 40 kg ha^{-1} a 760 kg ha^{-1} (Oliveira; Caldas, 2004) e de 720 kg ha^{-1} a 2.880 kg ha^{-1} (Anjos et al., 2015), com teores iniciais de K no solo que variaram de baixo a alto, houve aumento significativo da produção. Enquanto produções máximas foram obtidas na dose anual de 360 kg ha^{-1} de K_2O (Oliveira; Caldas, 2004), resposta linear foi obtida pela aplicação de doses crescentes de K_2O na forma de cloreto de potássio (KCl) via fertirrigação por gotejamento (Anjos et al., 2015). Esses autores observaram que, a partir da aplicação de doses superiores a 120 g por planta por mês de KCl (equivalente a 1.440 kg ha^{-1} por ano de K_2O) em um Neossolo Quartzarênico, houve

perda de bases por percolação, como Ca^{2+} , Mg^{2+} e sódio (Na^+), para as camadas inferiores do solo. Os autores consideraram que, embora o K tenha menor força de atração pela fração coloidal do solo por ser monovalente, quando em alta concentração, esse nutriente consegue deslocar outros cátions e ocupar os sítios de troca. Isso acaba favorecendo a percolação dos cátions deslocados. A partir de doses superiores a 180 g por planta por mês de KCl (equivalente a 2.160 kg ha⁻¹ por ano de K₂O), houve redução do desenvolvimento das plantas (altura e diâmetro), mas a produção não foi afetada e mostrou-se crescente em função das doses aplicadas, seguindo um modelo linear.

Relação N:K e qualidade dos frutos

Dados experimentais têm apresentado resultados de doses de fertilizantes em que a relação N:K₂O de 1:1 parece ser a mais favorável para obtenção de boas produtividades do mamoeiro (Gaillard, 1972; Coelho et al., 2002; Oliveira; Caldas, 2004). Em campo, observações empíricas dos produtores indicam que adubações nitrogenadas elevadas, principalmente na época chuvosa, proporcionam frutos moles com casca fina, sabor alterado e muito distanciados no tronco, além de crescimento excessivo da planta. Dessa forma, na prática, adotam a redução da relação N:K, diminuindo as doses de N e aportando mais fertilizantes potássicos, a fim de aumentar a firmeza dos frutos. Porém, Anjos et al. (2015) não observaram efeitos de doses crescentes de K na firmeza dos frutos, mas observaram diminuição do tempo de amadurecimento, aumento dos sólidos solúveis e, em aplicação de doses superiores a 120 g por planta por mês de KCl (equivalente a 1.440 kg ha⁻¹ por ano de K₂O), diminuição da acidez titulável (AT).

Em uma relação equilibrada de nutrientes, os frutos devem apresentar-se doces e com polpa mais consistente. O aumento dos sólidos solúveis está relacionado ao papel que o íon

K⁺ desempenha na síntese de carboidratos e açúcares (Malavolta, 2006). Etienne et al. (2013) inferem que a modificação na AT em resposta ao fornecimento de K deve-se ao fato de que o íon K⁺ afeta a síntese ou o armazenamento vacuolar de ácidos orgânicos na própria fruta.

Tanto a quantidade quanto os tipos de adubos podem influenciar na qualidade dos frutos de mamoeiro (Aular; Natale, 2013). Awada e Long (1978) observaram que doses crescentes de N na forma de sulfato de amônio aumentaram o número, mas reduziram o peso e o tamanho dos frutos de mamão. Por sua vez, Viégas et al. (1999) observaram aumento tanto do número quanto do peso dos frutos em função do aumento das doses de N na forma de ureia. Como a maior parte dos experimentos descrevem os resultados positivos da adubação nitrogenada na produtividade, mas não disponibilizam informações quanto aos parâmetros físicos dos frutos, não é possível concluir a sua influência sobre esses parâmetros.

As fontes de fertilizantes nitrogenados parecem exercer mais efeito nas variáveis químicas dos frutos que as doses (Marinho et al., 2001). O aumento das doses de N na forma de sulfato de amônio na adubação de mamão 'Sunrise Solo' reduziu linearmente a porcentagem de sólidos solúveis, enquanto o nitrato de amônio (Marinho et al., 2001) e a ureia (Luna; Caldas, 1984; Viégas et al., 1999; Oliveira et al., 2007) não alteraram essa variável. O teor de ácido ascórbico dos frutos é maior quando a planta é adubada com o nitrato de amônio em comparação com a adubação com sulfato de amônio. Ou seja, o ânion acompanhante (NO_3^- ou SO_4^{2-}) parece influenciar nas variáveis de qualidade dos frutos (Marinho et al., 2001). O N pode ter impacto indireto sobre a acidez das frutas, em razão do estímulo ao crescimento vegetativo, que provoca sombreamento (redução da temperatura e transpiração) ou desvio de assimilados dos frutos para o crescimento (Etienne et al., 2013). Além disso, a forma de adubação

(NO_3^- ou NH_4^+) também pode influenciar a acidez dos frutos, na qual a assimilação de NO_3^- nas folhas requer a síntese de ácidos orgânicos, influenciando de forma positiva a concentração de ânions orgânicos no floema, que são transportados junto com o K^+ . Por sua vez, NH_4^+ não promove a síntese de ânions orgânicos e pode afetar a absorção de cátions como o K^+ (Etienne et al., 2013). A absorção de K influencia de forma significativa na qualidade dos frutos de mamão, como mostra o trabalho de Santos et al. (2015), que observaram ajuste linear crescente dos dados de sólidos solúveis e de pH da polpa de mamão em função dos níveis foliares de K.

Considerando que o arranjo das plantas e as densidades de plantio interferem na absorção de nutrientes, Santos et al. (2014) realizaram estudo que correlacionou diferentes doses de N e K com os níveis foliares adequados nutricionalmente para o mamoeiro do grupo Formosa, cultivar Calimosa 01, em diferentes espaçamentos. Os autores concluíram que, na maioria das doses estudadas, o espaçamento de maior densidade de plantas deve proporcionar maior eficiência no uso da área útil do solo pelas raízes das plantas do mamoeiro, pois resultou em maior absorção e acúmulo foliar dos nutrientes quando comparado ao espaçamento com menor densidade de plantas. Os autores, ao considerarem a faixa de suficiência entre 40 g kg^{-1} e 50 g kg^{-1} para os níveis foliares de N do mamoeiro, observaram menor necessidade de adubação nitrogenada no espaçamento duplo em relação ao simples.

Para uma mesma densidade de plantio, a fonte de adubo nitrogenado na fertirrigação não influenciou estatisticamente no ganho de produtividade do mamoeiro 'Tainung 01' do grupo Formosa. Porém, o uso de nitrato de cálcio no lugar do sulfato de amônio aumentou o custo com o fertilizante em 650% (Souza et al., 2007), portanto não compensou o uso do nitrato de cálcio visando apenas à produtividade.

Densidade de plantio e uso de insumos orgânicos

O mamoeiro apresenta excelentes respostas à adubação orgânica. O uso de biofertilizantes no cultivo do mamoeiro como única fonte de adubação (Alves et al., 2012) ou complementado pela adubação mineral (Mesquita et al., 2007) tem mostrado resultados positivos na produção do mamoeiro sem influenciar na qualidade dos frutos. Alves et al. (2012) estudaram o efeito de um biofertilizante bovino na produção e qualidade do mamoeiro 'Sunrise Solo' em um Neossolo Flúvico. Os autores testaram doses que variaram de 0 a 20 L por planta por ano de biofertilizante e parcelamentos com intervalos de 1 a 4 meses de aplicação. Os autores observaram que, na dose de 10 L por planta por ano, houve a maior produtividade ($24,5 \text{ t ha}^{-1}$), com decréscimos na produção a partir dessa dose. Não houve diferença significativa entre os intervalos de aplicação estudados, e o intervalo de 120 dias foi considerado o mais adequado. O parcelamento e as doses não afetaram a qualidade dos frutos de mamão. Mesquita et al. (2007) trabalharam com dois tipos de biofertilizantes bovino (puro e enriquecido com macro e micronutrientes) e cinco doses por planta de mamoeiro 'Baixinho Santa Amália', em um Argissolo Vermelho-Amarelo. Além dos tratamentos com biofertilizantes, todas as plantas foram adubadas na cova com esterco bovino curtido e fosfato natural e, em cobertura, com ureia. Os autores não observaram diferença significativa entre os tipos de biofertilizantes aplicados a cada 2 meses, em relação à produção e à qualidade físico-química dos frutos, mas houve diferença significativa entre as doses. Em 8 meses de colheita, a maior produtividade observada foi de 54 t ha^{-1} e 50 t ha^{-1} , nas doses de 1,6 L e 1,7 L para os biofertilizantes puro e enriquecido, respectivamente. Esses resultados mostram o efeito positivo do uso do adubo orgânico principalmente quando associado à adubação mineral.

Marin (2004) sugere que as doses de esterco de galinha curtido adicionado na cova 60 dias antes do plantio variam em função do teor de matéria orgânica (MO) apresentado pela análise de solo: a) MO < 15 g kg⁻¹, aplicar 15 kg por cova; b) MO = 15 g kg⁻¹ a 30 g kg⁻¹, aplicar 10 kg por cova; c) MO > 30 g kg⁻¹, aplicar 5 kg por cova. Caso seja utilizado o esterco de curral, o autor indica aplicar o dobro da dose recomendada de esterco de galinha e evitar aqueles originados de propriedades rurais que utilizem herbicidas à base de 2,4-D nas pastagens, porque são extremamente fitotóxicos ao mamoeiro.

Em virtude da presença da indústria de celulose na Bahia e no Espírito Santo, é muito comum o uso pelos produtores de compostos orgânicos oriundos dessa indústria pelos baixos custos de aquisição. Segundo Vida (2017), estão disponíveis para comercialização os seguintes materiais:

- a) **Humoativo** – Oriundo de fermentação anaeróbia de lodo biológico, o humoativo é rico em fibras e lignina, com elevado grau de decomposição. Possui teor de carbono orgânico total de 200 g kg⁻¹, CTC de 400 mmol_c kg⁻¹, relação CTC:C igual a 20:1, N total de 7 g kg⁻¹, umidade máxima igual a 50%, pH 7,0 e relação C:N de 15:1.
- b) **Substrato de casca de eucalipto BM22** – Produzido a partir da fermentação aeróbia de cascas de eucalipto e rico em fibras vegetais. Apresenta densidade seca igual a 350 kg m⁻³, pH 8,8 ± 0,5, condutividade elétrica de 1,50 ± 0,3 mS cm⁻¹, capacidade de retenção de água igual a 50%, umidade máxima igual a 50%.
- c) **Humosolo** – Fórmula que alia as características do fertilizante humoativo com as do substrato de casca de eucalipto. Possui pH 8,5 ± 0,5, condutividade elétrica igual a 1,00 ± 0,3 mS cm⁻¹, capacidade de retenção de água igual a 50% e umidade máxima de 50%.

Porém, ressalta-se que ainda não existem estudos sobre o comportamento do mamoeiro em relação à aplicação destes materiais.

Modos, local e épocas de aplicação dos adubos

Alguns fatores podem prejudicar a eficiência da adubação, entre os quais se destacam os seguintes: a aplicação fora da época adequada do ciclo fenológico da planta e fora do local de maior concentração das raízes absorventes; chuvas intensas, que lixiviam os adubos; correção deficiente da acidez, que diminui a disponibilidade dos nutrientes; formulações de fertilizantes e quantidades inadequadas para as necessidades das plantas; uso durante o plantio ou em cobertura de adubos orgânicos mal decompostos, que ocasiona fermentação após a sua aplicação; práticas culturais deficientes, como uso de mudas de má qualidade, manejo inadequado de plantas infestantes e incidência de pragas e doenças.

As adubações de cobertura podem ser realizadas via solo ou via água. Para maior detalhamento sobre manejo da adubação via água, deve-se consultar o capítulo Irrigação e Fertirrigação do Mamoeiro (Capítulo 8). Na adubação via solo, este deve se apresentar úmido e o adubo deve ser aplicado a lanço, uniformemente, entre a parte mediana da copa e o tronco, visto que a copa do mamoeiro ocupa um raio máximo de 1 m e as raízes se concentram em raio inferior a 35 cm de distância do tronco (Costa et al., 2003).

Os adubos nitrogenados mais comumente utilizados na cultura do mamoeiro são a ureia (450 g kg⁻¹ de N), o sulfato de amônio (200 g kg⁻¹ de N) e o nitrato de amônio (340 g kg⁻¹ de N). O N deve ser fracionado o quanto possível, de preferência mensalmente.

Os fertilizantes fosfatados mais utilizados são os seguintes: superfosfato simples (180 g kg⁻¹ de P₂O₅), superfosfato triplo (450 g kg⁻¹ de P₂O₅), fosfato diamônico (DAP) (450 g kg⁻¹ de P₂O₅) e fosfato monoamônico (MAP) (480 g kg⁻¹ de P₂O₅). Deve-se dar preferência ao uso de superfosfato simples, para diminuir os problemas de competição de Cl⁻ e SO₄²⁻. Não se deve misturar

termofosfato com adubos nitrogenados (principalmente ureia e adubos orgânicos), a fim de evitar as perdas de N por volatilização. Em solos com pH elevado, não se deve usar termofosfato por causa de sua reação alcalina. Para a melhoria da qualidade do solo, pode-se efetuar uma fosfatagem (fosfato natural), a qual deve ser realizada antes da calagem. Em solos com menos de 5 mg dm^{-3} de P, a aplicação deve ser de 3 kg a 5 kg de P_2O_5 para cada 1% de argila.

O K pode ser aplicado como cloreto de potássio (600 g kg^{-1} de K_2O), sulfato de potássio (500 g kg^{-1} de K_2O) e nitrato de potássio (480 g kg^{-1} de K_2O). Quando da utilização de KCl, deve-se utilizar uma fonte de S (gesso ou superfosfato simples).

A adubação com micronutrientes pode ser feita na cova, em cobertura no solo ou via foliar. O boro (B), quando recomendado pela análise de solo, deve ser parcelado duas vezes no ano. Caso a opção seja pelo uso de FTE, deve-se aplicar na cova.

A maior parte das recomendações de adubação para o mamoeiro (próximo tópico) inclui a aplicação de uma fonte de adubo orgânico, seja na forma de resíduos de compostagem vegetal, seja na forma de esterco de animais, camas de frango, cinzas de fornos e tortas de mamona e de cacau. Embora as localizações da aplicação dos adubos orgânicos nessas recomendações de adubação variem entre aplicação na cova ou sulco de plantio e em cobertura (na linha de plantio), é unânime a recomendação do uso de uma fonte orgânica no ciclo de cultivo do mamoeiro.

Recomendações de calagem e adubação

A seguir são apresentadas recomendações de calagem e adubação disponibilizadas em publicações de instituições de pesquisa e extensão e em manuais de alguns estados brasileiros, com recomendações específicas para as condições edafoclimáticas dessas regiões.

Bahia

Recomendações de Oliveira e Coelho (2009)

Calagem: Recomenda-se efetuar a calagem para elevar a saturação de bases a 70% sempre que ela for inferior a 60%. Quando o teor de Mg^{2+} no solo for inferior a $0,9 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, deve-se dar preferência ao calcário com 250 g kg^{-1} a 350 g kg^{-1} de CaO e $\text{MgO} > 120 \text{ g kg}^{-1}$. O teor mínimo de Ca^{2+} no solo deve ser de $2,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

Espaçamentos: a) variedades do grupo Solo – espaçamento de fileira simples de $3,0 \text{ m} \times 2,0 \text{ m}$ (1.666 plantas por hectare) ou de fileira dupla de $3,6 \text{ m} \times 1,8 \text{ m} \times 1,8 \text{ m}$ (2.057 plantas por hectare); b) variedades do grupo Formosa – espaçamento de fileira simples de $3 \text{ m} \times 3 \text{ m}$ (1.111 plantas por hectare) ou fileira dupla de $4,0 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}$ (1.250 plantas por hectare) (Tabelas 1 a 3).

As adubações devem ser efetuadas em intervalos frequentes, dando preferência a fontes solúveis de adubos e que contenham S. A adubação da cova deve ser efetuada pela adição de adubo orgânico, misturando-o com os adubos minerais e a terra da cova de plantio.

No segundo ano após o plantio, deve-se fazer nova análise de solo no intuito de ajustar a adubação, seguindo-se as recomendações descritas na Tabela 3.

Espírito Santo

Recomendação de Prezotti (2016)

Para o estado do Espírito Santo, foi desenvolvida uma planilha on-line, na qual se pode obter a recomendação de adubação e calagem a partir da análise de solo. A planilha está disponível para consulta no site do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper)¹.

¹ Disponível em: <https://incaper.es.gov.br/Contents/Item/Display/1277>.

Tabela 1. Recomendação de adubação do mamoeiro, com base na análise química de solo, do plantio aos 120 dias pós-plantio, para o estado da Bahia.

| Fase | N | P Mehlich (mg dm ⁻³) | | | K trocável (cmol _c dm ⁻³) | | | B água quente (mg dm ⁻³) | | |
|-------------|---------------------|--|-------|-----|--|-----------|-------|--------------------------------------|---------|------|
| | Orgânico | <10 | 10–30 | >30 | <0,15 | 0,16–0,30 | >0,30 | <0,2 | 0,2–0,6 | >0,6 |
| | kg ha ⁻¹ | P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹) | | | K ₂ O (kg ha ⁻¹) | | | B (kg ha ⁻¹) | | |
| Plantio | 60 | 60 | 40 | 20 | - | - | - | - | - | - |
| Pós-plantio | N | P Mehlich (mg dm ⁻³) | | | K trocável (cmol _c dm ⁻³) | | | B água quente (mg dm ⁻³) | | |
| | Mineral | <10 | 10–30 | >30 | <0,15 | 0,16–0,30 | >0,30 | <0,2 | 0,2–0,6 | >0,6 |
| Dias | kg ha ⁻¹ | P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹) | | | K ₂ O (kg ha ⁻¹) | | | B (kg ha ⁻¹) | | |
| 30 | 10 | - | - | - | 20 | 15 | 10 | 1 | 0,5 | 0 |
| 60 | 10 | 20 | 15 | 10 | 20 | 15 | 10 | - | - | - |
| 90 | 20 | - | - | - | 20 | 15 | 10 | - | - | - |
| 120 | 20 | 20 | 15 | 10 | 20 | 15 | 10 | - | - | - |

Tabela 2. Recomendação de adubação do mamoeiro, com base na análise química de solo, da floração até os 360 dias pós-plantio, para o estado da Bahia.

| Produtividade esperada | N | P Mehlich (mg dm ⁻³) | | | K trocável (cmol _c dm ⁻³) | | | B água quente (mg dm ⁻³) | | |
|------------------------|---------------------|--|-------|-----|--|-----------|-------|--------------------------------------|---------|------|
| | mineral | <10 | 10–30 | >30 | <0,15 | 0,16–0,30 | >0,30 | <0,15 | 0,2–0,6 | >0,6 |
| | kg ha ⁻¹ | P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹) | | | K ₂ O (kg ha ⁻¹) | | | B (kg ha ⁻¹) | | |
| 30–50 | 180 | 60 | 40 | 20 | 220 | 140 | 60 | 1 | 0,5 | 0 |
| 50–70 | 230 | 70 | 50 | 30 | 270 | 180 | 80 | 1 | 0,5 | 0 |
| >70 | 280 | 80 | 60 | 40 | 320 | 210 | 100 | 1 | 0,5 | 0 |

Tabela 3. Recomendação de adubação do mamoeiro, com base na análise química de solo, no segundo ano pós-plantio (produção), para o estado da Bahia.

| Produtividade esperada | N | P-Mehlich (mg dm ⁻³) | | | K trocável (cmol _c dm ⁻³) | | | B água quente (mg dm ⁻³) | | |
|------------------------|---------------------|--|-------|-----|--|-----------|-------|--------------------------------------|---------|------|
| | Mineral | <10 | 10–30 | >30 | <0,15 | 0,16–0,30 | >0,30 | <0,2 | 0,2–0,6 | >0,6 |
| | kg ha ⁻¹ | P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹) | | | K ₂ O (kg ha ⁻¹) | | | B (kg ha ⁻¹) | | |
| 30–50 | 200 | 130 | 80 | 40 | 240 | 160 | 80 | 2 | 1 | 0 |
| 50–70 | 240 | 150 | 100 | 50 | 280 | 190 | 95 | 2 | 1 | 0 |
| >70 | 280 | 170 | 120 | 60 | 320 | 220 | 110 | 2 | 1 | 0 |

Calagem: elevar a saturação de bases a 80%.

O espaçamento sugerido é de 3,00 m x 1,30 m (1.538 plantas por hectare), e as recomendações de adubação são em gramas por planta (Tabela 4).

Adubação de plantio por metro linear de sulco:

- Aplicar 4 L de esterco de curral ou 2 L de esterco de galinha ou o N e K (Tabela 4) na fórmula 20-00-20.

Tabela 4. Recomendação de adubação do mamoeiro, para o estado do Espírito Santo de acordo com análise de solo e produtividade esperada de 50 t ha⁻¹, considerando 1.538 plantas por hectare.

| Fase de cultivo | N | P (mg dm ⁻³) ⁽¹⁾ | | | K (mg dm ⁻³) ⁽¹⁾ | | | | | |
|-----------------------------|----|---|-------|-----|---|-------|-------|---------|---------|---------|
| | | 0-9 | 10-19 | >19 | 0-59 | 60-79 | 80-99 | 100-119 | 120-149 | 150-199 |
| | | P ₂ O ₅ | | | K ₂ O | | | | | |
| g por planta ⁽²⁾ | | | | | | | | | | |
| Plantio | 8 | 54 | 36 | 18 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | - |
| 1º mês | 8 | - | - | - | 4 | - | - | - | - | - |
| 2º mês | 16 | - | - | - | 16 | 8 | 8 | 8 | - | - |
| 3º mês | - | 36 | 36 | 36 | - | - | - | - | - | - |
| 4º ao 8º mês | 20 | - | - | - | 30 | 30 | 20 | 20 | 20 | - |
| 9º ao 14º mês | 30 | - | - | - | 45 | 45 | 45 | 30 | 30 | 30 |
| 14º a 18º mês | 24 | - | - | - | 36 | 36 | 36 | 24 | 24 | 24 |

⁽¹⁾ Teores no solo. ⁽²⁾ Quantidade a ser aplicada por metro linear de sulco.

Fonte: Adaptado de Prezotti (2016).

- b) Aplicar 30 g de FTE.
- c) Aplicar o P na forma de superfosfato simples (18% de P₂O₅), de acordo com análise de solo (Tabela 4).

No terceiro mês após o plantio (antes da amontoa), aplicar 10 L de esterco por metro linear e o P na forma de superfosfato simples.

São indicadas formulações NPK de 20-00-10, 20-00-20 e 20-00-30 para aplicação em cobertura das adubações com N e K. Quando aplicado apenas N, é indicado o uso de sulfato de amônio. Quando os teores de K disponíveis no solo forem >199 mg dm⁻³, não usar adubo potássico. Os autores sugerem fazer o monitoramento com análise foliar para evitar desbalanços nutricionais.

Costa et al. (2013) apresentam um esquema de adubação empregado pelos agricultores no estado do Espírito Santo, com a recomendação de análises de solo e foliares a cada 3 meses para os ajustes que se fizerem necessários, diminuindo ou aumentando as doses aplicadas (Tabela 5).

Para correção da acidez do solo, a recomendação de calagem é feita para elevar a saturação de bases a 75%, conforme a fórmula:

$$NC = T(V_2 - V_1)p / PRNT$$

em que *NC* é a necessidade de calagem; *T*, a capacidade de troca catiônica (CTC) a pH = 7,0 (em cmol_c dm⁻³); *V*₂, a saturação de bases adequadas ao mamoeiro (em 75%); *V*₁, a saturação de bases atual do solo (em %); *p*, o fator de profundidade de aplicação do calcário, sendo 0,5 para aplicação superficial, 1,0 para aplicação a 20 cm de profundidade e 2,0 para aplicação a 30 cm de profundidade; e *PRNT*, o poder relativo de neutralização total do calcário que vem descrito na embalagem do produto.

Adubação de plantio: aplicar 10 L de adubo orgânico por metro linear de sulco, que pode ser composto orgânico ou uma mistura de esterco de boi com esterco de galinha na proporção de 2:1. Repete-se essa adubação orgânica aos 3 meses após o plantio.

Considerando a recomendação de P por hectare, os autores indicam que, para teor inicial no solo inferior a 60 mg dm⁻³, aplicar 150 kg ha⁻¹ de

Tabela 5. Recomendação de adubação de cobertura para o mamoeiro, no estado do Espírito Santo.

| Idade (mês) | Dose (g por planta) | | | | |
|-------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|----------------------|
| | Formulado 12-00-24 | Formulado 04-30-10 | Superfosfato simples | Cloreto de potássio | Sulfato de amônio |
| 2º | - | - | - | - | 25 |
| 3º | - | 200 | - | - | - |
| 4º | 150 | - | - | - | - |
| 5º | 150 | - | - | - | - |
| 6º | 150 | - | 50 | - | - |
| 7º | 150 | - | - | 20 | - |
| 8º | 150 | - | - | - | - |
| 9º | 150 | - | 50 | - | - |
| 10º | 150 | - | - | - | - |
| 11º | 150 | - | 50 | - | - |
| 12º | 150 | - | - | - | - |
| 13º | 150 | - | - | - | - |
| 14º | 150 | - | - | - | - |
| 15º | 150 | - | - | - | - |
| 16º | 150 | - | - | - | - |

Fonte: Costa et al. (2013).

P_2O_5 ; para teor igual ou maior que 60 mg dm^{-3} , aplicar 125 kg ha^{-1} .

Adubações de cobertura: aplicar os adubos de acordo com a Tabela 5. Os micronutrientes são fornecidos via adubação foliar, quinzenalmente, alternando-se uma aplicação com todos os nutrientes com uma apenas com B e Ca.

Rio de Janeiro

Recomendações de Freire (2013)

Produtividade esperada: no primeiro ano de produção, espera-se produtividade de 30 t ha^{-1} a 50 t ha^{-1} , com decréscimo de cerca de 50% no segundo ano. Os espaçamentos em filas simples devem ser de 2,5 m a 3,5 m entre fileiras e de 1,5 m a 2,5 m entre plantas. Para um espaçamento de 3,0 m x 2,0 m, são aproximadamente 1.667 plantas por hectare.

O espaçamento em filas duplas, em quincôncio, deve ser de 3,5 m x 1,8 m x 1,8 m (2.096 plantas por hectare) ou ainda de 4,0 x 2,0 x 2,0 m (1.667 plantas por hectare).

Calagem: incorporar calcário para eliminar o alumínio tóxico (teor de Al^{3+} x fator de eficiência da calagem) e/ou para elevar o nível de Ca^{2+} e Mg^{2+} para $3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, em área total ou na cova. Usar exclusivamente calcário dolomítico se os teores de Mg do solo forem menores que $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

Adubação orgânica: a adubação orgânica pode substituir totalmente a adubação mineral, se a quantidade e a qualidade do adubo suprirem as necessidades dos nutrientes da planta. Caso contrário, deve-se lançar mão de adubação mineral complementar. A quantidade a ser empregada depende da qualidade do adubo disponível e das condições locais – solo, clima e

manejo. O adubo orgânico deve ser aplicado 20 a 30 dias antes do plantio da muda.

Adubação mineral: deve ser complementar à adubação orgânica. Aplicar no plantio as doses de P_2O_5 e K_2O indicadas na Tabela 6, de acordo com os resultados das análises de P e K nas amostras de solo (Tabela 6).

Tabela 6. Recomendação de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio para o mamoeiro, no estado do Rio de Janeiro.

| Nutriente | Quantidade |
|---|--|
| Nitrogênio - plantio | g de N por planta |
| - | 30 |
| Teor de P ($mg\ kg^{-1}$) - plantio | g de P_2O_5 por planta |
| 0–10 | 40 |
| 11–30 | 20 |
| >30 | 10 |
| Teor de K ($mg\ kg^{-1}$) - cobertura | g de K_2O por planta |
| 0–45 | 40 |
| 46–90 | 20 |
| >90 | 0 |

Fonte: Adaptado de Freire (2013).

Em cobertura, devem ser realizadas três adubações nitrogenadas. A primeira dose (25 g de N) deve ser aplicada no início da floração. A segunda (15 g de N) e terceira (30 g de N) doses devem ser aplicadas aos 90 e 180 dias após o início da floração, respectivamente. O K deve ser parcelado em duas doses e aplicado 1/3 e 2/3 da recomendação (Tabela 6) junto com a segunda e terceira doses de N, respectivamente.

Notas:

- a) A quantidade total de P recomendada pode ser aplicada de uma só vez, antes do transplantio, usando 70% da dose como fosfato de rocha e 30% como fosfato solúvel. Nesse caso, aplicar o adubo em faixa ou ajustar as dimensões da cova

de acordo com o volume do adubo a ser aplicado.

- b) A adubação verde, com leguminosas, tem efeito positivo no desenvolvimento do mamoeiro. O adubo verde, de ciclo curto e porte baixo, pode ser plantado de 40 a 50 dias após o plantio das mudas de mamoeiro, em plantios não adensados.
- c) Em solos arenosos, é aconselhável o uso de cobertura morta para preservar a umidade.

Pará

Recomendações de Cravo (2010)

Espaçamentos: as fileiras simples devem ter espaçamento de 3,0 m a 4,0 m entre linhas e de 1,8 m a 2,5 m entre plantas, dentro das linhas, com densidades que variem de 1.000 a 1.852 plantas por hectare. As fileiras duplas devem ter espaçamento de 3,6 m a 4,0 m entre duas fileiras e de 1,8 m a 2,5 m entre plantas, distribuídas no sistema triangular, dentro das fileiras, com o estande variando de 1.231 a 2.058 plantas por hectare.

Calagem: aplicar o calcário para diminuir a saturação de alumínio para 5%, utilizando dados da análise de solo da área, conforme a equação a seguir:

$$NC = 1,5[(Al^{3+} - SAD(Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Al^{3+}) / 100]$$

em que NC ($t\ ha^{-1}$) é a necessidade de calagem com $PRNT$ corrigido para 100%; 1,5, o fator multiplicativo da equação (para solos argilosos, usar o fator 1,8); SAD , a saturação de alumínio (m) desejada para a cultura do mamão, no caso igual a 5; e $Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Al^{3+}$, os teores indicados na análise de solo ($cmol_c\ dm^{-3}$).

É recomendável o uso de calcário dolomítico, principalmente em solos com teor de Mg inferior

a $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. O calcário deve ser dividido em duas partes iguais. A primeira parte deve ser aplicada na superfície do terreno e incorporada a uma profundidade de 20 cm com arado ou grade aradora. A segunda deve ser aplicada e incorporada depois da aração, de preferência no mesmo dia para evitar que o vento ou a chuva retire o calcário da área.

Plantio: aplicar na cova 20 L de esterco de curral curtido ou 5 L de esterco de galinha ou 2 L de torta de mamona, todo o adubo fosfatado recomendado para plantio, o calcário (se for decidido aplicar na cova) e o FTE (Tabela 7).

Adubação no 1º ano: o N e o K devem ser parcelados em partes iguais e aplicados de 2 em 2 meses durante o período chuvoso, em faixa circular, na projeção da copa. A partir do 2º ano, deve-se aplicar todo o P junto com a primeira adubação com N e K. Os adubos devem ser incorporados ao solo, e a cobertura morta deve ser feita na projeção da copa das plantas (Tabela 7).

Quando os teores de P e K no solo forem 50% maiores que os limites superiores estabelecidos na Tabela 7, a recomendação é de não adubar com esses nutrientes.

Micronutrientes: aplicar o equivalente a 30 kg ha^{-1} de FTE que contenha B e Zn na formulação. Pode-se aplicar a lanço e incorporar junto com o calcário ou dividir e aplicar na cova de plantio.

Sergipe

Recomendações de Viégas e Souza (2007)

Calagem: elevar a saturação de bases a 60%, quando esta for inferior a 50%.

Adubação orgânica: deve-se aplicar, 30 dias antes do plantio, 30% do volume da cova com esterco bovino ou 10% com torta de mamona ou com esterco de galinha poedeira ou de codorna.

Espaçamentos: para variedades do grupo Solo (mamão papaya), o espaçamento entre fileiras simples deve ser de $3,0 \text{ m} \times 2,0 \text{ m}$ (1.666 planta por hectare). Para variedades do grupo Formosa, o espaçamento entre fileiras duplas deve ser de $4,0 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}$ (1.338 plantas por hectare)

Adubação com micronutriente: deve ser realizada na cova com 50 g a 100 g de FTE BR-8 ou FTE BR-9, tendo como base a concentração de B do produto comercial (de 1,0 g a 2,0 g de B por cova).

As aplicações em cobertura deverão ser realizadas até o 5º mês após o plantio, em círculo, distantes 15 cm do caule e com largura de 15 cm. Após o 6º mês, as aplicações deverão ser feitas em faixas de 20 cm, respeitando o local do emissor de água (quando irrigado) e a declividade do terreno.

Os parcelamentos das doses de fertilizantes (Tabela 8) deverão ser realizados de acordo com

Tabela 7. Recomendação de adubação para o mamoeiro, no estado do Pará.

| Época | Dose de N | P Mehlich (mg dm^{-3}) | | | K (mg dm^{-3}) | | |
|------------------|---------------------|--|-------|-----|--|-------|-----|
| | | 0-10 | 11-20 | >20 | 0-40 | 41-60 | >60 |
| | kg ha^{-1} | P_2O_5 (kg ha^{-1}) | | | K_2O (kg ha^{-1}) | | |
| Plantio | - | 80 | 60 | 40 | - | - | - |
| 1º ano | 150 | - | - | - | 90 | 60 | 30 |
| 2º ano em diante | 200 | 80 | 60 | 40 | 120 | 90 | 60 |

Fonte: Adaptado de Cravo (2010).

a idade da planta, com o clima e com as características físicas do solo.

Tabela 8. Recomendação de adubação para o mamoeiro, no estado de Sergipe.

| Nutriente | Quantidade |
|--|---|
| Nitrogênio | g de N por planta |
| - | 120 |
| Fósforo no solo | g de P₂O₅ por planta |
| Baixo | 100 |
| Médio | 60 |
| Alto | 30 |
| Potássio no solo (mg dm⁻³) | g de K₂O por planta |
| Até 30 | 120 |
| 30–60 | 80 |
| >60 | 50 |

Fonte: Adaptado de Viégas e Souza (2007).

São Paulo

Recomendações de Soares e Quaggio (1997)

Espaçamento: o espaçamento em fileiras simples deve ser de 3,0 m x 2,0 m, 3,0 m x 3,0 m ou 4,5 m x 2,0 m (1.000 a 1.700 plantas por hectare).

Calagem: aplicar calcário para elevar a saturação de bases a 80% e manter o teor de Mg no mínimo em 0,9 cmol_c dm⁻³.

Adubação de plantio e formação: aplicar 5 L por cova de esterco de curral curtido ou 2 L de esterco de galinha, em mistura com 60 g de P₂O₅, 30 g de K₂O e a terra da superfície, 30 dias antes do plantio.

Aplicar duas vezes 10 g de N por planta: metade 1 mês após o plantio e metade 2 meses mais tarde.

Adubação de produção: Aplicar de acordo com a análise de solo inicial do terreno e a produtividade esperada (Tabela 9).

Em solos arenosos, deve-se utilizar 5 t ha⁻¹ de esterco de galinha. A adubação deve ser parcelada em três vezes: setembro, dezembro e março. Os adubos devem ser aplicados em faixas de 1,5 m de largura, a partir do caule, nos dois lados da planta.

A adubação do segundo ano deve ser definida após nova análise de solo, de acordo com os dados da Tabela 9. O K deve ser empregado de preferência na forma de sulfato.

Minas Gerais

Recomendações de Souza et al. (1999)

Espaçamento: 2,0 m x 3,0 m (1.667 plantas por hectare)

Tabela 9. Recomendação de adubação em função da produtividade esperada para o mamoeiro, no estado de São Paulo.

| Produtividade esperada (t ha ⁻¹) | N | P resina (mg dm ⁻³) | | | K trocável (mmolc dm ⁻³) | | | B (mg dm ⁻³) | | Zn (mg dm ⁻³) | |
|--|---------------------|--|-------|-----|---|---------|------|--------------------------|-------|---------------------------|------|
| | | 0–12 | 13–30 | >30 | 0–1,5 | 1,6–3,0 | >3,0 | 0–0,20 | >0,20 | 0–0,5 | >0,5 |
| | kg ha ⁻¹ | P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹) | | | K ₂ O (kg ha ⁻¹) | | | B (kg ha ⁻¹) | | Zn (kg ha ⁻¹) | |
| <25 | 90 | 60 | 40 | 20 | 100 | 80 | 40 | 1,0 | 0 | 3 | 0 |
| 25–50 | 120 | 90 | 60 | 30 | 150 | 100 | 60 | 1,5 | 0 | 4 | 0 |
| >50 | 160 | 120 | 90 | 50 | 200 | 150 | 100 | 2,0 | 0 | 5 | 0 |

Fonte: Adaptado de Soares e Quaggio (1997).

Calagem: $NC \text{ (t ha}^{-1}\text{)} = Y[Al^{3+} - (5 \text{ CTC}/100)] + [3,5 - (Ca^{2+} + Mg^{2+})]$, em que Y varia de 0 a 4 (Tabela 10).

Obs.: Na fórmula de NC , se um dos fatores da soma for negativo, considerar o valor zero para efeito de cálculo.

Tabela 10. Valores de Y definidos em função da textura do solo e do teor de argila para cálculo da calagem, no estado de Minas Gerais.

| Solo | Argila (%) | $Y^{(1)}$ |
|----------------|------------|-----------|
| Arenoso | 0–15 | 0,0–1,0 |
| Textura média | 15–35 | 1,0–2,0 |
| Argiloso | 35–60 | 2,0–3,0 |
| Muito argiloso | 60–100 | 3,0–4,0 |

⁽¹⁾ Y = valor variável em função da capacidade tampão da acidez do solo.

Fonte: Adaptado de Alvarez V. e Ribeiro (1999).

Adubação: aplicar de acordo com a análise de solo e a produtividade esperada de 50 t ha⁻¹ (Tabelas 11 e 12).

Deve-se adicionar aos fertilizantes, na cova, 60 dias antes do plantio, 20 L de esterco de curral ou 5 L de esterco de galinha ou 2 L de torta de mamona e 100 g de calcário dolomítico para cada tonelada aplicada na área total.

A primeira adubação de cobertura deve ser realizada após o pegamento da muda. Com base no teor de P₂O₅ disponível, recomenda-se a aplicação de metade da dose de P₂O₅ na forma de fosfato solúvel em água e metade na forma de fosfato reativo.

Se a análise de solo indicar deficiência de B e Zn, deve-se aplicar 5 g de bórax e/ou 10 g de sulfato de zinco por cova.

O adubo nitrogenado deve ser aplicado, de preferência na forma de ureia, até 1 m da linha de projeção da copa.

Tabela 11. Recomendação de adubação para a primeira safra de mamoeiro, no estado de Minas Gerais, de acordo com análise de solo e a produtividade esperada de 50 t ha⁻¹.

| Época | N g por planta | Disponibilidade de P ⁽¹⁾ | | | Disponibilidade de K ⁽¹⁾ | | |
|---------------------|-------------------|--|-------|-----|-------------------------------------|-------|-----|
| | | Baixa | Média | Boa | Baixa | Média | Boa |
| | | P ₂ O ₅ (g por planta) | | | K ₂ O (g por planta) | | |
| Plantio | | | | | | | |
| Outubro | 0 | 60 | 40 | 20 | 30 | 20 | 10 |
| Pós-plantio | | | | | | | |
| Outubro | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Janeiro | 20 | 0 | 0 | 0 | 60 | 40 | 20 |
| Fevereiro | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Abril | 40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Frutificação | | | | | | | |
| Outubro | 20 | 30 | 20 | 10 | 30 | 20 | 10 |
| Dezembro | 30 | 0 | 0 | 0 | 30 | 20 | 10 |
| Fevereiro | 30 | 0 | 0 | 0 | 30 | 20 | 10 |

⁽¹⁾ Utilizar os critérios de interpretação apresentados na Tabela 12.

Fonte: Adaptado de Souza et al. (1999).

Tabela 12. Classes de interpretação da disponibilidade para o fósforo (P) de acordo com o teor de argila do solo ou do valor de P remanescente⁽¹⁾ (P-rem) e para potássio (K) para qualquer textura do solo, no estado de Minas Gerais.

| Argila (%) | Classificação | | | P – rem (mg L ⁻¹) | Classificação | | |
|------------|--|------------------------|-----------|-------------------------------|--|------------------------|-----------|
| | Baixo | Médio | Bom | | Baixo | Médio | Bom |
| | P disponível (mg dm ⁻³) ⁽²⁾ | | | | P disponível (mg dm ⁻³) ⁽²⁾ | | |
| 60–100 | 2,8–5,4 | 5,5–8,0 ⁽³⁾ | 5,5–8,0 | 0–4 | 3,1–4,3 | 4,4–6,0 ⁽³⁾ | 6,1–9,0 |
| 35–60 | 4,1–8,0 | 8,1–12,0 | 8,1–12,0 | 4–10 | 4,1–6,0 | 6,1–8,3 | 8,4–12,5 |
| 15–35 | 6,7–12 | 12,1–20,0 | 12,1–20,0 | 10–19 | 6,1–8,3 | 8,4–11,4 | 11,5–17,5 |
| 0–15 | 10,1–20,0 | 20,1–0,0 | 20,1–30,0 | 19–30 | 8,1–11,4 | 11,5–15,8 | 15,9–21,0 |
| | K disponível (mg dm ⁻³) ⁽²⁾ | | | 30–44 | 11,1–15,8 | 15,9–21,8 | 21,9–33,0 |
| - | 16–40 | 41–70 ⁽⁴⁾ | 71–120 | 44–60 | 15,1–21,8 | 21,9–30,0 | 30,1–45,0 |

⁽¹⁾P remanescente – teor de P da solução de equilíbrio após agitar durante 1 h a terra fina seca ao ar (TFSA) com solução de CaCl₂ 10 mmol L⁻¹, contendo 60 mg L⁻¹, na relação 1:10. ⁽²⁾Método Mehlich-1. ⁽³⁾Nesta classe, apresentam-se os níveis críticos para P de acordo com o teor de argila ou do valor de P – rem. ⁽⁴⁾O limite superior desta classe indica o nível crítico.

Fonte: Adaptado de Alvarez V. et al. (1999).

Pernambuco

Recomendações de Moura et al. (2008)

Cultivares: ‘Sunrise Solo’ (grupo Solo) e ‘Tainung nº 1’ e ‘Tainung nº 2’ (grupo Formosa).

Espaçamento: 3,0 m x 2,0 m (1.666 plantas por hectare).

Produtividade média do estado: 16 t ha⁻¹ (‘Sunrise Solo’) e 27 t ha⁻¹ (grupo Formosa).

Produtividade esperada com a adubação proposta: 30 t ha⁻¹ (‘Sunrise Solo’) e 50 t ha⁻¹ (grupo Formosa).

Calagem (t ha⁻¹): deve-se usar o maior valor calculado pelas fórmulas $NC = f \times AI$ ou $NC = f [2 - (Ca + Mg)]$, em que $f = 1,5; 2$ e $2,5$ para solos com teores de argila <15, 15 a 35 e >35%, respectivamente.

Adubação orgânica: deve-se aplicar 20 L de esterco de curral bem curtido, na cova, 20 dias antes do plantio.

Micronutriente: em casos de deficiências, deve-se aplicar 6,5 g de ácido bórico no solo,

acompanhado de pulverizações foliares com solução de ácido bórico a 0,25% a cada 2 meses. Aplicar também uma solução de sulfato de zinco a 0,5%.

Adubação mineral: aplicar de acordo com a análise de solo e a produtividade esperada de 30 t ha⁻¹ a 55 t ha⁻¹, para variedades dos grupos Solo e Formosa, respectivamente (Tabela 13).

O P deve ser aplicado todo na cova, junto com o adubo orgânico, enquanto N e K devem ser parcelados em duas aplicações: metade aos 30 dias do plantio e o restante 90 dias após o plantio.

Na fase produtiva, N e K devem ser parcelados em três aplicações, enquanto o P deve ser aplicado de uma única vez, no início das chuvas, juntamente com as primeiras doses de N e K. A adubação só deve ocorrer no 3º ano, se a cultura for viável economicamente. Os fertilizantes devem ser aplicados na projeção da copa, fazendo-se a incorporação ao solo. Na combinação dos fertilizantes, deve-se usar sempre uma fonte com S, como, por exemplo, sulfato de amônio ou sulfato de potássio ou superfosfato simples.

Tabela 13. Recomendação de adubação para o mamoeiro, no estado de Pernambuco, de acordo com análise de solo e produtividade esperada de 30 t ha⁻¹ e 55 t ha⁻¹, para variedades dos grupos Solo e Formosa, respectivamente.

| Em cobertura (após plantio) | | | |
|--|---------|-------------|----------|
| Nutriente | Plantio | Crescimento | Produção |
| N (g por planta) | | | |
| N (não analisado) | - | 30 | 100 |
| P₂O₅ (g por planta) | | | |
| P no solo (Mehlich-1) (mg dm ⁻³) | | | |
| <11 | 60 | - | 80 |
| 11-20 | 60 | - | 50 |
| >20 | 60 | - | 20 |
| K₂O (g por planta) | | | |
| K no solo (cmol _c dm ⁻³) | | | |
| <0,12 | - | 30 | 120 |
| 0,12-0,23 | - | 30 | 80 |
| >0,23 | - | 30 | 50 |

Fonte: Moura et al. (2008).

Recomendação geral para regiões produtoras

A seguir, são descritas as recomendações de Marin (2004), com base em Marin (1995), para lavouras comerciais de mamoeiro do grupo Solo, implantadas em solos de Tabuleiros Costeiros localizadas na faixa litorânea dos seguintes estados: Espírito Santo, Bahia, Sergipe, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará.

Espaçamento:

a) **Fileiras simples:** 3,6 m entre fileiras e de 2,2 m a 2,5 m entre plantas (dentro da

fileira), com densidade variando de 1.389 a 1.543 plantas por hectare.

b) **Fileiras duplas:** 3,6 m separando as linhas duplas e de 1,8 m a 2,0 m dentro das fileiras duplas e entre plantas, com densidade variando de 1.786 a 2.058 plantas por hectare. No sistema de fileiras duplas, as plantas devem ser dispostas alternadamente, na forma triangular, nas linhas de plantio.

c) **Adubação orgânica e mineral na cova:** os adubos recomendados na Tabela 14 deverão ser misturados ao solo de

Tabela 14. Recomendação geral de adubação de cova de acordo com a análise de solo.

| Matéria orgânica do solo ⁽¹⁾ (g kg ⁻¹) | Esterco de galinha ⁽²⁾ (kg por cova) | Fósforo no solo ⁽¹⁾ (mg dm ⁻³) | P ₂ O ₅ (g por cova) | Potássio no solo ⁽¹⁾ (mg dm ⁻³) | K ₂ O (g por cova) |
|---|---|---|--|--|-------------------------------|
| <15 | 15 | <10 | 60 | <30 | 30 |
| 15-30 | 10 | 11-30 | 40 | 31-60 | 20 |
| >30 | 5 | >30 | 20 | >60 | 10 |

⁽¹⁾ Teor inicial pela análise do solo. ⁽²⁾ Se usar esterco de curral, usar o dobro da quantidade recomendada como esterco de galinha.

Fonte: Adaptado de Marin et al. (1995).

enchimento da cova. Aplicar de 20 g a 30 g por cova de FTE BR-8 ou BR-10.

- d) **Calagem:** a saturação de bases deve ser elevada a 80%, incorporando o calcário por ocasião do preparo do solo. Aplicar 100 g de calcário por cova para cada tonelada recomendada.

Adubação de cobertura: devem ser aplicadas as doses recomendadas na Tabela 15.

Para solos com teores abaixo de $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Mg ou com relação Ca:Mg acima de 4:1, deve-se aplicar de 30 g a 50 g de Mg por planta.

Preventivamente, devem ser realizadas duas pulverizações foliares com B durante o ano, na proporção de 250 g do produto comercial a 11,3% ou 200 mL do produto comercial a 10%, ambos por 100 L de água. Constatando-se deficiência na cultura, deve-se aplicar B no solo, em cobertura, na projeção da copa. Se os produtos comerciais forem mais concentrados (17% de B), deve-se aplicar 5 g por planta. Se a concentração for menor (9% de B), a dose deve ser de 10 g por planta, seguida de pulverizações foliares a cada 2 meses, até que os frutos estejam normais.

Duas vezes ao ano, deve-se realizar a aplicação de 30 g de FTE BR-8 ou BR-10 por planta.

A partir do 3º ano após o plantio, não se recomenda adubar o mamoeiro, em virtude do declínio normal da produção, o que torna essa prática inviável economicamente.

Considerações finais

O mamoeiro é reconhecido como uma fruteira que responde em produtividade às adubações, o que o torna dependente do uso de adubos para uma produção comercialmente viável, principalmente nos solos brasileiros que, em sua maioria, apresentam baixos níveis de fertilidade. Sabe-se que a resposta da planta à adubação depende não só do nível tecnológico que está sendo empregado, mas também das

Tabela 15. Recomendação da adubação para o mamoeiro em solos de Tabuleiros Costeiros.

| Época (mês após plantio) | Mistura/Fonte | Aplicação (g) |
|--------------------------|---|---------------|
| 1º | Sulfato de amônio | 60 |
| 2º | 100 kg de sulfato de amônio 50 kg de cloreto de potássio | 75 |
| 3º e 4º | 100 kg de sulfato de amônio 100 kg de superfosfato simples 50 kg de cloreto de potássio | 100 |
| 5º | 100 kg de sulfato de amônio 50 kg de cloreto de potássio | 125 |
| 6º e 7º | 100 kg de sulfato de amônio 100 kg de superfosfato simples 50 kg de cloreto de potássio | 150 |
| 8º | 100 kg de sulfato de amônio 50 kg de cloreto de potássio | 175 |
| 9º e 10º | 100 kg de sulfato de amônio 100 kg de superfosfato simples 50 kg de cloreto de potássio | 200 |
| 11º | 100 kg de sulfato de amônio 50 kg de cloreto de potássio | 200 |
| 12º a 24º | 100 kg de sulfato de amônio 100 kg de superfosfato simples 50 kg de cloreto de potássio | 200 |

Fonte: Marin et al. (1995).

condições edafoclimáticas de cultivo. Fatores como índice pluviométrico, tipos de solos, temperatura, insolação, entre outros, influenciam na resposta da planta às fertilizações ministradas, motivo pelo qual as recomendações são feitas por estado/região, por meio de ensaios experimentais e validação das recomendações de adubação.

Na prática, porém, as informações a respeito desse tema muitas vezes são genéricas e não levam em consideração algumas características intrínsecas de cada local. Assim, para a cultura do mamoeiro, é importante buscar as recomendações sobre adubação e calagem disponíveis nos estados ou regiões, considerando o nível tecnológico para o qual elas são propostas. Plantios irrigados, por exemplo, respondem com maior produtividade e necessitam de maiores quantidades de adubo. Solos arenosos necessitam de maior parcelamento, pois têm menor poder de retenção dos nutrientes. Dessa forma, para a obtenção de um esquema de adubação ajustado, faz-se necessária a execução de um planejamento prévio, com amostragem de solo para análise química e levantamento dos dados disponíveis sobre a cultura para a região de plantio. A partir dessas informações, pode-se proceder a um melhor planejamento para o uso de corretivos e adubos.

Referências

- ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F. de; BARROS, N. F. de; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, T. G.; ALVAREZ V., V. H. (ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 25-32.
- ALVAREZ V., V. H.; RIBEIRO, A. C. Calagem. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, T. G.; ALVAREZ V., V. H. (ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 43-60.
- ALVES, A. de S.; SANTOS, J. G. R. dos S.; FARIAS, A. A. de, OLIVEIRA, F. da S.; EUBA NETO, M. Produtividade do mamoeiro Havaí submetido a dosagens e intervalos de aplicação de biofertilizante bovino. **Engenharia Ambiental – Espírito Santo do Pinhal**, v. 9, n. 1, p. 100-109, jan./mar. 2012.
- ANJOS, D. C. dos; HERNANDEZ, F. F. F.; COSTA, J. M. C. da; CABALLERO, S. S. U.; MOREIRA, V. O. G. Fertilidade do solo, crescimento e qualidade de frutos do mamoeiro Tainung sob fertirrigação com potássio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 4, p. 774-785, 2015. DOI: [10.5935/1806-6690.20150065](https://doi.org/10.5935/1806-6690.20150065).
- 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, dez. 2013. DOI: [10.1590/S0100-29452013000400033](https://doi.org/10.1590/S0100-29452013000400033).
- AWADA, M.; LONG, C. Relation of nitrogen and phosphorus fertilization to fruiting and petiole of Solo papaya. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 103, p. 217-219, 1978.
- AWADA, M.; SUEHISA, R.; KANEHIRO, Y. Effects of lime and petiole composition of papaya. **Journal American Society Horticultural Science**, v. 100, n. 3, p. 294-298, 1975.
- BORGES, A. L.; ACCIOLY, A. M. de A. **Amostragem de solo para recomendação de calagem e adubação**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2012. 2 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/74581/1/Folder-AmostragemSolo-2012.pdf>. Acesso em: 11 out. 2018.
- BRITO NETO, J. F. de; PEREIRA, W. E.; CAVALCANTI, L. F.; ARAÚJO, R. da C.; LACERDA, J. S. de. Produtividade e qualidade de frutos de mamoeiro ‘Sunrise Solo’ em função de doses de nitrogênio e boro. **Semina: ciências agrárias**, v. 32, n. 1, p. 69-80, jan./mar. 2011. DOI: [10.5433/1679-0359.2011v32n1p69](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32n1p69).
- COELHO, E. F.; OLIVEIRA, A. M. G.; SILVA, T. S. M.; SANTOS, D. B. Produtividade do mamoeiro sob diferentes doses de nitrogênio e potássio aplicados via água de irrigação. In: WORKSHOP DE FERTIRRIGAÇÃO, 2., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP, 2002. p. 78-87.
- COSTA, A. de F. S. da; COSTA, A. N. da; DESSAUNE FILHO, N. Distribuição do sistema radicular do mamoeiro em solos do Estado do Espírito Santo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 15., 1998, Poços de Caldas. **Resumos...** Poços de Caldas: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1998. p. 494.
- COSTA, A. de F. S. da; COSTA, A. N. da; SANTOS, F. A. M. dos; BARETTO, F. C.; ZUFFO, V. J. Plantio, formação e manejo da cultura. In: MARTINS, D. dos S.; COSTA, A. de F. S. da (ed.). **A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção**. Vitória, ES: Incaper, 2003. p. 127-159.
- COSTA, A. N. da; COSTA, A. de F. S. da; FERREGUETTI, G. A. Manejo da fertilidade do solo e da nutrição do mamoeiro. **Cultivo do Mamoeiro**, v. 34, n. 275, p. 38-47, 2013.

- CRAVO, M. da S. Mamoeiro. In: CRAVO, M. da S.; VIÉGAS, I. de J. M.; BRASIL, E. C. (ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará**. 1. ed. rev. atual. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2010. p. 235-236.
- CUNHA, R. J. P.; HAAG, H. P.; ELIAS, G. G. Nutrição mineral do mamoeiro (*Carica papaya* L.). VI – Influência da calagem e de níveis de calcário na cova, sobre a concentração de nutrientes nas folhas e o desenvolvimento inicial da planta. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v. 40, n. 1, p. 297-311, 1983. DOI: [10.1590/S0071-12761983000100015](https://doi.org/10.1590/S0071-12761983000100015).
- ETIENNE, A.; GÉNARD, M.; LOBIT, P.; MBEGUIÉ-A-MBÉGUIÉ, D.; BUGAUD, C. What controls fleshy fruit acidity? A review of malate and citrate accumulation in fruit cells. **Journal of Experimental Botany**, v. 64, n. 6, p. 1451-1469, Apr. 2013. DOI: [10.1093/jxb/ert035](https://doi.org/10.1093/jxb/ert035).
- FREIRE, L. R. (coord.). **Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro**. Brasília, DF: Embrapa; Seropédica: Ed. Universidade Rural, 2013. 430 p.
- GAILLARD, J. P. Approches sur la fertilisation du papayer solo au Cammeroun. **Fruits**, v. 27, n. 5, p. 353-360, 1972.
- IBGE. **SIDRA – Sistema IBGE de Recuperação Automática**: pesquisa agrícola municipal. 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 13 set. 2018.
- JACOMINE, P. T. K. Distribuição geográfica, características e classificação dos solos coesos dos Tabuleiros Costeiros. In: REUNIÃO TÉCNICA SOBRE SOLOS COESOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, 1996, Cruz das Almas. **Pesquisa e desenvolvimento para os tabuleiros costeiros**: anais. Aracaju: EMBRAPA-CPATC, 1996. p. 13-26.
- LUNA, J. V. U.; CALDAS, R. C. Adubação mineral em mamão (*Carica papaya* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 7., 1983, Florianópolis. **Anais [...]** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1984. v. 3, p. 946-952.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.
- MARIN, S. L. D. **Mamão Papaya – produção, pós-colheita e mercado**. Fortaleza: Instituto Frutal, 2004. 82 p. [Apostila da] 11ª Semana Internacional da Fruticultura, Floricultura e Agroindústria. Disponível em: <https://www.ebah.com.br/content/ABAAAUVwAC/mamao-papaya-producao-pos-colheita-mercado#>. Acesso em: 11 out. 2018.
- MARIN, S. L. D.; GOMES, J. A.; SALGADO, J. S.; MARTINS, D. S.; FULLIN, E. A. **Recomendações para a cultura do mamoeiro dos grupos Solo e Formosa no Estado do Espírito Santo**. 4. ed. rev. ampl. Vitória: EMCAPA, 1995. 57 p. (EMCAPA. Circular técnica, 3).
- MARINHO, C. S.; OLIVEIRA, M. A. B. de; MONNERAT, P. H.; VIANNI, R.; MALDONADO, J. F. Fontes e doses de nitrogênio e a qualidade dos frutos do mamoeiro. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 2, p. 345-348, abr./jun. 2001. DOI: [10.1590/S0103-90162001000200018](https://doi.org/10.1590/S0103-90162001000200018).
- MESQUITA, E. F. de; CAVALCANTE, L. F.; GONDIM, S. C.; CAVALCANTE, Í. H. L.; ARAÚJO, F. A. R. de; BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z. Produtividade e qualidade de frutos do mamoeiro em função de tipos e doses de biofertilizantes. **Semina: ciências agrárias**, v. 28, n. 4, p. 589-596, 2007. DOI: [10.5433/1679-0359.2007v28n4p589](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2007v28n4p589).
- MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre: Genesis, 2000. 174 p.
- MOREAU, A. M. S. dos S.; COSTA, L. M. da; KER, J. C.; GOMES, F. H. Gênese de horizonte coeso, fragipã e duripã em solos do tabuleiro costeiro do sul da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 6, p. 1021-1030, nov./dez. 2006. DOI: [10.1590/S0100-06832006000600011](https://doi.org/10.1590/S0100-06832006000600011).
- MOURA, R. J. M. de; SILVA JUNIOR, J. F.; BEZERRA, J. E. F. Mamão. In: CAVALCANTI, F. J. de A. (coord.). **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco**: segunda aproximação. Revisada. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco, 2008. 212 p.
- OLIVEIRA, A. M. G.; CALDAS, R. C. Produção do mamoeiro em função de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 1, p. 160-163, abr. 2004. DOI: [10.1590/S0100-29452004000100042](https://doi.org/10.1590/S0100-29452004000100042).
- OLIVEIRA, A. M. G.; CALDAS, R. C.; MEDINA, V. M. M.; OLIVEIRA, G. X. S.; QUADROS, W. S. Desenvolvimento vegetativo e qualidade dos frutos de mamoeiro Sunrise Solo em função de doses de nitrogênio, fósforo e potássio. **Magistra**, v. 19, n. 1, p. 69-75, 2007.
- OLIVEIRA, A. M. G.; COELHO, E. F. Calagem e adubação para o mamoeiro. In: BORGES, A. L.; SOUZA, L. da S. **Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, laranja, tangerina, lima ácida, mamão, mandioca, manga e maracujá**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2009. p. 108-125.
- PREZOTTI, L. C. **Sistema de recomendação de calagem e adubação**. 2016. Software. Disponível em: <https://incaper.es.gov.br/Contents/Item/Display/1277>. Acesso em: 11 out. 2018.
- PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O. **Características dos corretivos agrícolas**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2004. 28 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 37).
- SANTOS, E. M.; CALVACANTE, Í. H. L.; SILVA JÚNIOR, G. B. da; ALBANO, F. G. Impact of nitrogen and potassium nutrition on papaya (pawpaw) fruit quality. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 5, p. 1341-1348, Sept./Oct. 2015. DOI: [10.14393/BJ-v31n5a2015-26360](https://doi.org/10.14393/BJ-v31n5a2015-26360).
- SANTOS, E. M.; CALVACANTE, Í. H. L.; SILVA JUNIOR, G. B.; ALBANO, F. G.; LIMA, F. N.; SOUSA, A. M.; CAVALCANTE, L.

F. Estado nutricional do mamoeiro (cv. Caliman 01) em função de adubação com NK e espaçamento de plantio. **Comunicata Scientiae**, v. 5, n. 3, p. 229-240, 2014. DOI: [10.14295/cs.v5i3.838](https://doi.org/10.14295/cs.v5i3.838).

SOARES, N. B.; QUAGGIO, J. A. Mamão. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. rev. atual. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997. p. 145. (IAC. Boletim técnico, 100).

SOUZA, M. de; GUIMARÃES, P. T. G.; CARVALHO, J. G. de; FRAGOAS, J. C. Mamoeiro. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, T. G.; ALVAREZ V., V. H. (ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 237-238.

SOUZA, T. V.; PAZ, V. P. da S.; COELHO, E. F.; PEREIRA, F. A. de C.; LEDO, C. A. da S. Crescimento e produtividade do mamoeiro fertirrigado com diferentes combinações de fontes nitrogenadas. **Irriga**, v. 12, n. 4, p. 563-574, out./dez. 2007. DOI: [10.15809/irriga.2007v12n4p575-586](https://doi.org/10.15809/irriga.2007v12n4p575-586).

TOSTA, M. da S. **Mamoeiro Formosa 'Tainung – 01' sob adubação com fosfato monoamônico e enxofre**. 2013. 140 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró.

VIDA. **Produtos na Bahia**: corretivos de acidez de solo/ fertilizante orgânico, composto e substratos para plantas. Disponível em: <http://vida-e.com.br/produtos/produtos-na-bahia>. Acesso em: 19 jun. 2017.

VIÉGAS, P. R. A.; SOBRAL, L. F.; FONTES, P. C. R.; CARDOSO, A. A.; COUTO, F.A. de A.; CARVALHO, E. X. de. Características físicas e químicas de frutos de mamoeiro 'Sunrise solo' em função de doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 21, n. 2, p. 182-185, 1999.

VIEGAS, P. R. A.; SOUZA, L. F. da S. Mamão. In: SOBRAL, L. F.; VIÉGAS, P. R. A.; SIQUEIRA, O. J. W. de; ANJOS, J. L. dos; BARRETTO, M. C. de V.; GOMES, J. B. V. (ed.). **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes no Estado de Sergipe**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2007. p. 106-108.

CAPÍTULO 8

Irrigação e fertirrigação

Eugênio Ferreira Coelho

Arlene Maria Gomes de Oliveira

Mauricio Antônio Coelho Filho

Introdução

As incertezas climáticas no Brasil têm levado os produtores a adotar a irrigação para evitar os riscos de perda de suas produções. Entretanto, os recursos hídricos disponíveis também vêm se tornando escassos, o que requer ações no intuito de reduzir a demanda de água na agricultura.

O mamoeiro é muito exigente em água, sem, no entanto, tolerar o excesso hídrico. Dessa forma, em regiões onde ocorre déficit hídrico prolongado no solo, a cultura não apresenta rendimentos satisfatórios, tornando-se obrigatório o uso da irrigação. O efeito do déficit hídrico é ainda mais grave quando o pomar é implantado em solos de textura arenosa e rasos. Existem trabalhos experimentais com informações suficientes para recomendação de irrigação para o mamoeiro, o que será abordado neste capítulo.

Os constantes incrementos na instalação de sistemas de irrigação, associados às vantagens da fertirrigação, têm resultado em aumento contínuo das áreas de mamoeiro fertirrigadas no Brasil.

A adoção das tecnologias de irrigação e de fertirrigação para a cultura do mamoeiro deve ser respaldada por recomendações adequadas de manejo de água e nutrientes que permitam o seu uso racional e resultem em alta produtividade física e econômica da cultura, sem agressão ao meio ambiente.

Este capítulo objetiva disponibilizar informações sobre as relações solo-água-planta-atmosfera e os guias para o manejo da irrigação e da fertirrigação na cultura do mamoeiro em diferentes condições edafoclimáticas.

Sistemas de irrigação para o mamoeiro

Os sistemas de irrigação pressurizados são mais adequados ao mamoeiro que os de irrigação por superfície. Os sistemas de irrigação localizados (Figura 1), tanto o gotejamento quanto a microaspersão, têm sido os mais utilizados para o mamoeiro e são os de maior eficiência de uso de água, por demandarem menor volume desse recurso para uma dada lâmina requerida em função da restrição da área molhada.

O sistema de gotejamento pode ser usado com diferentes configurações. Pode ser, por exemplo, superficial, com uma linha lateral por fileira de plantas ou com duas linhas laterais por fileira de plantas, e pode, ainda, ser usado com as linhas laterais enterradas.

Em regiões úmidas ou subúmidas, onde a irrigação é de caráter suplementar, em solos de textura média a argilosa, o sistema de gotejamento superficial com uma linha lateral por fileira de plantas pode ser instalado com três gotejadores por planta: um emissor próximo à planta, que seria o emissor central, e os outros



Foto: Arlene Maria Gomes Oliveira



Foto: Eugênio Ferreira Coelho

Figura 1. Sistema de gotejamento (A) e microaspersão (B) em mamoeiro.

dois a 0,40 m desse (Figura 2A). Também podem ser usados apenas dois gotejadores distantes um do outro 0,80 m, com a planta entre os dois (Figura 2B). Até 60 dias após o plantio, não são necessários três ou dois gotejadores instalados na linha de irrigação, pois essa configuração vai ocasionar maior dispêndio de água sem necessidade. Deve-se instalar apenas um emissor, que, no caso de três, seria o central ou o do lado contrário ao início da linha de irrigação. Nesse caso, a mangueira ficará com uma folga de 0,40 m no início e, quando o segundo for instalado, ela será esticada de forma que o emissor fique a 0,40 m da planta. Em seguida, instala-se o segundo emissor a 0,40 m da planta no sentido do início da linha de irrigação.

No sistema de gotejamento, as linhas laterais podem ser instaladas na superfície do solo ou enterradas. Quando enterradas, recomenda-se o uso de gotejadores de fluxo turbulento, de vazão igual ou menor que 2 L h^{-1} , os quais devem ser enterrados de 0,20 m a 0,30 m de profundidade, de forma a prover uma distribuição de água que possa facilitar o desenvolvimento das raízes, mantendo uma adequada relação ar-água ao sistema radicular, sem afloramento superficial. Para gotejamento enterrado, recomenda-se o plantio no período chuvoso, a fim de estabelecer, para o período de deficit hídrico, um sistema radicular

suficiente para usar a água disponível no volume molhado criado pelo gotejador.

A microaspersão funciona com baixa pressão (100 kPa a 300 kPa) e vazão por microaspersor entre 20 L h^{-1} e 175 L h^{-1} . A disposição dos emissores é normalmente de um emissor para duas ou quatro plantas e espera-se uma uniformidade de distribuição de água nesses emissores acima de 85%. O sistema de microaspersão proporciona maior área molhada ao solo, dando melhores condições às raízes para se desenvolverem; entretanto, em comparação ao gotejamento superficial ao longo da fileira de plantas, as diferenças em produtividade são pequenas (inferiores a 10%). Carvalho et al. (2014) compararam o sistema de microaspersão com três vazões ao gotejamento com uma linha lateral por fileira de plantas, com quatro gotejadores por planta, e duas linhas laterais por fileira de plantas, com oito gotejadores por planta, e com uma linha lateral por fileira de plantas, com um ramal próximo de cada planta contornando-a parcialmente, o que é chamado em campo de “rabo de porco” ou rabicho. Os resultados mostraram que o sistema de microaspersão com vazão dos emissores de 43 L h^{-1} propiciou as melhores condições para o desenvolvimento e a produtividade do mamoeiro. Não houve diferença entre os resultados de crescimento e de produtividade

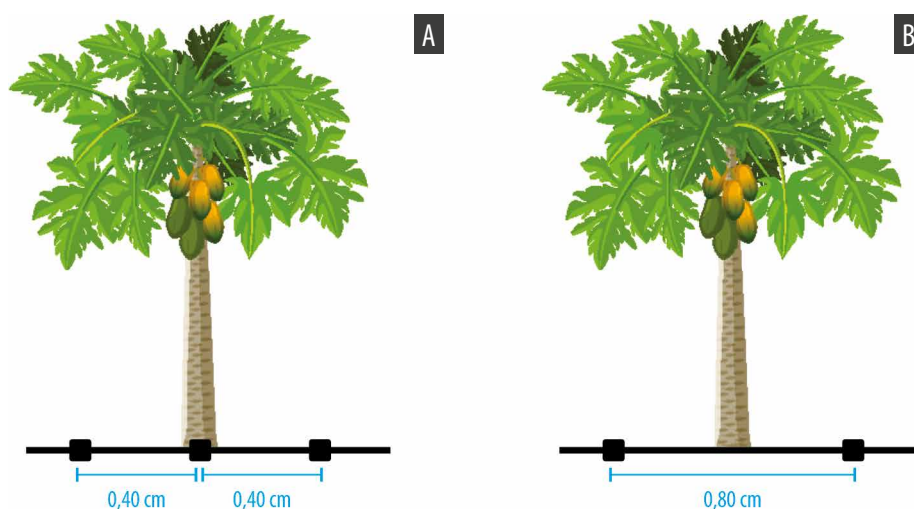


Figura 2. Posicionamento dos emissores: uso de três gotejadores por planta (A); uso de dois gotejadores por planta (B).

para o gotejamento com uma ou duas linhas laterais por fileira de plantas; esses resultados, entretanto, foram superiores aos obtidos com a microaspersão com um emissor de 32 L h⁻¹ para quatro plantas e com o gotejamento em “rabo de porco”. O mamoeiro do grupo Solo, cultivado com o uso dos sistemas de gotejamento superficial e enterrado em Latossolo Amarelo de Tabuleiros Costeiros, apresentou resultados sem diferença entre as produtividades sob os dois sistemas (Souza et al., 2004).

Entre os pressurizados, os sistemas de irrigação por aspersão do tipo pivô central podem ser utilizados e são mais recomendados que os sistemas de aspersão convencional, dentro da capacidade de aquisição do produtor, quando ajustados ou adquiridos com estrutura para maior eficiência de uso de água. Existem os seguintes tipos:

a) *Medium elevation spray application* (Mesa) – Os aspersores do tipo spray ficam à meia altura, entre a superfície do solo e a linha principal. Esse sistema passa a ter maior eficiência (entre 80% e 85%) pela redução das perdas por deriva pelo vento (Coelho et al., 2013).

b) *Low elevation spray application* (Lesa) – Os aspersores do tipo spray são colocados entre 0,45 m e 1,50 m da superfície do solo e mantêm a eficiência de irrigação entre 85% e 90%.

c) *Low energy precision application* (Lepa) – Os aspersores do tipo spray ficam a 0,20 m da superfície do solo ou com extensão de mangueiras. No final delas, há meias de manta butílica ou nylon e, nesse caso, a água é dirigida para sulcos no solo com eficiência de até 90% (Coelho et al., 2013).

O método de aspersão, quer convencional quer por pivô central, com jato de água acima das plantas, contribui para o aumento de queda de flores por causa do impacto do jato e propicia condições microclimáticas favoráveis ao aparecimento de doenças e pragas à cultura (Reis et al., 2013).

Os sistemas de irrigação que restringem a área molhada, como a irrigação localizada, tendem a apresentar menor volume de solo explorado pelas raízes em comparação aos sistemas de aspersão. Os sistemas de irrigação por microaspersão possuem maior área e volume molhados que os sistemas de gotejamento, o que propicia maior volume de solo para o desenvolvimento de raízes. A densidade de comprimento de raízes expressa a concentração de raízes no volume de solo e constitui um indicador quantitativo da distribuição de raízes no solo. De modo geral, nos sistemas de irrigação localizada, quanto mais próximo do emissor de água, observa-se maior concentração de raízes ou de densidade de comprimento de raízes (DCR), tanto em distância quanto em profundidade (Figura 3).

A densidade de comprimento de raízes do mamoeiro varia em magnitude, conforme o sistema de irrigação. No sistema de microaspersão, maiores valores de DCR são observados para emissores de maiores vazões (S1). No gotejamento, maiores valores de DCR são encontrados para a configuração do sistema de uma linha lateral por fileira de plantas em faixa molhada (S2), isto é, gotejadores espaçados em 30 cm para solos com maior percentagem de areia e em 50 cm para solos com mais argila ou para sistema de duas linhas laterais por fileira de plantas com quatro ou seis gotejadores por planta (metade em cada linha lateral).

Necessidades hídricas e produtividade do mamoeiro

A irrigação permite a obtenção de frutos maiores e melhores, além de maior superfície foliar, o que pode contribuir para reduzir os efeitos negativos da incidência direta da radiação solar sobre os frutos, que, em excesso, pode causar queimaduras.

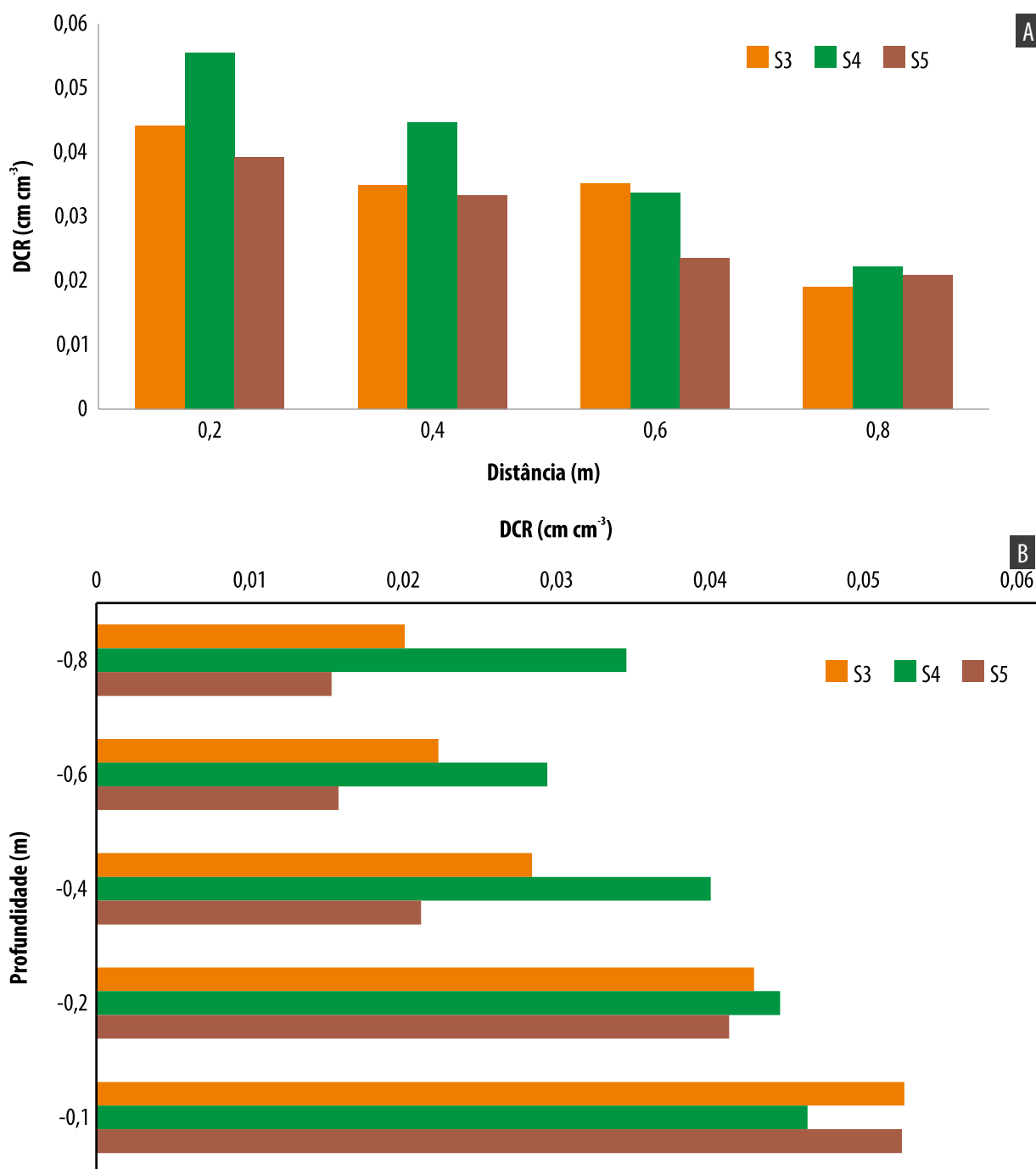


Figura 3. Densidade de comprimento de raízes (DCR) em distância (A) e profundidade (B) para sistemas de irrigação: S3 – um microaspersor de 60 L h⁻¹ para quatro plantas, com uma lateral entre duas fileiras de plantas; S4 – gotejamento com quatro emissores de 4 L h⁻¹ por planta, sendo uma lateral por fileira de plantas; S5 – gotejamento com oito emissores de 4 L h⁻¹ por planta, tendo duas laterais por fileira de plantas.

Fonte: Carvalho (2011).

Em condições de baixa demanda evapotranspiratória (temperatura amena, reduzido número de horas de céu claro, umidade relativa mais alta), o consumo de água da cultura varia de 2 mm dia⁻¹ a 4 mm dia⁻¹. Em períodos de alta demanda evapotranspiratória (alta temperatura,

alta luminosidade e baixa umidade relativa), o consumo pode variar de 5 mm dia⁻¹ a 7 mm dia⁻¹. Em condições de elevada demanda atmosférica, com as plantas adultas e em produção, entre o 9º e o 12º mês, pode-se recomendar a aplicação máxima diária de até 35 L dia⁻¹ de água por planta.

Nas condições edafoclimáticas da região Norte do Espírito Santo, a curva da produtividade em razão da lâmina de água aplicada por microaspersão apresentou um comportamento linear, com máxima produtividade para a lâmina aplicada calculada considerando a evaporação do tanque Classe A multiplicada por 1,2 (Silva, 1999). Os coeficientes de cultura aproximados determinados pelo método inverso, isto é, partindo-se de produtividades obtidas para coeficientes de cultura preestabelecidos para as condições dos Tabuleiros Costeiros do Recôncavo Baiano, que resultaram em maior produtividade física do mamoeiro da cultivar Sunrise Solo, foram de 0,31, 0,42, 0,52 e 0,84 para 0–30 dias após o plantio (DAP), 31–60 DAP, 61–120 DAP e acima de 120 DAP, respectivamente. Esses valores também permitiram maior eficiência no uso da água. Para a cultivar Tainung nº 1, os coeficientes de cultura que resultaram em maior produtividade física do mamoeiro, associados à maior eficiência de uso da água, foram de 0,38, 0,51, 0,64 e 1,02 para 0–30 DAP, 31–60 DAP, 61–120 DAP e acima de 120 DAP, respectivamente, em uma precipitação anual variando de 1.332 mm a 1.423 mm.

O valor máximo do coeficiente de cultivo a ser usado durante o ciclo do mamoeiro deve ser mantido pelo menos até 370 dias após o plantio, quando pode ocorrer queda da área foliar e da própria produção do mamoeiro de até 50% para 'Sunrise Solo' e de até 35% para 'Tainung nº 1' (Coelho et al., 2003), o que implicará, caso ocorra, o ajuste do coeficiente para a nova condição.

Nas condições climáticas do Semiárido, em solo francoarenoso e para o mamoeiro do grupo Formosa, houve resposta positiva aos incrementos das lâminas de irrigação em até 1,90 da evapotranspiração potencial, o que resultou em produtividade de 135 t ha⁻¹, embora a reposição de 1,37 da evapotranspiração potencial tenha resultado em uma produtividade de 117 t ha⁻¹ (Coelho et al., 2002).

Coelho Filho et al. (2007b) tomaram como base áreas foliares de cultivares de mamoeiro 'Tainung nº 1' e 'Sunrise Solo' e obtiveram as curvas de coeficiente de cultura conforme a Figura 4. O coeficiente de cultivo máximo, tomado como 1,20, ocorreu 225 DAP para a cultivar Tainung nº 1 e 270 DAP para a cultivar Sunrise Solo, quando a área foliar média atinge o valor máximo para as cultivares.

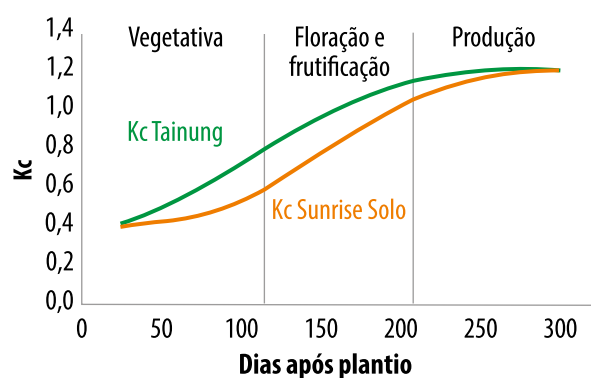


Figura 4. Coeficientes de cultura (Kc) para as cultivares Tainung nº 1 e Sunrise Solo ao longo do tempo, obtidos como função da área foliar.

Fonte: Coelho Filho et al. (2007b).

Transpiração de plantas de mamão

O processo de transpiração das plantas constitui a maior fonte de perda de água de um pomar adulto, principalmente quando se utilizam sistemas localizados de irrigação (microaspersão, gotejamento superficial ou gotejamento enterrado), que, quando comparados aos sistemas de irrigação por aspersão, molham pequenas faixas de solo, o que reduz drasticamente a água evaporada. Por isso, a transpiração é um elemento que, se bem determinado, pode ser utilizado como parâmetro para quantificação da lâmina de irrigação. Quando se minimiza a evaporação da água no solo, a transpiração passa a ser a lâmina mínima necessária para manter um pomar em bom estado hídrico (Angelocci, 1996; Coelho Filho et al., 2007b).

O mamoeiro é uma planta herbácea que possui grande condutividade hidráulica, o que

contribui para elevadas trocas de energia com o ambiente, favorecidas pela elevada exposição das folhas à radiação solar. Essas características fazem com que a transpiração por unidade de área foliar seja alta em comparação às espécies que possuem elevada densidade de folhas quando adultas e reduzida condutividade hidráulica. A Tabela 1 contém dados de transpiração máxima por unidade de área foliar de plantas de mamão ('Tainung nº 1').

Tabela 1. Evapotranspiração máxima e transpiração máxima por unidade de área foliar de plantas do mamoeiro cultivar Tainung nº 1 em condições de campo, Cruz das Almas, BA.

| Evapotranspiração de referência (mm dia ⁻¹) | Transpiração (mm dia ⁻¹) |
|---|--------------------------------------|
| 2 | 1,16 |
| 3 | 1,59 |
| 4 | 2,36 |
| 5 | 2,74 |
| 6 | 3,25 |

Como se pode observar na Figura 5, é possível separar o efeito do ambiente e o efeito da planta que interferem nos valores de fluxo de seiva. Primeiramente, observa-se que as plantas respondem às condições meteorológicas reinantes, acompanhando dinamicamente as variações da radiação solar global (MJ m⁻² h⁻¹) ao longo de uma sequência de 3 dias seguidos (Figura 5A). Pode-se observar que a transpiração cai drasticamente a valores próximos de zero, em razão da ocorrência de chuva próxima ao horário de 12 h do primeiro dia da sequência. No segundo dia da sequência, predominantemente nublado, as pequenas taxas de transpiração refletem a baixa disponibilidade energética reinante no dia (efeito ambiental). Em segundo lugar, as plantas com maior superfície foliar (AF) transpiram sempre mais quando comparadas às

de menor AF (efeito da planta), contudo respondem igualmente às variações de radiação global (Figuras 5A e 5B).

É possível comparar os valores de transpiração de plantas com superfícies foliares diferentes e em dias com demandas atmosféricas variáveis, quando se realiza a modelagem da transpiração com padronização das plantas utilizando-se a área foliar. Para plantas de mamão, Coelho Filho et al. (2003a) chegaram à seguinte equação:

$$T = 0,56 ET_0$$

em que T é a transpiração por unidade de área foliar (L m⁻² dia⁻¹) e ET_0 é a evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹).

Na Tabela 2, são apresentadas as lâminas de irrigação mínimas sem considerar as perdas de água por evaporação nem os acréscimos correspondentes às perdas pela ineficiência do sistema de irrigação, calculadas com base na variação da área foliar e na evapotranspiração de referência. Esses valores podem servir como referência para pomares irrigados onde se realizam manejos de conservação de água do solo ou mediante a utilização de sistemas de irrigação mais eficientes, como a irrigação por gotejamento enterrado, que minimiza a evaporação. A vantagem de se utilizar essa metodologia de cálculo é que as lâminas serão ajustadas às condições de crescimento das plantas e das variações das condições meteorológicas, sendo, portanto, menos subjetivo do que o simples estabelecimento de um único coeficiente, como no caso do coeficiente de cultura (K_c).

Bases de manejo de água de irrigação

Os métodos para manejo da água de irrigação usam basicamente dados do solo e dados do clima. Quanto ao tempo de irrigação, é possível determiná-lo apenas com base nos dados do solo, ou apenas com os dados meteorológicos, ou, ainda, usando ambos.

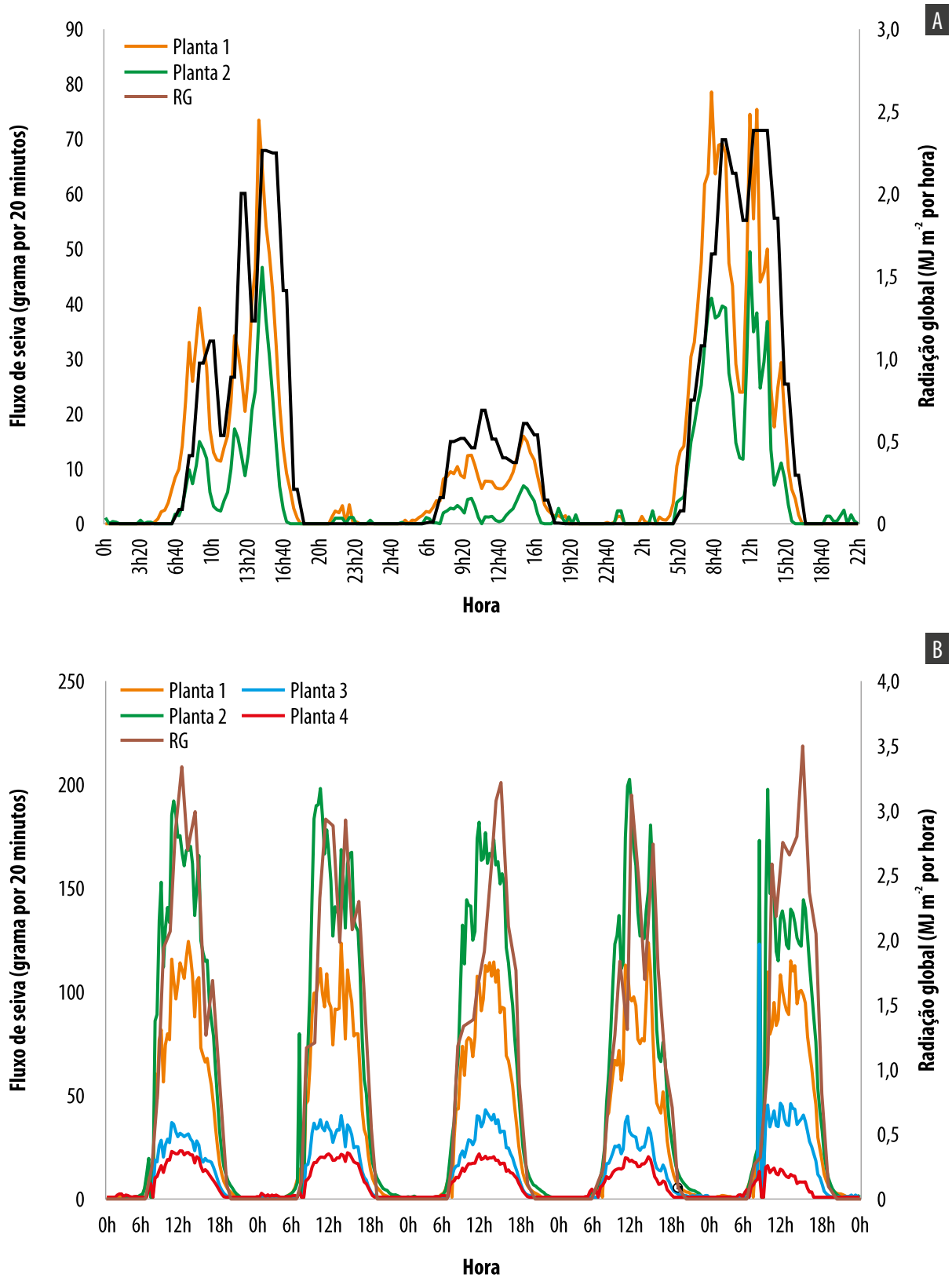


Figura 5. Transpiração máxima de plantas de mamão 'Tainung nº 1' em dias chuvosos e com baixa disponibilidade energética (A) e em dias sem nuvens e com elevada disponibilidade energética (B).

Tabela 2. Valores estimados da transpiração de plantas de mamão com base na área foliar e na evapotranspiração de referência.

| Área foliar (m ²) | Evapotranspiração de referência (mm dia ⁻¹) | | | | |
|-------------------------------|---|-------|-------|-------|-------|
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| | L dia ⁻¹ | | | | |
| 1 | 1,12 | 1,68 | 2,24 | 2,80 | 3,36 |
| 2 | 2,24 | 3,36 | 4,48 | 5,60 | 6,72 |
| 3 | 3,36 | 5,04 | 6,72 | 8,40 | 10,08 |
| 4 | 4,48 | 6,72 | 8,96 | 11,20 | 13,44 |
| 5 | 5,60 | 8,40 | 11,20 | 14,00 | 16,80 |
| 6 | 6,72 | 10,08 | 13,44 | 16,80 | 20,16 |
| 7 | 7,84 | 11,76 | 15,68 | 19,60 | 23,52 |
| 8 | 4,48 | 8,96 | 13,44 | 17,92 | 26,8 |
| 9 | 5,04 | 10,08 | 15,12 | 20,16 | 30,24 |
| 10 | 5,60 | 11,20 | 16,80 | 22,40 | 33,60 |

Fonte: Coelho Filho et al. (2003b).

Os dados de solo necessários ao manejo da água de irrigação são obtidos a partir de uma análise física de amostras, e a principal é a curva de retenção de água, que varia conforme a textura e a estrutura do solo. Os valores das tensões correspondentes à capacidade de campo do solo podem ser considerados próximos de 6 kPa para solos arenosos, entre 10 kPa e 20 kPa para solos de textura média e entre 20 kPa e 33 kPa para solos de textura argilosa. O limite inferior da disponibilidade de água do solo, ou ponto de murcha permanente, normalmente é adotado como sendo equivalente à tensão de 1.500 kPa.

Na ausência da curva de retenção, podem-se usar estimativas dos valores de umidade do solo correspondentes à capacidade de campo, ao ponto de murcha permanente e à água disponível do solo, conforme a Tabela 3.

Tabela 3. Valores de capacidade de campo, ponto de murcha permanente e água disponível para diferentes classes texturais de solo.

| Textura | Capacidade de campo | | Ponto de murcha | | Água disponível | |
|------------------------------|---------------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|
| | Média | Faixa | Média | Faixa | Média | Faixa |
| % volume | | | | | | |
| Arenosa | | | | | | |
| Areia | 12 | 7–17 | 4 | 2–7 | 8 | 5–11 |
| Areia franca | 14 | 11–19 | 6 | 3–10 | 8 | 6–12 |
| Moderadamente arenosa | | | | | | |
| Francoarenoso | 23 | 18–28 | 10 | 6–16 | 13 | 11–15 |
| Média | | | | | | |
| Franco | 26 | 20–30 | 12 | 7–16 | 15 | 11–18 |
| Franco siltoso | 30 | 22–36 | 15 | 9–21 | 15 | 11–19 |
| Silte | 32 | 29–35 | 15 | 12–18 | 17 | 12–20 |
| Moderadamente fina | | | | | | |
| Franco-argilossiltoso | 34 | 30–37 | 19 | 17–24 | 15 | 12–18 |
| Fina | | | | | | |
| Argilossiltoso | 36 | 29–42 | 21 | 14–29 | 15 | 11–19 |
| Argiloso | 36 | 32–39 | 21 | 19–24 | 15 | 10–20 |

Fonte: Allen et al. (1992).

De posse da curva de retenção, sabendo-se da umidade equivalente e da tensão referente à capacidade de campo do solo, é necessário definir a tensão máxima ou a umidade mínima desde a irrigação anterior, que repõe água suficiente para retorno da umidade à capacidade de campo. Essa umidade mínima ou tensão máxima, chamada de umidade (θ_c) ou tensão crítica (h_c), no caso do mamoeiro, equivale a uma redução de 30% ou menos da água disponível do solo (Figura 6), que é a diferença entre a umidade na capacidade de campo e o ponto de murcha do solo.

A determinação da umidade crítica requer participação de um técnico que, por meio da curva de retenção, conforme os procedimentos citados, vai determinar seu valor. Entretanto, na maioria das vezes, a realidade de campo não permite isso em razão de diversas dificuldades,

podendo-se utilizar a princípio os valores críticos para uma redução de 30% da água disponível do solo (Tabela 4).

O cálculo do tempo de irrigação depende da lâmina bruta a ser aplicada, que, por sua vez, se for obtida com base nas características físico-hídricas do solo, necessita da profundidade das raízes que efetivamente extraem a maior parte da água consumida pela planta. A profundidade correspondente à camada de solo com 80% do comprimento total das raízes (Arruda, 1989), chamada de profundidade efetiva do sistema radicular, é o valor que entra nos cálculos da lâmina total ou da lâmina bruta que é necessária para reposição de água ao mamoeiro.

No caso de sistemas de irrigação localizada, Carvalho (2011) avaliou a profundidade efetiva do mamoeiro 'Sunrise Solo', adotando os seguintes tratamentos: microaspersão com um

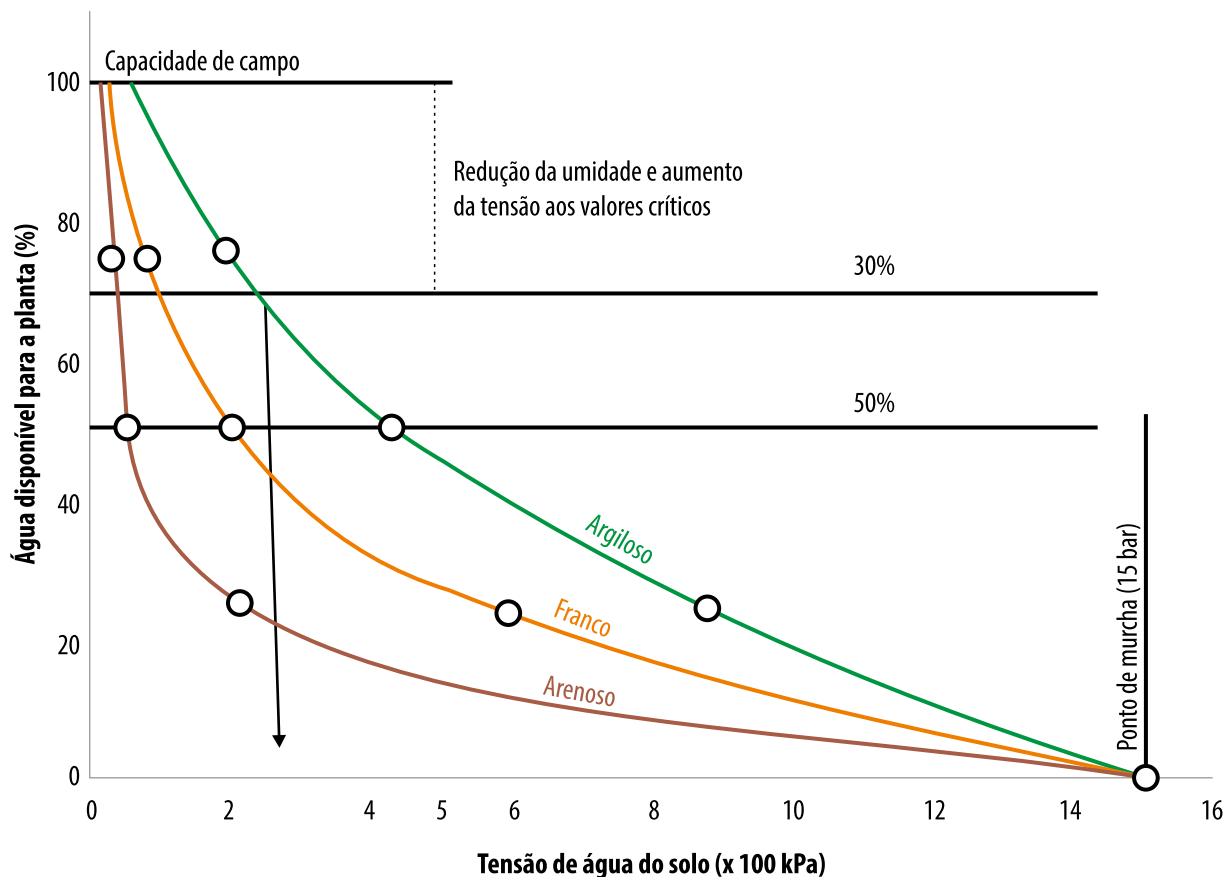


Figura 6. Determinação da tensão crítica na curva de retenção de umidade.

Fonte: Coelho et al. (2012).

Tabela 4. Umidade e tensão crítica de solos de diferentes classes texturais para o mamoeiro.

| Classificação textural | Umidade | | Umidade crítica ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) | Tensão crítica (kPa) |
|------------------------|--|--|--|----------------------|
| | Capacidade de campo ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) | Ponto de murcha ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) | | |
| Arenosa | 0,1700 | 0,0847 | 0,1374 | 10 |
| Areia franca | 0,1997 | 0,0549 | 0,1563 | 14 |
| Francoarenosa | 0,2094 | 0,0807 | 0,1708 | 16 |
| Areia franca | 0,3156 | 0,1033 | 0,2519 | 26 |
| Franco-argiloarenosa | 0,2355 | 0,0894 | 0,1917 | 19 |
| Argilosa | 0,1639 | 0,1508 | 0,1599 | 14 |
| Arenosa | | | | |
| Franco-argilossiltosa | 0,2397 | 0,0743 | 0,1901 | 23 |
| Argilosa | 0,3560 | 0,2555 | 0,3111 | 49 |

emissor de 60 L h^{-1} para quatro plantas (S3); gotejamento com uma linha lateral por fileira de plantas com quatro gotejadores de 4 L h^{-1} por planta (S4); e gotejamento com oito emissores de 4 L h^{-1} por planta, tendo duas laterais por fileira de plantas (S5). A profundidade efetiva do sistema radicular, estimada por meio de equações de regressões quadráticas, foi de $0,45 \text{ m}$ para o tratamento irrigado por microaspersão e de $0,55 \text{ m}$ e $0,40 \text{ m}$ para os tratamentos com uma linha lateral e duas linhas laterais de gotejadores por fileira de plantas, respectivamente (Figura 7). Esses valores são coerentes com os seguintes valores obtidos por Coelho et al. (2005): profundidade efetiva de $0,45 \text{ m}$ no caso da irrigação por gotejamento superficial; profundidade efetiva de $0,45 \text{ m}$ na direção perpendicular à planta no caso de microaspersão; e profundidade de $0,55 \text{ m}$ entre a planta e o microaspersor. Portanto, a adoção de $0,45 \text{ m}$ em irrigação localizada representa profundidade efetiva do sistema radicular.

A reposição da água para as plantas desde a irrigação anterior por meio de métodos que consideram a evaporação de água do solo e a transpiração das plantas necessita da evapotranspiração máxima de referência e dos coeficientes de cultura do mamoeiro para gerar a evapotranspiração (ET_c). A quantificação da

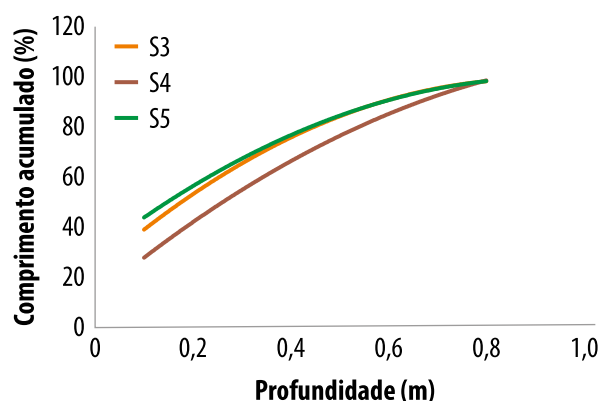


Figura 7. Comprimento total de raízes em função da profundidade do sistema radicular para os seguintes sistemas de irrigação: microaspersão com um emissor de 60 L h^{-1} para quatro plantas (S3); gotejamento com uma linha lateral por fileira de plantas com quatro gotejadores de 4 L h^{-1} por planta (S4); e gotejamento com oito emissores de 4 L h^{-1} por planta, tendo duas laterais por fileira de plantas (S5).

Fonte: Carvalho (2011).

água perdida pela ET_c desde a irrigação anterior é o somatório das registradas desde essa irrigação. A ET_c pode ser determinada por métodos diretos (lisimetria, parcelas experimentais) ou estimada a partir de métodos indiretos, seja por uso de evaporímetros do tipo tanque Classe A seja por meio do uso de equações, que podem envolver desde dados de apenas temperatura até dados de radiação, temperatura e velocidade do vento (Bernardo et al., 2005), em estações automáticas disponíveis no mercado.

Manejo da irrigação

O manejo da irrigação envolve a tomada de decisão sobre o momento de irrigar e sobre a quantidade de água a ser aplicada. Para auxiliar o produtor na tomada de decisão mais apropriada conforme suas condições, diferentes métodos foram desenvolvidos. Pode-se programar a irrigação de uma área cultivada usando-se um método ou uma combinação de dois ou mais métodos. O produtor deve usar os métodos existentes de manejo da irrigação, mas ciente de que um ajuste local muitas vezes poderá ser necessário, dadas as muitas variáveis envolvidas nos processos do sistema solo-água-planta-atmosfera.

Momento de irrigar

A definição do momento de irrigar, no caso da irrigação localizada, pode ser preestabelecida. Em condições úmidas e subúmidas, irrigação localizada, com solos de textura média a argilosa, o intervalo de 2 ou até 3 dias entre irrigações é suficiente; no caso de solos arenosos, a frequência deve ser de uma ou duas vezes por dia. No caso de regiões semiáridas, deve-se estabelecer o intervalo de irrigação de um dia em qualquer tipo de solo. Tratando-se da aspersão, deve-se considerar, em dias, o turno de rega (TR), como a razão da lâmina de irrigação real necessária (LRN) ou lâmina líquida (mm) a ser repostada, e a ET_c da cultura (mm dia^{-1}):

$$TR = \frac{LRN}{ET_c}$$

O momento da irrigação pode ser determinado por meio do balanço de água no solo, e as irrigações devem ser realizadas quando o somatório das evapotranspirações, subtraído das precipitações efetivas (desde a irrigação anterior), atingir o valor da LRN de água extraída do solo entre a umidade na capacidade de campo e a correspondente umidade crítica para

o mamoeiro naquele solo. O valor da LRN , em caso de irrigação por aspersão, é dado por

$$LRN = (\theta_{CC} - \theta_C)z$$

em que θ_{CC} e θ_C correspondem, respectivamente, à umidade referente ao limite superior (capacidade de campo) e a umidade crítica do solo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) na capacidade de campo e na umidade crítica. A umidade crítica corresponde àquela após uma redução de 30% da água disponível no solo; z representa a profundidade efetiva do sistema radicular (mm).

No caso da irrigação localizada, a LRN será calculada pela equação:

$$LRN = (\theta_{CC} - \theta_C)z_r \times f_{Am}$$

em que θ_{CC} e θ_C correspondem, respectivamente, à umidade referente ao limite superior (capacidade de campo) e inferior da água disponível do solo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$); z_r , à profundidade do sistema radicular (mm); e f_{Am} ao fator que considera a área molhada pelo sistema de irrigação, conforme a Tabela 5, para três e quatro gotejadores de 4 L h^{-1} por planta e para a configuração de um microaspersor para quatro plantas, de vazão entre 60 L h^{-1} e 70 L h^{-1} .

A equação para determinar o intervalo entre irrigações ou TR depende da lâmina líquida de irrigação calculada por meio da ET_o em milímetros, que, multiplicada pelo K_c , fornece a ET_c em milímetros, que deve ser corrigida pelo coeficiente de localização (K_L):

$$LRN = ET_o \times K_c \times K_L - P$$

em que P é a precipitação (mm); LRN , a lâmina líquida necessária; e, no caso de sistemas de aspersão, $K_L = 1$. No caso de gotejamento e microaspersão, o K_L pode ser considerado 0,65 até o terceiro mês do plantio; 0,75 no quarto; 0,85 do quinto ao sexto mês; e 1,00 a partir do sétimo.

O momento da irrigação também pode ser determinado por meio do estado atual da água

Tabela 5. Fator de área molhada (f_{Am}) para o mamoeiro sob irrigação localizada em diferentes tipos de textura de solo.

| Textura do solo | Sistema de irrigação | Espaçamento | Número de emissores por planta | f_{Am} |
|-----------------|----------------------|---------------|--------------------------------|----------|
| Arenosa | Gotejamento | 3,5 m x 1,8 m | 3 | 0,11 |
| Arenosa | Gotejamento | 3,5 m x 1,8 m | 4 | 0,13 |
| Arenosa | Microaspersão | 3,5 m x 1,8 m | 0,25 | 0,70 |
| Média | Gotejamento | 3,5 m x 1,8 m | 3 | 0,30 |
| Média | Gotejamento | 3,5 m x 1,8 m | 4 | 0,40 |
| Média | Microaspersão | 3,5 m x 1,8 m | 0,25 | 0,70 |
| Argilosa | Gotejamento | 3,5 m x 1,8 m | 3 | 0,40 |
| Argilosa | Gotejamento | 3,5 m x 1,8 m | 4 | 0,60 |
| Argilosa | Microaspersão | 3,5 m x 1,8 m | 0,25 | 0,70 |

do solo como índice de estresse hídrico da cultura (potencial matricial), utilizando-se sensores apropriados. Essa é a maneira mais adequada de avaliar o momento de irrigar, porque é feito em tempo real no campo. No caso, a avaliação deve ser feita conforme o intervalo entre irrigações, sempre antes das irrigações ou, caso não se tenha definido o intervalo, deve ser feito em frequência diária. A forma de avaliação pode ser por meio da verificação da umidade do solo, usando métodos simplificados e qualitativos, como o método do tato, em que se coleta a amostra do solo e a espreme nas mãos. Dessa forma, estima-se se a umidade está na capacidade de campo ou abaixo dela (Marouelli et al., 2011). Há também o método da facilidade de penetração no solo (Coelho et al., 2013). Os métodos de determinação da umidade que apresentam maior custo para o produtor são os que lidam com reflectometria no domínio do tempo (TDR) e reflectometria no domínio da frequência (FDR), mais popularizados pelas sondas de capacitância. Já os meios de avaliação pelo potencial matricial do solo envolvem equipamentos como tensiômetros (Figura 8), *watermark* (blocos de resistência elétrica) e alguns equipamentos de custo mais baixo que os equipamentos citados.



Foto: Eugênio Ferreira Coelho

Figura 8. Tensiômetros do tipo vacuômetro em manejo de água de irrigação.

A instalação dos sensores de umidade e de tensão de água no solo deve seguir as instruções dos equipamentos. É necessário, entretanto, definir o número de posições no campo para instalação. Em uma situação de solo uniforme em mamoeiro, pode-se instalar de duas a quatro estações, as quais devem estar posicionadas em locais representativos da área, evitando locais de cotas mais baixas, onde pode haver concentração de água de irrigação por escoamento superficial ou em cotas mais elevadas em relação à área total.

O posicionamento dos sensores de água do solo quer de umidade quer de potencial

matricial, deve ser feito na zona de extração de água pelas raízes, onde ocorre pelo menos 80% da extração total, e nos limites da região onde ocorrem pelo menos 80% do comprimento total das raízes. A interseção dessas zonas resulta na região considerada mais propícia à instalação de sensores de água do solo (Tabela 6).

Métodos de manejo da água de irrigação

O manejo de água da irrigação é o ponto-chave da irrigação, já que, além de definir o momento de irrigar, define também a quantidade de água e o tempo de irrigação, que são informações fundamentais para o produtor. Embora diferentes métodos possam ser usados para definir a quantidade ou a lâmina de água, o produtor deverá usar aquele que vai ser condizente com sua realidade, levando em conta sua condição cultural e financeira, a disponibilidade de equipamentos, bem como a avaliação do estado da água do solo.

Os métodos básicos de manejo da água de irrigação mais recomendados são os seguintes: uso de dados exclusivos do solo (com base na faixa de disponibilidade de água do solo); uso de dados meteorológicos (ET_c); e balanço de água na zona radicular da planta.

O manejo com base na redução permissível da água disponível no solo é o que calcula a reposição da lâmina perdida desde a irrigação anterior, pela diferença entre a umidade da

capacidade de campo e a umidade crítica do solo. A lâmina de reposição é calculada apenas uma vez. A umidade ou a tensão crítica poderão ser monitoradas por sensores de água do solo ou por métodos simplificados.

O método que utiliza basicamente a ET_c calcula a reposição de água ao solo pela ET_c acumulada desde a última irrigação. No caso, assume-se que as perdas por percolação são mínimas. O uso desse método, assim como os demais, deve iniciar com o solo na capacidade de campo (limite superior da disponibilidade de água). É um método aparentemente simples, mas depende da obtenção da ET_c , o que muitas vezes pode ser difícil de conseguir pela limitação de estações meteorológicas na região. Além disso, as estações meteorológicas não calculam a ET_c , apenas as variáveis envolvidas em seu cálculo, sendo necessário um aplicativo para obtê-la.

O método do balanço de água no solo requer conhecimento de um significativo número de variáveis, tanto meteorológicas como físico-hídricas do solo, o que pode limitar mais o seu uso. No entanto, é o método que melhor permite avaliar e tomar decisões sobre o manejo da irrigação, o qual se encontra disponível em aplicativos computacionais. O seu uso requer o estado inicial do solo com umidade em relação à capacidade de campo, uma vez que são feitas reposições da evapotranspiração, com simultâneo monitoramento da umidade e tensão de

Tabela 6. Recomendação para posicionamento (distância da planta e profundidade do solo) de sensores de umidade e de tensão de água do solo para o mamoeiro sob irrigação por microaspersão e gotejamento.

| Frequência (dias) | Emissor | Vazão (L h ⁻¹) | Distância (m) | Profundidade (m) |
|-------------------|-------------|----------------------------|---------------|------------------|
| 2 | Gotejamento | 12 | 0,65 | 0,20–0,50 |
| 2 | Gotejamento | 24 | 0,71 | 0,20–0,35 |
| 2 | Micro | 60 | 0,55 | 0,20–0,45 |
| 2 | Gotejamento | 12 | 0,70 | 0,20–0,45 |

Fonte: Coelho et al. (2014).

água do solo de forma que a irrigação pela ET_c seja feita quando a tensão ou a umidade do solo atinjam o valor crítico.

Tempo de irrigação

O manejo eficiente da irrigação está diretamente associado ao tempo em que o sistema deverá ficar ligado. Para aplicação da lâmina de água necessária em sistemas de irrigação por aspersão e localizada (gotejamento e microaspersão), esse tempo depende da capacidade e da eficiência de aplicação de água do sistema.

Quando a fração de lixiviação (LR) calculada é menor que 10%, as perdas de água por percolação associadas à ineficiência dos sistemas de irrigação são comumente suficientes para proporcionar a lixiviação dos sais. Nesse caso, a LR pode ser assumida como “zero” e não ser levada em consideração no cálculo da lâmina total de água a ser aplicada. A eficiência de aplicação deve ser avaliada, no mínimo, a cada 2 anos, de forma a corrigir problemas que prejudiquem o desempenho do sistema. Nos sistemas de aspersão convencional, a lâmina total de irrigação necessária (LTN) é determinada a partir da LRN :

$$LTN = \frac{LRN}{E_f}$$

em que E_f é a eficiência do sistema de irrigação e LTN é dada em mm.

O tempo necessário para a aplicação da LTN é dado por:

$$T_i = \frac{LTN}{I_a}$$

em que T_i é o tempo de irrigação (h); LTN é a lâmina total de água a ser aplicada por irrigação (mm); I_a é a intensidade de aplicação de água do sistema (mm h^{-1}), que depende da vazão do aspersor e da área molhada, podendo ser calculada por:

$$I_a = \frac{q_a}{(E_a \times E_L)}$$

em que q_a é a vazão do aspersor (L h^{-1}) e E_a e E_L correspondem aos espaçamentos (m) entre aspersores ao longo de uma linha lateral e entre linhas laterais, respectivamente.

A intensidade de aplicação de água também pode ser determinada pela média da razão entre o volume de água coletado em recipientes dispostos em uma malha, considerando a área entre quatro emissores pelo tempo de avaliação. Nesse caso, calcula-se a lâmina por recipiente, pela razão entre o volume coletado e a área da seção do recipiente.

O tempo de irrigação para aplicar a LTN em sistemas de irrigação localizada é calculado pela equação a seguir:

$$T_i = \frac{(LTN \times E_s \times E_p)}{(N \times Q_e)}$$

em que E_s é o espaçamento (m) entre as fileiras de plantas; E_p é o espaçamento (m) entre plantas ao longo da fileira; Q_e é a vazão do emissor (L h^{-1}); e N corresponde ao número de emissores por planta.

O valor de T_i é dado em horas. No caso da microaspersão, T_i também poderá ser obtido pela razão entre a LTN e a intensidade de aplicação (I_a), e essa corresponderá ao valor médio dos valores coletados na área de influência de um emissor. Para isso, devem-se distribuir coletores de água em uma malha de, pelo menos, $0,50 \text{ m} \times 0,50 \text{ m}$ dentro do espaço entre quatro plantas e fora dele até o semiespaço entre fileiras, com o emissor no centro, e recolher o volume de água em cada coletor durante o período de 10 a 30 minutos, a depender da vazão do microaspersor. O volume coletado pela área da seção do coletor será a lâmina correspondente ao coletor, que, dividida pelo tempo de irrigação em horas, fornecerá o valor da I_a . Os valores a serem

contabilizados deverão ser aqueles situados na área molhada pelo emissor.

Em situações de solos com potencial de salinização, a fração de lixiviação é considerada e a lâmina total de água (*LTNs*) a ser aplicada na irrigação será:

$$LTNs = \frac{LRN}{Ea \times (1 - LR)}$$

em que *LTNs* é a lâmina total de água a ser aplicada por irrigação (mm); *Ea* é a eficiência de aplicação de água do sistema de irrigação (decimal); e *LR* é a fração de lixiviação. Quando a fração de lixiviação calculada é menor que 10%, a *LR* pode ser assumida como “zero” e não ser levada em consideração.

Fertirrigação do mamoeiro

A fertirrigação ou a aplicação de fertilizantes via água de irrigação diferem significativamente da aplicação via solo, na qual os nutrientes sólidos são depositados perto da planta, na superfície do solo, e precisam esperar a chuva para serem dissolvidos na solução do solo. Na aplicação via água de irrigação, o tempo de chegada do fertilizante às raízes das plantas é significativamente reduzido, uma vez que o fertilizante já solúvel na água flui no solo de forma uniforme em toda a região da zona radicular, garantindo máxima interceptação pelas raízes.

Entre as vantagens da fertirrigação, podem ser citadas as seguintes: a) as quantidades e as concentrações dos nutrientes podem ser adaptadas à necessidade da planta em função de seu estágio fenológico e suas condições climáticas; b) economia de mão de obra; e c) redução de atividades de pessoas ou de máquinas na área de cultivo, evitando compactação do solo. A fertirrigação também apresenta desvantagens, tais como: a) possibilidade de retorno do fluxo de solução à fonte de água; b) possibilidades de entupimentos; e c) possibilidades de

contaminação do manancial subsuperficial ou subterrâneo.

Sistemas de irrigação para aplicação de adubos via água

A fertirrigação pode ser praticada com todos os sistemas de irrigação; entretanto, deve-se atentar para o fato de que, na aspersão, a água é aplicada para uma área molhada de 100% do solo, o que implica fornecer fertilizantes para as plantas cultivadas e também para as ervas daninhas. Outro ponto importante é o fato de a uniformidade de distribuição de água e a eficiência de aplicação, que basicamente compõem a eficiência de irrigação, serem menores para a irrigação por aspersão em relação à irrigação localizada. De fato, a eficiência da irrigação por aspersão convencional situa-se próxima ou abaixo de 75%, o que indica uma deficiente uniformidade de distribuição de fertilizantes na área. Além disso, é necessário aplicar lâminas de água elevadas por causa da baixa frequência de irrigação, com maior possibilidade de lixiviação para os nutrientes de maior mobilidade, como é o caso do nitrogênio e do potássio. Os sistemas de aspersão por pivô central (Lepa e Mesa) e de movimento linear, cuja eficiência pode chegar a 95%, são os mais adequados entre os sistemas de aspersão.

Em se tratando de sistemas de irrigação localizados, a fertirrigação pela microaspersão deve levar em conta a distribuição de água pelo microaspersor, que segue um padrão em que a maior quantidade de água cai próximo do emissor, reduzindo-se à medida que se afasta dele. Esse aspecto faz com que a distribuição do fertilizante também seja desuniforme, isto é, a região mais próxima do emissor recebe maior quantidade de fertilizante do que as regiões mais afastadas dele.

O aspecto prático dessa situação é que o desenvolvimento do mamoeiro, principalmente

nos primeiros meses após o plantio, pode ser afetado pelo sistema de microaspersão, sobretudo pela desuniformidade de aplicação de fertilizante, uma vez que se adota uma linha lateral de irrigação entre fileiras de plantas. Nesse caso, as plantas novas, cujo sistema radicular é pouco desenvolvido, não conseguem absorver boa parte dos fertilizantes que caem mais próximos dos emissores. Isso pode ser minimizado pelo uso de microaspersores de maior raio de ação (acima de 2,5 m) ou pelo uso de espaçamento em fileira dupla, em que a distância entre fileiras simples não seja maior que 2,0 m.

O sistema de irrigação por gotejamento é o mais adequado à fertirrigação por permitir que a solução de nutrientes atinja diretamente o sistema radicular com o mínimo de perdas fora dele. No gotejamento, se o fertilizante não for aplicado via água, poderá ficar longo tempo sem ser dissolvido, dependendo exclusivamente da chuva. Em condições semiáridas, a aplicação de fertilizantes sólidos em sistema de gotejamento ocasionará a cimentação dos adubos com a formação de placas. Ao contrário, os fertilizantes diluídos em água e aplicados via fertirrigação por gotejamento serão depositados junto ao sistema radicular da cultura, e isso proporcionará o aumento da eficiência de seu uso. No caso do gotejamento enterrado, a eficiência da adubação aumenta mais ainda, considerando-se que as linhas laterais passam a se posicionar junto ao sistema radicular das plantas.

Os sistemas de irrigação localizada, principalmente o gotejamento, são os mais adequados à aplicação de fósforo via fertirrigação. Nesse aspecto, o uso do gotejamento enterrado tem a possibilidade de aumentar ainda mais a absorção desse nutriente, uma vez que ele é depositado dentro da zona de maior atividade do sistema radicular.

A eficiência da fertirrigação, de modo análogo à da irrigação, refere-se à razão do fertilizante que é aplicado e à parte que é efetivamente utilizada

pelas plantas. Os sistemas de irrigação de baixa eficiência, como os de superfície, serão de baixa eficiência quanto à fertirrigação, ao passo que os sistemas de irrigação de alta eficiência serão também de alta eficiência em relação à fertirrigação. A Tabela 7 mostra valores da eficiência para a fertirrigação em diversos sistemas de irrigação localizada, para os nutrientes mais comumente usados. O potássio, por ter mobilidade média, consegue apresentar maior eficiência do que o nitrogênio, que pode ser perdido mais facilmente por lixiviação devido à sua alta mobilidade. O fósforo é o de menor eficiência em razão de sua baixa mobilidade no solo.

Tabela 7. Eficiência no uso de nitrogênio, fósforo e potássio, em diferentes sistemas de irrigação.

| Sistema de irrigação | Nitrogênio (%) | Fósforo (%) | Potássio (%) |
|-------------------------|----------------|-------------|--------------|
| Superfície | 40–60 | 10–20 | 60–75 |
| Aspersão (pivô central) | 60–70 | 15–25 | 70–80 |
| Gotejamento | 75–85 | 25–35 | 80–90 |

Fontes de nitrogênio e potássio e seus efeitos na produtividade do mamoeiro

O mamoeiro responde satisfatoriamente à irrigação e à adubação, quer sob condição sólida, quer sob condição líquida. O uso da fertirrigação não deve ser tomado como uma forma de aumento de produtividade. Embora possa contribuir para isso, ela deve ser considerada uma forma mais eficiente de aplicação de adubos às plantas.

Experimentos de resposta do mamoeiro a níveis de nitrogênio e potássio aplicados via água de irrigação mostraram um comportamento linear da produtividade como função do nitrogênio e quadrática como função do potássio, em que a máxima produtividade física

do mamoeiro por ano correspondeu às doses de 490 kg ha⁻¹ de N e 490 kg ha⁻¹ de K₂O (Coelho et al., 2001).

Santos et al. (2004), ao avaliarem fontes nitrogenadas, não observaram efeito das fontes de nitrogênio amoniacal, amídica e nítrica na produtividade do mamoeiro 'Tainung nº 1', que variou de 70 t ha⁻¹ a 85 t ha⁻¹ (Figura 9).

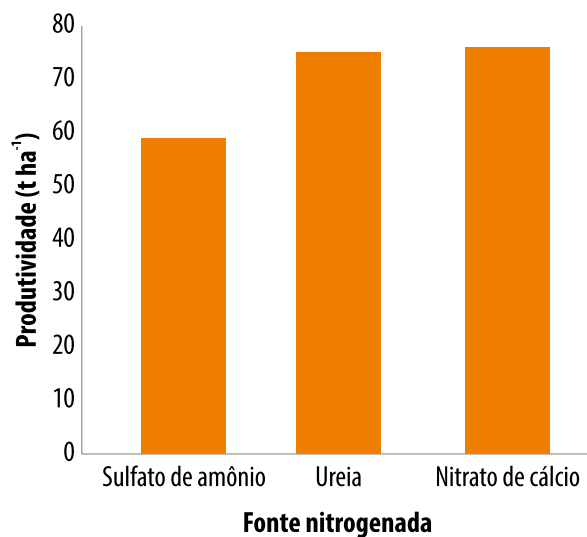


Figura 9. Produtividade do mamoeiro fertirrigado com diferentes fontes nitrogenadas.

Fonte: Santos et al. (2004).

O menor custo das fontes amoniacais e amídicas fazem com que esses fertilizantes sejam preferidos pelos produtores rurais. Entretanto, o uso das fontes amoniacais apresenta como

desvantagem a possível redução no pH e na saturação de bases do solo. Para contornar esse problema, pode-se fazer uso de uma fonte amoniacal conjugada com uma fonte nítrica. Nesse sentido, Souza et al. (2005) avaliaram a aplicação de nitrogênio na cultura do mamoeiro 'Sunrise Solo' na forma de ureia em 100%, 75%, 50%, 25% e 0% do ciclo, em um período de 12 meses do plantio; no restante do período, a aplicação foi feita com nitrato de cálcio. Os resultados não demonstraram diferenças significativas entre os tratamentos; entretanto, o uso de nitrato de cálcio como única fonte de nitrogênio resultou em tendência de produtividade 14,79% superior à obtida com a aplicação exclusiva de sulfato de amônio (Tabela 8). A aplicação de nitrogênio como sulfato de amônio (SA) e nitrato de cálcio (NC) nas proporções 75%SA:25%NC e 50%SA:50%NC do ciclo também proporcionou produtividades superiores em 18,87% e 21,35%, respectivamente, em relação ao tratamento com o uso de 100% do nitrogênio sob a forma de sulfato de amônio. O uso combinado das fontes, com sulfato de amônio em 75% do ciclo e nitrato de cálcio em 25% do ciclo, apresentou relação custo-benefício de 2,37 e promoveu uma taxa de retorno marginal de 137,0%; o uso de sulfato de amônio e nitrato de cálcio, cada um em 50% do ciclo, apresentou relação custo-benefício de 1,46.

Tabela 8. Número de frutos e produtividade do mamoeiro fertirrigado, submetido a diferentes combinações de fontes nitrogenadas (nítrica e amoniacal) nos primeiros 5 meses de colheita.

| Tratamento | Fonte nitrogenada | | Produtividade (t ha ⁻¹) |
|------------|-------------------|-----------------|-------------------------------------|
| | SA (% do ciclo) | NC (% do ciclo) | |
| 1 | 100 | 0 | 22,117 |
| 2 | 75 | 25 | 26,292 |
| 3 | 50 | 50 | 26,840 |
| 4 | 25 | 75 | 30,330 |
| 5 | 0 | 100 | 25,390 |

SA = sulfato de amônio; NC = nitrato de cálcio.

Manejo da fertirrigação

O manejo da fertirrigação consiste em aplicar a quantidade de nutriente que a planta demanda em seu devido estágio fenológico. Para isso, o procedimento da fertirrigação deve ser previamente programado, definindo-se, a partir da quantidade total do fertilizante a ser aplicado, as quantidades e as épocas de aplicação (parcelamento). Isso implica conhecer a marcha de absorção dos nutrientes pela cultura e a frequência mais adequada de irrigação. Conhecendo-se a quantidade de fertilizante a ser aplicada em cada fertirrigação, calcula-se o volume de água para a solução a ser injetada no sistema de irrigação.

A quantidade do adubo a ser injetado vai depender da marcha de absorção de nutrientes estabelecida para o mamoeiro. Cunha (1979), em São Paulo, ao trabalhar com uma variedade não definida, mas de tamanho que se enquadra no grupo Formosa, e Coelho Filho et al. (2007), na Bahia, com variedade do grupo Solo (Figura 10), desenvolveram experimentos para obtenção da marcha de absorção de nutrientes. Essas marchas de absorção foram apresentadas no Capítulo 5 (Nutrição Mineral). A importância do conhecimento das marchas de absorção é permitir o estabelecimento de um parcelamento para a aplicação de macro e micronutrientes na escala de tempo, por meio da determinação de intervalos de tempo em que a taxa de absorção se mantenha constante, isto é, de modo que a declividade da curva de absorção acumulada se mantenha sem alteração significativa. Dessa forma, geram-se os gráficos da Figura 11 para os macronutrientes mais viáveis de ser utilizados em fertirrigação. Pode-se verificar as porcentagens do total de um dado macronutriente que deverá ser aplicado no período de tempo correspondente. Como exemplo, se for necessária uma aplicação de 350 kg de K_2O no primeiro ano de cultivo do mamoeiro, 8,6% ou 30,1 kg deverão ser aplicados nos primeiros 120 dias; 14,2% ou 49,7 kg no período de 121–180 dias;

51,7% ou 180,9 kg no período de 181–270 dias; e 25,5% ou 89,2 kg no período de 271–360 dias.

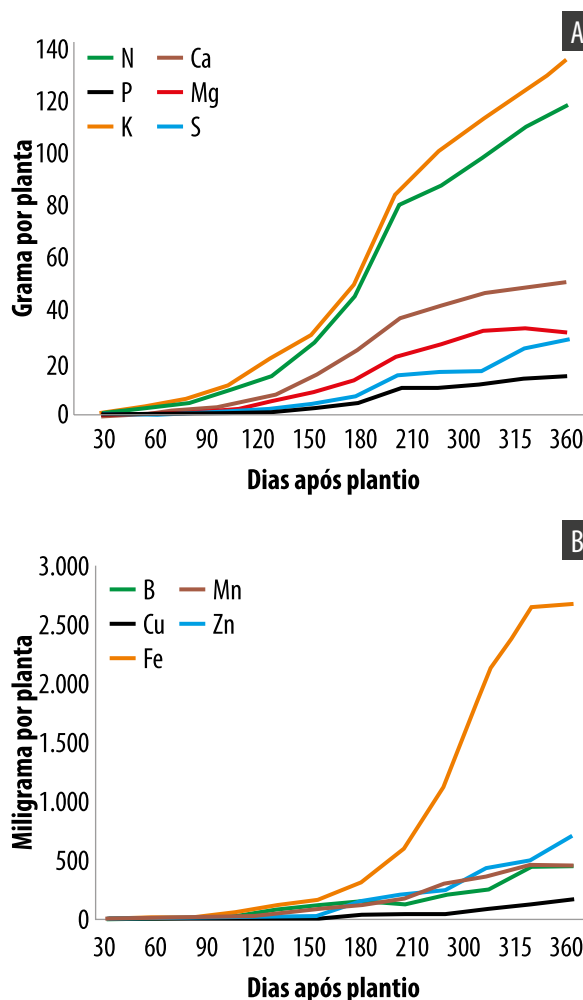


Figura 10. Marcha de absorção de macronutrientes (A) e micronutrientes (B) pelo mamoeiro fertirrigado com fonte amídica.

Fonte: Coelho Filho et al. (2007a).

Frequência de fertirrigação

Na recomendação da frequência de fertirrigação do mamoeiro, deve-se levar em consideração o fato de que a cultura é de ciclo longo e a recomendação de adubação existente se refere a um ano ou mais de cultivo. Dessa forma, verifica-se que a dinâmica de uso de nutrientes do mamoeiro é diferente das culturas de ciclo curto, em que todo o fertilizante necessário deve ser administrado em poucos meses. Santos et al. (2004) avaliaram três frequências de fertirrigação em mamoeiro (1, 3 e 7 dias), nas quais foram

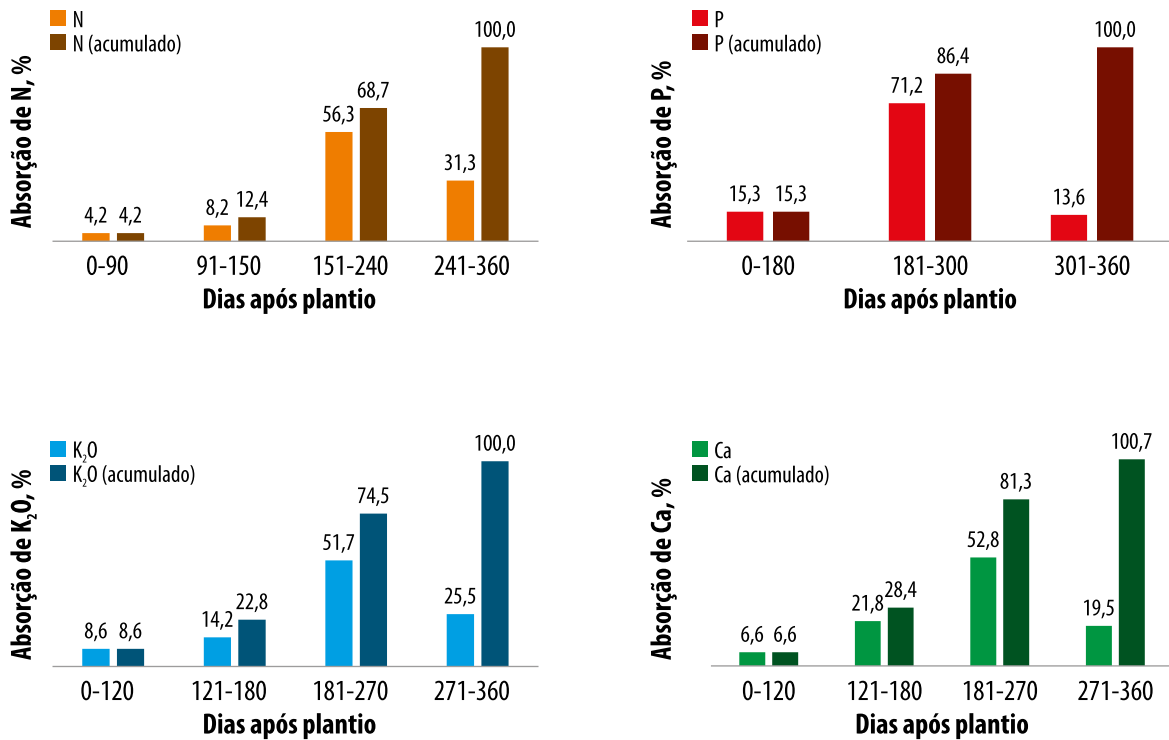


Figura 11. Percentagem de nutrientes absorvidos em diferentes períodos de tempo ao longo do primeiro ano de cultivo do mamoeiro.

Fonte: Adaptada de Coelho Filho et al. (2007a).

utilizadas três fontes de nitrogênio: sulfato de amônio (SA), ureia (UR) e nitrato de cálcio (NC). Observou-se que as maiores produtividades ocorreram para as frequências de 3 e 7 dias, não tendo havido diferença estatística entre esses

dois períodos. Os maiores valores absolutos de produtividade ocorreram para a aplicação do NC nas frequências de 3 e 7 dias, vindo, em seguida, a produtividade da UR na frequência de 3 dias (Figura 12).

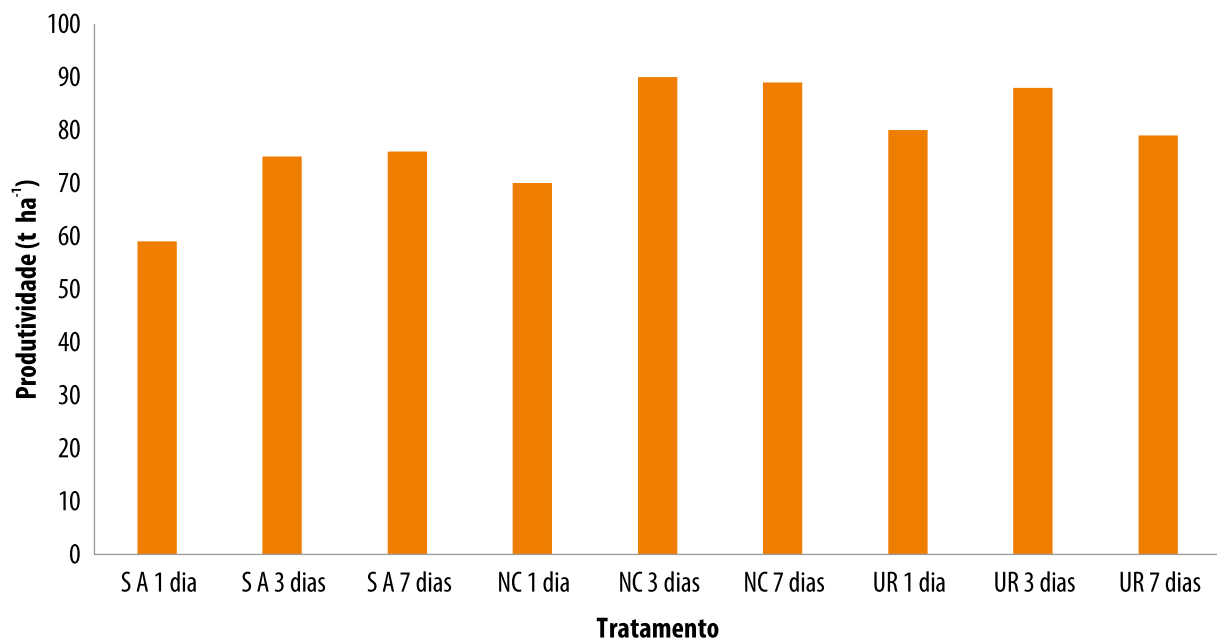


Figura 12. Produtividade do mamoeiro em resposta a fontes de nitrogênio aplicadas em três frequências via água de irrigação: sulfato de amônio (SA), nitrato de cálcio (NC) e ureia (UR).

Impactos da fertirrigação

Os impactos que a fertirrigação pode promover sobre o solo são de natureza física ou química. Impactos físicos não têm sido observados em campo, entretanto há possibilidade de ocorrência, principalmente no caso de fertirrigação orgânica com biofertilizantes e substâncias húmicas, que causam aumento da matéria orgânica e, conseqüentemente, melhoria na estruturação do solo. Os impactos de ordem química são mais comuns e podem ocorrer tanto com a aplicação de fertilizantes orgânicos quanto minerais.

Um dos impactos químicos mais comumente observado tem sido relacionado à salinização do solo, o que pode se dar pela aplicação de fertilizantes em quantidades elevadas, que leva ao aumento da tensão osmótica e da condutividade elétrica e à redução do potencial total da água no solo. A salinização pode ser agravada com o uso de fontes de maior índice salino. Valores de condutividade elétrica do extrato de saturação acima de $1,0 \text{ dS m}^{-1}$ podem ser prejudiciais à cultura do mamoeiro. A ocorrência da salinização, entretanto, está relacionada à

operação inadequada da fertirrigação, principalmente pelo uso de elevada concentração da solução de injeção.

Coelho et al. (2002) monitoraram mensalmente, durante 2 anos, a condutividade elétrica de um solo argiloso em uma área de mamoeiro tratado com dosagens de cloreto de potássio e de ureia, variando, por ano, de 35 kg ha^{-1} a 660 kg ha^{-1} . Os autores verificaram que, na maior parte do período observado, a condutividade elétrica ficou abaixo de $0,70 \text{ dS m}^{-1}$. No período entre 620 e 683 dias após o plantio, que corresponde ao final do período seco, os valores ficaram abaixo ou próximos de $1,0 \text{ dS m}^{-1}$ nas profundidades 0,40 m e 0,80 m, tendo retornado a valores abaixo de $0,70 \text{ dS m}^{-1}$ após o período chuvoso. No caso, a estação chuvosa foi suficiente para manter a condutividade elétrica do solo em níveis adequados (Figura 13).

A avaliação do uso de sulfato de amônio no mamoeiro 'Tainung nº 1' em períodos equivalentes a 100%, 75%, 50%, 25% e 0% do primeiro ano (primeiro ciclo), complementado pelo nitrato de cálcio nos mesmos períodos (0%, 25%, 50%, 75% e 100%), mostrou que a condutividade elétrica do extrato de saturação

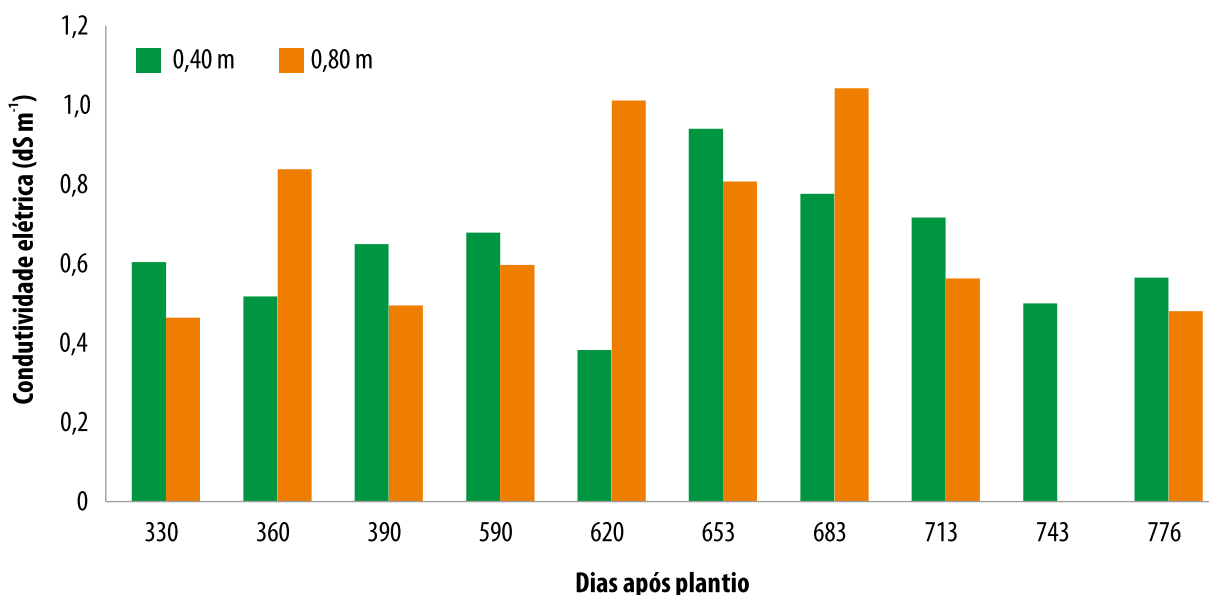


Figura 13. Efeito da aplicação de ureia e cloreto de potássio em mamoeiro, via fertirrigação, sobre a condutividade elétrica do solo, nas profundidades de 0,40 m e 0,80 m.

(CEes), avaliada mensalmente, resultou em maiores valores para aplicação de nitrogênio na forma de sulfato de amônio em 100% e 75% do primeiro ano, com redução para a aplicação de nitrogênio totalmente na forma de nitrato de cálcio em 75% e 100% do período (365 dias). Os resultados mostraram que a aplicação de maior quantidade de sulfato de amônio durante o ciclo contribuiu para maior CEes em relação à aplicação do nitrato de cálcio. Esses resultados podem ser justificados, entre outras causas, pelo maior índice salino do sulfato de amônio (69) em relação ao do nitrato de cálcio (61) (Borges; Silva, 2011).

Outro impacto ainda mais comum do que a salinização é o efeito de fontes nitrogenadas sobre a variação do pH do solo. No caso do uso da ureia e dos adubos amoniacais durante o processo de nitrificação, ocorre liberação de H^+ no solo, o que se traduz em redução do pH. Essa redução é mais acentuada quando se utilizam os fertilizantes amoniacais.

O uso de alguns adubos nitrogenados tende a diminuir o pH e saturação de bases do solo ao longo dos cultivos. Santos et al. (2004) avaliaram o efeito da aplicação de ureia, nitrato de cálcio e sulfato de amônio sobre o pH e a saturação de bases. Embora os autores não tenham apresentado análises estatísticas, ao longo do primeiro ano de plantio do mamoeiro, pode-se observar que houve uma tendência de redução nessas duas variáveis (Tabela 9). A magnitude dessa redução foi maior para os tratamentos em que se aplicou o sulfato de amônio e menor para os tratamentos com nitrato de cálcio. A tendência de acidificação do sulfato de amônio também é verificada por Souza et al. (2005) que, estudando o parcelamento entre as fontes sulfato de amônio (SA) e nitrato de cálcio (NC) durante o ciclo do mamoeiro observou que a aplicação de sulfato de amônio durante todo o ciclo promoveu redução linear do pH e da saturação de bases ($R^2 = 0,92$), causando diminuição de 0,0256 no valor de pH e 0,476 no valor da saturação de

Tabela 9. Valores de pH e de saturação de bases para as fontes de nitrogênio (N) aplicadas ao mamoeiro cultivado em Latossolo Amarelo Distrófico.

| Fonte de N | pH | | Saturação de bases (%) | |
|-------------------|--------|---------|------------------------|---------|
| | 2/2003 | 11/2003 | 2/2003 | 11/2003 |
| Sulfato de amônio | 6,6 | 5,0 | 75 | 48 |
| Nitrato de cálcio | 6,7 | 6,6 | 82 | 77 |
| Ureia | 6,4 | 5,8 | 72 | 60 |

Fonte: Santos et al. (2004).

bases para cada unidade de porcentagem de sulfato de amônio adicionado.

A aplicação de nitrogênio até a proporção de 54% pelo SA e 46% pelo NC é adequada para o mamoeiro nas condições dos Latossolos Amarelos Distróficos, visto que o pH entre 5,5 e 6,7 é o mais adequado à cultura (Oliveira et al., 2004).

Um ponto a ser observado no uso das fontes de nitrogênio em fertirrigação é o reflexo sobre o balanço cátions:ânions da solução do solo. Nesse balanço, determinado cátion ou ânion em excesso na solução poderá ser mais absorvido pelas raízes, limitando a absorção de outros cátions ou ânions importantes (Vieira et al., 2001). Assim, a aplicação de nitrogênio exclusivamente na forma de NH_4^+ poderá provocar redução na absorção de outros cátions, a exemplo de K^+ , Ca^{++} e Mg^{++} . Além disso, pode provocar absorção em excesso de fosfatos, sulfatos e cloretos. Já o aumento de NO_3^- na solução do solo provocará redução na absorção do fosfato e sulfatos e aumento na absorção de K^+ , Ca^{++} e Mg^{++} (Burt et al., 1995). Por isso, sugere-se usar uma fonte amoniacal ou amídica em 50% do ciclo da cultura e uma fonte nítrica em 50% do restante do ciclo.

Considerações finais

O mamoeiro, independentemente da cultivar, não tolera déficit hídrico no solo que condicione redução da disponibilidade de água maior que 30%. As recomendações técnicas disponíveis para definir o sistema de irrigação e suas particularidades dependem de fatores do solo, do sistema de irrigação e do espaçamento da cultura. O manejo da água de irrigação encontra informações técnicas para vários métodos de manejo da água, considerando o sistema de irrigação que dá condições ao produtor de irrigar dentro dos padrões técnicos desejáveis.

O mamoeiro irrigado deve ser também fertirrigado, principalmente quando sob irrigação por gotejamento. O investimento em fertirrigação varia conforme seu nível de sofisticação, entretanto não aumenta de forma significativa os custos da irrigação. Há informações técnicas sobre a eficiência da fertirrigação com nitrogênio, potássio e fósforo, sobre os efeitos de diferentes fontes comerciais desses nutrientes na produtividade do mamoeiro e nos atributos químicos do solo, especificamente o pH e a condutividade elétrica, o que dá maior poder de decisão ao produtor quanto aos nutrientes e às fontes mais adequadas em termos de produtividade e conservação do solo sob aspecto químico.

Referências

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO. Irrigation and drainage paper, 56).
- ANGELOCCI, L. R. **Estimativa da transpiração máxima de macieiras (*Malus spp*) em pomares pelo método de Penman-Monteith**. 1996. 75 f. Tese (Livro Docência) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- ARRUDA, F. B. Necessidade de água nas culturas: elementos de projeto. In: CURSO PRÁTICO INTERNACIONAL DE AGROMETEOROLOGIA PARA OTIMIZAÇÃO DA IRRIGAÇÃO, 3, 1989, Campinas. **Anais...** Campinas: IAC, 1989. 35 p.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 7. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2005. 611 p.
- BORGES, A. L.; SILVA, D. J. Fertilizantes para fertirrigação. In: SOUSA, V. F. de; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (org.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 253-264.
- BURT, C.; O'CONNOR, K.; RUEHR, T. **Fertigation**. San Luis Obispo: Irrigation Training Research Center, 1995. 295 p.
- CARVALHO, G. C. **Variáveis de crescimento, de produção e da relação solo-água-plantas no mamoeiro sunrise solo sob sistemas de irrigação localizada**. 2011. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas.
- CARVALHO, G. C.; COELHO, E. F.; SILVA, A. dos S. A. M. da; PAMPONETI, A. J. M. Trickle irrigation: effects on papaya crop. **Engenharia Agrícola**, v. 34, n. 2, p. 236-243, Mar./Apr. 2014.
- COELHO FILHO, M. A.; CASTRO NETO, M. T.; COELHO, E. F. Transpiração máxima de plantas de mamão (*Carica Papaya* L.) em pomar fertirrigado, nas condições de Cruz das Almas, BA. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 13., 2003, Juazeiro. **Anais...** Viçosa: ABID, 2003a. 1 CD-ROM.
- COELHO FILHO, M. A.; CASTRO NETO, M. T.; COELHO, E. F.; CRUZ, J. L. Uso mínimo de água de um pomar irrigado de mamão Tainung No 1 nas condições dos tabuleiros costeiros. In: MARTINS, D. dos S. (ed.). **Papaya Brasil: qualidade do mamão para o mercado interno**. Vitória: Incaper, 2003b. p. 511-514.
- COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F.; CRUZ, J. L. **Uso da transpiração máxima de mamoeiro para o manejo irrigação por gotejamento em regiões úmidas e sub-úmidas**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2007b. 29 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Documentos, 106).
- COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F.; CRUZ, J. L.; SOUZA, L. F. da S.; OLIVEIRA, A. M. de; SILVA, T. S. M. da. Marcha de absorção de macro e micronutrientes do mamoeiro sunrise solo. In: MARTINS, D. dos S.; COSTA, A. N. da; COSTA, A. de F. S. da. (ed.). **Papaya Brasil: manejo, qualidade e mercado do mamão**. Vitória: Incaper, 2007a. p. 29-40.
- COELHO, E. F.; OLIVEIRA, A. M. G.; SILVA, T. S. M.; SANTOS, D. B. dos. Produtividade do mamoeiro sob diferentes doses de nitrogênio e de potássio aplicadas via água de irrigação. In: WORKSHOP DE FERTIRRIGAÇÃO, 2., 2001, Águas de São Pedro. **Fertirrigação: flores, frutas e hortaliças**. Piracicaba: LER-ESALQ-USP, 2001. v. 1, p. 78-87.

- COELHO, E. F.; SANTOS, M. R. dos; COELHO FILHO, M. A. Distribuição de raízes de mamoeiro sob diferentes sistemas de irrigação localizada em Latossolo de Tabuleiros Costeiros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 1, p. 175-178, 2005.
- COELHO, E. F.; SANTOS, M. R.; TRINDADE, A. V.; SILVA, T. S. M. Produtividade do mamoeiro sob diferentes fontes de nitrogênio e potássio e frequências de fertirrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FERTIRRIGAÇÃO, 1., 2003, João Pessoa. **Anais...** Areia: Centro de Ciências Agrárias-Universidade Federal da Paraíba, 2003.
- COELHO, E. F.; SILVA, A. J. P.; DONATO, S. L. R.; MAROUELLI, W. A.; ARANTES, A. M.; SOUZA CRUZ, A. J.; COTRIM, C. E.; COSTA, S. F.; SANTANA, J. A. V.; MARQUES, P. R. R.; OLIVEIRA, P. M. **Irrigação da bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2012. v. 1, 280 p.
- COELHO, E. F.; SILVA, T. S. M. da; LIMA, D. M.; SOUSA, V. F. de. Distribuição de potássio e da condutividade elétrica no solo pela aplicação de diferentes doses de potássio e nitrogênio por fertirrigação em mamoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., 2002, Salvador. **Anais...** Salvador: Unesp, 2002. 1 CD ROM.
- COELHO, E. F.; SILVA, T. S. M. da; SANTANA JUNIOR, E. B.; PARIZOTTO, I. **Método simplificado de determinação da umidade do solo para uso em manejo de irrigação em agricultura familiar**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2013. 4 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Comunicado técnico, 155).
- CUNHA, R. J. P. **Marcha de absorção de nutrientes em condições de campo e sintomatologia de deficiências de macronutrientes e do boro em mamoeiro**. 1979. 131 f. Tese (Doutorado em Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- MAROUELLI, W. A.; OLIVEIRA, A. S.; COELHO, E. F.; NOGUEIRA, L. C.; SOUSA, V. F. de. Manejo da água de irrigação. In: SOUSA, V. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (org.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. v. 1, p. 157-232.
- OLIVEIRA, A. M. G.; SOUZA, L. F.; RAIJ, B. V.; MAGALHÃES, A. F. J. **Nutrição, calagem e adubação do mamoeiro irrigado**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 10 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Circular técnica, 69).
- REIS, J. B. R. da S.; COELHO, E. F.; OLIVEIRA, P. M. de; COSTA, É. L. da; CARVALHO, G. C. Irrigação. **Informe Agropecuário**, v. 34, n. 275, p. 48-57, jul./ago. 2013.
- SANTOS, M. R.; COELHO, E. F.; CRUZ, J. L. Produtividade do mamoeiro sob diferentes fontes e frequências de aplicação de nitrogênio via água de irrigação. In: FERTIBIO, 2004, Lages. **Anais...** Lages: Departamento de Solos-UDESC, 2004.
- SILVA, J. G. F. **Efeitos de diferentes lâminas e frequências de irrigação sobre o desenvolvimento e a produtividade do mamoeiro (*Carica papaya L.*)**. 1999. 90 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- SOUZA, E. de A.; COELHO, E. F.; PAZ, V. P. da S.; COELHO FILHO, M. A. Distribuição de raízes de mamoeiro sob três frequências de aplicação de fósforo via irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 33., 2004, São Pedro. **Anais...** Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola-Universidade Estadual de Campinas, 2004.
- SOUZA, E. de A.; COELHO, E. F.; PAZ, V. P. da S.; COELHO FILHO, M. A. Crescimento e produtividade do mamoeiro fertirrigado com fósforo por gotejamento superficial e subsuperficial. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 3, p. 495-499, 2005.
- SOUZA, T. V.; COELHO, E. F.; PAZ, V. P. da S.; COELHO FILHO, M. A.; CRUZ, J. L. Produtividade do mamoeiro Tainung 01 sob cinco combinações de aplicação de fontes nitrogenadas ao longo do ciclo. In: SIMPÓSIO PAPAYA BRASILEIRO, 2., 2005, Vitória. **Papaya Brasil: mercado e inovações tecnológicas para o mamão**. Vitória: Incaper, 2005. v. 1, p. 344-346.
- VIEIRA, R. F.; COSTA, É. L.; RAMOS, M. M. Escolha e manejo de fertilizantes na fertirrigação da bananeira. In: SIMPÓSIO NORTE MINEIRO SOBRE A CULTURA DA BANANA, 1., 2001, Nova Porteirainha. **Anais...** Montes Claros: Unimontes, 2001. p. 203-217.

Doenças causadas por fungos, oomicetos e bactérias

Hermes Peixoto Santos Filho

Antonio Alberto Rocha Oliveira

Introdução

O mamoeiro sofre o ataque de diferentes agentes etiológicos, além de apresentar distúrbios e anomalias de causas desconhecidas e não parasitárias. As doenças podem afetar folhas, ramos, raízes, flores e frutos do mamoeiro em diferentes etapas do seu desenvolvimento, e os danos podem chegar, em alguns casos, a 100%, acarretando perdas em sua produção, comercialização e exportação de frutos. Na fase de produção, as doenças de maior importância, nas áreas produtoras do Brasil, são as viroses mancha-anelar (mosaico) e meleira, assim como a doença fúngica pinta-preta, também conhecida como varíola, que, se não forem controladas corretamente, podem causar grandes danos aos frutos, com depreciação comercial. Em determinadas regiões, e dependendo das condições climáticas, outra doença importante que afeta toda a planta é a podridão causada por *Phytophthora*. As bacterioses são registradas de forma esporádica e não representam, até o momento, expressão econômica para a cultura do mamoeiro, sem, entretanto, excluir a possibilidade de vir a se tornar problema limitante no futuro. No Brasil, estão relatadas duas doenças bacterianas, uma delas ataca plantas em sementeiras e a outra afeta frutos após a colheita.

As doenças em pós-colheita são caracterizadas por podridões superficiais, pedunculares e internas, entre as quais se destacam a antracnose e a podridão-peduncular, que reduzem a qualidade dos frutos e provocam perdas, em alguns casos superiores a 90%, inviabilizando a comercialização nos mercados importadores (Ventura et al., 2003; Cruz et al., 2009).

Neste capítulo, são fornecidas informações sobre a importância econômica de cada doença, etiologia, epidemiologia, sintomatologia e métodos de controle, que são descritos em consonância com as técnicas preconizadas no manejo integrado, no entanto, quando se decide pela intervenção química, as aplicações devem

ser feitas no momento em que a incidência da doença cause danos econômicos, o que pode ser definido mediante resultados de monitoramento. A recomendação de controle químico baseia-se no uso de produtos registrados para a cultura e para a doença, os quais estão disponíveis na página do Agrofit¹ e constam na grade de agroquímicos para a cultura do mamão, de forma que sejam respeitados os seus limites econômicos e a aceitação ecológica.

Doenças causadas por fungos e oomicetos

Estiolamento de mudas, tombamento ou *damping off*

O estiolamento de mudas, doença também conhecida como tombamento ou *damping off*, ocorre, esporadicamente, em sementeiras, em viveiros e também em mudas recém-transplantadas para o campo. É causada por microrganismos habitantes do solo cuja etiologia varia de região para região, porém induzem o mesmo quadro sintomatológico. Em viveiros muito adensados, as plantas podem morrer em poucos dias, e a quantidade de perdas pode chegar a mais de 80% (Santos Filho et al., 2003).

Os agentes causais envolvidos no processo exigem, para o seu controle, princípios ativos de agrotóxicos diferentes, o que dificulta a escolha do produto mais adequado, por causa da semelhança dos sintomas e da rapidez com que a epidemia se alastra na sementeira ou no viveiro.

Distribuição, danos e importância econômica

A doença é encontrada em todas as áreas produtoras de mamão do mundo, e a gravidade de sua infestação varia de acordo com os níveis de temperatura e umidade do ambiente.

¹ Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons.

Além do mamoeiro, culturas como amendoim (*Arachis hypogaeae*), batatinha (*Solanum tuberosum*), café (*Coffea* spp.), fumo (*Nicotiana tabacum*), feijão (*Phaseolus vulgaris*), seringueira (*Hevea brasiliensis*), citros (*Citrus* spp.), mangueira (*Mangifera indica*), maracujazeiro (*Passiflora edulis*) e hortaliças em geral apresentam sintomas de tombamento quando cultivadas em solos infestados pelos agentes etiológicos causais (Santos Filho et al., 2003). O ataque dos microrganismos é facilitado pelas condições de umidade elevada e pelo adensamento das plantas. A doença também pode ocorrer na fase inicial de crescimento dos mamoeiros no local definitivo, geralmente em terrenos encharcados ou de difícil drenagem, principalmente se os plantios forem feitos seguidamente na mesma área. Em áreas com terrenos muito argilosos, o problema se agrava ainda mais. As mudas, em vez de se fixarem no solo, apresentam declínio típico, que resulta do apodrecimento das raízes causado por um complexo de microrganismos (Ventura et al., 2003).

Etiologia

Embora a doença seja atribuída a um complexo de oomicetos dos gêneros *Pythium* spp. e *Phytophthora* spp. (Ram et al., 1983), é fato conhecido a participação de outros patógenos, como *Rhizoctonia solani* (Persley; Ploetz, 2003), *Fusarium solani* (Mafia et al., 2003) e *Sclerotium rolfsii* (Ventura et al., 2003). Essa divergência de informações quanto ao agente causal se deve à similaridade dos sintomas causados por esses microrganismos; entretanto, a maioria dos autores admite que o estiolamento ou tombamento de mudas do mamoeiro é causado, na maioria das vezes, por dois oomicetos (*Pythium* spp. e *Phytophthora* spp.) e pelo fungo *Rhizoctonia* spp., os quais podem agir tanto isoladamente quanto de forma associada.

As espécies *Pythium ultimum* Trow e *Pythium aphanidermatum* (Edson) Fitzp. são citadas por

Hollyday (1980) como causadoras da doença, entretanto nenhuma espécie é atribuída ao gênero *Phytophthora*, ainda que presente no quadro sintomatológico. Esses dois gêneros de oomicetos, que têm estruturas bem semelhantes, como micélio hialino não septado, diferenciam-se principalmente pelo fato de o gênero *Pythium* possuir um esporângio liso que dá origem a um esporângio secundário, o qual se projeta para fora formando uma vesícula, na qual se diferenciam zoósporos, ovoides reniformes, uni ou biciliados. Por sua vez, o gênero *Phytophthora*, apesar de apresentar o mesmo tipo de zoósporo, não forma vesícula de extrusão para a sua formação.

Em mamoeiro, existem controvérsias sobre a espécie de *Rhizoctonia* que causa a doença, entretanto Persley e Ploetz (2003) admitem que um dos agentes envolvidos com o tombamento de mudas em mamoeiro é a forma anamórfica de *R. solani*. A sua descrição morfológica o caracteriza como um fungo que não possui corpos frutíferos nem produz esporos. O micélio é bastante vigoroso, formado por hifas grossas com células grandes, septadas com ramificações dispostas em ângulo reto e constrições na sua base. Inicialmente é hialino, evoluindo para marrom-claro e, posteriormente, marrom-escuro. Escleródios são formados pelo micélio e atuam como estruturas de resistência; são de formato irregular, escuros e germinam produzindo hifas (Bedendo, 1995). *Sclerotium* sp. na sua forma anamórfica não produz esporos nem frutificação. Apresenta somente hifas mais finas, a princípio brancas, que, posteriormente, tornam-se escuras. Os escleródios formados diretamente das hifas são numerosos, arredondados, e seu diâmetro varia de 0,4 mm a 2 mm. Em condições favoráveis, os escleródios podem germinar sob duas formas (micelial ou eruptiva), causando infecção nas plantas. O conhecimento da etiologia dessa doença é importante para o estabelecimento da metodologia de controle.

Sintomas

Inicialmente, os sintomas caracterizam-se por uma mancha de aspecto aquoso nos tecidos da região do colo das plântulas, próxima à linha do solo, sinal que aumenta de tamanho seguindo-se de constrição, escurecimento dos tecidos, murcha e amarelecimento da parte aérea, desaparecimento das radículas, tombamento e morte das mudas afetadas (Figura 1).

Foto: Leandro de Souza Rocha



Figura 1. Plantas com sintomas característicos do tombamento de mudas em mamoeiro.

Epidemiologia

Iniciada a podridão no colo da plântula, torna-se difícil controlá-la. As plantas são muito suscetíveis quando novas, tornando-se mais resistentes à medida que se desenvolvem. Entretanto, Ram et al. (1983) registraram morte de plantas na idade de 4 a 36 meses, atribuindo a infecção a um oomiceto do gênero *Pythium*.

O ataque desses microrganismos é facilitado pelas condições de umidade elevada e pelo adensamento das plantas na sementeira e no viveiro. A doença também pode ocorrer na fase inicial de crescimento dos mamoeiros no local definitivo, geralmente em terrenos encharcados ou de difícil drenagem. Nesse caso, quando os plantios são efetivados seguidamente na mesma área, o replantio torna-se fator limitante

por causa do elevado potencial de inóculo dos microrganismos no solo. Em áreas com terrenos muito rochosos, o problema se agrava ainda mais; as mudas, em vez de se fixarem no solo, apresentam declínio típico resultante do apodrecimento das raízes, causado pela infecção do complexo fúngico.

Temperaturas mais amenas do ar que influenciem diretamente na temperatura do solo e no decréscimo no índice pluviométrico são fatores desfavoráveis para o aumento da incidência da doença, que se agrava quando ocorrem condições de alta umidade no solo e elevação da temperatura (Oliveira et al., 2011).

Controle

As sementeiras e os viveiros devem ser implantados em local ventilado e ensolarado, de modo que as mudas recebam 50% de intensidade luminosa, livre de encharcamento, afastado de estradas e longe de plantações que possam funcionar como fonte de inóculo, a exemplo de doenças causadas por vírus e fungos que afetem a parte aérea das plantas. A água de irrigação ou de rega deve ser proveniente de fonte limpa e sem contaminação com patógenos de solo. Os recipientes utilizados para produção de mudas (sacolas ou vasos) devem ter em torno de 20 furos nas partes inferior e lateral para facilitar a drenagem de água. As sacolas devem ter, no mínimo, 15 cm de altura, para evitar enovelamento e deformações nas raízes no seu fundo, o que comprometerá o desenvolvimento da planta e facilitará a penetração dos patógenos habitantes do solo. Substratos com alto teor de argila nos quais plantas de mamoeiro tenham sido cultivadas por mais de 3 anos não devem ser utilizados. O controle eficiente do tombamento em pré-emergência pode ser obtido a partir do uso de substrato estéril obtido comercialmente, por fumigação ou via calor e pelo tratamento de sementes com fungicidas seletivos. O período de germinação deve ser considerado, pois, quando

a germinação excede a 20 dias, as plantas apresentam-se pouco vigorosas, tornando-se mais suscetíveis à doença, o que pode acontecer também quando o plantio das sementes é mais profundo (Elder et al., 2000).

Quando surgirem os primeiros sintomas de tombamento, recomenda-se fazer um diagnóstico correto da etiologia da doença e utilizar um agrotóxico específico, constante da grade de agroquímicos para o mamoeiro e de acordo com o patógeno envolvido.

Podridões de *Phytophthora*

Essa doença está descrita por diversos autores e aparece com diferentes nomes (podridão do pé, podridão das raízes, podridão do colo, podridão de *Phytophthora* ou gomose), por causa dos sintomas encontrados nas diferentes partes da planta, os quais são causados pelo mesmo agente etiológico, o fungo *Phytophthora palmivora* (Butler) Butler. O aumento da doença vai depender do modo de plantio, das condições edafoclimáticas, do manejo da cultura, do tipo de solo, do manejo da colheita, fatores que intensificam os sintomas em diferentes partes da planta, assim como em algumas situações com exsudação de goma. A doença também pode afetar os frutos em períodos de chuvas intensas.

As chuvas e as altas temperaturas também podem resultar em severo declínio da planta e em consequente morte pela podridão de raízes em solos pesados e pouco drenados.

Distribuição, danos e importância econômica

A podridão de *Phytophthora* foi registrada pela primeira vez nas Filipinas e se dispersou para o Sri Lanka, Malásia, Havaí, Austrália, Espanha e Taiwan. No Brasil, ela foi primeiramente descrita por Batista (1946), nos estados da Bahia e de Pernambuco. Posteriormente, a doença foi identificada em outros estados, como Espírito Santo (Liberato et al., 1996) e Maranhão

(Silva et al., 1999). Hoje, ela está disseminada por quase todas as regiões produtoras, com o agravante de que as cultivares comerciais não apresentam fontes de resistência. O problema torna-se mais complexo pelo fato de seu agente etiológico poder afetar cerca de 80 espécies de plantas.

É indiscutível a importância dessa doença no mundo. Na Austrália, em 2 anos, cerca de 8 mil plantas foram destruídas pelo ataque de *P. palmivora* (Teakle, 1957). Em Puna, Havaí, Ko (1971) relatou que mais de 4 mil hectares de terras cultivadas com mamão foram abandonados. Alvarez e Nelson (1982) informaram que essa enfermidade chegou a dizimar 181 mil plantas no Havaí, no ano de 1979, reduzindo a produção em 35%. Também foram registrados sérios ataques nas Filipinas, em Taiwan, no Sri Lanka e nas Ilhas Canárias.

No Brasil, não há estatísticas a respeito dos prejuízos causados pela podridão do pé e dos frutos, mas perdas de frutos da ordem de 7% a 10% têm sido relatadas por Liberato et al. 1996. Silva et al. (1999) relataram que, na estação chuvosa, com índice pluviométrico acima de 2.000 mm, as perdas são elevadas em plantios comerciais de mamão no Maranhão, estimando-se que 40% a 60% das plantas foram perdidas em diversas propriedades. No Norte do Espírito Santo e no Sul da Bahia, por causa das chuvas intensas nos anos de 1998, registraram-se perdas semelhantes e com alta incidência de sintomas da doença nos frutos (Ventura et al., 2003). Tavares (2009) detectou a presença de *P. palmivora* em 94% dos 36 pomares comerciais inspecionados no Extremo Sul da Bahia.

Etiologia

Descrita inicialmente como *P. faberi* Maubl. e, posteriormente, como *P. parasitica* Dast., a maioria dos autores considera *P. palmivora* Butl. como o principal agente causal da doença. Segundo Alexopoulos et al. (1996), *P. palmivora*

passou, desde então, a pertencer ao reino Straminipila, filo Oomycota, classe Oomycetes, ordem Pythiales e família Pythiaceae (Luz et al., 2008).

Os oomicotas possuem micélio asseptado, cenocítico, tipicamente heterotático com oogônio esférico e anterídio anfigeno (Waterhouse, 1973; Erwin; Ribeiro, 1996). O revestimento da parede celular é formado por celulose e as mitocôndrias são achatadas, fazendo com que se assemelhem a algumas espécies de algas. Os esporângios são caducos, papilados, ovoides e elipsoides e medem, em média, 50 µm x 30 µm. A relação comprimento-largura corresponde a 1:6:1 e o pedicelo é curto. Os clamidósporos variam de globosos a subglobosos e são terminais ou intercalares no micélio. Produzem oogônios esféricos com anterídios anfigenos, que geram os oósporos (esporos sexuais), os quais, ao se apresentarem isolados, são pareados com outros de compatibilidade diferente (Luz; Matsuoka, 2001).

O micélio é denso e cotonoso, com hifas asseptadas, que medem de 3 µm a 7 µm de diâmetro. Os esporangióforos são delgados, simples ou pouco ramificados. Em frutos infectados, os esporos são abundantes, assim como em meio de cultura V-8. No momento da germinação, os esporângios liberam de 16 a 20 zoósporos biflagelados, com 12 µm x 16 µm de diâmetro. Em plantas de mamoeiro, não se conseguiu visualizar as formas sexuais de reprodução.

O patógeno é variável fisiologicamente e é capaz de infectar dezenas de outras plantas (Zentmyer et al., 1979). Além do mamoeiro, *P. palmivora* já foi descrito como agente causal nos seguintes hospedeiros: berinjela (*Solanum melongena* L.), cacau (*Theobroma cacao* L.), citros (*Citrus* spp.), coqueiro (*Cocos nucifera* L.), fruta-do-conde (*Annona squamosa* L.), orquídea (*Cattleya labiata* Lindly), pimenta-do-reino (*Piper nigrum*), pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth), seringueira (*Hevea brasiliensis* Wil.), entre outros (Silva, 2001).

Sintomas

Quando os sintomas aparecem no colo da planta, normalmente nas regiões mais próximas ao solo, os tecidos mais tenros e superficiais tornam-se aquosos e apresentam apodrecimento e, às vezes, exsudação de goma. Os tecidos externos são destruídos, o que permite a visualização dos tecidos vasculares mais internos. Em seguida, as lesões tomam uma coloração marrom-escura, quase preta (Figura 2), delimitadas por uma área aquosa que, em condições de alta umidade, pode ser recoberta por um micélio branco e cotonoso. Quando as lesões ocorrem nas raízes, o problema se agrava, porque os sintomas não são visíveis. Quando a parte aérea apresenta os sintomas secundários de murcha e amarelecimento das folhas (Figura 3), as raízes já estão totalmente apodrecidas, apresentando-se sem consistência, aquosas, incapazes de sustentar a planta (Figura 4). Inicialmente, *P. palmivora* ataca as raízes laterais, alastrando-se por todo o sistema radicular, que fica apodrecido. Quando a raiz pivotante é atingida, as plantas podem tombar com facilidade por causa do peso da própria carga de frutos ou com o vento (Figura 5). Um odor pútrido, característico da doença, pode ser sentido nessas plantas tombadas (Santos Filho et al., 2003).

Com o agravamento dos sintomas, acontece a queda prematura de frutos, quebra do pecíolo e posterior queda de folhas, restando apenas o caule com o topo desnudo. Na porção superior do mamoeiro, o patógeno penetra no fruto, nas cicatrizes das folhas ou em ferimentos do caule causados por ferramentas durante as operações culturais, sempre contando com a ajuda de respingos de chuva e ventos fortes. O fruto verde é mais resistente, porém pode ser infectado caso a infecção se dê no caule, próximo ao pedúnculo adjacente. Nesse caso, os frutos ficam murchos, mumificam e caem no solo, liberando novos zoósporos. Nos frutos maduros, observa-se uma podridão cujos tecidos ficam consistentes e recobertos por um micélio aéreo



Foto: Antonio Alberto Rocha Oliveira

Figura 2. Lesão de coloração marrom, com áreas delimitadas com o tecido sadio por uma região úmida e exposição dos tecidos internos.

Foto: Nilton Fritzens Sanches



Figura 3. Aspecto da parte aérea da planta com amarelecimento, murcha e queda das folhas.



Foto: Hermes Peixoto Santos Filho

Figura 4. Raízes totalmente apodrecidas, sem consistência, aquosas, incapazes de sustentar a planta.

Foto: Hermes Peixoto Santos Filho



Figura 5. Planta tombada em razão do apodrecimento das raízes causado pela podridão de *Phytophthora*.

branco e cotonoso. Esse sintoma é denominado de “barba de papai-noel” (Figura 6) (Ventura et al., 2003).

Foto: Nilton Fritzens Sanches



Figura 6. Fruto ainda verde, caído, recoberto por um micélio aéreo branco e cotonoso, sintoma conhecido como “barba de papai-noel”.

Epidemiologia

Em mamoeiro, só recentemente se iniciaram estudos epidemiológicos mais específicos sobre o comportamento de *Phytophthora*, visando estabelecer estratégias de controle com fungicidas específicos ou genótipos resistentes. Pesquisas indicam que a doença é mais severa durante os períodos chuvosos e em temperaturas que variam entre 25 °C e 30 °C, que atuam sobre o crescimento e a esporulação do patógeno. A 25 °C, há um aumento na produção de esporângios, que é reduzida a temperaturas abaixo de 15 °C e acima de 35 °C (Silva, 2001). Segundo o autor, a produção de esporângios aumenta quando o potencial mátrico do solo é mais negativo (seco), mas os zoósporos precisam de potencial mátrico zero (solo úmido) para sua formação e disseminação. Isso explica por que, apesar de as plantas adquirirem resistência a partir dos 3 meses em solos mais secos, elas tornam-se menos resistentes em solos úmidos. Kliejunas e Ko (1973) observaram que os zoósporos móveis apresentam uma resposta táctil com maior atratividade pelas raízes e, por isso, eles são mais agressivos do que os zoósporos não móveis. O pH do solo em torno de 6,0 é favorável à infecção (Webster, 1970). As podridões moles que ocorrem nas raízes são provenientes da produção de enzimas pectinolíticas pelo corpo micelial do patógeno, que destroem a lamela média dos tecidos infectados (Ko, 1971).

A liberação dos esporângios da superfície das partes afetadas que apresentam sintomas visíveis para a atmosfera requer a ocorrência de respingos de chuvas e presença de ventos fortes (Hunter; Kunimoto, 1974), por isso as chuvas e os ventos são fatores muito importantes na epidemiologia da doença, principalmente quando os frutos são afetados.

Controle

As medidas de controle envolvem métodos preventivos, curativos, culturais e biológicos.

Entretanto qualquer um deles deve ser realizado no início do aparecimento da doença, o que pode ser dificultado pelo fato de o inóculo estar principalmente no solo e os sintomas aéreos ainda não estarem perceptíveis.

Para definir o início do ataque de *P. palmivora*, os sintomas têm de ser observados por meio de monitoramentos sistemáticos. Para o monitoramento da doença, em plantas no campo (raízes e colo), deve ser feita uma vistoria mensal em todo o talhão, a fim de verificar a presença de sintomas aéreos de amarelecimento, quebra de pecíolo com a permanência da folha murcha na planta, lesão no tronco e falta de firmeza da planta no solo. Caso seja encontrada uma planta com qualquer desses sintomas, ela deve ser marcada com uma fita colorida, para posterior arranquio ou aplicação de algum método de controle, dependendo da severidade dos sintomas. Como a distribuição dessa doença se apresenta em reboleiras, após o monitoramento deve-se realizar imediatamente o controle mais recomendado ou a erradicação da planta marcada, com a aplicação de medidas culturais e químicas nas demais plantas da reboleira (Santos Filho et al., 2009).

Como medidas culturais, recomendam-se as seguintes: evitar o uso de solos mal drenados e excessivamente argilosos em regiões com alto índice pluviométrico; evitar áreas sucessivamente cultivadas com mamoeiro; evitar ferimentos no caule e nos frutos; fazer plantios mais altos; e erradicar as plantas em adiantado estado de infecção (Santos Filho et al., 2003).

O controle biológico por meio de fungos antagonistas a *Phytophthora* spp. é eficiente no controle desses patógenos. Fungos do gênero *Thichoderma* são utilizados pela facilidade com que são encontrados na natureza, e por serem cultivados e crescerem rapidamente em um grande número de substratos. A grande maioria de fungos desse gênero não é patogênica para plantas superiores (Papavizas et al., 1982).

A recomendação de controle químico fica dificultada em face de não existirem produtos registrados para a doença e para a cultura, assim como nenhum produto está relacionado na grade de agroquímicos para a cultura do mamoeiro. Isso ressalta a necessidade de aplicação do monitoramento, o que assegura a aplicação de medidas preventivas culturais e biológicas, num momento em que o pomar não esteja amplamente afetado.

Em caso de ataque em frutos, o monitoramento mensal pode determinar o ataque no início, o que possibilita a retirada dos frutos atacados em número muito menor e a aplicação de outras práticas culturais preconizadas (Santos Filho et al., 2011).

No Havaí, onde o plantio é feito por meio de semeadura direta no campo, Ko (1987) desenvolveu a tecnologia de solo virgem, que consiste no enchimento das covas de plantio com solo retirado de áreas nunca cultivadas com mamoeiro. Ainda que este método tenha apresentado resultados satisfatórios, sua utilização é pouco prática e resulta em uma movimentação de solo muito grande de uma região indene para outra contaminada, não sendo utilizado em plantios muito grandes.

Um método de controle bastante promissor é a resistência genética. No entanto, poucos trabalhos são encontrados na literatura sobre resistência a *P. palmivora* em mamoeiro no Brasil. Mosqueda-Vazquez et al. (1981) mostraram o resultado de um trabalho com plantas jovens em condições de casa de vegetação e em campo, em que os genótipos 'Waimanalo 23' e 'Waimanalo' foram resistentes a *P. palmivora*, enquanto 'Kapoho Solo' foi considerado moderadamente resistente, e a variedade Higgins suscetível. Tolerância em frutos, em resposta à inoculação artificial, foi também encontrada na cultivar Waimanalo. Destacaram os autores que as cultivares Waimanalo e Kapoho Solo podem ser utilizadas como fontes de resistência ao patógeno. Nakasone e Aragaki (1973) detectaram tolerância

a *P. palmivora* em frutos e plântulas de mamoeiro pertencentes aos genótipos 'Line Oito Solo', 'Line 44BF5' e 'Waimanalo'. Dianese (2006) estudou o comportamento de nove cultivares de mamoeiro, em condições de campo, com infestação natural do solo, e observou que a cultivar Tailândia Roxão apresentou resistência a *P. palmivora*.

Pinta-preta

A pinta-preta, também conhecida como varíola do mamoeiro [*Asperisporium caricae* (Speg.) Maubl.], é a principal doença fúngica da parte aérea do mamoeiro. Suas consequências são bastante danosas quando ocorre na fase inicial da implantação do pomar, afetando o desenvolvimento das plantas e a qualidade dos frutos na fase de produção. Sua disseminação se torna generalizada e seu controle mais difícil, porque, além de ocorrer nos pomares comerciais, também ocorre em pomares domésticos e em plantas isoladas em fundos de quintais e beiras de estradas. Ainda que não cause podridões na polpa do fruto, as manchas pretas que se dispersam por toda a sua superfície depreciam-no comercialmente, exigindo constantes aplicações de fungicidas para que se consigam frutos com bom padrão comercial.

Distribuição, danos e importância econômica

Além do Brasil, a doença se distribui pelos seguintes países: Estados Unidos, Cuba, Bermudas, Colômbia, Argentina, Venezuela, Equador, El Salvador, Bolívia, Índia, Quênia e Sri Lanka. A ausência de controle é responsável por causar severos danos. Plantas afetadas podem perder até 60% de suas folhas maduras em um período de 2 a 3 meses, e a incidência da doença pode atingir quase 100% dos frutos (Liberato; Zambolim, 2002).

Os sintomas nas folhas, quando muito severos, reduzem a capacidade fotossintética e comprometem o metabolismo da planta, resultando

em diminuição na produção. O intenso ataque da doença provoca queda prematura das folhas, retardando seu crescimento e vitalidade, e o desfolhamento deixa os frutos em contato direto com o sol, o que pode provocar queimaduras. Quando o fruto é afetado, além de ser depreciado comercialmente, também apresenta redução da sua sobrevida pós-colheita. Sob condições edafoclimáticas favoráveis ao patógeno (umidade relativa e pluviosidade altas), e devido ao seu curto ciclo de vida, são indispensáveis aplicações frequentes de fungicidas para melhor qualidade dos frutos e maior produtividade, representando um ônus considerável para a cadeia produtiva do mamoeiro (Ventura et al., 2003).

Etiologia

O fungo causador da varíola do mamoeiro apresenta as seguintes sinonímias: *Cercospora caricae* Speg., 1886; *Epiclinium cumminsii* Masee, 1898; *Fusicladium caricae* (Speg.), 1902; *Pucciniopsis caricae* (Speg.) Höhn., 1923; *Scolicotrachum caricae* Ellis & Everh., 1892. A posição taxonômica do anamorfo de *A. caricae* pertence ao reino Fungi, subgrupo Hifomicetos. A forma teleomórfica pertence ao reino Fungi, divisão Ascomycota, classe Dothideomycetes, subclasse Dothideomycetidae, ordem Capnodiales, família Mycosphaerellaceae. O gênero é representado por 21 espécies, registradas no Index Fungorum².

O fungo apresenta estroma subepidérmico, erumpente, sem setas, que surge através da epiderme do vegetal parasitado. Os conidióforos são simpodiais, cespitosos, curtos e agrupados e apresentam medida de 45 µm x 6 µm–9 µm. Os conídios são elipsoides, piriformes ou clavados, equinulados, escuros, septados, bicelulares e de superfície rugosa, formados no topo dos conidióforos, com as dimensões de 14 µm–26 µm x 7 µm–10 µm. Possui esporodóquio

² Disponível em: [http:// indexfungorum.org/Names/Names.asp](http://indexfungorum.org/Names/Names.asp), consultado em 20/VI/2010.

normalmente hipófilo de coloração marrom-escura (Ellis, 1971; Barnett; Hunter, 1998).

Sintomas

A infecção se dá, comumente, na parte inferior das folhas mais velhas (Figura 7). Ali o fungo desenvolve frutificações pulverulentas que formam manchas pequenas, geralmente menores do que 5 mm de diâmetro, circulares, ligeiramente angulosas e de coloração escura. Na face superior, localizam-se lesões semelhantes de coloração pardo-clara, envolvidas por uma pequena depressão e halo amarelo (Figura 8). Nas áreas secas da folha, as lesões se juntam por causa do grande número e tornam-se esbranquiçadas, diferenciando-se, assim, das lesões de antracnose, e ocupam grande parte do limbo foliar.

Os primeiros sintomas nos frutos ainda verdes, na forma de manchas circulares, rodeadas por um encharcamento, inicialmente formadas por pontos de coloração marrom (Figura 9), que enegrecem com o envelhecimento da lesão. O tamanho das manchas acompanha o desenvolvimento dos frutos, tornando-se bem pretas, salientes, ásperas ao tato, limitadas à sua camada superficial (Figura 10).

Foto: Nilton Fritzens Sanches



Figura 7. Lesões na parte inferior das folhas mais velhas, na forma de manchas pequenas, geralmente menores do que 5 mm de diâmetro, circulares, pouco angulosas e de coloração escura.



Foto: Nilton Fritzens Sanches

Figura 8. Lesões na face superior da folha, de coloração pardo-clara, envolvidas por uma pequena depressão e um halo amarelo, correspondentes àquelas localizadas na sua face inferior.



Foto: Nilton Fritzens Sanches

Figura 9. Primeiros sintomas nos frutos ainda verdes, na forma de manchas circulares, rodeadas por um encharcamento, inicialmente formadas por pontos de coloração marrom.

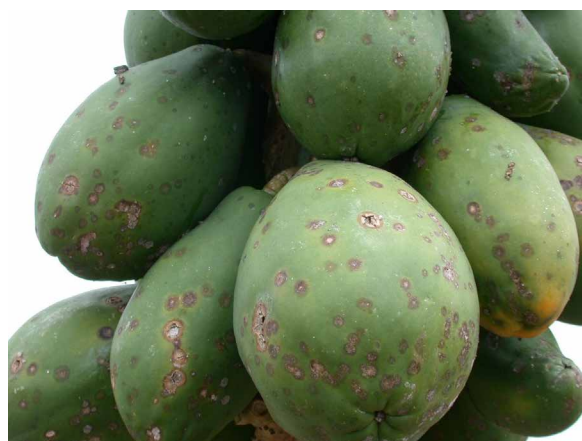


Foto: Antonio Alberto Rocha Oliveira

Figura 10. Manchas mais velhas na superfície do fruto, com coloração mais escura, salientes e ásperas ao tato.

Epidemiologia

Apesar da importância da pinta-preta, raros estudos foram conduzidos no Brasil no que tange à relevância dos fatores climáticos e à epidemiologia da doença em condições de campo. Na ausência de fatores predisponentes, principalmente do fator clima, que tem influência relevante sobre o progresso da doença, as epidemias possivelmente não ocorrem. Suzuki et al. (2007) demonstraram que as condições epidêmicas favoráveis à ocorrência da pinta-preta na região Norte do Espírito Santo foram temperaturas variando de 25 °C a 30 °C e umidade relativa de 80% a 100%, alcançadas de novembro a março.

Segundo Oliveira et al. (2009), a pinta-preta ocorre com maior intensidade em condições de temperaturas entre 23 °C e 27 °C, umidade relativa do ar próxima a 100% e nevoeiro no início da manhã. Com a ocorrência de chuvas, a doença é disseminada mais facilmente e os ventos fortes favorecem a dispersão dos esporos das folhas mais velhas, consideradas a principal fonte de inóculo, onde a doença incide inicialmente tanto para as mais novas quanto para os frutos.

Em condições de umidade, o fungo pode formar esporos que se disseminam pela ação de respingos de orvalho ou da chuva, são arastados para as partes verdes em desenvolvimento, germinando e penetrando nos pontos vulneráveis do mamoeiro. Para um controle mais eficiente, é necessário conhecer a lesão inicial, que é um pequeno ponto de coloração marrom-pardacenta, uma vez que os estromas, que são subepidérmicos, ainda não romperam os tecidos da folha para formar as lesões pretas, de onde são liberados os esporos.

O agente causal da varíola sobrevive de um ano para o outro em folhas velhas, lesões antigas, frutos e partes afetadas que permanecem no solo (Oliveira; Santos Filho, 2000).

A grande frequência com que a doença é encontrada no campo sugere que o fungo não

tem problemas de sobrevivência, provavelmente porque o mamoeiro apresenta folhas suscetíveis durante todo o ano, e também porque os esporos são facilmente disseminados pelo vento para longas distâncias. No pomar, os respingos de chuva e a água de orvalho têm papel importante na disseminação (Rezende; Martins, 2005).

Segundo o Systematic Botany of Mycological Resources (Farr; Rossman, 2010), os levantamentos de fungos no mundo relatam que esse fungo, especificamente, infecta apenas *Carica papaya*.

Controle

Dependendo do tamanho do pomar ou da área de acontecimento da doença, o controle integrado pode ser feito por meio da eliminação das folhas mais velhas infectadas pelo fungo e por pulverizações com fungicidas (Tatagiba; Aguilar, 2005; Nogueira et al., 2011).

Ainda que a retirada e a destruição das folhas mais velhas atacadas sejam uma recomendação de controle cultural, a doença requer a aplicação de produtos químicos para que haja um eficiente controle. Dessa maneira, recomendam-se monitoramentos periódicos com registro da incidência em folhas e frutos, o que permitirá estabelecer índices de ataque que indicam a intervenção de controle, executando-se as pulverizações somente quando a doença atingir níveis críticos de intensidade. Existem diversos princípios ativos registrados para a cultura e para a doença, sendo necessária uma consulta a um técnico especializado para definição de dosagens e procedimentos para as aplicações.

Santos Filho et al. (2007) definiram o momento de iniciar as pulverizações para controle, utilizando uma metodologia de monitoramento que estabelece a incidência da doença em folhas e frutos. O monitoramento deve ser feito em talhões de até 10 ha. Semanalmente devem ser visitadas 30 plantas escolhidas ao acaso. Para o

monitoramento das folhas, em cada planta, deve-se escolher a folha ainda verde mais próxima da última flor ainda fechada, a partir da base da planta. Com base em uma escala diagramática (Figura 11), deve-se anotar em ficha própria (Figura 12) uma das quatro notas a seguir: (0) para folha sem lesão; (1) para folha com até cinco lesões; (2) para folha com mais de cinco lesões, limitadas a 20; e (3) para folhas com mais de 20 lesões ou áreas coalescidas. Além disso, devem-se contar todos os frutos da planta e todos os frutos com até uma lesão e estabelecer o percentual de ataque por planta monitorada,

multiplicando-se o número total de frutos, com uma pinta ou mais, por 100, dividindo-se pelo número total de frutos de cada planta.

A tomada de decisão para intervenção de controle químico da pinta-preta em folhas acontecerá quando 15 plantas estiverem com a folha observada com mais de cinco lesões ou quando 30 folhas estiverem com até cinco lesões. O controle nas folhas retardará a chegada de sintomas nos frutos, e a tomada de decisão de controle ocorrerá quando a incidência alcançar o nível 5,0% de frutos afetados nas 30 plantas monitoradas (Santos Filho et al., 2009).



Nível 0 - Ausência de lesões



Nível 1 - Presença de até 5 lesões



Nível 2 - Presença de 5 lesões, limitadas a 20



Nível 3 - Presença de mais de 20 lesões ou áreas coalescidas

Figura 11. Escala de quatro notas para monitoramento da pinta-preta em folhas de mamoeiro.

Fonte: Oliveira e Dantas (2002).

PRODUÇÃO INTEGRADA DE MAMÃO

Ficha de amostragem de pragas e doenças do Mamoeiro

Propriedade: _____

Responsável pela avaliação: _____

Talhão: _____

Fase da cultura: Crescimento Vegetativo () Floração ()
 Frutificação () Início de Colheita (fruto tipo 3) ()

Embrapa
Mandioca e Fruticultura

DATA: _____

Horário: _____

| | |
|---|---------|
| Área em hectares = | 10 |
| Número Frutos/pé = | |
| Número Frutos no talhão = | |
| Núm. Total de frutos afetados no talhão = | #DIV/0! |

| Praga | Planta | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | ÍNDICES |
|--------------------------|-------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------|
| Cochonilha | Caule e Fruto | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 |
| Phytophthora | Planta | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 |
| | Fruto | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | #DIV/0! |
| Cigarrinha | Folha | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,0 |
| Ácaros Rajado e Vermelho | Folha | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,0 |
| | Velha | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,0 |
| Variola | Folha | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,00 |
| | Fruto | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | #DIV/0! |
| Corynespora | Folha | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,00 |
| | Fruto | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | #DIV/0! |
| Mosca Branca | Folha | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 |
| Ácaro Branco | Folha do Apice | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | #DIV/0! |
| Phoma | Folha | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,00 |
| Mancha Chocolate | Fruto | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,00 |
| Insetos Natação | Bicho Lixeiro | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 |
| | Joaninha | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 |
| | Ácaros Predadores | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 |

Anotar 0 para ausência e 1 para presença.
 Para Cochonilha, Ácaro Branco, Ácaros Rajado e Vermelho, anotar 0 para ausência, 1 para presença ou traço (-) para, apenas, sintomas.
 Observações

Figura 12. Ficha para monitoramento de pragas e doenças do mamoeiro.

A definição do índice indicativo de tomada de decisão para iniciar as pulverizações no intuito de controlar a doença conseguiu uma redução de até 50% no número de aplicações (Santos Filho et al., 2011). Resultados semelhantes foram obtidos quando o monitoramento da pinta-preta foi realizado numa área onde o manejo se deu a partir de métodos de produção integrada, sinalizando que o controle químico baseado em monitoramento tem eficiência mesmo com redução do número de pulverizações (Oliveira et al., 2009).

Martins et al. (2012) avaliaram o controle da pinta-preta utilizando diferentes métodos de controle químico, com e sem monitoramento e sanitização. Os resultados mostraram a eficiência do monitoramento associado à sanitização com redução do número de pulverizações, quando comparado com resultados de pulverizações

por “calendário” e sem sanitização. Comparando o monitoramento com sanitização e o monitoramento sem sanitização, os autores observaram uma redução nas pulverizações de 50% e 25%, respectivamente, em relação ao método de pulverização por “calendário”. Na ausência de controle, houve um dano real em torno de 97% nos frutos do mamoeiro.

Caso não seja feito o controle eficiente nas folhas, a lesão progride rapidamente, os frutos são atingidos e, ainda que apresentem poucas manchas iniciais, aquosas ou pardacentas, elas, quando secam, causam manchas muito pequenas, de coloração esbranquiçada, que comprometem o aspecto externo do fruto (Figura 13), depreciando a sua qualidade. Por isso, a determinação da época de controle nas folhas é muito importante para o manejo da doença nos frutos.

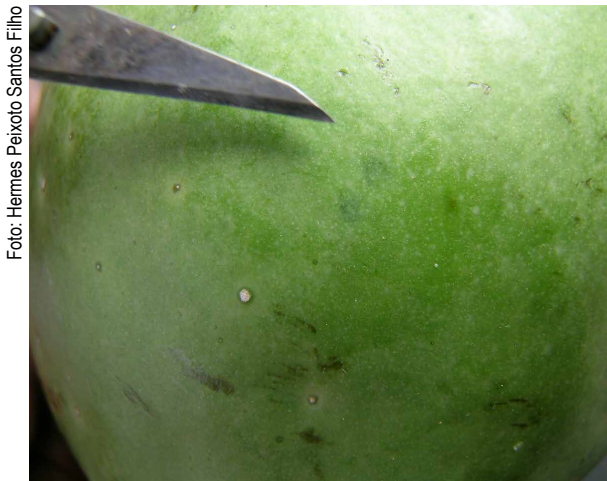


Foto: Hermes Peixoto Santos Filho

Figura 13. Fruto do mamoeiro com manchas coalescidas e cobertura esbranquiçada.

Mancha de *Corynespora*

A mancha de *Corynespora* ou corinesporiose é causada pelo fungo *Corynespora cassiicola* (Berk. & Curt.) Wei e ocorre com mais frequência nas folhas mais velhas, porém sintomas podem ser encontrados em pecíolos, frutos e até mesmo no caule. Geralmente a doença ocorre em plantas com mais de 120 dias, nos meses mais frios do ano, e a sua importância sobre a produtividade do mamoeiro ainda é discutível ante a inexistência de trabalhos científicos sobre o assunto, o que causa discordância entre os produtores.

Distribuição, danos e importância econômica

O fungo *C. cassiicola* (Berk. & M. A. Curtis) C. T. Wei já foi relatado em mais de 300 hospedeiros em regiões tropicais e subtropicais, onde causou sintomas em folhas, flores, frutos, raízes e ramos. No Brasil, já foi relatado na cultura da soja, em cacaueteiro, pepineiro, aceroleira, tomateiro, mandioca, feijoeiro e cafeeiro. No mamoeiro, causa lesões nos frutos, o que os deprecia ou os inviabiliza para a comercialização (Souza et al., 2009). Não se encontram muitos registros sobre a sua distribuição em mamoeiro, mas Oluma e Amuta (1999) fizeram registro da

doença na Nigéria, em Costa de Marfim, nos Estados Unidos, na Índia e em regiões do Caribe, entretanto sem detalhes sobre a sua importância econômica. No Brasil, o primeiro relato foi de Duarte et al. (1983), que caracterizaram dois isolados do fungo.

A doença era considerada de menor importância até há bem pouco tempo, porque acontecia em folhas de plantas mais velhas e raramente era localizada nos frutos. Entretanto, em certas regiões e em condições climáticas favoráveis, ela tem exigido maior atenção nos últimos anos por causa do aparecimento em plantas mais novas e dos ataques mais intensos nas folhas, que podem resultar em diminuição da produção do mamoeiro.

Venturini et al. (2014) avaliaram a incidência natural de *C. cassiicola* em 49 acessos de mamoeiro e constataram que o fungo afetava as plantas a partir do 20º dia após o plantio, com incidência maior aos 32 dias. O patógeno mostrou-se bastante agressivo, sendo responsável também pelo tombamento de plântulas de mamoeiro nas condições de viveiro. Os danos causados em diferentes acessos de mamoeiro variaram em relação ao número de plântulas infectadas, registrando-se danos de até 74%.

Etiologia

A doença é causada pelo fungo *C. cassiicola*, que produz conidióforos simples, eretos e ocasionalmente ramificados, ligeiramente pigmentados, lisos, septados, com até nove proliferações cilíndricas. Os conídios são isolados, com forma variável de obclavados a cilíndricos, retos ou curvos, hialinos a pigmentados, e têm geralmente de 4 a 20 pseudoseptos, sendo visível um hilo escuro em forma de rim (Hollyday, 1980). Em meio de cultura, o fungo desenvolve micélio cinza a marrom-oliváceo, com crescimento superficial e imerso no meio, além de ausência de estromas (Ventura et al., 2003).

Sintomas

Os sintomas diferem bastante de acordo com as condições climáticas e com o órgão infectado na planta. A doença pode manifestar-se no caule de plantas novas, no fruto, no pecíolo e na folha. No início, as lesões são diminutas, sendo pouco visíveis. As folhas mais velhas são as mais afetadas, mas as lesões começam quando elas são mais novas na forma de manchas amareladas, que evoluem para diminuta área necrótica no centro, adquirindo formato arredondado e algumas vezes irregular. Observadas na superfície superior da folha, as manchas são acinzentadas e, em alguns casos, esbranquiçadas. A área necrótica é deprimida, dando a impressão de haver um anel marrom muito estreito ao seu redor, que a separa do tecido vivo. A lesão é

rodeada por halo amarelo, que contrasta com a cor verde normal da folha (Figura 14). As lesões nos frutos e no caule ocorrem com uma frequência bem menor que nas folhas. No pecíolo e no caule, as lesões são elípticas, de coloração marrom, com centro escuro (Figura 15). Nos frutos, mesmo verdes, aparecem manchas bem pequenas, circulares (Figura 16A), que podem evoluir rapidamente e coalescer, atingindo uma grande área de formato arredondado e com os tecidos afetados em relevo, diferente da superfície sadia do fruto (Figura 16B).

Epidemiologia

Segundo Mendonça et al. (2012), os conídios de *C. cassicola* são facilmente removidos das lesões e disseminados a curtas distâncias pelo



Foto: Antonio Alberto Rocha Oliveira

Figura 14. Manchas de *Corynespora* em folhas de mamoeiro.



Foto: Nilton Fritzens Sanches

Figura 15. Mancha de *Corynespora* no pecíolo de mamoeiro.



Fotos: Nilton Fritzens Sanches

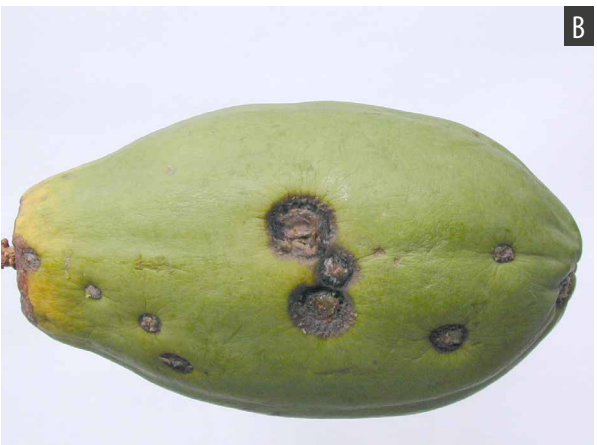


Figura 16. Mancha de *Corynespora* em frutos de mamão: manchas pequenas em frutos verdes (A); manchas coalescidas maiores em frutos (B).

vento. O fungo sobrevive em restos de cultura, sementes infectadas, plantas invasoras e outros hospedeiros suscetíveis que podem servir de fonte de inóculo. A colonização das folhas velhas do mamoeiro possibilita excelente esporulação do fungo.

Temperaturas entre 20 °C e 24 °C e alta umidade relativa favorecem a infecção pelo patógeno. Os esporos dispersos pelo vento não necessitam de ferimentos para infectar os tecidos. Frutos com ferimentos apresentam maior suscetibilidade à infecção, assim como a superfície inferior do limbo foliar é mais propensa ao desenvolvimento do fungo do que a superfície superior (Conover, 1978).

Segundo Andrade et al. (2003), plantas com estresse hídrico ou nutricional ficam mais predispostas à ocorrência da doença. O uso da irrigação por aspersão geralmente favorece a severidade da doença, pois forma um microclima altamente favorável à infecção por *C. cassicola*, além de possibilitar maior disseminação dos esporos.

As folhas caídas ao solo constituem uma excelente fonte de inóculo e, caso haja condições predisponentes, os esporos tornam-se infectivos, chegando a uma média de 44.400 esporos por grama de tecido foliar (Kingsland, 1985).

Controle

Para o manejo da doença, as medidas de controle recomendadas são as seguintes: remoção das folhas com alto grau de senescência e altamente infectadas, queima de restos culturais e aplicação de fungicidas protetores. Normalmente, em pomares onde o controle da pinta-preta e da antracnose é realizado regularmente, obtém-se também o controle da mancha de *Corynespora* (Ventura et al., 2003).

Oidiose

A oidiose do mamoeiro foi descrita pela primeira vez no Brasil por Noack em 1898

(Bergamin Filho; Kimati, 1997), que identificou o agente causal como *Oidium caricae*, espécie depois reconhecida em diferentes regiões tropicais e subtropicais do mundo. Essa é uma doença que causa pequenos prejuízos ao mamoeiro, a não ser quando o ataque se dá em plantas jovens cultivadas em viveiros muito sombreados ou logo após o plantio no campo em condições de temperaturas amenas e clima seco.

Distribuição, danos e importância econômica

A doença já foi constatada em diversas regiões produtoras, incluindo Austrália, Bermudas, Flórida, Havaí, Índia, Nova Zelândia e Taiwan. De acordo com Stadnik e Mazzafera (2001), os agentes causais são fungos parasitas obrigatórios, com registro de ocorrência em todas as regiões do globo, e são considerados de extrema importância para algumas culturas. A dispersão dos seus esporos é muito fácil e os ventos são capazes de transportá-los a longas distâncias. Ainda que não causem a morte da planta, eles exaurem suas reservas nutricionais, que poderiam ser utilizadas para fins produtivos. Segundo Freire e Viana (2001), a infecção causada pelo oídio é mais prejudicial quando incide sobre frutos nos estádios iniciais de desenvolvimento, em virtude de deixá-los manchados, muito embora ainda possam atingir a maturidade. Pinto et al. (2014) consideram que a doença pode diminuir o potencial produtivo das plantas e afetar a qualidade do fruto. Costa et al. (2011) estudaram as perdas pós-colheita em frutos de mamoeiro na Paraíba e relataram que 20% foram causadas por oidioses.

Etiologia

A oidiose tem sido atribuída a diferentes gêneros de fungo: *Ovulariopsis papayae* Van der Byl, na África do Sul; *Oidiopsis haplophylli* Magnus, na Austrália, Índia e Portugal; *Phyllactinia caricaefolia* Viégas e *O. caricae* Noack, no Brasil. Além dessas espécies, Liberato

et al. (1995) descreveram, no Brasil, uma espécie do gênero *Ovulariopsis* e, posteriormente, Liberato et al. (2004) descreveram a espécie *Streptopodium caricae*, que causa sintomas de oídio em folhas de mamoeiro na região Norte do Espírito Santo. Desses agentes, Liberato e Zambolim (2002) consideraram que *O. caricae* e *O. papayae* são as espécies causadoras de oídios mais frequentes em mamoeiro no Brasil.

Oidium caricae Noack pertence à classe Deuteromycetes, ordem Moniliales, família Moniliaceae. Nenhum teleomorfo é conhecido para essa espécie. O micélio é hialino, septado, que desenvolve haustórios no interior das células epidérmicas do hospedeiro. O conídio mede 14 μm –19 μm x 28 μm –18 μm , é hialino e granular, em forma de barril, e se forma em cadeias de três, cinco ou mais esporos. As hifas medem de 4,5 μm a 6,5 μm de diâmetro, produzindo conidióforos alongados de 100 μm x 10 μm (Stadnik; Rivera, 2001).

Ovulariopsis papayae Byl é um fungo da classe Deuteromycetes, ordem Moniliales, família Moniliaceae, que corresponde ao estado conidial de *Phyllactinia* e apresenta conidióforos eretos, originários de hifas cilíndricas plurisseptadas, que medem 144 μm (110 μm –190 μm) de comprimento por 6,9 μm (5,7 μm –7,8 μm) de largura. Os conídios são grandes, isolados no ápice dos conidióforos, subclavados, e medem 65,1 μm (60 μm –73 μm) de comprimento e 17,6 μm (16 μm –19 μm) de largura (Bijl, 1921; Ribeiro et al., 1988).

Sintomas

Dependendo da espécie de oídio, os sintomas podem aparecer na face superior ou inferior das folhas, ou nas duas, mas os sintomas visíveis são iguais, na forma de massas difusas de micélio branco acinzentado, semelhantes a um pó que se acumula na sua superfície. No caso de *O. caricae*, as manchas pulverulentas se desenvolvem na face inferior das folhas,

notadamente nas áreas adjacentes das nervuras e, ocasionalmente, na face superior (Figura 17). Antes do aparecimento das manchas brancas acinzentadas, as áreas afetadas mostram áreas com manchas cloróticas, que evoluem para lesões escuras, cujas margens possuem coloração verde-escura. Além das folhas, flores, pedicelos e frutos podem ser afetados. Todas as folhas sofrem o ataque do fungo, mas é nas folhas mais velhas que aparecem sintomas com maior intensidade. Se as condições climáticas forem favoráveis ao patógeno, pode ocorrer ataque severo em plantas no viveiro, as quais perdem as suas folhas e chegam a morrer.



Foto: Nilton Frizonis Sanches

Figura 17. Cobertura esbranquiçada do micélio de *Oidium caricae* sobre folhas do mamoeiro.

A sintomatologia de *O. papayae* difere em parte da sintomatologia descrita para *O. caricae*. Na face superior da folha, os sintomas iniciais são áreas cloróticas que evoluem para manchas amareladas, delimitadas pelas nervuras principais, arredondadas, com bordas irregulares, medindo 0,5 cm de diâmetro. As manchas se juntam e atingem grande área foliar, porém inexistem os sinais do fungo, que é um micélio oriundo de pequenas tumefações correspondentes aos sintomas da face superior das folhas (Ribeiro et al., 1988).

Epidemiologia

Stadnik e Mazzafera (2001) relatam que os patógenos causadores de oídioses são parasitas biotróficos obrigatórios de plantas. Os seus conídios, muito numerosos, germinam e formam uma trama de hifas que recobre a superfície foliar formando colônias. As hifas emitemhaustórios para dentro das células da folha e têm a função de retirar nutrientes das células adjacentes, atingindo até mesmo as células mais distantes em tecidos não infectados, sem, no entanto, matá-las, garantindo a produção de novos conídios que esporulam e recomeçam o ciclo. As colônias de micélio e os conídios permanecem na parte externa e formam o sintoma pulverulento, que, na verdade, é sinal do fungo, visível até com uma lupa de bolso de 10 aumentos (Freire; Viana, 2001).

A temperatura é mais importante no desenvolvimento da doença do que a umidade relativa, porque, enquanto existe uma faixa ótima para o desenvolvimento da doença, que é de 18 °C a 25 °C, não existe um consenso por parte dos autores sobre a melhor condição de umidade relativa (se alta ou baixa) para a doença se desenvolver. Assim, Bedendo (2011) afirmou que os esporos liberados germinam e causam infecção mesmo quando a umidade relativa do ar é baixa, sem filme de água sobre a folha. Entretanto, Pinto et al. (2014) informaram que, em regiões de altitude média, em que a temperatura é amena e a umidade é alta, a infecção ocorre com intensidade até em folhas novas, mas os sintomas só aparecerão nas folhas mais velhas. De acordo com Oliveira (1999), temperaturas entre 20 °C e 25 °C e umidade relativa baixa são condições favoráveis ao ataque do oídio. Para Furtado et al. (2000), o oídio se dissemina através do vento, do respingo das chuvas e no contato entre plantas infectadas, e atua com mais intensidade em clima fresco e seco, sendo a temperatura ótima a de 25 °C. Embora os esporos possam germinar na superfície da folha em temperaturas entre 6 °C e 33 °C, a rápida

germinação e o crescimento micelial ocorrem entre 21 °C e 30 °C, quando o tempo de colonização dos tecidos até a formação de novos esporos é de 5 dias (Reis et al., 2009).

Essas diferenças para as condições climáticas com divergência entre os autores podem ser explicadas, pois, como o patógeno é parasita obrigatório, ele se adapta constantemente ao hospedeiro, surgindo daí uma alta especificação na relação patógeno-hospedeiro, que é altamente evoluída e complexa. Os esporos, ao serem liberados, germinam e causam infecção, seja a umidade alta, seja baixa, contanto que não haja um filme de água sobre a folha. Iniciada a infecção, o micélio continua a se desenvolver sobre a superfície da planta, independentemente das condições de umidade na atmosfera (Agrios, 1988).

Controle

Os métodos de controle utilizados para *O. caricae* também são recomendados para *O. papayae*. Como a doença se mostra pouco importante em plantas adultas, recomenda-se utilizar o controle químico em plantas no viveiro ou em sementeiras e em casos de alta incidência no campo. Para as aplicações de produtos químicos, deve-se dar preferência àqueles cujo princípio ativo contenha enxofre na sua formulação. Como o enxofre causa queimaduras nos tecidos do mamoeiro, as aplicações devem ser realizadas em momentos do dia que apresentem temperaturas amenas, nunca superiores a 21 °C. As pulverizações com enxofre não têm sido eficientes quando os sintomas são severos, ou seja, quando mais de 25% das áreas do limbo foliar apresentam sinais do fungo.

Existem diversos princípios ativos registrados para a cultura e para a doença, portanto é necessário consultar um técnico especializado para definição de dosagens e procedimentos para as aplicações.

Queima das folhas ou mancha de *Phoma*

Antigamente descrita como ascoquitose do mamoeiro [*Phoma caricae-papayae* (Tarr) Punith.] ou mancha de *Ascochyta*, essa doença recebeu diferentes denominações, sendo também conhecida como queima das folhas, podridão-preta dos frutos e podridão-peduncular. Neste capítulo, ela será denominada de queima das folhas ou mancha de *Phoma*, pelo fato de ser causada por um fungo identificado como *P. caricae-papayae* e também por ser mais importante quando afeta as folhas jovens, causando uma podridão no topo da planta que pode levá-la à morte. Os danos causados aos frutos serão tratados neste capítulo em um item a parte (Doenças que ocorrem em pós-colheita) por causa de sua grande importância no complexo de fungos, causando a podridão-peduncular do mamoeiro.

Distribuição, danos e importância econômica

Phoma caricae-papayae e seus sinônimos tiveram presença registrada em mamoeiro em diversos lugares: Ásia, Austrália, Nova Zelândia e América do Sul (Watson, 1971; Boerema et al., 2004); Índia, México (Mcguire Jr.; Crandall, 1967) e Estados Unidos (Havaí) (Alvarez et al., 1977; El-Goorani; Sommer, 1979; Raabe et al., 1981; Honda; Aragaki, 1983). Na forma de *Mycosphaerella caricae*, foi relatada por Alfieri et al. (1994) em todas essas regiões, menos no Havaí. O ataque nas folhas senescentes não causa danos diretamente à planta, mas indiretamente serve como fonte de inóculo para as lesões que aparecem nos frutos. Liberato e Tatagiba (2001) constataram incidência de 100% em frutos após a colheita, na ausência de qualquer medida de controle. Ocasionalmente, os sintomas nas folhas novas junto ao ápice da planta causam intensa desfolha e, conseqüentemente, a morte da planta.

Etiologia

Em 1891, *P. caricae-papayae* foi descrito por N. T. Patouillard em folhas e pecíolos de mamoeiro no Equador com o nome de *Ascochyta caricae*. Tarr (1955) mudou o nome do agente causal para *Ascochyta caricae-papayae*, substituindo a designação anterior. Com base em características morfológicas, notadamente pela predominância de conídios unicelulares e células conidiogênicas, Punithalingam (1980) denominou o fungo como *P. caricae-papayae* (Tarr) Punith., que é o mais utilizado atualmente. Chau e Alvarez (1979) utilizaram isolados de *P. caricae-papayae* e infectaram frutos de mamão, o que resultou na produção de peritécios típicos de *Mycosphaerella caricae*. Ao inocular ascósporos desses peritécios em mamoeiro, os autores obtiveram sintomas semelhantes em frutos, definindo-a como a forma teleomorfa de *P. caricae-papayae*. Estudos posteriores de Honda e Aragaki (1983) comprovaram a existência de *Mycosphaerella* sp. em frutos de mamoeiro lesionados por *P. caricae-papayae*. Entretanto, ainda existem divergências sobre a exatidão de que exista uma conexão entre *P. caricae-papayae* e o teleomorfo *Mycosphaerella caricae* Syd. & P. Syd. (International Mycological Institute, 2004). Aveskamp et al. (2010) definiram que o teleomorfo de *P. caricae-papayae* é um ascomiceto da família Didymellaceae, denominado *Stagonosporopsis caricae*, cuja sinonímia é *Mycosphaerella caricae*.

Sintomas

Os sintomas podem ser observados nas folhas, no caule e nos frutos do mamoeiro. Nas folhas, observa-se uma lesão necrótica pardacenta, normalmente nos bordos das folhas novas, que aumenta com o envelhecimento da folha, tornando-se maiores e pardacentas, com pontuações dispostas em círculos, que são as camadas concêntricas dos picnídios do fungo embebidos no tecido (Figura 18). Com

Foto: Nilton Friztons Sanches



Figura 18. Sintomas de *Phoma caricae-papayae* nas folhas.

o envelhecimento da lesão, um micélio esponjoso acinzentado aparece na sua superfície. Quando o ataque às folhas novas é intenso, o ápice da planta fica sem folhas e os tecidos são invadidos por patógenos oportunistas que, em combinação com o *P. caricae-papayae*, conseguem matar a planta, mesmo em produção (Figura 19). Nos frutos, a podridão aparece próxima ao pedúnculo, no período de maturação, em forma de manchas pequenas, circulares e aquosas, que se juntam formando áreas escuras

Foto: Hermes Peixoto Santos Filho



Figura 19. Planta com desfolha no seu ápice causada por *Phoma caricae-papayae*

com numerosas pontuações negras, que são os picnídios. A podridão pode chegar à polpa e é comum observar uma cobertura branca sobre as sementes, que é o micélio do fungo. Com o desenvolvimento da doença, a lesão causa um enrugamento dos tecidos em volta do pedúnculo e torna-se bastante escura com as margens translúcidas (Figura 20).



Foto: Hermes Peixoto Santos Filho

Figura 20. Fruto atacado pelo fungo *Phoma caricae-papayae*, no qual se veem manchas coalescidas, escuras e pontuações negras.

Epidemiologia

O fungo coloniza folhas senescentes e pecíolos, produzindo abundantes estruturas de frutificação em folhas mortas, servindo como fonte de inóculo primário no campo. Conídios são depositados na superfície do fruto durante as chuvas e permanecem até ocorrer ferimentos, oriundos da colheita e manuseio pós-colheita. Estes são rapidamente colonizados durante o armazenamento se as condições forem favoráveis ao fungo (Rezende & Martins, 2005).

A disseminação dos esporos se dá na forma de ascósporos, os quais se multiplicam e colonizam os tecidos mais rapidamente quando existem condições de alta umidade e temperaturas amenas, em torno de 21 °C a 26 °C, e umidade em torno de 90%. A maior fonte de inóculo localiza-se em folhas senescentes e pecíolos.

A presença de ácaros nas folhas pode acelerar o processo de penetração do fungo pelos ferimentos por eles ocasionados.

Controle

Como a doença pode afetar diferentes partes da planta, algumas medidas de controle têm de ser feitas de modo integrado. Em caso de incidência muito alta em folhas, elas devem ser removidas juntamente com os pecíolos e os frutos maduros infectados que estejam na árvore ou no chão. Como se trata de uma doença foliar, facilmente disseminada pelo vento e pelos respingos de água, a irrigação por aspersão não deve ser utilizada porque favorece a esporulação do fungo e sua disseminação no pomar. Não existe nenhum princípio ativo registrado para a cultura e para a doença. Sanchez et al. (1991) avaliaram a resistência genética de germoplasma de *C. papaya* e *Carica cauliflora* e observaram que ambas demonstraram suscetibilidade ao fungo, enquanto a espécie *Carica goudotiana* mostrou-se resistente.

Doenças que ocorrem em pós-colheita

O fruto do mamoeiro possui uma vida pós-colheita relativamente curta, por isso é muito importante para sua comercialização que o período que vai da colheita até o seu completo amadurecimento, em condições ambientais, seja o maior possível, o que lhe daria maior tempo de prateleira. Entretanto, alguns fatores inerentes à pré-colheita e à pós-colheita, como patógenos ou fatores abióticos, podem reduzir a sua vida. Segundo Paull et al. (1997), assim

como Costa et al. (2011), esses fatores podem causar perdas de até 75% ou até mesmo de 82,53%, como encontrou Dantas et al. (2003) durante o período de comercialização. Na maioria das vezes, a diminuição desses valores exige um manejo de controle que começa na pré-colheita com a sua antecipação, a qual deveria ser feita quando os frutos completam a maturação na planta, de 4 a 6 meses após a abertura da flor, e ao apresentarem estrias ou faixas com 50% de coloração amarela, complementando o processo com o tratamento hidrotérmico na pós-colheita. A antecipação da colheita, assim como o controle hidrotérmico, podem causar alterações no metabolismo do fruto e conseqüente descaracterização da sua palatabilidade. Entre as muitas doenças pós-colheita, destacam-se a antracnose e a podridão-peduncular e, em menor importância, a mancha-chocolate e a podridão causada por *Phytophthora*, que causam danos em determinadas regiões. Outras doenças, tais como a podridão-aquosa (*Rhizopus stolonifer*), a podridão-ácida (*Geotrichum candidum*), a podridão-interna e a podridão por *Curvularia* sp., são relatadas com ocorrências esporádicas, inferiores a 1%, ou associadas a doenças mais importantes. A podridão por *Curvularia*, até então, tem sido descrita em infecções mistas, contribuindo para a deterioração do fruto concomitantemente com outras doenças.

Antracnose

A antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.) é uma doença presente na maioria das regiões tropicais e subtropicais onde se cultiva o mamoeiro. Ela pode ser encontrada em condições de campo onde causa sintomas em folhas, pecíolos e em frutos próximos do amadurecimento, porém torna-se muito importante quando afeta os frutos após a colheita. O fungo causal da antracnose penetra através da cutícula do tecido vegetal, causa uma infecção latente no fruto antes do amadurecimento, cujos sintomas

somente vão aparecer na fase de amadurecimento, embalagem, transporte e comercialização. Os frutos atacados tornam-se imprestáveis para a comercialização e o consumo.

Distribuição, danos e importância econômica

A antracnose é considerada a doença pós-colheita mais importante em frutos de mamão em quase todas as regiões produtoras, uma vez que frutos infectados tornam-se imprestáveis para a comercialização. Há menção de grandes prejuízos causados por essa doença no Havai, nas Filipinas, na Malásia, no México e no Brasil (Mora, 1973; Manica, 1982; Snowdon, 1990). Além do mamoeiro, a antracnose ataca outros hospedeiros tais como: abacateiro, aceroleira, berinjela, cafeeiro, cajuzeiro, caqui, citros, macieira, mangueira e videira, entre outros. No caso do mamão, embora os frutos no momento da colheita não apresentem sintomas da doença, ela se manifesta nas fases de embalagem, transporte, amadurecimento e comercialização, causando grande percentagem de perdas. Nos pomares de mamão orientados para o mercado externo, a antracnose requer tratamento pós-colheita para que os frutos cheguem aos mercados importadores em boas condições de comercialização, onerando os custos de produção.

Nas regiões produtoras da Bahia e do Espírito Santo, a elevada incidência da antracnose durante os meses de outubro a março (quentes e úmidos) limita a comercialização dos frutos tanto para o mercado interno quanto para a exportação, e essa época coincide com a maior produção de frutos (Marin, 2004).

Etiologia

A doença é causada pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides* Penz., da classe Deuteromycetes, ordem Melanconiales, família Melanconiaceae. Recentemente relatou-se

que outras espécies desse gênero causam podridões em frutos: *Colletotrichum acutatum*, *Colletotrichum dematium* e *Colletotrichum circinans*. O fungo coloniza os tecidos e forma acérvulos subepidérmicos com setas escuras, conidióforos cilíndricos com conídios hialinos, unicelulares, numerosos e aglutinados por uma substância gelatinosa de coloração rósea, visível facilmente nas superfícies apodrecidas. A forma perfeita é *Glomerella cingulata* (Ston.) Spaul. & Schr., da classe Ascomycetes, ordem Sphaeriales, família Sphaeriaceae. Nesse caso, os peritécios são marrons, ostiolados, isolados ou em grupos, incrustados em estroma preto, sem paráfises. As ascas são oblongas, quase claviformes e contêm no seu interior oito ascósporos, hialinos, unicelulares, cilíndricos e dispostos em tamanho crescente.

Sintomas

Os frutos jovens, quando atacados, cessam o seu desenvolvimento, mumificam e caem. Com o aumento da precipitação e da umidade relativa, aparecem na casca dos frutos pequenos pontos pretos, os quais aumentam de tamanho formando manchas deprimidas, que podem medir até 5 cm de diâmetro. Em torno das manchas, forma-se um halo de tecido aquoso, com coloração diferente da parte central. Quando em grande quantidade, as manchas podem coalescer, espalham-se pela superfície do fruto, penetram e aprofundam-se na polpa, ocasionando a podridão-mole (Figura 21).



Foto: Hermes Peixoto Santos Filho

Figura 21. Sintomas de antracnose em fruto de mamão.

A frutificação do fungo concentra-se na parte central da lesão, que toma um aspecto gelatinoso de coloração rósea. Nos pecíolos, formam-se manchas deprimidas escuras onde se desenvolvem peritécios da forma perfeita do fungo. Nas folhas, as lesões são circulares, de bordos irregulares com o centro acinzentado, com pontuações negras, que são frutificações do fungo (Figura 22). A infecção nas folhas novas começa com lesões quase imperceptíveis, circulares, isoladas e translúcidas, que evoluem, coalescem, tornam-se marrons, causando deformações nos tecidos do limbo com o amadurecimento das folhas.

Foto: Hermes Peixoto Santos Filho

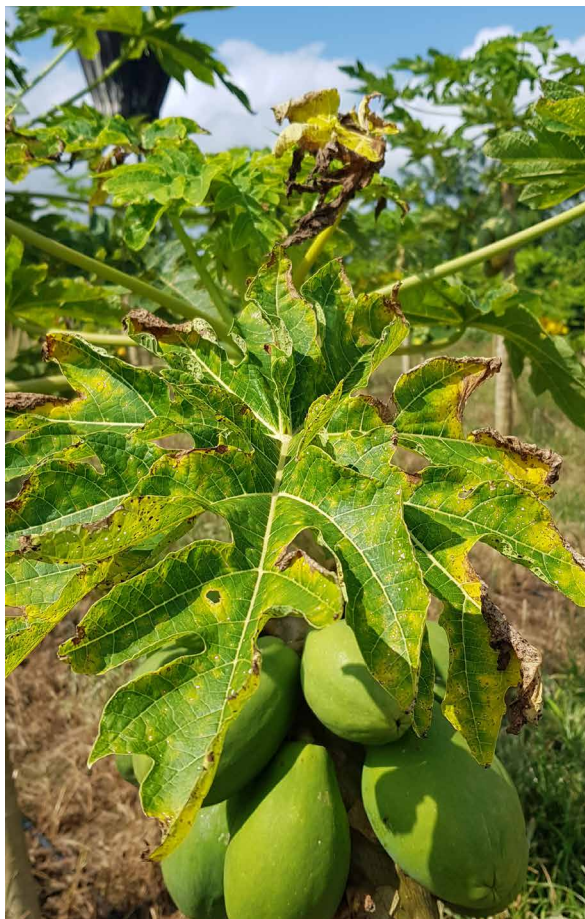


Figura 22. Sintomas de antracnose nas folhas do mamoeiro.

Epidemiologia

O fungo sobrevive de um ano para outro nas lesões velhas da cultura, principalmente nas folhas. Os ferimentos causados nos frutos, por insetos

ou por via mecânica, favorecem a penetração do fungo. Entretanto, estudos epidemiológicos e fisiológicos demonstraram que, mesmo sem ferimentos, a infecção ocorre em pré-colheita por penetração na superfície do fruto, através da dissolução da cutícula por ação de enzimas líticas, como a cutinase, produzidas pelo fungo. Após a penetração, o fungo permanece em estágio quiescente até que a fruta amadureça, quando aparecem os sintomas (Dickman; Alvarez, 1983).

Controle

Como o maior prejuízo é causado nos frutos maduros nas fases de colheita e pós-colheita, o meio mais eficiente de controle da antracnose deve ser por meio de um programa de pulverização pré-colheita, seguido de cuidados essenciais e preventivos na pós-colheita.

Medidas preventivas, recomendadas para regiões com umidade relativa superior a 80%, incluem a utilização de espaçamento maior, permitindo melhor arejamento da copa, a retirada e a destruição de folhas velhas, seguida de pulverizações das escaras foliares deixadas pela sua remoção. Existem diversos princípios ativos registrados para a cultura e para a doença, sendo necessária uma consulta a um técnico especializado para definição de dosagens e procedimentos para as aplicações.

Durante o período de florescimento e frutificação, principalmente se houver umidade superior a 90%, torna-se necessário realizar um tratamento fitossanitário para assegurar uma produção de frutos sadios. O armazenamento deve ser feito em locais ventilados com temperatura nunca superior a 20 °C e umidade abaixo de 70%. Como o fungo tem dificuldade de penetrar pela epiderme, evitar ferimentos passa a ser um ótimo meio de prevenção. Os galpões de armazenamento e os vasilhames de transporte e embalagem devem ser desinfetados, e a colheita deve ser feita com os frutos em estado verdoengo. Os frutos atacados devem ser retirados das plantas e enterrados.

Não existem cultivares comerciais resistentes à doença. Medidas de controle visando à redução da incidência da antracnose em frutos devem ser iniciadas no campo (Alvarez; Nishijima, 1987). As mais efetivas são as pulverizações periódicas a partir de 6 a 8 meses após o plantio, com intervalos de 7 a 14 dias em períodos chuvosos, e de 14 a 30 dias em períodos secos (Alvarez ; Nishijima, 1987; Marin et al., 1995).

Mancha-chocolate

A mancha-chocolate (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.) é uma doença que pode ser encontrada em condições de campo ou nos frutos após a colheita. O agente causal da doença é o mesmo fungo responsável pela antracnose, mas os sintomas limitam-se à superfície dos frutos, não avançando em profundidade para o parênquima, causando lesões superficiais de cor marrom-chocolate (Ventura et al., 2003).

Distribuição, danos e importância econômica

A mancha-chocolate é encontrada em muitas áreas produtoras de mamão. A gravidade da sua infestação varia de acordo com os níveis de umidade do ambiente. No Brasil, atualmente, assemelha-se em importância às doenças antracnose e podridão-peduncular. Segundo Dantas et al. (2003), a mancha-chocolate apresentou incidência de 30,78% em frutos de mamoeiro 'Sunrise Solo' em fase de comercialização. Costa et al. (2011) avaliaram as perdas em frutos de mamoeiro do grupo Solo, em um centro atacadista do Nordeste, e detectaram que 45% das perdas ocorreram por danos mecânicos e 25% pela mancha-chocolate, a doença que mais incidiu naquela ocasião.

Etiologia

Existem divergências com relação ao agente causal da mancha-chocolate. Medina (1989) considera que a antracnose é causada por

C. gloeosporioides e a mancha-chocolate por uma raça fisiológica diferenciada desse patógeno. Entretanto, Jeffries et al. (1990) consideram a mancha-chocolate como um tipo diferente de sintoma causado por *C. gloeosporioides*. Andrade et al. (2007) caracterizaram 29 culturas monospóricas do gênero *Colletotrichum*, isoladas de frutos e com pecíolos de mamoeiro afetados por antracnose e mancha-chocolate. Quanto à morfologia dos conídios e apressórios, apresentam coloração e crescimento das colônias, sensibilidade ao benomyl, presença de setas e do teleomorfo, PCR com *primers* táxon-específicos e análise de PCR-RFLP da região ITS0s. Entre outros resultados, Andrade et al. (2007) concluíram que não houve diferenças morfoculturais entre esses isolados e que as inoculações produziram nos frutos sintomas de antracnose ou mancha-chocolate quando se realizaram inoculações cruzadas. Entretanto, Alvarez e Nishijima (1987) já tinham observado que um mesmo isolado pode causar tanto a lesão de antracnose quanto a lesão de mancha-chocolate. Com base nesses resultados, pode-se concluir que a doença é causada pelo fungo *C. gloeosporioides* Penz., da classe Deuteromycetes, ordem Melanconiales, família Melanconiaceae, cujas características já foram relacionadas no título referente à antracnose.

Sintomas

Os sintomas podem se manifestar no campo, assim como após a colheita, em frutos quase verdes ou em estágio inicial de maturação. As lesões, que são superficiais, duras e irregulares, podem se juntar, formando áreas maiores, salientes, com coloração variando de marrom-claro a marrom-escuro, muito semelhante à cor do chocolate (Figura 23). Com o aumento do tamanho e o envelhecimento das lesões, os tecidos da superfície ficam levemente em baixo relevo, com aspecto semelhante à antracnose, principalmente em épocas chuvosas, no campo ou em ambiente de armazenamento com umidade

relativa alta. Ocasionalmente, pode-se observar exsudação de látex sobre as lesões (Figura 24).

Foto: Hermes Peixoto Santos Filho



Figura 23. Sintomas de mancha-chocolate em fruto de mamão.

Foto: Hermes Peixoto Santos Filho



Figura 24. Lesão de mancha-chocolate com exsudação de goma.

Epidemiologia

Poucos estudos existem sobre aspectos epidemiológicos que envolvem a doença, entretanto, com base em informações sobre o agente causal, pode-se aventar a hipótese de que o fungo sobrevive de um ano para outro em restos culturais, assim como penetra mais facilmente em ferimentos causados nos frutos por insetos ou por via mecânica. Como no caso da antracnose, maiores incidências foram observadas em condições climáticas de alta umidade relativa, temperaturas entre 24 °C e 27 °C e período

chuvoso. Em condições de armazenamento, as lesões podem aparecer sob temperaturas a partir de 5 °C, que não são favoráveis a outras doenças pós-colheita.

Controle

Como o maior prejuízo é causado nos frutos maduros nas fases de pré-colheita e pós-colheita, o meio mais eficiente de controle da mancha-chocolate deve ser um programa de pulverização pré-colheita, seguido de cuidados essenciais e preventivos na pós-colheita. Para regiões com umidade relativa superior a 80%, as seguintes medidas preventivas são recomendadas: utilização de espaçamento maior, permitindo melhor arejamento da copa; e retirada e queima de folhas velhas. O armazenamento deve ser feito em locais ventilados, com temperatura nunca superior a 20 °C e umidade sempre abaixo de 70%. Como o fungo tem dificuldade em penetrar pela epiderme, evitar ferimentos passa a ser um ótimo meio de prevenção. Os galpões de armazenamento e os vasilhames de transporte e embalagem devem ser desinfestados e a colheita deve ser antecipada, retirando os frutos no aparecimento da primeira faixa amarelada. Os frutos atacados devem ser retirados das plantas e enterrados.

Podridão-peduncular

A podridão-peduncular é considerada a segunda doença mais importante entre aquelas que estão associadas à pós-colheita, perdendo apenas para a antracnose causada por *C. gloeosporioides*, que também pode ser encontrada em lesões próximas ao pedúnculo do fruto, juntamente com outros fungos, como *Lasiodiplodia* spp., *P. caricae-papayae* e *F. solani*. Por causa da complexidade de patógenos envolvidos, que, na maioria das vezes, ocorrem ao mesmo tempo no fruto afetado, a doença tem sido pouco investigada no que se refere a aspectos etiológicos e epidemiológicos nas condições

brasileiras. Dantas et al. (2003) consideraram a podridão-peduncular a principal doença observada na fase de comercialização de frutos de mamão na Central de Abastecimento do Recife, a qual acomete 39,71% dos frutos ao longo de 6 meses de avaliações.

Etiologia

Já foram encontrados em lesões da podridão-peduncular diferentes espécies de fungos, com destaque para *Lasiodiplodia* spp., *P. caricae-papayae* e *C. gloeosporioides*. Posteriormente outros gêneros, como *Phomopsis*, *Fusarium* e *Alternaria*, foram relatados (Gayet et al., 1995; Dantas et al., 2003). No entanto, alguns autores questionaram a participação de espécies do gênero *Fusarium* na podridão-peduncular (Couey; Farias, 1979). Os autores consideraram que as infecções por *Fusarium* sp. ocorrem somente no pedúnculo cortado, e, nesse caso, a doença é denominada podridão do pedúnculo (*stem rot*) e não podridão-peduncular (*stem-end rot*), por diferirem em relação à severidade da doença.

Sintomas

Os sintomas, sempre presentes na parte peduncular do fruto, podem variar, de acordo com a variedade afetada, quanto à visualização da coloração, do tipo de lesão, da condição de firmeza da casca, da integridade da superfície do fruto; entretanto, sempre causam alguma alteração que torne o produto difícil de comercializar (Figura 25). Nery-Silva et al. (2007) observaram diferentes tipos de sintomas ao inocularem, separadamente, na parte peduncular dos frutos, fungos dos gêneros *P. caricae-papayae*, *F. solani*, *C. gloeosporioides* e *Lasiodiplodia* (*Botryodiplodia*) spp. O aspecto da lesão causada pelos diferentes fungos testados foi diferenciado com relação à fonte de inóculo. Para *C. gloeosporioides* e *F. solani*, observou-se que, quando a fonte de inóculo era proveniente



Foto: Hermes Peixoto Santos Filho

Figura 25. Sintoma mais comum da podridão-peduncular dos frutos do mamoeiro.

de conídios, a lesão apresentava-se com uma característica aquosa, e o tecido translúcido era de coloração muito próxima à normal. No entanto, para a fonte de inóculo proveniente de micélio, a lesão apresentava um aspecto ressecado e de coloração negra. Já para *P. caricae-papayae*, observou-se externamente, na região peduncular, a presença de uma lesão negra mumificada e com uma grande produção de conídios. Por sua vez, para *Lasiodiplodia* spp., a lesão apresentou grande quantidade de micélio aéreo.

Epidemiologia

Existem semelhanças epidemiológicas entre os agentes causais da podridão-peduncular. Todos os envolvidos no processo têm a capacidade de se estabelecer no fruto imaturo e permanecer em estado latente, sem o aparecimento de sintomas, até que as condições climáticas ou fisiológicas do fruto permitam o início

do processo de infecção. Durante a colheita, os ferimentos tornam os tecidos dos frutos mais vulneráveis e, mesmo sem ferimentos na superfície, a penetração se dá pelos tecidos dilacerados do pedúnculo e a colonização se processa durante o armazenamento, quando surgem os sintomas da podridão-peduncular, que se aprofundam no pericarpo e no mesocarpo do fruto, chegando até as sementes. Segundo Ventura et al. (2003), a temperatura ótima para a infecção é de 21 °C para os frutos verdes e varia de 18 °C a 24 °C para os maduros. No campo, as folhas mais velhas, aderidas à planta ou caídas no chão, funcionam como fonte de inóculo, produzindo inúmeros esporos que são levados pelos ventos para a inoculação nas folhas jovens e nos frutos. *Lasiodiplodia theobromae* e *F. solani* não têm a capacidade de produzir enzimas que facilitem a sua entrada, o que se dá pelos ferimentos e pelas dilacerações durante a colheita. Nesse caso, para iniciar a infecção, são necessárias mais de 6 horas de molhamento contínuo. Ao passo que *C. gloeosporioides* independe de ferimentos ou de molhamento superficial, pois a infecção pode ocorrer em pré-colheita por penetração na superfície do fruto, através da dissolução da cutícula por ação de enzimas líticas, como a cutinase (Sanchez et al., 1991).

Controle

Deve-se evitar ferimentos por ocasião da colheita, da embalagem e do armazenamento dos frutos, que devem ser colhidos antes do amadurecimento e submetidos a uma aplicação de fungicidas 7 dias antes da colheita. Como essa doença pode ser causada por diversos agentes etiológicos, para alguns deles existem princípios ativos registrados para a cultura e para a doença, entretanto é necessária a consulta a um técnico especializado para definição de uso, dosagens e procedimentos para as aplicações.

O tratamento térmico recomendado por Akamine e Arisumi (1953) é composto por imersão de frutos de mamão em água a 49 °C por 20 minutos, associando-se a esse tratamento a aplicação de ceras e fungicidas (Alvarez; Nishijima, 1987).

Outro fator a ser considerado é a diminuição da eficácia dos produtos utilizados repetidas vezes por causa da seleção de fungos que apresentam níveis elevados de resistência ao produto, principalmente aqueles pertencentes ao grupo dos benzimidazóis.

Podridão-interna

A podridão-interna do mamão, também conhecida como carvão-interno, é uma doença cuja importância se reflete para o consumidor no final da cadeia produtiva, que, ao adquirir um fruto sem nenhum sintoma aparente, somente descobre a podridão-interna ao partir o fruto para o consumo. No campo, é causada por fungos de diversas espécies. Sua ocorrência é esporádica e mais frequente quando os frutos hermafroditas são oriundos das primeiras floradas, o que diminui a intensidade de ataque à medida que o mamoeiro apresenta uma florada mais estável.

Distribuição, danos e importância econômica

Esta doença afeta o fruto internamente, com apodrecimento escuro na polpa e nas sementes, entretanto nenhum sintoma torna-se visível na superfície da casca, causando dificuldade na colheita para separar os frutos afetados dos frutos sadios. A doença ocorre esporadicamente seja nas plantas de um pomar, seja nas colunas dos frutos de uma mesma planta. Já foi relatada em diversas regiões produtoras de mamão, principalmente no Nordeste brasileiro, sendo comum nos estados da Bahia, do Rio Grande do Norte e do Ceará (Santos et al., 1998; Ventura et al., 2003).

Etiologia

Como a penetração dos diversos agentes causais se dá por causa do não fechamento total da flor no momento da sua fecundação, diversas espécies de fungos podem penetrar por aí, colonizando os tecidos internamente, entre os quais já foram isolados os seguintes: *Cladosporium* sp., *F. solani*, *Penicillium* sp., *Alternaria* sp., *Phoma* sp. e *C. cassicola*.

Sintomas

Externamente, nenhum sintoma é visível. Um indício de que o fruto está infectado é o amadurecimento irregular. Nesse caso, o fruto apresenta o seu terço inferior amarelo (Figura 26), o que corresponde a um apodrecimento interno das sementes na forma de uma cobertura esbranquiçada, que, com o desenvolvimento, torna-se negra, fuliginosa, passando para a polpa ao seu redor, que fica também danificada (Figura 27). No campo, a localização do fruto atacado na planta pode ser reconhecida pelo amarelecimento do seu terço inferior em qualquer local da coluna de frutos e pelo fato de não haver uma sequência de amadurecimento dos frutos mais velhos para os mais novos (Figura 28).

Foto: Nilton Friztons Sanches



Figura 26. Fruto de mamoeiro com amadurecimento irregular no terço inferior, região que internamente mostra sintomas da podridão-interna.



Foto: Nilton Friztons Sanches

Figura 27. Fruto de mamoeiro com podridão-interna, mostrando escurecimento na região da polpa e sementes, que também apresentam cobertura esbranquiçada dependendo do agente causal.



Foto: Jailson Lopes Cru

Figura 28. Sintoma da podridão-interna no campo, onde o fruto atacado apresenta amadurecimento irregular entre frutos completamente verdes.

Epidemiologia

A doença ocorre principalmente em frutos oriundos de flores hermafroditas e localizados no terço inferior da frutificação. A infecção se origina com a entrada dos fungos causadores da podridão-interna por causa do fechamento incompleto da flor fecundada, o que pode ser uma desordem de origem genética, que deixa uma abertura por onde penetram naturalmente ou são levados por pequenos artrópodes, o que poderia explicar a disseminação da doença. Santos et al. (1998) realizaram inoculações artificiais e verificaram que frutos provenientes de flores femininas, nas quais a abertura não ocorre, também podem ser afetados desde que o fungo chegue ao seu interior. Verificaram, também, que a disseminação da doença entre plantas aumentou de 3,87% para 74,9% num período de 3 meses. Entre frutos, a disseminação é mais lenta, com um aumento da ordem de 0,09% para 3,74% em igual período.

Controle

Oliveira e Santos Filho (2004) recomendam que os frutos que apresentarem maturação precoce e distribuição irregular na coluna de frutos sejam descartados nas operações de colheita e embalagem. Considerando que a entrada dos fungos causadores da podridão-interna decorre do fechamento incompleto da flor fecundada, não se recomenda utilizar, para novos plantios, sementes de plantas que apresentem sintomas da doença. Estudos realizados demonstram que pulverizações preventivas durante o florescimento podem ser utilizadas para reduzir a incidência dessa enfermidade, entretanto não existem produtos registrados para a cultura e para a doença.

A calibração inadequada do pulverizador, quando usado para controle de outras doenças na época da floração, pode ser suficiente para causar o fechamento incompleto da flor, acelerando o processo de penetração dos patógenos.

Podridão de *Fusarium*

Distribuição de danos e importância econômica

A podridão de *Fusarium* [*F. solani* (Mart.) Sacc.] é uma doença que não representa muita importância econômica para o mamoeiro. É causada por um patógeno que pode ser eficiente em outros tipos de cultivos, mas que, para causar danos aos frutos do mamoeiro, requer algum fator que predisponha a planta, como estresse hídrico ou nutricional, assim como ferimentos que danifiquem a fruta antes que o fungo se estabeleça (Nishijima, 1998). É tido como um patógeno secundário, que pode sobreviver em lesões causadas por outros fungos, como *C. gloeosporioides*. Entretanto, pelo fato de diversas espécies de *Fusarium* serem capazes de sobreviver saprofiticamente por longos períodos de tempo e de muitas delas produzirem micotoxinas, essas espécies formam um grupo de fungos potencialmente importantes como agentes causais de podridões em frutos do mamoeiro.

Etiologia

Algumas espécies de *Fusarium* podem estar presentes em lesões de pós-colheita, causando podridão em frutos de mamão, entretanto *F. solani* é a espécie mais comum (Alvarez; Nishijima, 1987). *F. semitectum*, *F. moniliforme* e *F. equiseti* estão também associados à etiologia dessa doença (Zakaria et al., 2012).

Sintomas

Os frutos, a princípio, apresentam, em diferentes regiões da sua superfície, sintomas semelhantes aos de outras podridões de frutos, mas, com o envelhecimento da lesão, a região colonizada pelo fungo apresenta cobertura branca, compacta, semelhante a algodão, oriunda de pequenos pontos brancos, salientes e cotonosos,

que medem até 1,5 cm. Esses pontos se juntam e cobrem grande extensão, o que corresponde às estruturas vegetativas e reprodutivas do patógeno. Isso pode ocorrer tanto na região do pedúnculo, quanto em toda a superfície do fruto (Matos et al., 2012).

Epidemiologia

Pelo fato de estar presente junto com outros fungos, a fisiologia do parasitismo assemelha-se aos que não produzem enzimas para facilitar a sua penetração, sendo necessária a presença de ferimentos, um filme de água, temperaturas em torno de 27 °C e umidade relativa do ar acima de 75%, para que os esporos liberados e depositados sobre a superfície dos frutos possam penetrar e colonizar os tecidos. A ocorrência da podridão de *Fusarium* em frutos do mamoeiro é maior quando a colheita é realizada em períodos chuvosos (Ploetz et al., 1994).

Controle

Os métodos de controle (cultural, térmico ou químico) recomendados para outros agentes de podridões pós-colheita são eficientes para o controle de *F. solani* em mamoeiro. A prevenção de ferimentos mecânicos durante e após a colheita é uma importante medida de controle. Existe apenas um produto registrado para a cultura e para a doença, no entanto é necessário consultar um técnico especializado para definição de dosagens e procedimentos para as aplicações.

Doenças causadas por bactérias

Nas áreas produtoras do Brasil, geralmente as doenças em mamoeiro causadas por fungos, vírus e oomicetos são mais importantes, enquanto as doenças causadas por bactérias, registradas de forma esporádica, não têm, até o momento, expressão econômica. Isso não exclui a possibilidade de se tornarem um problema limitante à cultura ou causa de grandes perdas. No Brasil, são relatadas duas doenças

bacterianas, uma delas ataca, principalmente, planta em sementeiras: a) a mancha-bacteriana causada por *Pseudomonas syringae*; e b) a outra, embora apareça na pós-colheita, possui visualização de sintomas em condições de campo, pelo amadurecimento precoce dos frutos causado por *Erwinia herbicola* (Löhnis).

Mancha-bacteriana

A primeira ocorrência da mancha-bacteriana (*P. syringae* pv. *tabaci*) no Brasil foi relatada por Robbs (1956), que descreveu os sintomas em mudas de viveiros como manchas diminutas, circulares ou angulares, de cor verde-escura, algumas com aspecto encharcado na face inferior da folha. O agente causal foi identificado como *P. caricapapayae*.

Distribuição, danos e importância econômica

Novos relatos da doença ocorreram em plantas de viveiro no Espírito Santo (Beriam et al., 2003) e no Rio Grande do Sul (Fioravanzo et al., 2004), com relatos da ocorrência da doença em sementeiras durante os anos de 2002 e 2003. A doença ocorre esporadicamente e não é considerada como importante para a cultura, mas, se as plantas forem cultivadas em viveiros e em sementeiras sem os cuidados adequados e as condições climáticas forem favoráveis, pode ocorrer a morte muito rápida das mudas.

Etiologia

Decorrido longo período após as citações de Robbs (1956) sobre sintomas causados por espécies de bactéria em plantas de mamoeiro no Brasil, Funada et al. (1998) descreveram uma bactéria com características sintomatológicas e morfológicas semelhantes e identificaram o agente causal como *P. syringae* pv. *caricapapayae*. Posteriormente, Beriam et al. (2003) confirmaram essa identificação em mudas de mamoeiro no estado do Espírito Santo. Entretanto,

Fioravanço et al. (2004), ao avaliarem as características morfológicas de bactérias isoladas de plantas com sintomas típicos de cretamento-bacteriano em folhas e, posteriormente, em sementes, chegaram à conclusão de que se tratava de uma bactéria com colônias circulares com aspecto esbranquiçado, brilhante, com bordos lisos, Gram-negativas, catalase positiva, O/F oxidativa e f3-glucosidase positiva. Com base nessas características, afirmaram que o agente causal da mancha-bacteriana pertencia a um patovar de *P. syringae*. A confirmação da etiologia da doença aconteceu quando Beriam et al. (2006), por meio de estudos bioquímicos, serológicos, fisiológicos e moleculares, mostraram que estirpes da bactéria isolada em sementeiras comerciais do Espírito Santo, cujas plantas apresentavam sintomas típicos da mancha-bacteriana, pertenciam a patovares de *P. syringae*. Os autores utilizaram *primers* específicos e realizaram novos estudos e, investigando em nível de patovar, concluíram que as estirpes de mamão pertencem a *P. syringae*. pv. *tabaci*.

Sintomatologia

Os sintomas iniciais são visíveis sobre o limbo foliar, na forma de lesões circulares de coloração verde-escura, que, à medida que se desenvolvem, passam a ter cor amarelada ou marrom-clara e formas angulares (Figura 29). Com o desenvolvimento das folhas, as lesões tornam-se translúcidas, com aspecto encharcado (anasarca), medindo de 3 mm a 6 mm e, quando em maior número, coalescem e causam a necrose de grandes áreas. Em alguns casos, pode-se observar, sobre as manchas, notadamente na parte inferior da folha, um exsudato bacteriano de cor castanho-escura. A distribuição no limbo foliar pode ser dispersa em sua superfície assim como nos bordos das folhas. Entre o tecido afetado e o sadio, é comum observar um halo clorótico de cor amarela. Quando as lesões ocorrem no ápice da planta, esse halo se torna necrosado, seca completamente e a planta morre.



Figura 29. Lesões circulares de coloração verde-escura de formas angulares, sintomas típicos da mancha-bacteriana.

Foto: Hermes Peixoto Santos Filho

Epidemiologia

Segundo Fioravanço et al. (2004), a mancha-bacteriana ocorre com mais facilidade em regiões com presença frequente de nevoeiros, onde as temperaturas, em meses quentes, podem ultrapassar 22 °C e, nos meses frios, ficam em torno de 18 °C. Em meio artificial de cultivo, o intervalo de 23 °C a 29 °C foi satisfatório para o desenvolvimento do agente causal. Alta pluviosidade e umidade relativa também são fatores predisponentes para a doença.

A disseminação da bactéria pode ser tanto pelas folhas contaminadas, por meio de respingos de chuva ou água de irrigação, quanto pelo plantio de sementes contaminadas, e pode variar de acordo com os seguintes fatores: concentração da bactéria nas sementes, severidade e estágio de desenvolvimento no qual se iniciou a infecção na planta mãe, condições ambientais, manejo das sementes no armazenamento,

entre outros. Menten (1991) comprovou que, quanto mais estruturas do patógeno estiverem presentes na semente, maiores serão as possibilidades de ocorrer interação entre o patógeno e o hospedeiro. Por sua vez, Bonn et al. (1985) conseguiram resultados em que a bactéria se espalhou rapidamente a partir da fonte de inoculo, a qual, uma vez estabelecida, é difícil de controlar. Mariano e McCarter (1991) observaram que populações de *P. syringae* pv. *syringae* e *P. syringae* pv. *tomato* tendem a diminuir ou até a desaparecer em condições de seca e temperatura elevada. Além disso, conforme Silva e Lopes (1995), em condições ambientais desfavoráveis, *P. syringae* pode sobreviver na forma epifítica por longos períodos, desenvolvendo-se e desencadeando um processo infeccioso apenas quando as condições tornam-se favoráveis, o que justifica a diminuição da incidência da doença, mas não a sua eliminação.

Controle

Como medidas de controle, recomenda-se o uso de sementes saudáveis. Nunca deve-se utilizar sementes de plantas oriundas de sementeiras que apresentaram sintomas da doença. As seguintes medidas culturais são recomendadas: diminuir a quantidade de água e o período de irrigação, tomando-se o cuidado para não molhar as folhas; aumentar o número de horas diárias com a retirada da cobertura; e garantir maior espaçamento entre as plantas da sementeira (Fioravanzo et al., 2004). Não existem produtos registrados para essa doença no mamoeiro.

Nenhuma variedade de mamoeiro se mostrou resistente à doença, já as mais suscetíveis são as cultivares Sunrise Solo e Golden.

Podridão-púrpura

A podridão-púrpura [*Erwinia herbicola* (Löhnis)] foi registrada no Brasil como uma doença de pós-colheita, que causa podridão mole na polpa dos frutos, sendo considerada de

pequena importância e restrita a algumas áreas produtoras.

Distribuição, danos e importância econômica

O primeiro relato dessa doença se deve a Nelson e Alvarez (1980), que, no Havaí, desde 1975, registraram a doença, cujo aparecimento ocorreu nos meses de inverno. No Brasil, foi detectada ao norte do Espírito Santo e denominada de podridão-vermelha, mas sem causar danos econômicos à cultura do mamoeiro, aparecendo ocasionalmente (Ventura et al., 2003). Oliveira e Santos Filho (2009) relataram a sua ocorrência uma única vez na Bahia, em poucos frutos de um pomar doméstico, denominando-a de podridão-púrpura.

Etiologia

No Brasil, a doença é atribuída a *Erwinia herbicola* (Löhnis) e causa sintomas semelhantes aos relatados por Nelson e Alvarez (1980), que conseguiram caracterizar o patógeno como uma bactéria Gram-negativa, com flagelos peritríquios, anaeróbica, negativa para oxidase e positiva para catalase, com desenvolvimento de colônia em meio com tetrazólio, de cor creme, com muco branco e centro avermelhado, características inerentes ao gênero *Erwinia*. Os frutos inoculados com as colônias que apresentavam pigmentação vermelha também apresentaram, nos seus tecidos vasculares, a mesma coloração.

Sintomatologia

Os frutos infectados, quando colhidos, não apresentam sintomas externos que os diferenciem facilmente dos saudáveis, no entanto, quando cortados longitudinalmente, observa-se a coloração púrpura-avermelhada por causa do pigmento bacteriano no tecido vascular e nos vasos lactíferos (Figura 30). No campo, antes da colheita, é possível identificar os frutos infectados,



Foto: Antonio Alberto Rocha Oliveira

Figura 30. Sintoma de podridão-púrpura.

pois apresentam maturação precoce (fora de posição na coluna de frutos) e distribuição irregular da cor amarela na casca, frequentemente associada à ligeira deformação, diferente dos demais frutos. A progressão da doença pode acarretar redução na firmeza da polpa, que apresenta coloração vermelho-intensa. Verifica-se, em alguns casos, que essa decomposição dos tecidos e a cor vermelha acentuada podem atingir o tecido vascular junto à cavidade das sementes. A parte da polpa afetada fica mole e translúcida e apodrece quando o fruto torna-se maduro. O patógeno ainda não foi observado infectando outras partes da planta.

Epidemiologia

A epidemiologia dessa bactéria ainda não foi devidamente estudada, entretanto sabe-se que os fatores predisponentes para ocorrência da doença são influenciados, especialmente, pelas condições climáticas da região produtora, espécies e cultivares, além de tratos culturais e fitossanitários incorretos. As mudanças fisiológicas normais do mamoeiro, o manuseio incorreto ou as condições ambientais adversas podem dar início à transição da fase de latência para a fase ativa, promovendo o desenvolvimento da doença.

Controle

As medidas de controle não incluem intervenções com agroquímicos, mas sim algumas práticas que mantenham as condições menos favoráveis ao desenvolvimento da bactéria, tais como a eliminação dos frutos doentes e a sanitização no

manuseio dos equipamentos de colheita e das instalações de embalagem e processamento.

Considerações finais

O presente capítulo, que trata das doenças causadas por fungos e oomicetos, contempla a análise de 12 doenças que afetam raiz, caule, folha e fruto, tanto em condições de campo quanto após a colheita.

Para todas as doenças, é feita uma abordagem em matérias que mostram breve descrição da importância econômica e distribuição da doença no mundo, sintomas, com descrição detalhada e fartamente ilustrada com fotos de boa qualidade, e por fim metodologias de controle que priorizam o uso de métodos naturais e biológicos. Quando da tomada de decisão por intervenção química, as aplicações devem obedecer ao monitoramento e ao registro de incidência das doenças. As marcas comerciais dos fungicidas são disponíveis mediante orientação de busca no site do Agrofitt.

Acreditamos que este tipo de publicação seja de muita utilidade para o produtor devido à linguagem simplificada da redação dos textos, assim como pela praticidade das informações contidas. Também poderá servir como uma prestimosa ferramenta de consulta para agrônomos, pesquisadores, extensionistas e estudantes de disciplinas correlatas ao assunto a que se propõe o capítulo.

Referências

- AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. 3rd ed. New York: Academic Press, 1988. DOI: [10.1016/C2012-0-01423-8](https://doi.org/10.1016/C2012-0-01423-8).
- AKAMINE, E. K.; ARISUMI, T. Control of postharvest storage decay of fruits of papaya (*Carica papaya* L.) with special reference to the effect of hot water. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v. 61, p. 270-274, 1953.
- ALEXOPOULOS, C. J.; MIMS, C. W.; BLACKWELL, M. **Introductory mycology**. 4th ed. New York: John Wiley & Sons, 1996.

- ALFIERI JR., S. A.; LANGDON, K. R.; KIMBROUGH, J. W.; EL-GHOLL, N. E.; WEHBURG, C. **Diseases and disorders of plants in Florida**. [S.l.]: Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Division of Plant Industry, 1994. 138 p. (Bulletin, 14).
- ALVAREZ, A. M.; HYLIN, J. W.; OGATA, J. N. Postharvest diseases of papaya reduced by biweekly orchard sprays. **Plant Disease Reporter**, v. 61, n. 9, p. 731-735, 1977.
- ALVAREZ, A. M.; NELSON, M. G. Control of *Phytophthora palmivora* in papaya orchards with weekly sprays of chlorothalonil. **Plant Disease**, v. 66, p. 37-39, 1982. DOI: [10.1094/PD-66-37](https://doi.org/10.1094/PD-66-37).
- ALVAREZ, A. M.; NISHIJIMA, W. T. Postharvest diseases of papaya. **Plant Disease**, v. 71, p. 681-686, 1987. DOI: [10.1094/PD-71-0681](https://doi.org/10.1094/PD-71-0681).
- ANDRADE, E. M.; UESUGI, C. H.; UENO, B.; FERREIRA, M. A. S. V. Caracterização morfocultural e molecular de isolados de *Colletotrichum gloeosporioides* patogênicos ao mamoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 32, n. 1, p. 21-31, jan./fev. 2007. DOI: [10.1590/S0100-41582007000100003](https://doi.org/10.1590/S0100-41582007000100003).
- ANDRADE, J. S.; TATAGIBA, J. S.; VENTURA, J. A.; COSTA, E.; MARTINS, D. S. Avaliação da mancha-de-Corynespora em diferentes sistemas de condução do mamoeiro no norte do Espírito Santo. In: SIMPÓSIO DO PAPAYA BRASILEIRO, 2003, Vitória. **Papaya Brasil: qualidade do mamão para o mercado interno**. Vitória: Incaper, 2003. p. 577-579.
- AVESKAMP, M. M.; GUYTER, de J.; WOUNDEBERG, J. H. C.; VERKLEY, G. M.; CROUS, P. W. Highlights of the *Didymellaceae*: A polyphasic approach to characterize *Phoma* and related *pleosporalean* genera. **Studies in Mycology**, v. 65, p. 1-60, 2010. DOI: [10.3114/sim.2010.65.01](https://doi.org/10.3114/sim.2010.65.01).
- BARNETT, H. L.; HUNTER, B. B. **Illustrated genera of imperfect fungi**. 4th ed. Minnesota: APS Press, 1998.
- BATISTA, A. C. Principais doenças das plantas no Nordeste. **Boletim da Secretaria da Indústria e Comércio**, v. 13, n. 4, p. 195-252, 1946.
- BEDENDO, I. P. Damping off. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (ed.). **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. v. 1, p. 820-828.
- BEDENDO, I. P. Oídios. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 4. ed. São Paulo: Ceres, 2011. p. 473-477.
- BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H. Doenças do mamoeiro *Carica papaya* L. In: GALLI, F.; TOKESHI, H. **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. São Paulo: Ceres, 1997. v. 2, p. 486-496.
- BERIAM, L. O. S.; ALMEIDA, I. M. G.; DESTÉFANO, S. A. L.; GRABERT, E.; BALANI, D. M.; FERREIRA, M.; RODRIGUES NETO, J. *Pseudomonas syringae* pv. tabaci em plântulas de mamoeiro. **Summa Phytopathologica**, v. 32, n. 1, p. 21-26, jan./mar. 2006. DOI: [10.1590/S0100-54052006000100003](https://doi.org/10.1590/S0100-54052006000100003).
- BERIAM, L. O. S.; ALMEIDA, I. M. G.; GRABERT, E.; DESTÉFANO, S. A. L.; BALANI, D. M.; FERREIRA, M.; RODRIGUES NETO, J. *Pseudomonas syringae* pv. tabaci em plantas de mamoeiro (*Carica papaya*). **Summa Phytopathologica**, v. 29, n. 1, p. 91-92, 2003.
- BIJL, P. A. van der. On a fungus - *Ovulariopsis papayae*, n. sp. - which causes powdery mildew on the leaves of the pawpaw plant (*Carica papaya* Linn.). **Transactions Royal Society of South Africa**, v. 9, n. 2, p. 187-189, 1921. DOI: [10.1080/00359192109520208](https://doi.org/10.1080/00359192109520208).
- BOEREMA, G. H.; DE GRUYTER, J.; NOORDELOOS, M. E.; HAMERS, M. E. C. **Phoma identification manual: differentiation of specific and infra-specific taxa in culture**. Wallingford: CABI Publishing, 2004. 448 p. DOI: [10.1079/9780851997438.0000](https://doi.org/10.1079/9780851997438.0000).
- BONN, W. G.; GITAITIS, R. D.; MACNEILL, B. H. Epiphytic survival of *Pseudomonas syringae* pv. tomato on tomato transplants shipped from Georgia. **Plant Disease**, v. 69, n. 1, p. 58-60, 1985. DOI: [10.1094/PD-69-58](https://doi.org/10.1094/PD-69-58).
- CHAU, K. F.; ALVAREZ, A. M. Role of *Mycosphaerella* ascospores in stem-end rot of papaya fruit. **Phytopathology**, v. 69, p. 500-503, 1979. DOI: [10.1094/Phyto-69-500](https://doi.org/10.1094/Phyto-69-500).
- CONOVER, R. A. Corynespora leaf spot, a disease of Florida papayas. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, v. 91, p. 184-185, 1978.
- COSTA, L. C. da; RIBEIRO, W. S.; ALMEIDA, E. I.; BERNARDO, G. G. C.; BARBOSA, J. A. Procedência, qualidade e perdas pós-colheita de mamão 'Havaí' no mercado atacadista da Empasa de Campina Grande-PB. **Agropecuária Técnica**, v. 32, n. 1, p. 21-34, 2011.
- COUEY, H. M.; FARIAS, G. Control of postharvest decay of papaya. **Horticultural Science**, v. 14, p. 719-721, 1979.
- CRUZ, J. L.; SANTOS-FILHO, H. P.; NORONHA, A. C. da S.; SOUZA, L. D.; CARDOSO, C. E. L.; OLIVEIRA A. R. C.; SANCHES, N. F.; OLIVEIRA, A. M. G. Produção integrada de mamão na Bahia. In: ZAMBOLIM, L.; NASSER, L. C. B.; ANDRIGUETO, J. R.; TEIXEIRA, J. M. A.; KOSOSKI, A. R.; FACHINELLO, J. C. (org.). **Produção integrada no Brasil: agropecuária sustentável alimento seguros**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009. p. 528-562.
- DANTAS, S. A. F.; OLIVEIRA, S. M. A.; MICHÉREFF, S. J.; NASCIMENTO, L. C.; GURGEL, L. M. S.; PESSOA, W. R. L. S. Doenças fúngicas pós-colheita em mamões e laranjas comercializados na Central de Abastecimento do Recife.

- Fitopatologia Brasileira**, v. 28, n. 5, p. 528-533, set./out. 2003. DOI: [10.1590/S0100-41582003000500010](https://doi.org/10.1590/S0100-41582003000500010).
- DIANESE, A. de C. **Variabilidade e controle de *Phytophthora palmivora* (Podridão-dopé) e controle da variola (*Aperisporium caricae*) do mamoeiro (*Carica papaya*)**. 2006. 109 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- DICKMAN, M. B.; ALVAREZ, A. M. Latente infection of papaya caused by *Colletotrichum gloeosporioides*. **Plant Disease**, v. 67, p. 748-750, 1983. DOI: [10.1094/PD-67-748](https://doi.org/10.1094/PD-67-748).
- DUARTE, M. L. R.; ASANO, S.; ALBUQUERQUE F. C. Estudo comparativo das características morfológicas e fisiológicas de dois isolamentos de *Corynespora cassiicola*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 8, p. 205-214, 1983.
- ELDER, R. J.; MACLEOD, W. N. B.; REID, D. J.; GILLESPIE, R. L. Growth and yield of 3 hybrid papaya (*Carica papaya*) under mulched and bare ground conditions. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 40, n. 5, p.747-754, 2000. DOI: [10.1071/EA99107](https://doi.org/10.1071/EA99107).
- EL-GOORANI, M. A.; SOMMER, N. F. Suppression of postharvest plant pathogenic fungi by carbon monoxide. **Phytopathology**, v. 69, p. 834-838, 1979. DOI: [10.1094/Phyto-69-834](https://doi.org/10.1094/Phyto-69-834).
- ELLIS, M. B. **Dematiaceous Hyphomycetes**. Kew: Commonwealth Mycological Institute, 1971. 608 p.
- ERWIN, D. C.; RIBEIRO, O. K. **Phytophthora diseases worldwide**. St. Paul: The American Phytopathological Associations, 1996. 562 p.
- FARR, D. F.; ROSSMAN, A. Y. **SBML Systematic Mycology and Microbiology Laboratory, ARS, USDA**. Disponível em: <http://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases>. Acesso em: 18 out. 2010.
- FIORAVANÇO, J. C.; DENARDIN, N. d'A.; PAIVA, M. C.; TUMELERO, A. I. Ocorrência de mancha bacteriana, causada por *Pseudomonas syringae* em mudas de mamoeiro (*Carica papaya* L.) no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 10, n. 1-2, p. 113-117, 2004.
- FREIRE, F. C. O.; VIANA, F. M. P. Oídios de frutíferas tropicais. In: STADNIK, M. J.; RIVERA, M. C. (ed.). **Oídios**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001. p. 323-334.
- FUNADA, K.; YORINORI, M. A.; RODRIGUES, R.; AULER, P. A. M.; LEITE JÚNIOR, R. P.; UENO, B. Ocorrência da mancha foliar bacteriana causada por *Pseudomonas syringae* pv. *caricapapayae* em mamoeiro no Estado do Paraná. **Fitopatologia Brasileira**, v. 23, p. 209, 1998. Suplemento.
- FURTADO, E. L.; SANTOS, C. A. G. dos; TAKAHASHI, S. S.; CAMARGO, F. R. A. de. **Doenças em viveiros de *Eucalyptus* sp**: diagnóstico e manejo. Botucatu: Votorantim Celulose e Papel, 2000. 23 p.
- GAYET, J. P.; BLEINROTH, E. W.; MATALLO, M.; GARCIA, E. E. C.; GARCIA, A. E.; ARDITO, E. F. G.; BORDIN, M. R. **Mamão para exportação**: procedimentos de colheita e pós-colheita. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1995. 38 p. (Série publicações técnicas Frupex, 14).
- HOLLYDAY, P. **Fungus disease of tropical crops**. Cambridge: Cambridge University Press, 1980. 607 p.
- HONDA, Y.; ARAGAKI, M. Light-dependence for fruiting body formation and its inheritance in *Phoma caricae-papayae*. **Mycologia**, v. 75, n. 1, p. 22-29, 1983. DOI: [10.1080/00275514.1983.12021633](https://doi.org/10.1080/00275514.1983.12021633).
- HUNTER, J. E.; KUNIMOTO, R. K. Dispersal of *Phytophthora palmivora* sporangia by wind-blown rain. **Phytopathology**, v. 64, n. 2, p. 202-206, 1974. DOI: [10.1094/Phyto-64-202](https://doi.org/10.1094/Phyto-64-202).
- INTERNATIONAL MYCOLOGICAL INSTITUTE. **Phoma caricae-papayae**. [S.l.], 2004. Map 914: 1-2.
- JEFFRIES, P.; DODD, J. C.; JEGER, M. J.; PLUMBLEY, R. A. The biology and control of *Colletotrichum* species on tropical fruit crops. **Plant Pathology**, n. 39, p. 343-366, 1990. DOI: [10.1111/j.1365-3059.1990.tb02512.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.1990.tb02512.x).
- KINGSLAND, G. C. Pathogenicity and epidemiology of *Corynespora cassiicola* in the republic of the Seychelles. **Acta Horticulturae**, v. 153, p. 229-230, 1985. IX African Symposium on Horticultural Crops. DOI: [10.17660/ActaHortic.1985.153.31](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1985.153.31).
- KLIEJUNAS, J. T.; KO, W. H. Deficiency of inorganic nutrients as contributing factor to ohia decline. **Phytopathology**, v. 64, p. 891-896, 1973. DOI: [10.1094/Phyto-64-891](https://doi.org/10.1094/Phyto-64-891).
- KO, W. H. A promising solution for the papaya replant problem. **Hawai Farmer Science**, v. 20, p. 9-10, 1971.
- KO, W. H. Biological control of *Phytophthora* root rot of papaya with virgin soil. **Plant Disease**, v. 66, p. 446-448, 1987. DOI: [10.1094/PD-66-446](https://doi.org/10.1094/PD-66-446).
- LIBERATO, J. R.; BARRETO, R. W.; LOURO, R. P. *Streptopodium caricae* sp. nov., with a discussion of powdery mildews on papaya, and emended descriptions of the genus *Streptopodium* and *Oidium caricae*. **Mycological Research**, v. 108, p. 1185-1194, 2004. DOI: [10.1017/S0953756204000991](https://doi.org/10.1017/S0953756204000991).
- LIBERATO, J. R.; BARRETO, R. W.; LOURO, R. P.; RODRIGUES, C. H.; COSTA, H. Ocorrência de oídio (*Ovulariopsis* sp.) em mamoeiro no Espírito Santo. **Fitopatologia Brasileira**, v. 20, p. 322, 1995.
- LIBERATO, J. R.; COSTA, H.; VENTURA, J. A. Índice de doenças de plantas do estado do Espírito Santo. Vitória: Emcapa, 1996. 110 p.

- LIBERATO, J. R.; TATAGIBA, J. S. Avaliação de fungicidas *in vitro* e em pós-colheita para o controle da antracnose e da podridão peduncular e frutos de mamão. **Summa Phytopathologica**, v. 27, n. 4, p. 409-414, 2001.
- LIBERATO, J. R.; ZAMBOLIM, L. Controle de doenças causadas por fungos, bactérias e nematoides em mamoeiro. In: ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R. do; MONTEIRO, A. J. A.; COSTA, H. (ed.). **Controle de doenças de plantas: fruteiras**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2002. v. 2, p. 1023-1170.
- LUZ, E. D. M. N.; MATSUOKA, K. Phytophthora: fungo protista ou chromista? In: LUZ, E. D. M. N.; SANTOS, A. F. dos; MATSUOKA, K.; BEZERRA, J. L. (ed.). **Doenças causadas por Phytophthora no Brasil**. Campinas: Livraria e Editora Rural, 2001. p. 1-21.
- LUZ, E. D. M. N.; SILVA, S. D. V. M.; BEZERRA, J. L.; SOUZA, J. de T.; SANTOS, A. F. dos. **Glossário ilustrado de Phytophthora: técnicas especiais para o estudo de oomicetos**. Itabuna: FAPESB, 2008. 126 p.
- MAFIA, R. G.; ALFENAS, A. C.; RESENDE JR., M. F. R. de. Tombamento de mudas causado por *Fusarium solani*: uma nova doença do Paricá no Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, n. 4, p. 450-450, jul./ago. 2003. DOI: [10.1590/S0100-41582003000400021](https://doi.org/10.1590/S0100-41582003000400021).
- MANICA, I. **Fruticultura tropical: 3. Mamão**. São Paulo: Ceres, 1982. 255 p.
- MARIANO, R. L. R.; MCCARTER, S. M. Epiphytic survival of *Pseudomonas syringae* pv. tomato on tomato and weed species. **Fitopatologia Brasileira**, v. 16, n. 1, p. 86-92, 1991.
- MARIN, S. L. D.; GOMES, J. A.; SALGADO, J. S.; MARTINS, D. S.; FULLIN, E. A. **Recomendações para a cultura do mamoeiro dos grupos solo e formosa no Estado do Espírito Santo**. 4. ed. Vitória: Emcapa, 1995. 57 p. (Emcapa. Circular técnica, 3).
- MARIN, S. L. D. **Mamão papaya, produção, pós-colheita e mercado**. Fortaleza: Instituto Frutal, 2004. 82 p.
- MARTINS, M. V. V.; LIMA, F. A.; LIMA, J. da S.; VIANA, F. M. P. **Manejo integrado da pinta-preta do mamoeiro no Ceará**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2012. 16 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 68).
- MATOS, A. P. de; CORDEIRO, Z. J. M.; HADDAD, F. *Fusarium* em frutíferas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 22., 2012, Bento Gonçalves. **Anais [...]** Sociedade Brasileira de Fruticultura: Bento Gonçalves, 2012. 19 p.
- MCGUIRE JR., J. U.; CRANDALL, B. S. **Survey of insect pests and plant diseases of selected food crops of Mexico, Central America and Panama**. [S.l.]: International Agricultural Development Service, U.S. Department of Agriculture, 1967. 157 p.
- MEDINA, J. C. Cultura. In: MEDINA, J. C.; BLEINROTH, E. W.; SIGRIST, J. M. M.; DE MARTIN, Z. J.; NISIDA, A. L. A. C.; BALDINI, V. L. S.; LEITE, R. S. S. F.; GARCIA, A. E. B. (ed.). **Mamão: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos**. 2. ed. Campinas: ITAL, 1989. (Frutas tropicais, 7).
- MENDONÇA, R. F.; RODRIGUES, W. N.; JESUS JÚNIOR, W. C.; SAMBUGARO, R.; MARTINS, L. D. Mancha de *Corynespora*: desafio para a cultura do café conilon no estado do Espírito Santo. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 14, p. 724-734, 2012.
- MENTEN, J. O. M. Prejuízos causados por patógenos associados às sementes. In: MENTEN, J. O. M. (ed.). **Patógenos em sementes: detecção, danos e controle químico**. Piracicaba: ESALQ/FEALQ, 1991. p. 115-136.
- MORA, R. F. Evaluacion de fungicidas en el combate de antracnosis *Colletotrichum* sp. de papaya en Vera Cruz. **Agricultura Técnica en México**, v. 111, n. 7, p. 259-261, 1973.
- MOSQUEDA-VAZQUEZ, R.; ARAGAKI, M.; NAKASONE, H. Y. Screening of *Carica papaya* L. seedlings for resistance to root rot caused by *Phytophthora palmivora* Butl. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 106, n. 4, p. 484, 1981.
- NAKASONE, H. Y.; ARAGAKI, M. Tolerance to *Phytophthora* fruit and root rot in *Carica papaya* L. Proceedings of the Tropical Region. **American Society for Horticulture Science**, v. 17, p. 176-185, 1973.
- NELSON, M. N.; ALVAREZ, A. M. Purple stain of *Carica papaya*. **Plant Disease**, v. 64, p. 93-95, 1980. DOI: [10.1094/PD-64-93](https://doi.org/10.1094/PD-64-93).
- NERY-SILVA, F. A.; MACHADO, J. da C.; RESENDE, M. L. V. de; LIMA, L. C. de O. Metodologia de inoculação de fungos causadores da podridão peduncular em mamão. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 5, p. 1374-1379, set./out. 2007. DOI: [10.1590/S1413-70542007000500015](https://doi.org/10.1590/S1413-70542007000500015).
- NISHIJIMA, W. T. Papaya diseases caused by fungi. In: PLOETZ, R. C.; ZENTMYER, G. A.; NISHIJIMA, W. T.; ROHRBACH, K. G.; OHR, H. D. (ed.). **Compendium of tropical fruit diseases**. St. Paul: The American Pathological Society, 1998. p. 58-64.
- NOGUEIRA, E. M. C.; FERRARI, J. T.; DOMINGUES, R. J.; TÖFOLI, J. G. Ação do fungicida Flutriafol no controle da varíola na cultura do mamão. **Biológico**, v. 73, n. 1, p. 39-42, 2011.
- OLIVEIRA, A. A. R.; DANTAS, J. L. L. Reação de genótipos de mamão à varíola (*Asperisporium caricae*), sob condições de campo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belém, PA. **Anais...** Belém, PA: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2002. 4 p.
- OLIVEIRA, A. A. R.; SANTOS FILHO, H. P. Doenças. In: RITZINGER, C. H. S. P.; SOUZA, J. S. (ed.). **Mamão:**

- fitossanidade. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 37-46.
- OLIVEIRA, A. A. R.; SANTOS FILHO, H. P. **Podridão interna dos frutos**. Cruz das Almas: Embrapa mandioca e fruticultura, 2004. 2 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Mamão em foco, 21).
- OLIVEIRA, A. A. R.; SANTOS FILHO, H. P. **Podridão púrpura**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2009. 2 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Mamão em foco, 28). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMF-2010/26718/1/mamao-28.pdf>. Acesso em: 21 set. 2016.
- OLIVEIRA, A. A. R.; SANTOS FILHO, H. P.; ANDRADE, E. C. de; MEISSNER FILHO, P. E. Impacto potencial das mudanças climáticas sobre as doenças do mamoeiro no Brasil. Doenças. In: GHINI, R.; HAMADA, E.; BETTIOL, W. (ed.). **Impactos das mudanças climáticas sobre doenças de importantes culturas no Brasil**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2011. p. 250-262.
- OLIVEIRA, A. A. R.; SANTOS FILHO, H. P.; SANCHES, N. F.; CRUZ, J. L.; OLIVEIRA, A. M. G.; ANDRADE, P. R. O. de; LOPES, F. F. Monitoramento da pinta-preta do mamoeiro no município de Itamaraju, BA, com ênfase na produção integrada. In: SIMPÓSIO DO PAPAYA BRASILEIRO, 4., 2009, Vitória. **Pesquisa científica e a crise no mercado do mamão**: anais. Vitória: Incaper, 2009. 1 CD-ROM.
- OLIVEIRA, S. H. F. **Doença do feijoeiro**: guia de identificação, fenologia e controle. São Paulo: Instituto Biológico, 1999. 58 p.
- OLUMA, H. O. A.; AMUTA, E. U. *Corynespora cassiicola* leaf spot of pawpaw (*Carica papaya* L.) in Nigeria. **Mycopathologia**, v. 145, n. 1, p. 23-27, 1999. DOI: [10.1023/A:1007009902939](https://doi.org/10.1023/A:1007009902939).
- PAPAVIZAS, G. C.; LEWIS, J. A.; ABD-ELMOITY, T. H. Evaluation of new biotypes of *Trichoderma harzianum* for tolerance to Benomyl and enhanced biocontrol capabilities. **Phytopathology**, v. 72, p. 126-132, 1982. DOI: [10.1094/Phyto-72-126](https://doi.org/10.1094/Phyto-72-126).
- PAULL, R. E.; NISHIJIMA, W.; REYES, M.; CAVALETTO, C. C. Postharvest handling and losses during marketing of papaya (*Carica papaya* L.). **Postharvest Biology and Technology**, v. 11, n. 3, p. 165-179, July 1997. DOI: [10.1016/S0925-5214\(97\)00028-8](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(97)00028-8).
- PERSLEY, D. M.; PLOETZ, R. C. Diseases of papaya. In: PLOETZ, R. C. (ed.). **Diseases of tropical fruit crops**. Wallingford: CAB International, 2003. p. 373-412. DOI: [10.1079/9780851993904.0373](https://doi.org/10.1079/9780851993904.0373).
- PINTO, O. R. de O.; HONORATO, T. B.; LIMA, J. S.; PINTO, C. de M. Importância do oídio em plantas cultivadas: abordagem em frutíferas e olerícolas. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 18, p. 1929-1945, 2014.
- PLOETZ, R. C.; ZENTMYER, G. A.; NISHIJIMA, W. T.; ROHRBACH, K. G.; OHR, H. D. **Compendium of tropical fruit diseases**. Minnesota: American Phytopathological Society, 1994. 118 p. (The disease compendium series of the American Phytopathological Society).
- PUNITHALINGAM, E. A combination in *Phoma* for *Ascochyta caricae-papayae*. **Transactions of the British Mycological Society**, v. 75, n. 2, p. 340-341, 1980. DOI: [10.1016/S0007-1536\(80\)80104-5](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(80)80104-5).
- RAABE, R. D.; CONNERS, I. L.; MARTINEZ, A. P.; NELSON, S. C. **Checklist of plant diseases in Hawaii, including records of microorganisms, principally fungi, found in the state**. Honolulu: University of Hawaii, 1981. 313 p. (Information text series, 22).
- RAM, A.; OLIVEIRA, M. L.; SACRAMENTO, C. K. Podridão das raízes do mamoeiro associada com *Pythium* sp. na Bahia. **Fitopatologia Brasileira**, v. 10, n. 2, p. 581, 1983.
- REIS, A.; BOITEUX, L. S.; FONSECA, M. E. N. Registro de *Oidium neolycopersici* como agente causal do oídio adaxial do tomateiro no Brasil. **Tropical Plant Pathology**, v. 34, p. S179, ago. 2009. Suplemento.
- REZENDE, J. A. M.; MARTINS, M. C. Doenças do mamoeiro-carica papaya. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (ed.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. v. 2, 663 p.
- RIBEIRO, I. J. A.; CASTRO, L. H. S. M. de; RICCI, M. T. de T.; PIZA JUNIOR, C. de T. Ocorrência de *Ovulariopsis papayae* Bijl. em folhas de mamoeiro. **Bragantia**, v. 47, n. 1, p. 79-82, 1988. DOI: [10.1590/S0006-87051988000100010](https://doi.org/10.1590/S0006-87051988000100010).
- ROBBS, C. F. Uma nova doença bacteriana do mamoeiro (*Carica papaya* L.). **Revista da Sociedade Brasileira de Agronomia**, v. 12, n. 1/2, p. 73-76, 1956.
- SANCHEZ, M.; DIANESE, J. C.; COSTA, C. L. Fatores determinantes do dano de *Phoma caricae-papayae* ao fruto do mamoeiro (*Carica papaya*) e detecção de resistência ao fungo em *Carica gaudotiana*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 16, n. 1, p. 121-129, 1991.
- SANTOS FILHO, H. P.; BARBOSA, C. de J.; NICKEL, O. Doenças do mamoeiro. In: FREIRE, F. das C. O.; CARDOSO, J. E.; VIANA, F. M. P. (ed.). **Doenças de fruteiras tropicais de interesse agroindustrial**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p. 391-434.
- SANTOS FILHO, H. P.; OLIVEIRA, A. A. R.; NORONHA, A. C. da S.; SANCHES, N. F.; LOPES, F. F.; ANDRADE, P. R. O.; OSÓRIO, A. C. B.; SOUZA, J. A. de; OLIVEIRA, A. M. G.; SANTOS, M. de J. **Monitoramento e controle da pinta preta do mamoeiro**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2007. 5 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Comunicado técnico, 125).
- SANTOS FILHO, H. P.; SANCHES, N. F.; OLIVEIRA, A. A. R.; NORONHA, A. C. da S.; ANDRADE, P. R. O. de; LOPES, F.

- F.; OLIVEIRA, A. M. G. **Identificação e monitoramento de pragas regulamentadas e seus inimigos naturais na cultura do mamoeiro**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, [2009?]. 25 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Documentos, 179).
- SANTOS FILHO, H. P.; SOUZA, J. da S.; OLIVEIRA, A. A. R.; SANCHES, N. F.; CARDOSO, C. E. L.; OLIVEIRA, A. M. G.; ANDRADE, P. R. O.; LOPES, F. F. Avaliação econômica do controle de pragas do mamoeiro cultivado em sistemas de produção integrada e convencional. In: SIMPÓSIO DO PAPAYA BRASILEIRO, 5., 2011, Porto Seguro. **Inovação e sustentabilidade**: anais. Porto Seguro: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2011. 1 CD-ROM.
- SANTOS, A. A. dos; FREIRE, F. das C. O.; CARDOSO, J. E. A **podridão interna do mamão no Estado do Ceará e testes com fungicidas para seu controle**. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT, 1998. 3 p. (EMBRAPA-CNPAT. Pesquisa em andamento, 37).
- SILVA, G. S. Podridão das raízes e dos frutos do mamoeiro. In: LUZ, E. D. M. N.; SANTOS, A. F.; MATSUOKA, K.; BEZERRA, J. L. (ed.). **Doenças causadas por Phytophthora no Brasil**. Campinas: Livraria e Editora Rural, 2001. p. 413-432.
- SILVA, G. S.; URBEN, A. F.; DOIHARA, I. P. Ocorrência de *Phytophthora palmivora* em mamoeiro no Estado do Maranhão. **Fitopatologia Brasileira**, v. 8, p. 157-186, 1999.
- SILVA, V. L. da; LOPES, C. A. Populações epifíticas de *Pseudomonas syringae* pv. tomatum em cultivo comercial de tomate industrial. **Fitopatologia Brasileira**, v. 20, n. 2, p. 179-183, 1995.
- SNOWDON, A. L. **A colour atlas of post-harvest diseases and disorders of fruits and vegetables**: general introduction and fruits. London: Wolfe, 1990. 416 p.
- SOUZA, A. F.; COSTA, H.; ZAMBOLIM, L.; MENDES, C.; FREITAS, R. L.; ZAMBOLIM, E. M.; JESUS JUNIOR, W. C.; PEREIRA, O. L. First report of *Corynespora cassiicola* causing leaf and berry spots on *Coffea canephora* in Brazil. **Australasian Plant Disease Notes**, v. 4, p. 72-74, 2009.
- STADNIK, M. J.; MAZZAFERA, P. Interações oídio-hospedeiro. In: STADNIK, M. J.; RIVERA, M. C. (ed.). **Oídios**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001. p. 79-118.
- STADNIK, M. J.; RIVERA, P. (ed.). **Oídios**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001. 484 p.
- SUZUKI, M. S.; ZAMBOLIM, L.; LIBERATO, J. R. Progresso de doenças fúngicas e correlação com variáveis climáticas em mamoeiro. **Summa Phytopathologica**, v. 33, n. 2, p. 167-177, abr./jun. 2007. DOI: [10.1590/S0100-54052007000200011](https://doi.org/10.1590/S0100-54052007000200011).
- TARR, S. A. J. **The fungi and plant diseases of the Sudan**. Kew: The Commonwealth Mycological Institute, 1955. 127 p.
- TATAGIBA, J. S.; AGUILAR, M. A. G. Eficiência do Midas BR no controle da pinta preta (*Asperisporium caricae*) do mamoeiro (*Carica papaya* L.). In: MARTINS, D. S. (ed.). **Papaya Brasil**: mercado e inovações tecnológicas para o mamão. Vitória: Incaper, 2005. p. 405-408.
- TAVARES, G. M. **Podridão do pé do mamoeiro**: infestação em solos de cultivo, controle alternativo com indutores de resistência e *Trichoderma* e avaliação dos mecanismos de defesa envolvidos. 2009. 121 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- TEAKLE, D. S. Papaw root rot caused by *Phytophthora palmivora* Butl. **Queensland Journal Agriculture Science**, v. 14, p. 81-91, 1957.
- VENTURA, J. A.; COSTA, H.; TATAGIBA, J. S. Manejo das doenças do mamoeiro. In: MARTINS, D. S.; COSTA, A. F. S. (ed.). **A cultura do mamoeiro**: tecnologias de produção. Vitória: Incaper, 2003. p. 231-308.
- VENTURINI, M. T.; SANTOS, L. C.; SANTOS, T. R.; LUZ, E. D. M. N. Infecção natural por *Corynespora cassiicola* in papaya accessions. **Summa Phytopathologica**, v. 40, n. 3, p. 284-287, jul./set. 2014. DOI: [10.1590/0100-5405/1914](https://doi.org/10.1590/0100-5405/1914).
- WATERHOUSE, G. M. Peronosporales. In: AINSWORTH G. C.; SPARROW, F. K.; SUSSMAN, A. S. (ed.). **The fungi**: an advanced treatise. New York: Academic Press, 1973. p. 165-183.
- WATSON, A. J. **Foreign bacterial and fungus diseases of food, forage, and fiber crops**. Washington: United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 1971. 111 p. (Agriculture handbook, n. 418).
- WEBSTER, J. **Introduction to fungi**. London: Cambridge University Press, 1970. 432 p.
- ZAKARIA, L.; CHIK, M. W.; HENG, K. W.; SALLEH, B. Fusarium species associated with fruit rot of banana (*Musa* spp.), papaya (*Carica papaya*) and guava (*Psidium guajava*). **Malaysian Journal of Microbiology**, v. 8, n. 2, p. 127-130, 2012. DOI: [10.21161/mjm.03812](https://doi.org/10.21161/mjm.03812).
- ZENTMYER, G. A.; KAOSIRI, T.; IDOSU, G. O.; KELLAM, M. K. Morphological forms of *Phytophthora palmivora*. In: CONFERENCE INTERNATIONALE SUR LA RECHERCHE, CACAOYERE, 7., 1979, Douala. **Proceedings**. Douala: [s.n.], 1981. p. 291-296.

Viroses

Aline Kelly Queiroz do Nascimento

Cristiane de Jesus Barbosa

Flávia Fernandes Lopes

Francisco de Assis Câmara Rabelo Filho

Jorge Alberto Marques Rezende

José Albersio de Araújo Lima

Laianny Morais Maia

Paulo Ernesto Meissner Filho

Introdução

O mamoeiro pode ser afetado por diferentes pragas, e merecem destaque as viroses e os fitoplasmas pelo fato de não poderem ser curadas por tratamentos com defensivos agrícolas. Além disso, os vírus geralmente possuem vetores ou podem ser transmitidos por sementes ou mecanicamente, o que propicia sua eficiente disseminação a longas distâncias e no campo. Os principais estados produtores de mamão no Brasil possuem legislação que determina a erradicação das plantas infectadas por vírus, ou seja, uma planta infectada deve ser eliminada tão logo apresente os primeiros sintomas da infecção.

As viroses têm reduzido drasticamente a produção do mamoeiro por hectare. Elas causam mudança constante das áreas de plantio, conferindo ao mamoeiro um caráter nômade (Barbosa; Paguio, 1982a, 1982b; Oliveira et al., 1989, 1994; Lima; Santos, 1991; Lima et al., 1994, 2001b, 2015; Lima; Lima, 2002; Nascimento et al., 2010). Por acarretarem grandes prejuízos à produção, elas constituem importantes problemas nos pomares e podem causar a destruição total das plantações infectadas, promovendo mudanças nas zonas de produção, com consequente afastamento dos mercados consumidores. Mesmo em áreas novas, a prática de eliminação de plantas doentes nos centros de produção e de propagação tem sido constantemente usada na condução dessa cultura (Rezende; Fancelli, 1997; Lima et al., 2015).

Mosaico do mamoeiro

Importância e distribuição

Em todos os países onde é cultivado, o mamoeiro (*Carica papaya* L.) é severamente afetado por uma doença de natureza viral que já recebeu diferentes denominações: *mosaic*, *papaya ringspot*, *deformacion foliar* y *manchas em anillos*, mosaico do mamoeiro, mancha-anelar

do mamoeiro, entre outras (Costa et al., 1969; Purcifull et al., 1984; Rezende, 1984). Ao que parece, essa doença foi constatada pela primeira vez em 1929, na Jamaica, onde foi denominada *mosaic* (Smith, 1929). No Brasil, há uma proposta antiga de adoção do nome mosaico do mamoeiro para designar a doença por questão de prioridade e por considerá-lo mais adequado, pois os sintomas causados pelo vírus são tipicamente de mosaico foliar (Rezende, 1984).

No Brasil, o vírus do mosaico do mamoeiro é, sem dúvida, o patógeno mais importante para essa cultura, primeiramente em razão de sua ocorrência em diversos estados do País, senão em todos eles. Além disso, é muito comum a ocorrência de plantas infectadas em pequenos pomares de chácaras, em fundos de quintais e beiras de estradas, as quais se transformam em fontes constantes de vírus que se espalham por quase todo o território nacional. Finalmente, a doença associada ao vírus do mosaico é um fator limitante da produção de mamão, tanto no Brasil como em outros países onde o problema ocorre (Ventura et al., 2004).

Agente causal

O vírus do mosaico do mamoeiro é uma espécie da família Potyviridae, gênero *Potyvirus*, cuja denominação oficial é *Papaya ringspot virus* (PRSV-P) (King et al., 2011). Essa espécie está classificada em duas estirpes, que se diferenciam por suas características biológicas. A estirpe *watermelon* (PRSV-W) infecta sistemicamente espécies da família Cucurbitaceae, constituindo fator de importância econômica, principalmente para as culturas da abobrinha-de-moita, das abóboras, da melancia e do meloeiro (Zitter et al., 1996; Kurozawa et al., 2005). Já a estirpe *papaya* (PRSV-P) é capaz de infectar sistemicamente espécies das famílias Caricaceae e Cucurbitaceae, sendo o mamoeiro seu hospedeiro natural de maior importância. O PRSV-P possui partículas do tipo alongadas e flexuosas, com comprimento médio de 760 nm–800 nm e

12 nm de diâmetro. O ácido nucleico é do tipo RNA de fita simples, senso positivo, com cerca de 10.320 nucleotídeos. O RNA genômico é envolto por um capsídeo formado por aproximadamente 2.200 cópias de um polipeptídeo com massa molecular aproximada de 34 kDa (Purcifull et al., 1984; Gonsalves et al., 2008).

Sintomatologia

Mamoeiros sistemicamente infectados com o PRSV-P exibem sintomas de intensidade que varia de acordo com o isolado viral. No geral, as folhas das plantas afetadas apresentam mosaicos (Figura 1) que podem vir acompanhados por intensas deformações e bolhas. Essas são áreas elevadas, de coloração verde-escura, em contraste com o restante da folha, que fica amarelada (Figura 2).



Figura 1. Folhas afetadas pelo mosaico do mamoeiro.

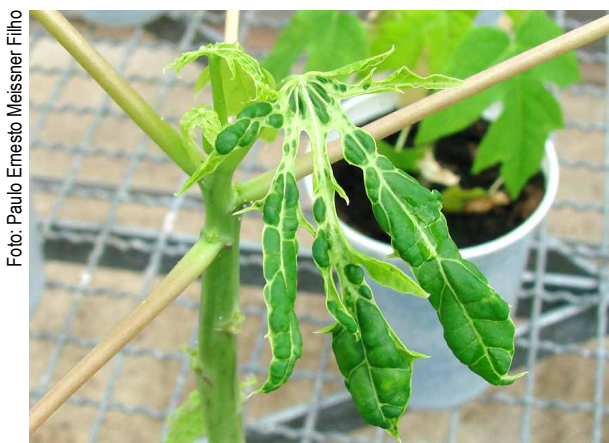


Figura 2. Bolhas em folhas de mamoeiro com mosaico.

Na parte nova da haste e nos pecíolos das folhas, aparecem manchas alongadas, de coloração verde-escura ou de aparência oleosa (Figura 3). Os frutos verdes podem apresentar manchas anelares, com aspecto oleoso, concêntricas, que tendem a desaparecer com a maturação dos frutos (Figura 4). Plantas de mamoeiro podem ser infectadas com o PRSV-P em qualquer idade e, geralmente, mostram sintomas de 10 a 15 dias após a inoculação. Sintomas associados ao PRSV-P, especialmente as deformações foliares, podem ser confundidos com aqueles causados pelo ácaro-branco *Polyphagotarsonemus latus*. Nesse caso, as plantas desenvolvem folhas com nervuras mais grossas e transluzentes, um pouco rugosas e malformadas, ficando quase que só reduzidas às nervuras (Figura 5).



Figura 3. Estrias oleosas causadas pelo PRV-P.

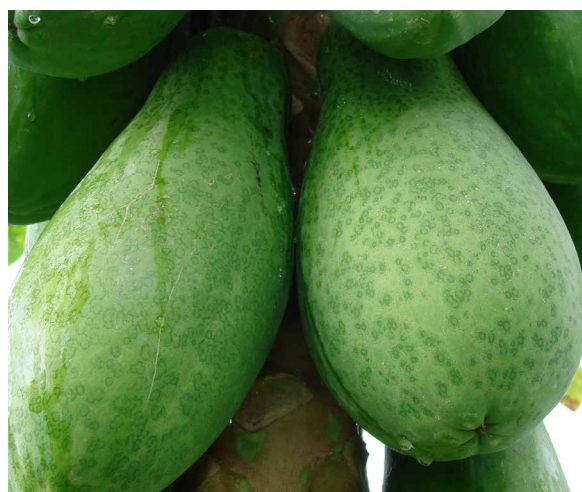


Figura 4. Anéis oleosos em frutos do mamoeiro.

Foto: Paulo Ernesto Meissner Filho

Foto: Paulo Ernesto Meissner Filho

Foto: Paulo Ernesto Meissner Filho

Foto: Paulo Ernesto Meissner Filho



Foto: Jorge Alberto Marques Rezende

Figura 5. Sintoma de ácaro-branco em folhas de mamoeiro.

Além do mamoeiro, esse potivírus já foi transmitido experimentalmente, por meio de inoculação mecânica ou por afídeos, para outras espécies do gênero *Carica*, hoje renomeado *Vasconcellea* (Badillo, 2000, 2001), bem como para diferentes espécies da família Cucurbitaceae (Purcifull et al., 1984). A suscetibilidade das espécies de cucurbitáceas é bastante variável de acordo com a origem do isolado viral e das espécies/variedades avaliadas. Estudos recentes realizados em São Paulo apontaram que a suscetibilidade de algumas espécies de cucurbitáceas à infecção natural com o PRSV-P não corresponde necessariamente ao obtido na infecção experimental. Algumas espécies exibem resistência de campo, tornando-se aparentemente sem importância como fontes de inóculo do vírus (Mansilla et al., 2013; Spadotti et al., 2013). Nas Filipinas, no entanto, o PRSV-P foi recuperado de plantas de *Diplocyclos palmatus* (Cucurbitaceae) que ocorriam em abundância nas proximidades de plantações de mamoeiro (Magdalita et al., 1990). Finalmente, deve-se mencionar que o PRSV-P também infecta duas espécies de Chenopodiaceae (*Chenopodium amaranticolor* e *Chenopodium quinoa*), que reagem apenas com lesões locais quando inoculadas com alguns isolados desse potivírus (Purcifull et al., 1984; Rezende; Costa, 1985). De uma maneira geral, os isolados brasileiros desse vírus não causam lesões a essas espécies vegetais.

Transmissão do vírus

Quanto à transmissão, a maioria dos autores aponta que o PRSV-P não é transmitido por sementes de mamão, embora haja um relato nas Filipinas de transmissão por essa via da ordem de 0,15% (Bayot et al., 1990). Na natureza, o principal meio de transmissão do PRSV-P são os afídeos. Embora esses insetos não colonizem mamoeiros, os processos de aquisição e inoculação do vírus ocorrem por ocasião das picadas de prova, de curtíssimos períodos de tempo, para o reconhecimento de seus hospedeiros. Por essa razão, a disseminação do vírus na plantação geralmente ocorre com muita rapidez, por causa das constantes movimentações dos insetos dentro dos pomares. Mais de duas dezenas de espécies de afídeos já foram estudadas experimentalmente e transmitiram o PRSV-P com eficiência variável. No Brasil, as seguintes espécies transmitiram esse vírus em condições experimentais: *Myzus persicae*, *Aphis gossypii*, *Aphis fabae*, *Aphis coreopsidis*, *Aphis spiraeicola*, *Aphis sp.*, *Toxoptera citricidus* e *Uroleucon sp.* (Rezende; Martins, 2005). Estudos realizados na Índia sobre a eficiência de transmissão do PRSV-P por três espécies de afídeos, mostram que *M. persicae* foi a espécie ligeiramente mais eficiente do que *A. gossypii* e *Aphis craccivora*. Nesse mesmo estudo, *A. gossypii* foi capaz de transmitir o PRSV-P sucessivamente por quatro vezes em testes com discos foliares, indicando que um afídeo parece ser capaz de inocular até quatro mamoeiros sem necessitar readquirir o vírus (Kalleshwaraswamy; Kumar, 2008). Experimentalmente, o PRSV-P é facilmente transmitido através da inoculação mecânica, embora essa modalidade de transmissão não tenha significado do ponto de vista epidemiológico da doença.

Epidemiologia

Estudos realizados na região produtora do norte do estado do Espírito Santo, no período de 2002 a 2003, indicaram que os afídeos

estão presentes durante todo o ano nas áreas plantadas com mamoeiros. A partir de abril, ocorre aumento da população, que atinge seu pico nos meses de maio a julho. No período de março a junho, ocorreram as maiores incidências do vírus do mosaico do mamoeiro, coincidindo com o aumento da população de vetores. As espécies de afídeos mais frequentes naquela região foram *A. spiraecola*, *A. gossypii* e *T. citricidus*, com aproximadamente 52%, 11,7% e 10,1% de frequência de ocorrências, respectivamente, em relação ao total de espécies capturadas. As espécies *A. fabae*, *Aphis coeropsidis* e *M. persicae* também foram constatadas na região com frequências de ocorrência de 4,3%, 1,3%, 0,15%, respectivamente (Martins et al., 2005; Martins; Ventura, 2007).

Nessa mesma região do Espírito Santo, observaram-se um total de 6.529 plantas daninhas associadas à cultura do mamoeiro, as quais pertenciam a 51 espécies botânicas. Dessas, 22 espécies (43,1%) de 13 famílias botânicas e 2 outras espécies não identificadas mostraram-se como hospedeiras de afídeos, que, juntas, representavam cerca de 10% das plantas da cobertura vegetal natural presentes nas lavouras avaliadas. As espécies hospedeiras de pulgões mais importantes para a região foram as seguintes: *Commelina benghalensis* (Commelinaceae), *Sida* sp. (Malvaceae), *Chamaesyce hirta*, *Chamaesyce hyssopifolia* (Euphorbiaceae) e *Lepidium virginicum* (Cruciferae). Dessas, a trapoeraba (*C. benghalensis*) foi considerada a espécie mais importante por ser hospedeira do maior número de espécies de afídeos e por estar associada à cultura do mamoeiro durante todo o ano. A espécie de afídeo encontrada com maior frequência nessas plantas foi *A. gossypii*, a qual esteve presente em 55% das amostras coletadas. Também foi a espécie que colonizou o maior número de plantas hospedeiras (14 espécies) em 9 famílias botânicas (Martins et al., 2005).

Controle

Nas principais regiões produtoras de mamão no Brasil, e em alguns outros países como o Equador, há mais de duas décadas o controle do mosaico é realizado com sucesso, principalmente por meio da erradicação sistemática de mamoeiros doentes, acompanhada das seguintes práticas culturais: produzir mudas sadias em locais protegidos; eliminar pomares velhos ou abandonados antes do início do novo plantio; eliminar plantas enfermas localizadas na beira de estradas, chácaras, fundos de quintais; evitar o crescimento ou o plantio de cucurbitáceas nas proximidades ou dentro do pomar; e manter o pomar limpo para evitar a formação de colônias de afídeos nas plantas daninhas (Martins, 2003).

No Brasil, os primeiros relatos do uso eficaz da erradicação (*roguing*) para o controle do mosaico do mamoeiro datam do início dos anos 1980, quando ocorreu a expansão da cultura do mamoeiro no estado do Espírito Santo, iniciada na metade dos anos 1970. Em razão desse incremento da cultura do mamoeiro naquele estado, e da importância do programa de erradicação para o controle da doença o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) estabeleceu, por meio da Portaria nº 175 de 25/10/1994, que todos os produtores de mamão do Espírito Santo eram obrigados a seguir as normas do programa de erradicação para o controle do mosaico do mamoeiro. Essa portaria ainda determinou a fiscalização e a punição dos produtores que não seguissem as recomendações. Posteriormente, diante do sucesso do *roguing* no controle do mosaico no estado do Espírito Santo, legislação específica e semelhante (Portaria Seagri/BA nº 086, de 17/03/1998)¹ foi estabelecida no estado da Bahia, outro grande produtor de mamão no Brasil. A Portaria nº 175 foi revogada e, em seu lugar, veio a Instrução Normativa nº 4, de 1/3/2002, que incluiu a

¹ Disponível em: <http://www.adab.ba.gov.br/arquivos/File/PortariaADABN08617041998.pdf>.

meleira do mamoeiro, outra doença de natureza viral, no programa de controle por meio da erradicação de plantas doentes. Em 2010, o Mapa, por meio da Secretaria de Defesa Agropecuária, tornou obrigatória a prática do *roguing* para o controle do mosaico e da meleira nas áreas produtoras de mamão que se destinam à exportação no território nacional [Instrução Normativa nº 17, de 27 de maio de 2010 (Brasil, 2010)].

Outras alternativas já foram ou continuam sendo investigadas, com o objetivo de encontrar métodos mais eficientes e duradouros para o controle do mosaico do mamoeiro. A obtenção de variedades resistentes e/ou tolerantes, tanto dentro da espécie cultivada *C. papaya* quanto por meio da obtenção de híbridos com espécies selvagens do gênero *Vasconcellea*, tem sido motivo de investigações há várias décadas, por ser esse o método ideal de controle da doença. Estudos mais recentes de populações segregantes de híbridos convencionais de *C. papaya* com *V. cauliflora*, *V. cundinamarcensis* e *V. quercifolia* confirmam a existência de fontes de resistência ao PRSV-P nas espécies de *Vasconcellea*. Populações da quarta e da quinta geração de retrocruzamentos do híbrido *C. papaya* com *V. quercifolia* exibem resistência a isolados do PRSV-P das Filipinas e da Austrália, porém, em estádios mais avançados de desenvolvimento, as plantas exibem sintomas fracos de mosaico. *Vasconcellea pubescens*, por sua vez, parece ser imune ao PRSV-P, porém populações F₁ entre *C. papaya* e *V. pubescens* não são férteis. *Vasconcellea parviflora* está sendo usada como uma espécie de ponte para transferir a resistência ao PRSV-P presente em *V. pubescens* para *C. papaya*. Genes putativos de resistência ao PRSV-P presentes em *V. pubescens* estão sendo sequenciados e caracterizados. Se, no futuro, houver melhor aceitação para mamoeiros transgênicos, espera-se que a resistência transgênica possa ser combinada com a das espécies de *Vasconcellea*, para oferecer uma resistência durável para o controle do mosaico do mamoeiro

(Magdalita et al., 1997; Drew et al., 1998, 2008; Sudha et al., 2013; Drew, 2014).

O desenvolvimento de mamoeiros transgênicos, resistentes ao PRSV-P, cujos trabalhos começaram no início da década de 1990, abriu novo cenário para o controle mais eficiente e duradouro do mosaico. Nos últimos 20 anos, mamoeiros transgênicos resistentes ao PRSV-P foram desenvolvidos em diferentes países. No entanto, essa tecnologia não é aceita pelos governos na maioria desses países, e nenhum dos maiores produtores de mamão, entre os quais o Brasil, aceita o cultivo de mamoeiros transgênicos para a produção comercial, com exceção do Havaí, EUA. Em 1998, o híbrido Rainbow e a variedade SunUp tornaram-se os primeiros mamoeiros transgênicos resistentes ao vírus do mosaico para plantio comercial no Havaí, EUA. Estatísticas de 2004 apontaram que o híbrido Rainbow estava sendo cultivado pela maioria dos produtores daquela região. Além disso, os frutos estavam sendo comercializados no continente americano – Havaí e Canadá (Gonsalves et al., 2004).

A premunização, método de controle no qual as plantas previamente infectadas por uma estirpe fraca do vírus ficam protegidas contra a posterior infecção e/ou manifestação de sintomas das estirpes severas do mesmo vírus, também foi intensivamente estudada no passado para o controle do mosaico do mamoeiro em Taiwan, no Brasil e nos EUA (Rezende et al., 1983; Yeh; Gonsalves, 1984; Müller; Rezende, 2004). No entanto, apesar dos esforços despendidos, os resultados obtidos não permitiram a implantação comercial permanente dessa tecnologia no controle da doença em campo. Há relatos sobre a utilização eficiente desse método para o controle do mosaico do mamoeiro em Taiwan e no estado americano do Havaí. Porém, hoje se sabe que problemas de quebra de proteção, especificidade dos isolados fracos, entre outros, não têm permitido a aplicação da premunização naqueles países (Müller; Rezende,

2004). No Brasil, apesar dos esforços, o uso da premunização para o controle do mosaico do mamoeiro em São Paulo não se tornou viável devido à aparente instabilidade dos isolados fracos selecionados diante do complexo viral ali existente (Rezende et al., 1983).

O controle químico dos afídeos vetores é ineficiente por dois motivos. Primeiramente, há um grande número de espécies envolvidas na transmissão do vírus e nenhuma coloniza o mamoeiro. Em segundo lugar, a relação vírus-vetor é do tipo não persistente, conforme apontado anteriormente, e os inseticidas disponíveis não são suficientemente rápidos para matar o afídeo antes que ele efetue a inoculação do vírus na planta.

Meleira

Importância e distribuição

Em 1980, foi relatada, no Sul da Bahia e no Espírito Santo, uma nova doença no mamoeiro, a qual provocava a exsudação de látex dos frutos, porém com pequena porcentagem de plantas infectadas. Após 1988, entretanto, a meleira começou a ocorrer com alta incidência nessas regiões (Kitajima et al., 1993).

A doença está presente no Norte do Espírito Santo e em alguns municípios dos estados da Bahia, de Minas Gerais, do Ceará, de Pernambuco e do Rio Grande do Norte (Ventura et al., 2003). No Norte do Espírito Santo, na última década, o percentual de plantas erradicadas com a mancha-anelar era de cerca de 2%, enquanto, com a meleira, em média se atingia 20%. Houve casos em que pomares foram 100% infectados com meleira, no período de 12 a 15 meses após o florescimento, quando o *roguing* foi negligenciado.

Até recentemente, a meleira só havia sido relatada no Brasil, porém, em 2008, foram detectadas plantas com sintomas semelhantes na Península de Yucatán, no México. Em levantamentos realizados naquele país, em 2009 e

2011, utilizando-se a sintomatologia apresentada e a presença de dsRNA, a meleira foi detectada em sete estados geograficamente distantes (Perez-Brito et al., 2012).

Efeitos do vírus na planta

A infecção do mamoeiro pelo vírus-da-meleira aumenta a produção de peróxido de hidrogênio e o acúmulo de oxalato de cálcio. O vírus causa, ainda, alteração na morfologia das partículas de látex e mudanças nos níveis de proteínas e água nas plantas infectadas (Rodrigues et al., 2009b). Ocorre redução da atividade proteolítica, o que explica a inibição da coagulação do látex (Rodrigues et al., 2012; Abreu et al., 2015b).

Em plantios infectados pela meleira, foi observada maior ocorrência de mosca-das-frutas. O benzil-isotiocianato (BITC) é um composto que está naturalmente presente em maior concentração em frutos de mamoeiro verdes e que tem efeito ovicida e larvicida, protegendo os frutos do ataque da mosca-das-frutas (*Ceratitis capitata* e *Anastrepha obliqua*). Habibe et al. (2004) avaliaram o teor desse composto em frutos obtidos de plantas de mamoeiro sadias e infectadas com meleira. Os autores observaram que, nas plantas infectadas, o seu teor era geralmente nove vezes inferior ao observado nas plantas sadias. Com isso, os frutos das plantas infectadas com meleira tornam-se mais suscetíveis ao ataque pela mosca-das-frutas, o que pode impedir a exportação dos frutos ali produzidos.

Em 1998, após estudos de análise de risco de introdução de mosca-das-frutas (*C. capitata* e *Anastrepha fraterculus*) nos Estados Unidos pelos frutos de mamoeiro exportados pelo Brasil, foi liberada sua exportação com a adoção do programa Systems Approach, que estabelece uma série de práticas na pré e na pós-colheita do mamoeiro. A meleira poderia afetar a eficiência desse programa, mas considera-se que a erradicação frequente das plantas infectadas

evita a produção de frutos com meleira na área de plantio e sua possível infestação precoce pela mosca-das-frutas (Mizubuti; Maffia, 2003).

Agente causal

Inicialmente, a meleira foi atribuída à deficiência na absorção de cálcio e/ou boro devido à falta de água ou ao desbalanceamento desses elementos no solo (Kitajima et al., 1993; Ventura et al., 2003).

Ao examinar, em microscópio eletrônico, o látex de plantas com meleira, Kitajima et al. (1993) encontraram partículas isométricas de um vírus e extraíram RNA de fita dupla (dsRNA). Esse trabalho forneceu fortes evidências de que a meleira era causada por um vírus.

Em 2003, o vírus associado a plantas com meleira foi purificado e foram realizados os postulados de Koch (Maciel-Zambolim et al., 2003). As plantas de mamoeiro foram inoculadas em casa de vegetação, com uma injeção do vírus purificado em seu topo, e apresentaram sintomas 45 dias depois da inoculação. As partículas do vírus purificado eram isométricas e possuíam diâmetro de 38 nm a 42 nm, uma molécula simples de dsRNA de 12 kbp e proteínas capsidiais de 14,4 kDa a 45 kDa. Provavelmente, houve degradação da proteína da capa proteica do vírus durante sua purificação. Foi proposto o nome de Papaya meleira virus (PMeV) para esse novo vírus, que parece ser diferente dos já relatados em plantas, vertebrados, invertebrados e procariontos (Maciel-Zambolim et al., 2003).

Ainda hoje, esse vírus não está classificado pelo Comitê Internacional de Taxonomia de Vírus (ICTV). A diversidade de isolados da meleira coletados na Bahia, no Espírito Santo, em Pernambuco, no Ceará e no Rio Grande do Norte foi avaliada por meio de transcrição reversa e reação de polimerase em cadeia (RT-PCR) e de um *primer* para a região da replicase (Daltro et al., 2014). Os amplicons obtidos (de 560 bp) foram sequenciados,

observando-se 88% de homologia entre os isolados analisados. A sequência obtida apresentou maior similaridade com microvírus da família Totiviridae (Daltro et al., 2014). Em 2015, foi sequenciado o genoma completo do PMeV, que possui 8.768 bp e três regiões abertas de leitura (*open reading frame* – ORF). Os autores consideraram o vírus mais próximo a espécies da família Totiviridae (Abreu et al., 2015a). Mais tarde, observou-se que as plantas com sintomas de meleira apresentavam um segundo vírus constituído por ssRNA, que era semelhante ao *Umbravirus* e que foi denominado de Papaya meleira virus 2 (PMeV 2) (Antunes et al., 2016).

Sintomatologia

Em mamoeiros com meleira, ocorre a exsudação de látex dos frutos espontaneamente (Figura 6A) ou quando eles são feridos. O látex exsudado geralmente oxida, dando um aspecto melado ao fruto (Figura 6B). Também ocorre necrose da ponta das folhas novas em condições de temperatura mais baixa. Nos frutos, surgem manchas verde-claras (Figura 7). No Espírito Santo, observou-se maior incidência de plantas doentes entre os meses de março e julho (Ventura et al., 2003).

Em plantios de mamoeiros infectados com meleira nos municípios de Petrolina, PE, Juazeiro, BA, Teixeira de Freitas, BA, e Eunápolis, BA, além da exsudação de látex dos frutos, foram observados látex ralo e sintomas de exsudação e oxidação de látex nos bordos das pétalas das flores, seguidos de necrose. Os mamoeiros também exibiam pontos de exsudação e oxidação do látex nas nervuras das folhas do ápice e terço mediano (Figura 8) (Habibe, 2003). Antunes et al. (2016) consideraram que os sintomas da meleira só se manifestam quando a planta está infectada pelo PMeV e PMeV 2.



Fotos: Paulo Ernesto Meissner Filho

Figura 6. Mamoeiro com sintomas de meleira. Frutos com látex mais aquoso e fluido, escorrendo espontaneamente (A), que posteriormente fica oxidado, dando um aspecto borrado ao fruto (B).



Foto: Paulo Ernesto Meissner Filho

Figura 7. Sintomas de meleira em mamoeiro, com frutos com manchas zonadas de cor verde-clara.



Foto: Paulo Ernesto Meissner Filho

Figura 8. Planta de mamoeiro com sintomas de meleira, apresentando pontos de látex nos pecíolos das folhas.

Transmissão do vírus

A transmissão de um vírus pelas sementes de sua hospedeira é uma forma que pode propiciar sua disseminação a longas distâncias bem como a manutenção do vírus na entressafra. Sendo assim, Abreu et al. (2012) analisaram 172 sementes coletadas de frutos obtidos de plantas

de mamoeiro 'Golden' infectadas com meleira; e Meissner Filho et al. (2003), por sua vez, avaliaram 560 mudas produzidas a partir de sementes colhidas em frutos de 'Sunrise Solo' com sintomas de meleira. Nenhum dos autores detectou plantas ou sementes infectadas. Porém, em trabalho realizado no México com a variedade Maradol, Tapia-Tussell et al. (2015) observaram a transmissão do vírus pela semente em 81% das plantas analisadas.

A dispersão do vírus ao longo das linhas pode ser um indicativo de que as práticas culturais, como o raleio de frutos, podem estar disseminando a doença nos plantios (Abreu et al., 2015b). Por sua vez, em experimentos realizados no Espírito Santo, não se conseguiu a transmissão da meleira por ferimentos, no entanto houve sucesso quando foi injetado látex de plantas doentes no topo das plantas inicialmente saudas (Rodrigues et al., 2009a).

Em trabalhos realizados em Estação Experimental nas cidades de Juazeiro, BA, e Ibiapaba, CE, no campo, bem como em Cruz das Almas, BA, em telados, o vírus foi transmitido para o mamoeiro com elevada eficiência, em condições experimentais, pela picada das plantas com agulhas hipodérmicas previamente imersas em látex obtido de plantas com meleira (Habibe et al., 2003; Martins et al., 2014; Meissner Filho et al., 2017).

Em ensaios de transmissão da meleira pela cigarrinha *Empoasca bordia*, pelos pulgões *T. citricidus* e *M. persicae* e pela mosca-branca *Bemisia tabaci* biotipo B, realizados em condições de telado em Cruz das Almas, BA, os insetos foram coletados em campo e, após jejum de uma hora, foram transferidos para plantas de mamoeiro com meleira para o acesso de aquisição (30–40 minutos) e, em seguida, para mudas de mamoeiro saudas para o acesso de transmissão (24–72 horas). As plantas inoculadas foram transferidas para gaiolas no campo. Nove meses após os testes de transmissão, 100% das plantas infestadas pela mosca-branca apresentavam

dsRNA e sintomas da meleira. Nos tratamentos com cigarrinhas e pulgões, não foram detectados dsRNA ou sintomas da meleira (Vidal et al., 2005). Esses resultados fornecem fortes evidências da possibilidade de transmissão da meleira por ferimentos e pela *B. tabaci*.

Já no Espírito Santo, em condições experimentais em casa de vegetação, a mosca-branca *Trialeurodes variabilis* não transmitiu a meleira (Rodrigues et al., 2009a). Os autores verificaram que a realização de ferimentos por cortes ou abrasão também não permitiu a transmissão do vírus para plantas saudas, mas houve sucesso na sua transmissão com a injeção de látex infectado em plantas saudas. Essas informações são importantes para a escolha de medidas para o controle do vírus em campo.

Plantas das famílias Leguminosae, Chenopodiaceae, Solanaceae, Passifloraceae, Gramineae, Compositeae, Euphorbiaceae, Caricaceae, Malvaceae e Pedaliaceae foram inoculadas com meleira por meio de abrasão, ferimentos com cortes e com agulhas em condições controladas, mas nenhuma das formas de inoculação apresentou sintomas nas plantas (Kitajima et al., 1993; Barbosa et al., 2000; Maciel-Zambolim et al., 2003). Detectou-se dsRNA nas plantas de mamoeiro inoculadas por ferimentos com agulhas, com tamanho semelhante ao relatado para o vírus da meleira e nas amostras de *Brachiaria* spp. (Barbosa et al., 2000).

Epidemiologia

Foi detectado dsRNA com tamanho semelhante ao do vírus da meleira em gramíneas das espécies *Trichacne insularis* (capim-açu) e *Brachiaria decumbens*, as quais foram coletadas em pomares de mamoeiro infectados pela meleira no Sul da Bahia, mas as plantas não apresentavam nenhum sintoma de infecção viral (Barbosa et al., 1999). Em condições controladas, Maciel-Zambolim et al. (2003) inocularam *C. papaya* e *B. decumbens* com o vírus da meleira e, apesar de não observarem sintomas

nessas plantas, detectaram dsRNA com tamanho semelhante ao observado por Barbosa et al. (1999) para o vírus da meleira.

Em estudos epidemiológicos realizados no Espírito Santo, foi observado que plantas infectadas com meleira ocorrem agrupadas e sua disseminação acontece principalmente dentro das linhas do plantio e raramente entre as linhas (Kitajima et al., 1993). No trópico úmido e no Semiárido, também se observou maior agregação das plantas infectadas nas linhas de plantio do que entre linhas. Detectou-se maior incidência de meleira nas bordas dos talhões. Em alguns locais, foi possível detectar focos isolados no interior dos lotes, o que sugere a formação de colônias dos vetores e a transmissão planta a planta a partir de inóculo secundário. Essa disseminação poderia ser explicada por dois fatores: o vetor procura plantas mais próximas ou, então, sua movimentação é influenciada pelo trânsito de pessoas ou máquinas no campo, no sentido das linhas de plantio, quando da execução de tratamentos culturais e da colheita. Também pode ser explicada pela ocorrência de transmissão mecânica do vírus dentro do plantio, causada pelo uso de ferramentas contaminadas (Vidal et al., 2004).

Detecção do vírus

Para o diagnóstico rápido da meleira em amostras, Habibe e Nascimento (2002) aplicaram o látex obtido em plantas sadias e infectadas diretamente em gel de agarose, sem realizar nenhuma extração. Eles observaram bandas do dsRNA do vírus apenas nas amostras oriundas de plantas infectadas. Posteriormente, Tavares et al. (2004) aprimoraram esse método ao realizarem uma extração de dsRNA do látex obtido antes de sua aplicação em gel de agarose. Já Araújo et al. (2007) desenvolveram um teste baseado em RT-PCR para a detecção do vírus da meleira a partir de látex obtido de mamoeiro, pela utilização de *primers* específicos baseados em sequências do dsRNA do PMeV.

Posteriormente, foi desenvolvida a metodologia de PCR em tempo real para a detecção do PMeV, que é uma técnica mais sensível e eficiente para o diagnóstico da meleira (Abreu et al., 2012).

Controle

No Ceará, foi avaliada a resistência de 30 cultivares de mamoeiro para a meleira em condições de campo, nas quais não foram encontradas plantas resistentes (Martins et al., 2014). O bloco com as cultivares foi cercado por uma bordadura de 'Golden' inoculada com PMeV. Trinta dias após a inoculação, foram observados os primeiros sintomas na bordadura. Passados 55 dias da inoculação da bordadura, as cultivares em avaliação apresentaram os primeiros sintomas, e essa infecção foi devida à disseminação natural do vírus. Nesse estudo, não foi realizado o *roguing* das plantas infectadas. Cinco meses após a inoculação da bordadura, praticamente 100% das plantas apresentavam sintomas de infecção. A cultivar DCG 595-6, do grupo Formosa, apresentou menor porcentagem de plantas infectadas na última avaliação realizada, mas isso pode ter sido devido ao escape (Martins et al., 2014). Habibe et al. (2003) avaliaram 16 cultivares de mamoeiro no Trópico Semiárido e observaram que as cultivares CMF 23 (DGG 590-2), CMF 12 (DGG 595-6 Mardizo x Paris) e CMF 8 (593-10, Pasu-Paris x Subang) foram as mais suscetíveis à infecção por meleira. As cultivares Tainung 01, CMF 18 (DCG 424-6) e CMF 54 (PR-10-65 x Tailândia) apresentaram menor percentual de plantas infectadas e maior tempo para detecção do dsRNA e expressão dos sintomas.

A Portaria nº 134, de 17/11/1997, que determinava a erradicação da mancha-anelar, foi revogada e em seu lugar veio a Instrução Normativa (IN) nº 4, de 1º/3/2002 para incluir a meleira do mamoeiro. Em 2010, essa IN foi revogada e o Mapa, por meio da Secretaria de Defesa Agropecuária, tornou obrigatória a prática do *roguing* para o controle do mosaico e da meleira nas áreas produtoras de mamão que se

destinam à exportação (Instrução Normativa nº 17, de 27 de maio de 2010)².

O controle da meleira do mamoeiro no Espírito Santo por meio da erradicação das plantas infectadas vem obtendo sucesso graças à conscientização dos produtores e à fiscalização realizada pelos fiscais federais agropecuários do Mapa, apoiados pela legislação vigente (Silva et al., 2005).

O estado da Bahia é o primeiro produtor nacional de mamão, cuja produção está concentrada principalmente na região Extremo Sul. As ações de controle e erradicação da meleira e de outras viroses têm garantido a sustentabilidade da cultura do mamão no estado da Bahia. A redução da fonte de inóculo dos vírus causadores da mancha-anelar e da meleira do mamoeiro foi decorrente das Portarias Estaduais nº 86, de 17 de abril de 1998³, e nº 231, de 11 de setembro de 2012⁴, que determinam a interdição de propriedades com focos de meleira e mancha-anelar, bem como a erradicação das plantas infectadas. As ações de educação sanitária realizadas nos principais polos produtores também têm auxiliado no controle das viroses. Além disso, a Agência Estadual de Defesa Agropecuária da Bahia (Adab) realiza o mapeamento das unidades produtivas de mamoeiro nesse estado, o que facilita o seu acompanhamento pelos fiscais.

A Portaria nº 231, de 11 de setembro de 2012⁵, dispõe sobre o plantio de lavouras de mamoeiro no estado da Bahia e dá outras providências correlatas, visando reduzir a fonte de

inóculo nos municípios Bom Jesus da Lapa, Serra do Ramalho, Carinhanha e Sítio do Mato. Os produtores dessa região não estavam realizando o *roguing*, o que levou a uma alta incidência do vírus. Novos plantios só podem ser feitos ali após avaliação e parecer técnico da Adab.

De acordo com dados do Sistema de Integração Agropecuária (Siapec) da Adab, durante o período de 2012 a 2014 foi possível verificar que as perdas de mamoeiros por erradicação na Bahia foram consideradas altas (Tabela 1).

Tabela 1. Dados do Sistema de Integração Agropecuária da Agência Estadual de Defesa Agropecuária da Bahia (Siapec/Adab) sobre a erradicação de mamoeiro durante o período de 2012 a 2014.

| Ano | Área total cultivada com mamoeiro (ha) | Área erradicada (ha) |
|------|--|----------------------|
| 2012 | 9.607 | 1.230 |
| 2013 | 8.073 | 1.630 |
| 2014 | 7.357 | 980 |

Analisando o sistema de cadastramento da Adab, constatou-se que, no período de 2012 a 2014, houve aumento de plantio de unidades produtivas de mamoeiro nas regiões de Teixeira de Freitas e Santa Maria da Vitória, mesmo com os altos índices de infestação de viroses (Tabela 2).

As principais regiões produtoras de mamão no estado da Bahia, cadastradas no Siapec/Adab, em 2014, estão no Sul e no Oeste do estado (Tabela 3).

Os plantios comerciais instalados no Projeto Formoso A e H em Bom Jesus da Lapa foram todos erradicados até março de 2015, em parceria com o setor produtivo e com a Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Codevasf). Foram vistoriados 540

² Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal>.

³ Disponível em: <http://www.adab.ba.gov.br/arquivos/File/PortariaADABN08617041998.pdf>.

⁴ Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=245069>.

⁵ Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=245069>.

Tabela 2. Unidades produtivas de mamoeiro cadastradas na Agência Estadual de Defesa Agropecuária da Bahia (Adab), de 2012 a 2014, em Teixeira de Freitas e Santa Maria da Vitória, BA.

| Ano | Santa Maria da Vitória (ha) | Teixeira de Freitas (ha) |
|------|-----------------------------|--------------------------|
| 2012 | 301 | 886 |
| 2013 | 537 | 1.440 |
| 2014 | 543 | 2.552 |

Tabela 3. Principais regiões produtoras de mamão cadastradas no Sistema de Integração Agropecuária da Agência Estadual de Defesa Agropecuária da Bahia (Siapec/Adab) em 2014.

| Região produtora | Área (ha) |
|--------------------------------|-----------------|
| Teixeira de Freitas | 4.879,92 |
| Santa Maria da Vitória | 1.381,20 |
| Juazeiro | 153,26 |
| Itabuna | 116,00 |
| Itaberaba | 26,30 |
| Guanambi | 20,54 |
| Barreiras | 780,70 |
| Área produtiva de mamão | 7.357,92 |

lotes e erradicadas 1.156 plantas com sintomas de mancha-anelar e/ou meleira do mamoeiro. Depois foram iniciados os trabalhos de erradicação de plantas de mamoeiro presentes em fundo de quintais e nas beiras das estradas, a fim de reduzir a fonte de inóculo de vírus na região.

As seguintes medidas são recomendadas para diminuir a disseminação da meleira, bem como para evitar ou retardar sua introdução em novas áreas: a) realizar inspeções semanais nos pomares e eliminar imediatamente as plantas doentes; b) instalar viveiros e pomares novos distantes de outros pomares; c) não coletar sementes de pomares com alta incidência da meleira; d) desinfestar todo o material a ser

utilizado no processo de desbrota, desbaste de frutos e colheita; e) manejar a vegetação sob as plantas, manter as linhas no limpo e roçar nas entrelinhas; e f) eliminar as lavouras no fim do seu ciclo econômico (Abreu et al., 2015b).

Amarelo-letal

O amarelo-letal do mamoeiro [*Papaya lethal yellowing virus* (PLYV)] tem se tornado motivo de constante preocupação para os produtores do Nordeste brasileiro, sobretudo do estado do Ceará, pelo fato de o *Papaya lethal yellowing virus* (PLYV) estar sendo disseminado para áreas ainda não atingidas (Oliveira et al., 1989; Lima et al., 2001a, 2001b; Lima; Lima, 2002; Nascimento et al., 2010). O vírus, cuja origem é desconhecida, pode ter se originado de plantas nativas da região (Loreto et al., 1983).

Distribuição geográfica e ocorrência no Brasil

O amarelo-letal do mamoeiro, doença ocasionada por PLYV, foi inicialmente constatado em variedades do grupo Solo no estado de Pernambuco. A doença foi, também, diagnosticada nos estados da Bahia, do Rio Grande do Norte, do Ceará e da Paraíba, no entanto a referência sobre a ocorrência do amarelo-letal no estado da Bahia nunca foi confirmada (Vega et al., 1988). A dispersão do PLYV na região Nordeste vem ocorrendo do sentido leste para oeste, mas o vírus não foi ainda constatado no estado do Piauí nem nos municípios cearenses próximos à sua divisa. Levantamentos extensivos e detalhados da doença que foram realizados em áreas produtoras de municípios do Rio Grande do Norte revelaram a presença do PLYV em reduzidos graus de incidência por município, indicando a distribuição da doença em forma de reboleira (Teixeira et al., 1999; Lima et al., 2015). Similarmente, o PLYV tem sido constatado em graus de incidência semelhantes nos pomares do estado do Ceará (Nascimento et al., 2010). No entanto, mesmo ocorrendo em baixos graus

de incidência, o amarelo-letal do mamoeiro tem se tornado uma constante preocupação para os produtores do Nordeste brasileiro, sobretudo no estado do Ceará, em razão de o PLYV estar sendo disseminado para áreas ainda não atingidas (Oliveira et al., 1989; Lima et al., 2001a, 2001b, 2015; Lima; Lima, 2002; Nascimento et al., 2010).

Sintomatologia

Os sintomas do amarelo-letal têm início, geralmente, com o amarelecimento progressivo das folhas do terço superior da copa. Em seguida, algumas folhas amareladas podem

cair ou ficar pendentes sobre o topo da estirpe da planta, e depois murcham e finalmente morrem. Com a evolução da doença, as folhas se apresentam ligeiramente retorcidas, com aspecto clorótico, muitas vezes caídas sobre o topo da planta (Figura 9A). Manchas circulares, inicialmente esverdeadas, aparecem nos frutos e se tornam amareladas quando os frutos amadurecem (Figura 9B). O processo de maturação é retardado e a polpa pode se apresentar empedrada (Loreto et al., 1983; Lima et al., 2001a, 2001b; Lima; Lima, 2002; Lima et al., 2015). Com isso, a produção sofre os seguintes impactos: redução de até 70%, depreciação do valor comercial do fruto, inviabilização para exportação,

Fotos: José Albérsio de Araújo Lima



Figura 9. Sintomas do amarelo-letal no mamoeiro (*Carica papaya*), ocasionados por *Papaya lethal yellowing virus* (PLYV): amarelecimento de folhas do terço superior da copa, podendo algumas cair posteriormente (A); amarelecimento generalizado da planta (B); frutos com manchas circulares, inicialmente esverdeadas, que, com o amadurecimento, tornam-se amareladas (C e D).

perda total da produção com erradicação das plantas e inviabilização da área para o cultivo por, pelo menos, um ano (Lima; Lima, 2002; Lima et al., 2015). Todos esses sintomas podem ser observados em plantas naturalmente infectadas, em condições de campo, nos pomares de produção de mamoeiro (Loreto et al., 1983; Lima; Santos, 1991; Lima et al., 1994, 2001a, 2001b, 2015; Camarço et al., 1998; Teixeira et al., 1999; Nascimento et al., 2010).

As plantas jovens inoculadas em condições de casa de vegetação apresentam mosaico de manchas cloróticas, com deformação foliar que evoluem para amarelecimento. Os sintomas em plantas jovens mecanicamente inoculadas começam a aparecer de 15 a 20 dias após a inoculação, indicando a possibilidade do plantio de mudas já infectadas pelo PLYV sem que tivessem exibido os sintomas da doença.

Etiologia da doença

A doença é ocasionada pelo PLYV, que é constituído por partículas isométricas de aproximadamente 30 nm de diâmetro. O genoma é composto de RNA de hélice simples de aproximadamente $1,6 \times 10^6$ Da, cuja capa proteica é formada por uma única proteína de aproximadamente 35 kDa. A presença de grande número de partículas isométricas no interior de vacúolos de plantas infectadas pode ser detectada em microscópio eletrônico, pelo exame de secções ultrafinas de folhas e de frutos de plantas com sintomas.

O PLYV é, possivelmente, membro da família Sobemoviridae, gênero *Sobemovirus* (Silva et al., 2000; Nascimento et al., 2010). Estudos moleculares do genoma do vírus revelaram uma homologia média de 51% da sequência nucleotídica do gene da polimerase e do VPg do PLYV com vírus da família Sobemoviridae, e apenas 39% com vírus da família Tombusviridae (Silva et al., 2000). Da mesma forma, a sequência do gene da capa proteica (*cp*) apresentou homologia média de 44% entre o PLYV e o vírus

do gênero *Sobemovirus*, e de apenas 38% com os vírus pertencentes ao gênero *Tombusvirus* (Silva et al., 2000). Os seguintes isolados de PLYV foram obtidos de diferentes regiões do estado do Ceará: PLYV_{FC} (Fortaleza – Centro), PLYV_{FQ} (Fortaleza – Edson Queiroz), PLYV_H (Horizonte), PLYV_{LN} (Limoeiro do Norte), PLYV_M (Marco), PLYV_{MD} (Marco – Dibau), PLYV_P (Paraipaba), PLYV_Q (Quixeré) e PLYV_{BE} (Boa Esperança – Quixeré). Esses isolados apresentaram baixa variabilidade molecular, quando comparados com sequências nucleotídicas de parte dos genes RpRd/CP (Figura 10). Já quando comparados com membros dos gêneros *Sobemovirus* e *Tombusvirus*, o PLYV apresentou maior similaridade com vírus do gênero *Sobemovirus* (Nascimento et al., 2010).

O PLYV foi purificado através do método utilizado para a purificação do *Squash mosaic virus* (SqMV), gênero *Comovirus* (Lima; Amaral, 1985), com a consequente produção de antissoro policlinal específico e reativo em dupla difusão, em ágar e em *plate trapped immunoabsorbent assay* (PTA-Elisa) (Lima et al., 1994; Nascimento et al., 2010). Em razão das elevadas imunogenicidade e concentração de partículas do PLYV em tecidos de plantas infectadas, antissoro específico foi também obtido através da imunização oral de coelhos, com extratos de folhas de plantas infectadas (Lima et al., 1998, 2015). Em estudos sorológicos que envolveram testes de reciprocidade de dupla difusão em ágar e PTA-Elisa, Lima e Santos (1991) demonstraram que o PLYV não possui nenhum tipo de relacionamento com os seguintes vírus: *Cowpea aphid-borne mosaic virus* (CABMV), pertencente à família Potyviridae e ao gênero *Potyvirus*; *Cucumber mosaic virus* (CMV), pertencente à família Bromoviridae e ao gênero *Cucumovirus*; e *Cowpea severe mosaic virus* (CPSMV) e *Squash mosaic virus* (SqMV), que são vírus do gênero *Comovirus*. Embora de origem desconhecida, o PLYV pode ter surgido a partir de uma possível mutação de outro vírus que infectou plantas nativas da região onde o

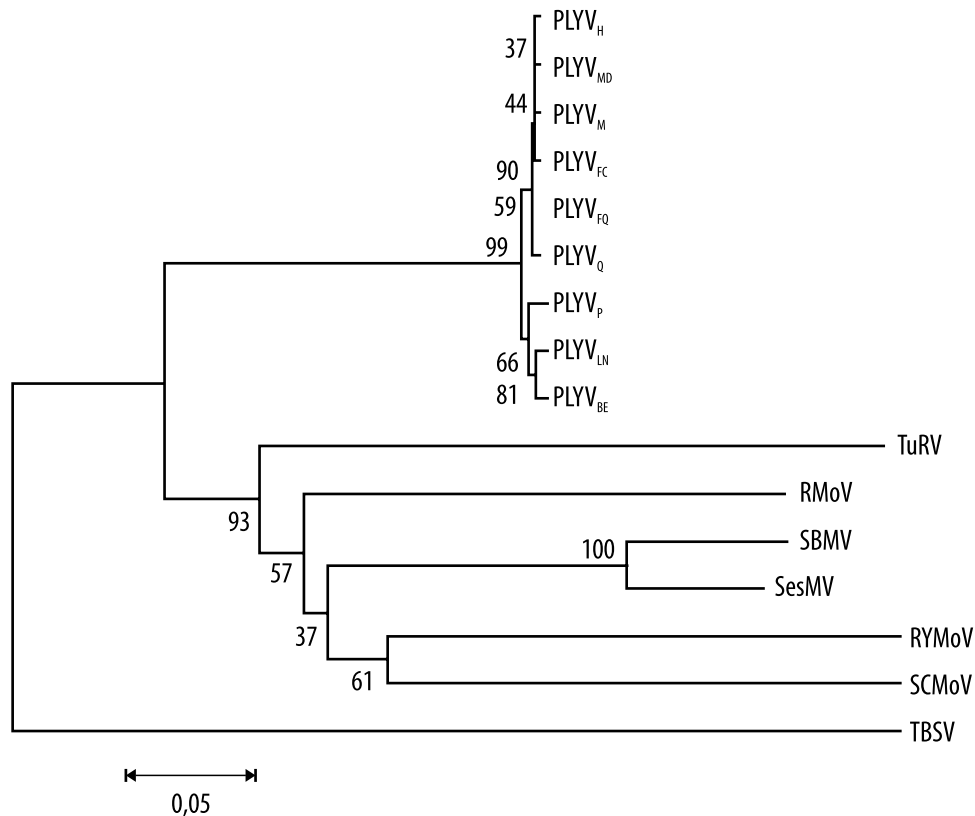


Figura 10. Árvore filogenética baseada nas sequências de nucleotídeos de parte dos genes RdRp/CP de isolados de *Papaya lethal yellowing virus* (PLYV), mais sequências adicionais de espécies de vírus do gênero *Sobemovirus* obtidas no GenBank. Distâncias horizontais são proporcionais às distâncias genéticas entre os isolados. Distâncias verticais são arbitrárias. O número em cada ramo representa valores de *bootstrap* (1.000 repetições). As espécies analisadas e seu número de acesso no GenBank são as seguintes: *Southern bean mosaic virus* isolado de São Paulo (SBMV, DQ875594); *Sesbania mosaic virus* (SeMV, AY004291); *Turnip rosette virus* (TRoSV, AY177608); *Subterranean clover mottle virus* (SCMoV, AY376453); *Rice yellow mottle virus* (RYMoV, AM883054) e *Ryegrass mottle virus* (RGMoV, DQ481606); e *Tomato bushy stunt virus* (ToBSV, NC001554).

PLYV vinha ocorrendo (Loreto et al., 1983; Lima et al., 2015).

Estudos sobre a interação entre PRSV-P e PLYV demonstraram que plantas de mamoeiro infectadas com os dois vírus exibem sintomas bastantes severos, que apresentam clorose, amarelecimento, redução de crescimento, necrose sistêmica e morte de 50% das plantas, indicando, assim, que há uma forte interação sinérgica entre os dois vírus. Plantas com infecção mista de PRSV-P e PLYV, que exibem sintomas severos, podem ser, também, constatadas em condições de campo (Nascimento et al., 2010; Lima et al., 2015).

A avaliação da concentração do PLYV em plantas de mamoeiro, após a inoculação mecânica de folhas de plantas saudáveis, demonstrou

que o vírus se distribui uniformemente nas diferentes partes das plantas sistemicamente infectadas. No entanto, somente 25 a 30 dias após a inoculação mecânica de uma folha intermediária, o PLYV infecta, sistematicamente, toda a planta inoculada. O PLYV pode ser detectado nas folhas inoculadas aos 3 dias após a inoculação (DAI), no caule aos 6 DAI e nas raízes aos 10 DAI (Figura 11). Contudo, o PLYV pode ser detectado nas folhas mais jovens de mamoeiro somente de 15 a 20 DAI, enquanto na planta inteira que é sistemicamente infectada somente de 25 a 30 DAI (Figura 11).

Esses resultados estão de acordo com o que foi proposto por Agrios (1997) para distribuição dos vírus em plantas infectadas e indicam que os vírus, em geral, movem-se de célula a célula,

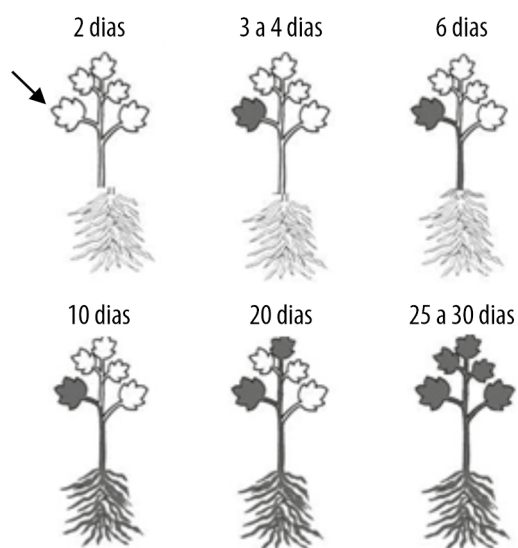


Figura 11. Dias após a inoculação de *Papaya lethal yellowing virus* (PLYV), em que PLYV foi detectado por PTA-Elisa nas folhas inoculadas (3 a 4 dias) e nas partes da planta não inoculada: caule (6 a 10 dias); folhas não inoculadas (25 dias); e todas as partes da planta (25 a 30 dias).

Fonte: Adaptado de Agrios (1997).

multiplicando-se em cada uma delas e, ao atingirem as células do floema, são rapidamente transportados para longa distância. Os resultados da pesquisa com mamoeiro indicam que o PLYV começa a se replicar dentro da célula inoculada logo após a inoculação (Figura 11), mas leva aproximadamente de 25 a 30 dias para infectar sistemicamente a planta inteira. Conforme Matthews (1991), a infecção começa a partir da entrada do vírus na célula hospedeira, e a concentração do vírus em tecidos da planta infectada aumenta de acordo com o tempo.

A gama de plantas hospedeiras do PLYV está, possivelmente, restrita à família Caricaceae. Em estudos em casa de vegetação com mais de 30 espécies vegetais de oito famílias botânicas, o PLYV infectou apenas quatro espécies vegetais da família Caricaceae além do mamoeiro, incluindo *Jacaratia heterofila* Rusby, *J. spinosa* Aublet A. DC., *Vasconcella quercifolia* Jacq. e *V. monoica* (Desf.) A. DC. (Nascimento et al., 2010). As plantas inoculadas foram observadas durante período de 30 dias a partir do aparecimento de sintomas. Além disso, foram testadas

por PTA-Elisa com antissoro específico para PLYV e por RT-PCR com oligonucleotídeos específicos (Nascimento et al., 2010). Adicionalmente, a confirmação da infecção ou da ausência do vírus nas plantas avaliadas foi efetuada por meio da retroinoculação de plantas saudáveis de mamoeiro, com extratos vegetais obtidos de folhas de cada uma das quatro espécies inoculadas com o PLYV. Das quatro espécies vegetais da família Caricaceae, *V. monoica* foi a única que exibiu sintomas com 10 DAI, apresentando mosaico, amarelecimento e deformação foliar (Figura 12). A presença do PLYV foi confirmada por PTA-Elisa. As espécies *J. heterofila*, *J. spinosa* e *V. quercifolia* não apresentaram sintomas mesmo após 4 semanas da inoculação, no entanto a presença do vírus foi confirmada por PTA-Elisa, por retroinoculação em mamoeiro e por RT-PCR, com a obtenção de um fragmento de DNA de 900 pb das plantas inoculadas de *C. papaya*, *J. heterofila*, *J. spinosa*, *V. cauliflora*, *V. monoica* e *V. quercifolia* (Figura 13).

Segundo Badillo (1993), as espécies *J. heterofila* e *V. monoica* não crescem naturalmente no Brasil, portanto não constituem fonte natural do PLYV. As espécies *J. spinosa* e *V. quercifolia* são cultivadas, sem grande importância econômica, respectivamente, nas regiões Centro-Oeste e Sul do Brasil, com objetivo comercial de confecção de doces a partir do caule, representando potenciais fontes de sobrevivência do PLYV (Ferreira et al., 2005). O vírus também não infectou, experimentalmente, nenhuma das espécies vegetais testadas, inclusive as indicadoras para vírus *C. amaranticolor* Coste & Reyn., *C. murale* L., *C. quinoa* Willd. e *Nicotiana benthamiana* L. Semelhantemente, os vírus do gênero *Sobemovirus* possuem gama relativamente restrita de plantas hospedeiras, apesar de infectarem tanto monocotiledôneas como dicotiledôneas. Essa afirmação pode ser ilustrada, por exemplo, com o caso do *Southern bean mosaic virus* (SBMV), espécie desse gênero que infecta apenas espécies de plantas

Fotos: José Alberscio de Araújo Lima

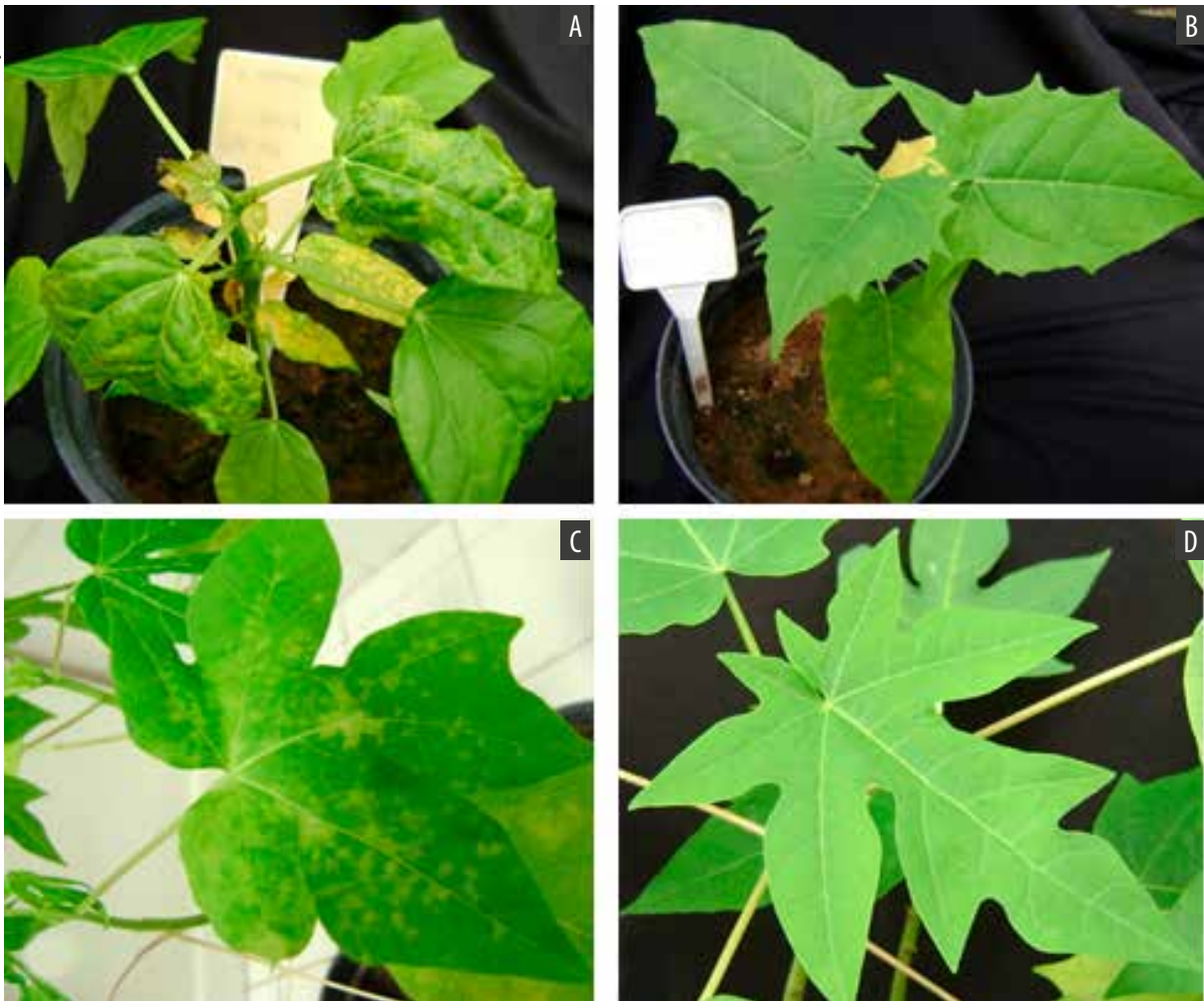


Figura 12. Espécies da família Caricaceae inoculadas e infectadas com *Papaya lethal yellowing virus* (PLYV): *Vasconella monoica* com sintomas de PLYV e confirmação positiva por PTA-Elisa (A); *Vasconella quercifolia* sem sintomas, mas com confirmação positiva por PTA-Elisa (B); *Carica papaya* com sintomas e confirmação positiva por PTA-Elisa (C); e *Carica papaya* não inoculada (D).

da família Leguminosae (Tremaine; Hamilton, 1983; Fauquet et al., 2005).

Formas de transmissão do vírus

Embora os insetos representem 61% dos vetores biológicos dos vírus de plantas e os afídeos constituam o grupo mais importante de vetores naturais dos vírus, em experimentos envolvendo transmissão persistente e não persistente, o PLYV não foi transmitido pelos afídeos *Aphis gossypii* Glover, *A. craccivora* Koch e *Myzus persicae* Sulz., o que confirma os resultados de pesquisas anteriores com *M. persicae* (Lima; Santos, 1991; Lima et al., 2015). A provável

ausência de vetores biológicos foi também confirmada em experimentos com as espécies de coleópteros *Diabrotica bivittula* Kirk. e *D. speciosa* Kirk. (Lima; Santos, 1991; Kitajima et al., 1992a, 1992b; Silva, 1996). De outra parte, a maioria das espécies de vírus do gênero *Sobemovirus* é transmitida por besouros (Coleoptera: Chrysomelidae) e mirídeos (Heteroptera: Miridae), e alguns, como o *Blueberry shoestring virus* (BSSV), são transmitidos por afídeos (Fauquet et al., 2005). Esses resultados, em associação com a não transmissibilidade do PLYV por sementes e o elevado grau de estabilidade do vírus (Saraiva et al., 2006; Nascimento et al., 2010), são evidências de que o homem tem sido

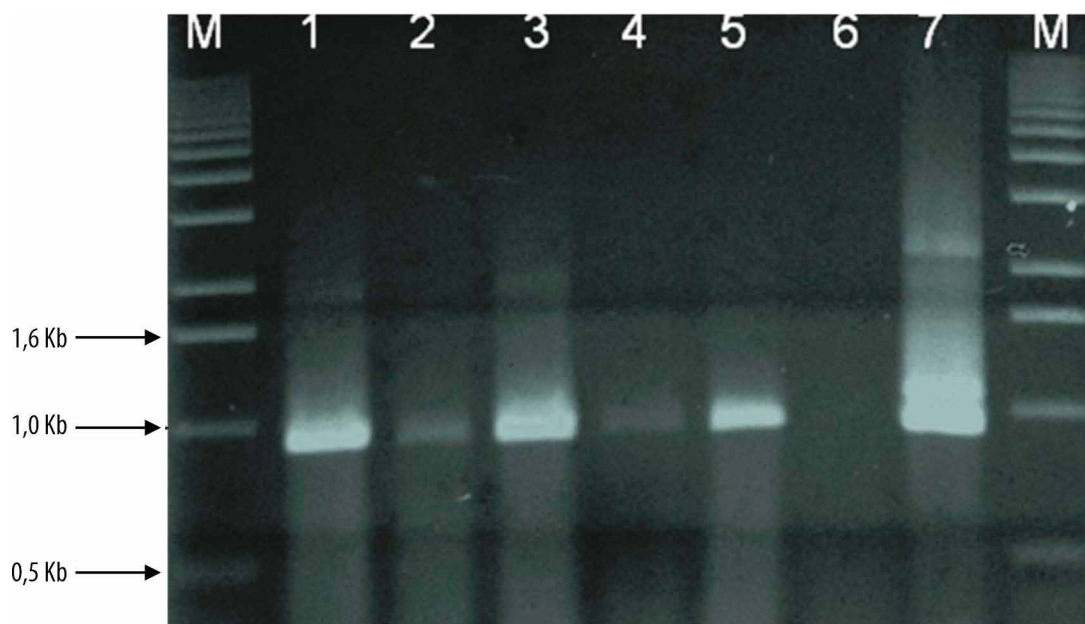


Figura 13. Fragmentos amplificados por RT-PCR com oligonucleotídeos específicos para parte da região RdRp/CP (900 pb) do *Papaya lethal yellowing virus* (PLYV), observado em gel de agarose 1%, corado com brometo de etídeo: M – marcador molecular (1Kb DNA). Espécies de Caricaceae inoculadas com PLYV: 1 – *Vasconcella monoica*; 2 – *Vasconcella quercifolia*; 3 – *Jacaratia spinosa*; 4 – *Jacaratia heterofila*; 5 – *Vasconcella cauliflora*; 7 – *Carica papaya*; 6 – *C. papaya sadia*.

o responsável direto pela disseminação do PLYV a longa distância e dentro dos pomares.

Estudos têm demonstrado que o PLYV pode ser eficientemente transmitido de plantas doentes de mamoeiro para plantas saudáveis das seguintes formas: pelo método de transmissão mecânica; por enxertia de pequenos pedaços dos pecíolos ou das nervuras de plantas doentes; por ferramentas utilizadas no corte de plantas infectadas e de plantas saudáveis; por solos contaminados; e por água de rega (Lima; Santos, 1991; Camarço, 1997; Camarço et al., 1998; Lima et al., 2015). Experimentos de casa de vegetação confirmaram que o PLYV é eficientemente transmitido por mãos contaminadas, mesmo depois de serem lavadas em água corrente (Tabelas 4, 5 e 6), o que demonstra grande estabilidade da partícula viral (Saraiva et al., 2006; Lima et al., 2015).

Em razão da elevada estabilidade do PLYV em tecidos foliares e raízes secas (Nascimento et al., 2010), os quais podem permanecer no solo e serem levados por longas distâncias, constituindo

fontes de vírus no campo, o destino dos restos culturais de plantas infectadas resultantes da prática do *roguing* tem sido motivo de permanente preocupação por parte dos produtores. Dessa forma, a prática da solarização de plantas infectadas com PLYV demonstrou ser um eficiente método de eliminação do vírus dos restos culturais. A solarização mostrou-se eficiente na inativação do PLYV tanto nas folhas quanto no sistema radicular de plantas infectadas após um período de 12 dias (Figura 14), enquanto o vírus permaneceu ativo nas folhas e raízes de plantas infectadas e erradicadas mantidas sobre o solo natural por um período de até 32 dias (Figura 14). Apesar de as temperaturas observadas junto ao material solarizado terem variado de 30 °C a 55 °C, as quais são inferiores ao ponto de inativação térmica do PLYV (80 °C), a inativação do vírus nos restos culturais é explicada pelo tempo de exposição desses tecidos à temperatura de 55 °C (Nascimento et al., 2010).

No centro da cidade de Fortaleza (Figura 15), onde há mais de 2 milhões de habitantes, a identificação da presença do PLYV em plantas

Tabela 4. Transmissibilidade do *Papaya lethal yellowing virus* (PLYV) por mãos contaminadas com extrato de plantas de folhas de mamoeiro (*Carica papaya*) infectadas com PLYV determinado por PTA-Elisa com antissoro para PLYV.

| Tipo de inoculação | Planta inoculada | Planta infectada (% transmissão) |
|--------------------------------------|------------------|----------------------------------|
| Mãos contaminadas | 104 | 13 (12,5%) |
| Mãos contaminadas e lavadas | 116 | 6 (5,2%) |
| Controle: mãos com plantas saudáveis | 100 | - |

Tabela 5. Avaliações de sementes per si, sementes germinadas e mudas obtidas de sementes de frutos de mamoeiro (*Carica papaya*) de plantas naturalmente infectadas por *Papaya lethal yellowing virus* (PLYV)⁽¹⁾.

| Tipo de órgão de mamoeiro | Amostra testada | |
|---------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | Com mucilagem ⁽²⁾ | Sem mucilagem ⁽¹⁾ |
| Sementes per si | 273/32 | 183/1 |
| Sementes germinadas | 210/0 | 174/0 |
| Mudas | 273/0 | 183/0 |

⁽¹⁾Em todas as situações, as sementes foram testadas com e sem mucilagem por PTA-Elisa.

⁽²⁾Numerador – número de amostras testadas; denominador – número de amostras com PLYV.

Tabela 6. Ausência de *Papaya lethal yellowing virus* (PLYV) em embriões, e presença de PLYV em tegumentos de sementes de frutos de mamoeiro (*Carica papaya*) naturalmente infectados e testados por PTA-Elisa.

| Tipo de órgão de mamoeiro | Amostra testada | Amostra com PLYV (% de transmissibilidade) |
|----------------------------------|-----------------|--|
| Embriões de sementes infectadas | 1.128 | - (-) |
| Tegumento de sementes infectadas | 670 | 112 (16,7%) |
| Embriões de sementes saudáveis | 210 | (-) |
| Tegumento de sementes saudáveis | 230 | (-) |

de mamoeiro isoladas levanta a possibilidade da sua transmissão por pássaros, que levam partículas do vírus junto à seiva de plantas infectadas para plantas saudáveis. Em razão da elevada estabilidade e da alta concentração do PLYV em tecidos de plantas infectadas, sobretudo nos frutos, o vírus pode ser transmitido dessa forma, em condições naturais. O PLYV atinge elevadas concentrações em tecidos foliares, frutos e raízes de plantas infectadas, em cujos tecidos vegetais, mesmo secos, podem permanecer ativos

no solo e serem levados por longas distâncias, constituindo fontes de vírus (Lima et al., 2015).

A presença do PLYV ativo pode ser detectada em solo naturalmente contaminado, água de rega de plantas infectadas e superfície de sementes obtidas de frutos infectados (Camarço, 1997; Camarço et al., 1998; Saraiva et al., 2006; Lima et al., 2015). Em experimentos de transmissão por sementes, o vírus não foi detectado por PTA-Elisa em nenhuma das 1.680 plântulas

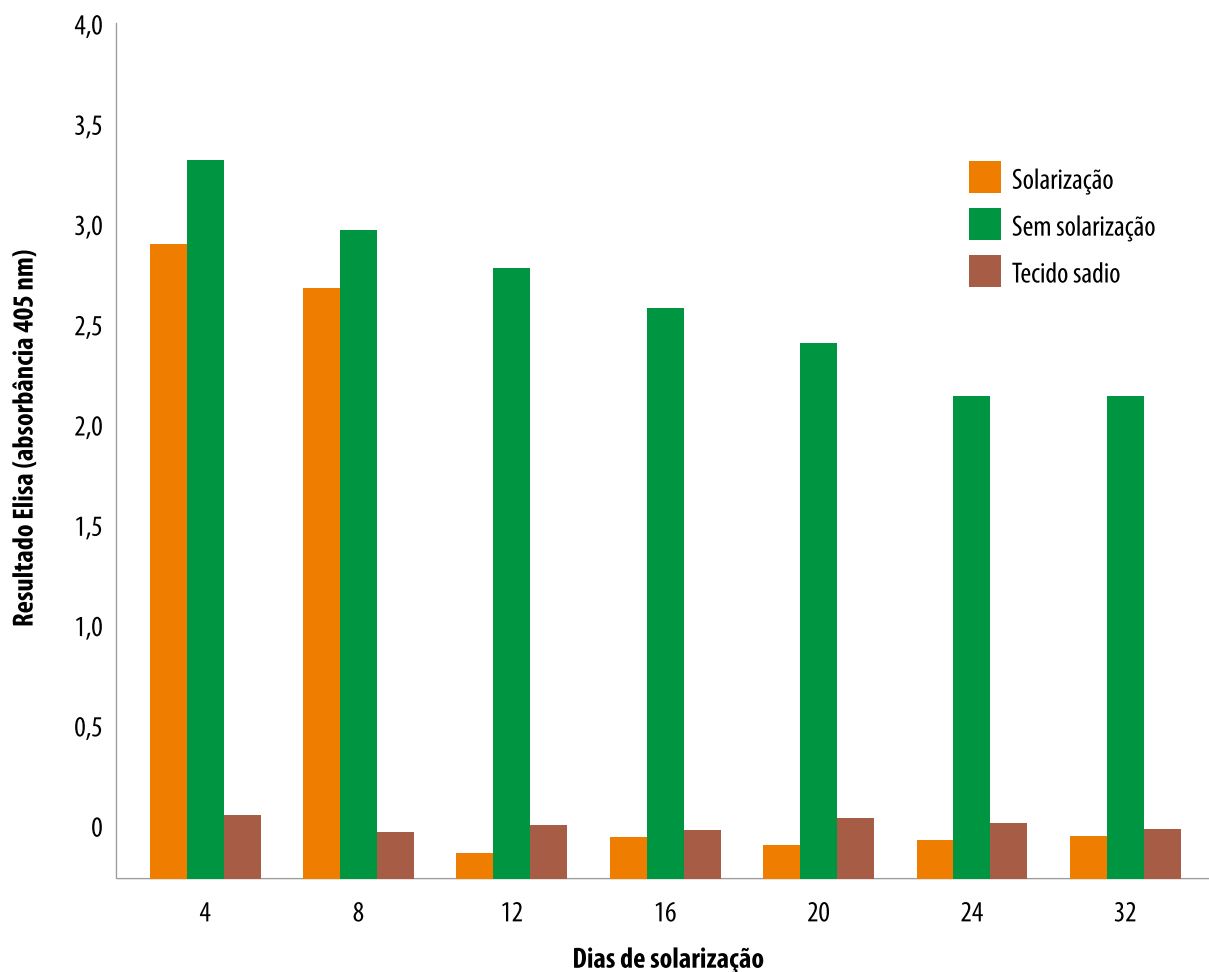


Figura 14. Efeito da solarização na eliminação de *Papaya lethal yellowing virus* (PLYV), em folhas e raízes erradicadas de plantas infectadas de mamoeiro (*Carica papaya*), demonstrado por PTA-Elisa.

Fonte: José Albérico de Araújo Lima



Figura 15. Planta de mamoeiro (*Carica papaya*) isolada, no centro da cidade de Fortaleza, infectada com *Papaya lethal yellowing virus*.

originadas de sementes de frutos infectados com o PLYV. Entretanto, a presença do vírus foi detectada no tegumento de sementes colhidas de frutos de plantas infectadas. A ausência do vírus em plântulas oriundas de sementes, com e sem mucilagem, de frutos infectados com PLYV, reforça a afirmativa da não transmissão embrionária do vírus por sementes de mamoeiro, embora a presença do vírus tenha sido detectada no tegumento de sementes oriundas de frutos de plantas infectadas (Camarço, 1997; Camarço et al., 1998; Saraiva et al., 2006). No entanto, partículas virais aderidas ao tegumento de sementes podem ser transportadas pelas sementes e penetrar nas plântulas por meio de eventuais ferimentos do sistema radicular no

momento do transplântio, à semelhança do que ocorre com o *Tobacco mosaic virus* (TMV), gênero *Tobamovirus* (Walkey, 1985).

Estratégias de controle

Segundo Lima et al. (2001a, 2001b), Lima e Lima (2002) e Lima et al. (2015), as estratégias de controle para o PLYV devem consistir de ações de caráter preventivo, das quais as mais indicadas são as seguintes:

- a) **Plantio de mudas livres de vírus** – Os viveiros para a formação de mudas devem ser protegidos com telas antiafídeos (Figura 16), localizados em áreas livres do vírus, distantes de plantações antigas de mamoeiro, e as mudas devem ser indexadas por meio de testes sorológicos contra a presença de vírus.
- b) **Roguing** – Efetuar a prática do *roguing*, com a erradicação das primeiras plantas de mamoeiros infectadas dentro do pomar, as que apresentam sintomas típicos da doença, e eliminação de pomares velhos e improdutivos, mesmo que não estejam infectados pelo PLYV.
- c) **Eliminação de restos de cultura** – No solo, os restos de culturas podem constituir fontes de vírus estáveis, que são facilmente transmitidos mecanicamente, por isso os restos de todas as plantas de mamoeiro erradicadas por estarem infectadas com o PLYV devem ser submetidos à solarização por um período de 15 dias. Essa prática demonstrou ser eficiente para inativação do vírus (Figura 16). Se essa eliminação não for realizada, tais restos constituirão fontes do vírus no solo, possibilitando sua penetração nas raízes das mudas sadias que vierem a ser plantadas na mesma cova.
- d) **Desinfestação de ferramentas** – Proceder à desinfestação das ferramentas agrícolas utilizadas nos processos de colheita de frutos, especialmente de facas, facões e tesouras de poda, com uma solução de 1:10 de hipoclorito de sódio (água sanitária) e água.
- e) **Cuidados adicionais com a transmissão** – Considerando a elevada estabilidade do PLYV, o qual pode sobreviver em solo, água de rega e superfície de sementes obtidas de frutos infectados, bem como sua transmissão por ferramentas de corte, cuidados acionais devem ser tomados, no intuito de evitar a transmissão do vírus dentro de um mesmo pomar e entre pomares de uma mesma região, por meio de mudas produzidas em solos contaminados.



Foto: José Albérico de Araújo Lima

Figura 16. Produção de mudas de mamoeiro (*Carica papaya*) em telado, com telas antiafídeos, para o controle do *Papaya ringspot virus*, estirpe Papaya (PRSV-P), agente causal da mancha-anelar, e do *Papaya lethal yellowing virus* (PLYV).

Embora o PLYV esteja restrito a algumas regiões do Nordeste brasileiro e não possua vetor biológico atuante no campo, o amarelo-lethal do mamoeiro tem se tornado uma constante preocupação para os produtores de mamão, em razão de o vírus estar sendo disseminado para áreas ainda não atingidas. Por causa de sua elevada estabilidade, que possibilita sua sobrevivência no solo, em água de rega, em restos de culturas e nas superfícies de sementes, deve-se ter, sempre, cuidado para evitar a sua disseminação dentro dos pomares e ou sua introdução neles, via mudas produzidas em locais contaminados.

Viroses de menor importância e doenças relacionadas

Fitoplasma

Desde 1992, na Austrália, têm sido encontradas plantas de mamoeiro com sintomas de mosaico, morte descendente e aparência de leque das folhas da parte interna do topo, algumas das quais murcham e morrem. As folhas maiores do topo desenvolvem clorose e necrose. O caule apresenta necrose descendente. As plantas jovens geralmente morrem, e as mais velhas, quando têm seu caule cortado logo no surgimento dos primeiros sintomas, geralmente apresentam recuperação. Amostras dessas plantas foram analisadas por PCR com *primers* para detecção de fitoplasma, as quais deram resultados positivos. Analisando essas amostras por RFLP, foram encontrados padrões semelhantes aos relatados para os fitoplasmas (Gibb et al., 1996).

Em estudo epidemiológico de fitoplasmas em mamoeiro realizado na Austrália, foram encontradas cinco estirpes associadas com *Papaya yellow crinkle disease* e uma com *Papaya dieback disease*. Geralmente, os sintomas principais foram expressos até quatro meses após a infecção. Também foram detectados fitoplasmas em diferentes espécies de plantas da vegetação espontânea próximas a pomares de mamoeiros. Enquanto *Crotalaria brevis*, *Galactia tenui*, *Boerhavia* sp., *Tridax procumbens*, *Cajanus marmoratus* e *Tribulopsis* sp. mantiveram-se assintomáticas, outras espécies, como *C. marmoratus*, *C. brevis*, *Physalis minima*, *Senna obtusifolia*, *G. tenui*, *Vigna lanceolata*, *Cleome viscosa*, *Bonamia pannosa*, *Boerhavia* sp., *T. procumbens*, *Sida* sp., *Indigofera colutea*, *Indigofera linifolia* e *Indigofera hirsuta*, apresentaram sintomas da doença e presença de fitoplasma em PCR. Em algumas cigarrinhas dos gêneros *Orosius*, *Austroagallia* e *Batracomorphus*,

foram detectados fitoplasmas. O intervalo entre a inoculação e o início dos sintomas visíveis não foi determinado. Além disso, foi verificado que os fitoplasmas detectados nas plantas daninhas próximas e dentro do plantio não refletiam a população de fitoplasmas na cultura. *Orosius argentatus* e *O. lotophagorum* já foram relatados na Austrália como vetores de fitoplasmas. Dessa forma, avaliou-se a correlação entre o número de espécies de *Orosius* e a frequência da doença, verificando-se que elas não têm correlação. As cigarrinhas podem ser carregadas pelo vento a longas distâncias, e parece que elas trazem a doença de outros locais. Também foi observado que a estirpe de fitoplasma presente não pode ser determinada pelos sintomas apresentados (Padovan; Gibb, 2001). Apesar de as espécies de cigarrinhas vetores dos fitoplasmas do mamoeiro ainda não terem sido identificadas, espécies de *Orosius* são consideradas como potenciais vetores. Também foi verificado que 6%–10 % das plantas de mamoeiro apresentavam infecção latente por fitoplasma (Arocha et al., 2005).

No Espírito Santo e na Bahia, tem sido observada frequentemente a presença de *Papaya apical curl necrosis* (PACN). As plantas infectadas apresentam clorose, curvatura do ápice, encurtamento dos entrenós, e o topo da planta adquire aspecto de leque. Também ocorre necrose das folhas apicais, queda de folhas e morte descendente. Plantas naturalmente infectadas foram analisadas por PCR com *primers* para fitoplasmas, confirmando-se sua associação com esses sintomas. O sequenciamento do gene 16S rRNA, as análises por RFLP e as análises filogenéticas permitiram a classificação de PACN em um novo subgrupo denominado 16SrXIIIE (Melo et al., 2013).

Em mamoeiro, foram avaliados os períodos de maior incidência de morte descendente, *yellow crinkle* e mosaico. Nos dois primeiros casos, a maior incidência se deu em períodos secos, nos quais a vegetação em volta do campo está seca. Nesses períodos, os insetos são atraídos pelo verde das plantações de mamoeiro.

Por sua vez, não foi detectada correlação entre períodos de maior umidade com maior incidência de sintomas de mosaico. Também não foram observados sintomas de fitoplasma em plantas mantidas protegidas por gaiolas com tela à prova de insetos, o que reforça a ideia de que o fitoplasma do mamoeiro é transmitido por vetores aéreos. Essas plantas deram resultados negativos em análises por PCR. Várias espécies de cigarrinhas coletadas em plantios de mamoeiro foram analisadas por PCR para a presença de fitoplasma e apresentaram resultados negativos, o que indica que o mamoeiro não é o hospedeiro preferencial delas (Elder et al., 2002).

Mosaico da alfafa

Em Piracicaba, SP, foi encontrada uma planta de mamoeiro com mosaico amarelado severo, distorção foliar e necrose sistêmica. Análises ao microscópio eletrônico de transmissão detectaram partículas flexuosas e baciliformes. O potivírus foi identificado como PRSV-P e as partículas baciliformes como *Alfalfa mosaic virus* (AMV). Esse é o primeiro relato de infecção natural do mamoeiro pelo AMV (Moreira et al., 2010).

Geminivírus

Na China, mamoeiros que apresentavam *downward leaf curling* foram analisados por Elisa, nos quais foi detectado um begomovírus. A sequência parcial do DNA-A apresentou diferenças. Para os vírus encontrados nessas amostras, foram sugeridos os nomes de *Papaya leaf curl China virus* (PaLCuCNV) e *Papaya leaf curl Guangdong virus* (PaLCuGDV) (Wang et al., 2004).

Papaya mild yellow leaf virus (PMYLV)

Na Venezuela, foram encontrados mamoeiros com sintomas de amarelecimento suave entre as nervuras. Marys et al. (1995) denominaram o

agente causal de Papaya mild yellow leaf virus (PMYLV), uma espécie tentativa de vírus ainda não aceita pelo ICTV. Esse vírus possui partículas flexuosas de 400 nm a 700 nm e uma proteína capsidial de 39 kDa. O patógeno foi experimentalmente transmitido por inoculação mecânica para mamoeiro e cucurbitáceas, produzindo nelas mosqueado suave e clareamento das nervuras (Marys et al., 1995).

Rabdovírus

No México, um rabdovírus foi encontrado em plantas de mamoeiro, o qual foi chamado de *Virus de la necrosis apical del papayo*. As plantas infectadas apresentam encurtamento dos entrenós e as folhas apicais apresentam aspecto arrepolhado e menor tamanho. Também ocorre necrose das margens das folhas mais novas, que ficam com consistência coriácea e perdem parte do limbo foliar. Com o tempo, sobram apenas as nervuras engrossadas (Becerra et al., 1999).

Vira-cabeça em mamoeiro

No Havaí, o vírus do vira-cabeça (*Tomato spotted wilt virus* – TSWV) foi observado em mamoeiro. As plantas infectadas apresentavam manchas, clorose e necrose do topo das folhas, lesões aquosas nos pecíolos e no caule e *crooks* no ápice do caule. Muitas dessas plantas, que estavam com 2–3 meses de idade, morreram. Aquelas que sobreviveram na frutificação apresentaram frutos deformados, com anéis verdes com fundo amarelo. Essa virose tem sido associada a pomares que contêm *Emilia fosbergii* infectada com TSWV. O vírus pode ser experimentalmente transmitido por inoculação mecânica para mamoeiro e possui círculo de hospedeiras semelhante ao relatado para outros isolados de TSWV (Gonsalves; Trujillo, 1986).

Considerações finais

As viroses são muito importantes no cultivo do mamoeiro, podendo causar a perda total de

um plantio. As principais ações para o seu controle são preventivas, uma vez que não há método que permita curar uma planta infectada no campo. É realizado um esforço constante para evitar a entrada das viroses nos plantios. Uma vez que um vírus é detectado, as ações são voltadas para a erradicação precoce das plantas infectadas. A maioria das viroses que ocorrem em mamoeiro possui insetos vetores, dessa forma as medidas para seu controle, para serem efetivas, devem ser adotadas em toda uma região produtora.

Referências

- ABREU, E. F. M.; DALTRO, C. B.; NOGUEIRA, E. O. P. L.; ANDRADE, E. C.; ARAGÃO, F. J. L. Sequence and genome organization of papaya meileira virus infecting papaya in Brazil. **Archives of Virology**, v. 160, n. 12, p. 3143-3147, Dec. 2015a. DOI: [10.1007/s00705-015-2605-x](https://doi.org/10.1007/s00705-015-2605-x).
- ABREU, P. M. V.; ANTUNES, T. F. S.; MAGAÑA-ÁLVAREZ, A.; PÉREZ-BRITO, D.; TAPIA-TUSSELL, R.; VENTURA, J. A.; FERNANDES, A. A. R.; FERNANDES, P. M. B. A current overview of the *Papaya meileira virus*, an unusual plant virus. **Viruses**, v. 7, n. 4, p. 1853-1870, 2015b. DOI: [10.3390/v7041853](https://doi.org/10.3390/v7041853).
- ABREU, P. M. V.; PICCIN, J. G.; RODRIGUES, S. P.; BUSS, D. S.; VENTURA, J. A.; FERNANDES, P. M. B. Molecular diagnosis of *Papaya meileira virus* (PMeV) from leaf samples of *Carica papaya* L. using conventional and real-time RT-PCR. **Journal of Virological Methods**, v. 180, n. 1-2, p. 11-17, Mar. 2012. DOI: [10.1016/j.jviromet.2011.12.003](https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2011.12.003).
- AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. New York: Academic Press, 1997. 635 p.
- ANTUNES, T. F. S.; AMARAL, R. J. V.; VENTURA, J. A.; GODINHO, M. T.; AMARAL, J. G.; SOUZA, F. O.; ZERBINI, P. A.; ZERBINI, F. M.; FERNANDES, P. M. B. The dsRNA virus *Papaya meileira virus* and an ssRNA virus are associated with *Papaya Sticky Disease*. **Plos One**, May 11, 2016. DOI: [10.1371/journal.pone.0155240](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155240).
- ARAÚJO, M. M. M. de; TAVARES, E. T.; SILVA, F. R. da; MARINHO, V. L. de A.; SOUZA JÚNIOR, M. T. Molecular detection of *Papaya meileira virus* in the latex of *Carica papaya* by RT-PCR. **Journal of Virological Methods**, v. 146, n. 1-2, p. 305-310, Dec. 2007. DOI: [10.1016/j.jviromet.2007.07.022](https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2007.07.022).
- AROCHA, Y.; LÓPEZ, M.; PIÑOL, B.; FERNÁNDEZ, M.; PICORNELL, B.; ALMEIDA, R.; PALENZUELA, I.; WILSON, M. R.; JONES, P. 'Candidatus *Phytoplasma graminis*' and 'Candidatus *Phytoplasma caricae*', two novel phytoplasmas associated with diseases of sugarcane, weeds and papaya in Cuba. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v. 55, n. 6, p. 2451-2463, 2005. DOI: [10.1099/ijs.0.63797-0](https://doi.org/10.1099/ijs.0.63797-0).
- BADILLO, V. M. *Carica* L. vs. *Vasconcella* St. Hil. (Caricaceae) con la rehabilitacion de este ultimo. **Ernstia**, v. 10, p. 74-79, 2000.
- BADILLO, V. M. *Caricaceae*: segundo esquema. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 43, p. 111, 1993.
- BADILLO, V. M. Nota corretiva *Vasconcella* St. Hil. Y no *Vasconcella* (Caricaceae). **Ernstia**, v. 11, p. 75-76, 2001.
- BARBOSA, C. de J.; PATROCÍNIO, E. do; HABIBE, T. C.; NASCIMENTO, A. S.; MATRANGOLO, W. J. R. Detecção de formas replicativas de vírus em plantas de mamoeiro inoculadas com látex de plantas afetadas pela meleira. **Biotemas**, v. 13, n. 2, p. 47-53, 2000. DOI: [10.5007/%25x](https://doi.org/10.5007/%25x).
- BARBOSA, C. J.; HABIBE, T. C.; NASCIMENTO, A. Detecção de formas replicativas semelhantes às de meleira em gramíneas de pomares afetados. In: CONGRESSO PAULISTA DE FITOPATOLOGIA, 22., 1999, Botucatu. **Programas e resumos**. Botucatu: [s.n.], 1999. p. 16.
- BARBOSA, F. R.; PAGUIO, D. R. Identificação do vírus da mancha anelar do mamoeiro no Estado de Pernambuco. **Fitopatologia Brasileira**, v. 7, n. 1, p. 37-45, 1982a.
- BARBOSA, F. R.; PAGUIO, D. R. Vírus da mancha anelar do mamoeiro: incidência e efeito na produção do mamoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 7, p. 365-373, 1982b.
- BAYOT, R. G.; VILLEGAS, V. N.; MAGDALITA, P. M.; JOVELLANA, M. D.; ESPINO, T. M.; EXCONDE, S. B. Seed transmission of papaya ringspot virus. **Philippine Journal of Crop Science**, v. 15, p. 107-111, 1990.
- BECERRA, E. N.; CÁRDENAS, E.; LOZOYA, H.; MOSQUEDA, R. Rhabdovirus en papayo (*Carica papaya* L.) en el sureste de México. **Agronomía Mesoamericana**, v. 10, n. 2, p. 85-90, 1999. DOI: [10.15517/am.v10i2.17947](https://doi.org/10.15517/am.v10i2.17947).
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Gabinete do Ministro. Instrução Normativa nº 17, de 27 de maio de 2010. Estabelece procedimentos para a inspeção fitossanitária nos pomares de mamoeiro nas Unidades da Federação que possuem programas de exportação de mamão para o mercado americano, com o objetivo de identificar e eliminar as plantas infectadas pelos vírus da meleira e da mancha anelar. **Diário Oficial da União**, 28 maio 2010.
- CAMARÇO, R. F. E. A. **Transmissão e sobrevivência do vírus do amarelo letal do mamoeiro *Carica papaya* L.** 67 f. 1997. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

- CAMARÇO, R. F. E. A.; LIMA, J. A. A.; PIO-RIBEIRO, G. Transmissão e presença em solo do "Papaya lethal yellowing virus". **Fitopatologia Brasileira**, v. 4, p. 453-458, 1998.
- COSTA, A. S.; CARVALHO, A. M.; KAMADA, S. Constatado o mosaico do mamoeiro em São Paulo. **O Agrônomo**, v. 21, p. 38-43, 1969.
- DALTRO, C. B.; ABREU, E. F. M.; ARAGÃO, F. J. L.; ANDRADE, E. C. Genetic diversity studies of Papaya meleira virus. **Tropical Plant Pathology**, v. 39, n. 1, p.104-108, Jan./Feb. 2014. DOI: [10.1590/S1982-56762014000100013](https://doi.org/10.1590/S1982-56762014000100013).
- DREW, R. A. The use of non-transgenic technologies for the development of *Papaya ringspot virus* resistance in *Carica papaya*. **Acta Horticulturae**, v. 1022, p. 23-30, 2014. III International Symposium on Papaya. DOI: [10.17660/ActaHortic.2014.1022.2](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1022.2).
- DREW, R. A.; MAGDALITA, P. M.; O'BRIEN, C. M. Development of *Carica* interspecific hybrids. **Acta Horticulturae**, v. 461, p. 285-292, 1998. International Symposium on Biotechnology of Tropical and Subtropical Species Part 2. DOI: [10.17660/ActaHortic.1998.461.31](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1998.461.31).
- DREW, R. A.; SIAR, S. V.; O'BRIEN, C. M.; MAGDALITA, P. M.; SAJISE, A. G. C. Breeding for *Papaya ringspot virus* resistance in *Carica papaya* via hybridization with *Vasconcellea quercifolia*. **Australian Journal of Experimental Agricultural**, v. 46, n. 3, p. 413-418, 2008. DOI: [10.1071/EA04247](https://doi.org/10.1071/EA04247).
- ELDER, R. J.; MILNE, J. R.; REID, D. J.; GUTHRIE, J. N.; PERSLEY, D. M. Temporal incidence of three phytoplasma-associated diseases of *Carica papaya* and their potential hemipteran vectors in central and south-east Queensland. **Australasian Plant Pathology**, v. 31, p. 165-176, 2002. DOI: [10.1071/AP02003](https://doi.org/10.1071/AP02003).
- FAUQUET, C. M.; MAYO, M. A.; MANILOFF, J.; DEESELBERGER, U.; BALL, L. A. (ed.). **Virus taxonomy: eight report of the international Committee of Taxonomy of Virus**. New York: Elsevier Academic Press, 2005. p. 1162.
- FERREIRA, F. R.; DANTAS, J. L. L.; MARTINS, V. A.; NORONHA, S. E. Ocorrência e distribuição de *Vasconcellea* e *Jacaratia*, parentes silvestres de mamão, no Sul e Centro-oeste do Brasil. In: SIMPÓSIO DO PAPAYA BRASILEIRO, 2., 2005, Vitória. **Papaya Brasil: mercado e inovações tecnológicas para o mamão**. Vitória: Incaper, 2005. p. 293-297.
- GIBB, K. S.; PERSLEY, D. M.; SCHNEIDER, B.; THOMAS, J. E. Phytoplasmas associated with papaya diseases in Australia. **Plant Disease**, v. 80, n. 2, p. 174-178, 1996. DOI: [10.1094/PD-80-0174](https://doi.org/10.1094/PD-80-0174).
- GONSALVES, C.; TRUJILLO, E. E.; LEE, D. R.; GONSALVES, D. Transgenic virus-resistant papaya: the Hawaiian 'Rainbow' was rapidly adopted by farmers and is a major importance in Hawaii today. **APS Features**, 2004. Online. DOI: [10.1094/APSnetFeature-2004-0804](https://doi.org/10.1094/APSnetFeature-2004-0804).
- GONSALVES, D.; SUZUKI, J. Y.; TRIPATHI, S. Papaya ringspot virus. In: MAHY, B. W. J.; REGENMORTEL, M. H. V. Van (ed.). **Encyclopedia of virology**. 3rd ed. Academic Press, 2008. p. 1-8. DOI: [10.1016/B978-012374410-4.00731-7](https://doi.org/10.1016/B978-012374410-4.00731-7).
- GONSALVES, D.; TRUJILLO, E. E. Tomato spotted wilt virus in papaya and detection of the virus by ELISA. **Plant Disease**, v. 70, p. 501-506, 1986. DOI: [10.1094/PD-70-501](https://doi.org/10.1094/PD-70-501).
- HABIBE, T. C. **A meleira do mamoeiro no trópico semi-árido**. 2003. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas.
- HABIBE, T. C.; DANTAS, J. L. L.; NASCIMENTO, A. S.; DANTAS, A. C. V. L.; MEISSNER FILHO, P. E. Suscetibilidade de genótipos de mamoeiro à meleira em condições de Trópico Semi-árido. In: SIMPÓSIO DO PAPAYA BRASILEIRO, 2003, Vitória. **Qualidade do mamão para o mercado interno**. Vitória: Incaper, 2003.
- HABIBE, T. C.; NASCIMENTO, A. S. do. **Diagnose precoce da meleira do mamoeiro**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2002. 4 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Comunicado técnico, 77).
- HABIBE, T. C.; NASCIMENTO, A. S. do; FRIGHETTO, R. T. S.; OLIVEIRA, D. N. dos S.; LOPES, F. F.; VIANA, R. E.; MALAVASI, A. BITC: proteção natural dos frutos de mamoeiros contra o ataque das moscas-das-frutas. **Bahia Agrícola**, v. 6, n. 3, p. 63-66, nov. 2004.
- KALLESHWARASWAMY, C. M.; KUMAR, N. K. K. Transmission efficiency of *Papaya ringspot virus* by three aphid species. **Phytopathology**, v. 98, p. 541-545, 2008. DOI: [10.1094/PHYTO-98-5-0541](https://doi.org/10.1094/PHYTO-98-5-0541).
- KING, A. M. Q.; ADAMS, M. J.; CARSTENS, E. B.; LEFKOWITZ, E. J. **Virus taxonomy: ninth report of the International Committee on Taxonomy of Viruses**. San Diego: Elsevier Academic Press, 2011. 1338 p.
- KITAJIMA, E. W.; OLIVEIRA, F. C.; PINHEIRO, C. R. S.; SOARES, L. M.; PINHEIRO, K.; MADEIRA, M. C.; CHAGAS, M. Amarelo letal do mamoeiro solo no Estado do Rio Grande do Norte. **Fitopatologia Brasileira**, v. 17, p. 282-285, 1992a.
- KITAJIMA, E. W.; REZENDE, J. A. M.; VEJA, J.; OLIVEIRA, F. C. Confirmada identidade do vírus isométrico encontrado em mamoads do Rio Grande do Norte como sendo o do amarelo letal do mamoeiro solo. **Fitopatologia Brasileira**, v. 17, p. 336-338, 1992b.
- KITAJIMA, E. W.; RODRIGUES, C.; SILVEIRA, J.; ALVES, F.; VENTURA, J. A.; ARAGÃO, F. J. L.; OLIVEIRA, L. H. R. Association of isometric viruslike particles, restricted to laticifers, with "Meleira" ("sticky disease") of papaya

- (*Carica papaya*). **Fitopatologia Brasileira**, v. 8, p. 118-122, 1993.
- KUROZAWA, C.; PAVAN, M. A.; REZENDE, J. A. M. Doenças das cucurbitáceas. In: KIMATI, H.; AMORIN, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (ed.). **Manual de fitopatologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. p. 293-302.
- LIMA, J. A. A.; AMARAL, M. R. G. Purificação e sorologia de Squash mosaic virus isolado de melancia. **Fitopatologia Brasileira**, v. 10, p. 605-611, 1985.
- LIMA, J. A. A.; LIMA, A. R. T.; MARQUES, M. A. L. Purificação e caracterização sorológica de um isolado do vírus do amarelo letal do mamoeiro 'solo' obtido no Ceará. **Fitopatologia Brasileira**, v. 19, p. 437-441, 1994.
- LIMA, J. A. A.; LIMA, R. C. A.; GUEDES, M. I. F. Production of polyclonal antisera specific to plant viruses by rabbit oral immunization. In: ICPP98: INTERNATIONAL CONGRESS OF PLANT PATHOLOGY, 7., 1998, Edinburgh. **Abstracts**. Edinburgh: International Society for Plant Pathology, 1998. v. 2, p. 214. Offered papers.
- LIMA, J. A. A.; NASCIMENTO, A. K. Q.; BARBOSA, G. S.; MAIA, L. M.; SILVA, F. B. Etiologia, sintomatologia, distribuição geográfica e estratégias de controle de viroses em culturas tropicais. In: LIMA, J. A. A. **Virologia essencial & viroses em culturas tropicais**. Fortaleza: Edições UFC, 2015. p. 302-615.
- LIMA, J. A. A.; SANTOS, C. D. G. Isolamento de possível estirpe do vírus do amarelo letal do mamoeiro no Ceará. **Fitopatologia Brasileira**, v. 16, p. 27, 1991.
- LIMA, R. C. A.; LIMA, J. A. A. Guerra às viroses. **Cultivar Hortaliças e Frutas**, v. 3, p. 30-33, 2002.
- LIMA, R. C. A.; LIMA, J. A. A.; LEAL, C. R. S. Presença de três vírus distintos em pomares irrigados de mamoeiro da Chapada do Apodi, Ceará. **Fitopatologia Brasileira**, v. 26, p. 522, 2001a.
- LIMA, R. C. A.; LIMA, J. A. A.; SOUZA JR., M. T.; PIO-RIBEIRO, G.; ANDRADE, G. P. Etiologia e estratégias de controle de viroses do mamoeiro no Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, v. 26, n. 4, p. 689-702, dez. 2001b. DOI: [10.1590/S0100-41582001000400001](https://doi.org/10.1590/S0100-41582001000400001).
- LORETO, T. J. G.; VITAL, A. F.; REZENDE, J. A. M. Ocorrência de um amarelo letal do mamoeiro solo no estado de Pernambuco. **O Biológico**, v. 49, p. 275-279, 1983.
- MACIEL-ZAMBOLIM, E.; KUNIEDA-ALONSO, S.; MATSUOKA, K.; CARVALHO, M. G. de; ZERBINI, F. M. Purification and some properties of Papaya meleira virus, a novel virus infecting papayas in Brazil. **Plant Pathology**, v. 52, n. 3, p. 389-394, June 2003. DOI: [10.1046/j.1365-3059.2003.00855.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-3059.2003.00855.x).
- MAGDALITA, P. M.; BAYOT, R. G.; VILLEGAS, V. N. *Diplocyclos palmatus* L. Jeffrey: a new weed host of *Papaya ringspot virus*. **Philippine Journal of Crop Science**, v. 15, p. 163-168, 1990.
- MAGDALITA, P. M.; PERSLEY, D. M.; GODWIN, I. D.; DREW, R. A.; ADKINS, S. W. Screening *Carica papaya* × *C. cauliflora* hybrids for resistance to papaya ringspot virus-type P. **Plant Pathology**, v. 46, n. 6, p. 837-841, Dec 1997. DOI: [10.1046/j.1365-3059.1997.d01-90.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-3059.1997.d01-90.x).
- MANSILLA, P. J.; MOREIRA, A. G.; MELLO, A. P. O. A.; REZENDE, J. A. M.; VENTURA, J. A.; YUKI, V. A.; LEVATTI, F. J. Importance of cucurbits in the epidemiology of *Papaya ringspot virus* type P. **Plant Pathology**, v. 62, n. 3, p. 571-577, June 2013. DOI: [10.1111/j.1365-3059.2012.02677.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2012.02677.x).
- MARTINS, D. S. Situação atual da produção integrada de mamão no Brasil. In: MARTINS, D. S. (ed.). **Papaya Brasil: qualidade do mamão para o mercado interno**. Vitória: Incaper, 2003. p. 97-127.
- MARTINS, D. S.; PAULA, R. C. A. L.; CARVALHO, R. C. Z.; ROCHA, M. A. M. Espécies e hospedeiros de afídeos associados à cultura do mamão (*Carica papaya* L.) no norte do Estado do Espírito Santo. In: MARTINS, D. S. (ed.). **Papaya Brasil: mercado e inovações tecnológicas para o mamão**. Vitória: Incaper, 2005. p. 447-452.
- MARTINS, D. S.; VENTURA, J. A. Vetores de doenças do mamoeiro: monitoramento e controle. In: MARTINS, D. S.; COSTA, A. N.; COSTA, A. F. S. (ed.). **Papaya Brasil: manejo, qualidade e mercado do mamão**. Vitória: Incaper, 2007. p. 113-128.
- MARTINS, M. V. V.; MEISSNER FILHO, P. E.; LIMA, J. S.; VIDAL NETO, F. C.; DANTAS, J. L. L. Avaliação de genótipos quanto à resistência ao vírus da meleira do mamoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 23., 2014, Cuiabá. **Fruticultura: oportunidades e desafios para o Brasil**. Cuiabá: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2014. 1 CD-ROM.
- MARYS, E.; CARBALLO, O.; IZAGUIRRE-MAYORAL, M. L. Properties of a previously undescribed supercoiled filamentous virus infecting papaya in Venezuela. **Archives of Virology**, v. 140, p. 891-898, 1995. DOI: [10.1007/BF01314965](https://doi.org/10.1007/BF01314965).
- MATTHEWS, R. E. F. **Plant virology**. 3rd ed. New York: Academic Press, 1991. 864 p.
- MEISSNER FILHO, P. E.; LIMA NETO, F. P.; OLIVEIRA, C. L. B. de; SANTANA, S. P. B.; DANTAS, J. L. L. **Avaliação da resistência de genótipos de mamoeiro ao vírus da meleira no Semiárido**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2017. 19 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 86).
- MEISSNER FILHO, P. E.; SANTOS, L. S.; MOREIRA, C. V.; SANTOS, A. I.; HABIBE, T. C. Avaliação da transmissão da

- meleira pelas sementes de mamoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, S394, 2003. Suplemento.
- MELO, L.; SILVA, E.; FLÔRES, D.; VENTURA, J.; COSTA, H.; BEDENDO, I. A phytoplasma representative of a new subgroup, 16SrXIII-E, associated with Papaya apical curl necrosis. **European Journal of Plant Pathology**, v. 137, p. 445-450, 2013. DOI: [10.1007/s10658-013-0267-7](https://doi.org/10.1007/s10658-013-0267-7).
- MIZUBUTI, E. S. G.; MAFFIA, L. A. Meleira e a análise de risco de pragas do papaia brasileiro para os Estados Unidos. In: MARTINS, D. dos S. (ed.). **Papaya Brasil: qualidade do mamão para o mercado interno**. Vitória: Incaper, 2003.
- MOREIRA, A. G.; KITAJIMA, E. W.; REZENDE, J. A. M. Identification and partial characterization of a *Carica papaya* infecting isolate of *Alfalfa mosaic virus* in Brazil. **Journal of General Plant Pathology**, v. 76, p. 172-175, 2010. DOI: [10.1007/s10327-010-0220-y](https://doi.org/10.1007/s10327-010-0220-y).
- MÜLLER, G. W.; REZENDE, J. A. M. Preimmunization: applications and perspectives in virus disease control. In: NAQVI, S. A. M. H. (ed.). **Diseases of fruits and vegetables: diagnosis and management**. Dordrecht: Springer, 2004. v. 1, p. 361-395. DOI: [10.1007/1-4020-2606-4_9](https://doi.org/10.1007/1-4020-2606-4_9).
- NASCIMENTO, A. K. Q.; LIMA, J. A. A.; NASCIMENTO, A. L. L.; BESERRA JR., J. A. B.; PURCIFULL, D. E. Biological, physical, and molecular properties of a *Papaya lethal yellowing virus* isolate. **Plant Disease**, v. 94, n. 10, p. 1206-1212, Oct 2010. DOI: [10.1094/PDIS-11-09-0733](https://doi.org/10.1094/PDIS-11-09-0733).
- NASCIMENTO, A. K. Q.; LIMA, J. A. A.; NASCIMENTO, A. L. L.; BESERRA JR., E. A.; PURCIFULL, D. E. Biological, physical, and molecular properties of a *Papaya lethal yellowing virus* isolate. **Plant Disease**, v. 94, n. 10, p. 1206-1212, Oct. 2010. DOI: [10.1094/PDIS-11-09-0733](https://doi.org/10.1094/PDIS-11-09-0733).
- OLIVEIRA, A. M. G.; FARIAS, A. R. N.; SANTOS FILHO, H. P.; OLIVEIRA, J. R. P.; DANTAS, J. L. L.; SANTOS, L. B. dos; OLIVEIRA, M. de A.; SOUZA JUNIOR, M. T.; SILVA, M. J.; ALMEIDA, O. A. de; NICKEL, O.; MEDINA, V. M.; CORDEIRO, Z. J. M. **Mamão para exportação: aspectos técnicos da produção**. Brasília, DF: MAARA: Embrapa SPI, 1994. 52 p. (Publicações técnicas FRUPEX, 9).
- OLIVEIRA, C. R. B.; RIBEIRO, S. G.; KITAJIMA, E. W. Purificação e propriedades químicas do vírus do amarelecimento letal do mamoeiro isolado do Rio Grande do Norte. **Fitopatologia Brasileira**, v. 14, p. 114, 1989.
- PADOVAN, A. C.; GIBB, K. S. Epidemiology of phytoplasma diseases in papaya in Northern Australia. **Journal of Phytopathology**, v. 149, n. 11-12, p. 649-658, 2001. DOI: [10.1046/j.1439-0434.2001.00688.x](https://doi.org/10.1046/j.1439-0434.2001.00688.x).
- PEREZ-BRITO, D.; TAPIA-TUSSELL, R.; CORTES-VELAZQUEZ, A.; QUIJANO-RAMAYO, A.; NEXTICAPAN-GARCEZ, A.; MARTÍN-MEX, R. First report of papaya meleira virus (PMeV) in Mexico. **African Journal of Biotechnology**, v. 11, n. 71, p. 13564-13570, 2012. DOI: [10.5897/AJB12.1189](https://doi.org/10.5897/AJB12.1189).
- PURCIFULL, D.; EDWARDSON, J.; HIEBERT, E.; GONSALVES, D. **Papaya ringspot virus: CMI/AAB descriptions of plant viruses**. Wallington: CAB International, 1984. n. 209.
- REZENDE, J. A. M. Mosaico ou mancha anular do mamoeiro: qual a melhor designação no Brasil? **Fitopatologia Brasileira**, v. 9, p. 455-465, 1984.
- REZENDE, J. A. M.; COSTA, A. S. Produção de lesões locais em *Chenopodium quinoa* pelo potyvirus causador do mosaico do mamoeiro no Brasil depende da origem das sementes. **Summa Phytopathologica**, v. 11, p. 39-42, 1985.
- REZENDE, J. A. M.; COSTA, A. S.; SOARES, N. B. Problemas surgidos no controle do mosaico do mamoeiro por premunização. **O Biológico**, v. 11/12, p. 16-17, 1983.
- REZENDE, J. A. M.; FANCELLI, M. I. Doenças do mamoeiro (*Carica papaya* L.). In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. (ed.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. São Paulo: Agronomica Ceres, 1997. v. 2, p. 486-496.
- REZENDE, J. A. M.; MARTINS, M. C. Doenças do mamoeiro (*Carica papaya* L.). In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (ed.). **Manual de fitopatologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. p. 435-443.
- RODRIGUES, S. P.; ANDRADE, J. S.; VENTURA, J. A.; LINDSEY, G. G.; FERNANDES, P. M. B. *Papaya meleira virus* is neither transmitted by infection at wound sites nor by the whitefly *Trialeurodes variabilis*. **Journal of Plant Pathology**, v. 91, n. 1, p. 87-91, 2009a. DOI: [10.4454/jpp.v91i1.628](https://doi.org/10.4454/jpp.v91i1.628).
- RODRIGUES, S. P.; CUNHA, M. da; VENTURA, J. A.; FERNANDES, P. M. B. Effects of the *Papaya meleira virus* on papaya latex structure and composition. **Plant Cell Reports**, v. 28, p. 861-871, 2009b. DOI: [10.1007/s00299-009-0673-7](https://doi.org/10.1007/s00299-009-0673-7).
- RODRIGUES, S. P.; VENTURA, J. A.; AGUILAR, C.; NAKAYASU, E. S.; CHOI, H.; SOBREIRA, T. J. P.; NOHARA, L. L.; WERMELINGER, L. S.; ALMEIDA, I. C.; ZINGALI, R. B.; FERNANDES, P. M. B. Label-free quantitative proteomics reveals differentially regulated proteins in the latex of sticky diseased *Carica papaya* L. plants. **Journal of Proteomics**, v. 75, n. 11, p. 3191-3198, June 2012. DOI: [10.1016/j.jprot.2012.03.021](https://doi.org/10.1016/j.jprot.2012.03.021).
- SARAIVA, A. C. M.; PAIVA, W. O.; RABELO FILHO, F. A. C.; LIMA, J. A. A. Transmissão por mãos contaminadas e ausência de transmissão embrionária do vírus do amarelo letal do mamoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, n. 1, p. 79-83, jan./fev. 2006. DOI: [10.1590/S0100-41582006000100014](https://doi.org/10.1590/S0100-41582006000100014).
- SILVA, A. M. R. **"Papaya lethal yellowing virus": caracterização biológica e molecular**. 122 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- SILVA, A. M. R.; KITAJIMA, E. W.; REZENDE, R. O. Nucleotide amino acid analysis of the polymerase and the coat

- protein genes of the papaya lethal yellowing virus. **Virus: review and research**, v. 11, p. 196, 2000. Abstract.
- SILVA, F. M.; PRATES, R. S.; LANI, D. R. Controle legislativo do mosaico e da meleira em mamoeiros no estado do Espírito Santo. In: SIMPÓSIO DO PAPAYA BRASILEIRO, 2., 2005, Vitória. **Papaya Brasil: mercado e inovações tecnológicas para o mamão**. Vitória: Incaper, 2005. p. 617-619.
- SMITH, F. E. V. Plant disease in Jamaica in 1928. **Annual Report of the Department of Science and Agriculture of Jamaica**, p. 19, 1929.
- SPADOTTI, D. M. A.; BURIOLLA, J. E.; REZENDE, J. A. M.; SOUZA, V. C. The wild type of *Momordica charantia* is not infected by potyviruses that cause disease in papaya and cucurbit crops. **Tropical Plant Pathology**, v. 38, n. 8, p. 447-451, Sept/Oct 2013. DOI: [10.1590/S1982-56762013005000029](https://doi.org/10.1590/S1982-56762013005000029).
- SUDHA, R.; BALAMOHAN, T. N.; SOORIANATHASUNDARAM, K.; MANIVANNAN, N.; RABINDRAN, R. Evaluation of F2 intergeneric population of papaya (*Carica papaya* L.) for resistance to papaya ringspot virus (PRSV). **Scientia Horticulturae**, v. 158, n. 5, p. 68-74, July 2013. DOI: [10.1016/j.scienta.2013.04.031](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.04.031).
- TAPIA-TUSSELL, R.; MAGAÑA-ALVAREZ, A.; CORTES-VELAZQUEZ, A.; ITZA-KUK, G.; NEXTICAPAN-GARCEZ, A.; QUIJANO-RAMAYO, A.; MARTIN-MEX, R.; PEREZ-BRITO, D. Seed transmission of *Papaya meleira virus* in papaya (*Carica papaya*) cv. Maradol. **Plant Pathology**, v. 64, n. 2, p. 272-275, 2015. DOI: [10.1111/ppa.12279](https://doi.org/10.1111/ppa.12279).
- TAVARES, E. T.; TATAGIBA, J. S.; VENTURA, J. A.; SOUZA JR., M. T. Dois novos sistemas de diagnose precoce da meleira do mamoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, n. 5, p. 563-566, set./out. 2004. DOI: [10.1590/S0100-41582004000500018](https://doi.org/10.1590/S0100-41582004000500018).
- TEIXEIRA, M. G. C.; LIMA, J. A. A.; SOUSA, A. E. B. A.; FERNANDES, E. R. Baixos graus de incidência do vírus do amarelo letal do mamoeiro em municípios do Rio Grande do Norte. **Caatinga**, v. 12, n. 1/2, p. 29-33, 1999.
- TREMAINE, J. H.; HAMILTON, R. I. **Southern bean mosaic virus**. [Slough: Commonwealth Agricultural Bureaux], 1983. (CMI/AAB descriptions of plant viruses, n. 274).
- VEGA, J.; BEZERRA, J. L.; REZENDE, M. L. V. Detecção do vírus do amarelo letal do mamoeiro solo no estado da Bahia através de microscopia eletrônica. **Fitopatologia Brasileira**, v. 21, p. 147, 1988.
- VENTURA, J. A.; COSTA, H.; TATAGIBA, J. da S. Papaya diseases and integrated control. In: NAQVI, S. A. M. H. (ed.). **Diseases of fruits and vegetables: diagnosis and management**. Dordrecht: Springer, 2004. v. 2, p. 201-268. DOI: [10.1007/1-4020-2607-2_7](https://doi.org/10.1007/1-4020-2607-2_7).
- VENTURA, J. A.; COSTA, H.; TATAGIBA, J. S.; ANDRADE, J. S. Meleira do mamoeiro: etiologia, sintomas e epidemiologia. In: MARTINS, D. S. (ed.). **Papaya Brasil: qualidade do mamão para o mercado interno**. Vitória: Incaper, 2003. p. 267-276.
- VIDAL, C. A.; LARANJEIRA, F. F.; NASCIMENTO, A. S.; HABIBE, T. C. Distribuição espacial da meleira do mamoeiro em zonas de trópico úmido e trópico semiárido. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, n. 3, p. 276-281, maio/jun. 2004. DOI: [10.1590/S0100-41582004000300006](https://doi.org/10.1590/S0100-41582004000300006).
- VIDAL, C. A.; NASCIMENTO, A. S. do; HABIBE, T. C. Transmissão do vírus da meleira do mamoeiro ("Papaya sticky disease virus") por insetos. **Magistra**, v. 17, n. 2, p. 101-106, maio/ago. 2005.
- WALKEY, D. G. A. **Applied plant virology**. London: Heinemann, 1985.
- WANG, X. Y.; XIE, Y.; ZHOU, X. P. Molecular characterization of two distinct begomoviruses from papaya in China. **Virus Genes**, v. 29, n. 3, p. 303-309, 2004. DOI: [10.1007/s11262-004-7432-1](https://doi.org/10.1007/s11262-004-7432-1).
- YEH, S. D.; GONSALVES, D. Evaluation of induced mutants of papaya ringspot virus for control by cross protection. **Phytopathology**, v. 74, p. 1086-1091, 1984. DOI: [10.1094/Phyto-74-1086](https://doi.org/10.1094/Phyto-74-1086).
- ZITTER, T. A.; HOPKINS, D. L.; THOMAS, C. E. **Compendium of cucurbit diseases**. St. Paul: APS Press, 1996. 87 p.



CAPÍTULO II

Manejo de insetos e ácaros

Nilton Fritzens Sanches

Aloyséia Cristina da Silva Noronha

Marilene Fancelli

Antonio Souza do Nascimento

Introdução

A qualidade do fruto é muito relevante para o mercado de frutas frescas (Pantoja et al., 2002). Entretanto essa qualidade é diminuída pela presença de artrópodes que causam injúrias à aparência externa dos frutos e são considerados de importância econômica para o mamoeiro.

Culik et al. (2003) coligiram os trabalhos publicados sobre a ocorrência de artrópodes na cultura do mamoeiro e verificaram que, no mundo, há registro de 209 espécies distribuídas em 8 ordens e 37 famílias. Entretanto, apesar do alto número de espécies associadas ao mamoeiro, apenas 30 são citadas como as pragas mais importantes (pragas-chave). Os autores supracitados também constataram a ocorrência de 83 espécies (cerca de 40% desse total no Brasil), das quais 50 já registradas em mamoeiro. As espécies comumente encontradas nessa cultura são as seguintes: o ácaro-branco (*Polyphagotarsonemus latus*); o ácaro-rajado (*Tetranychus urticae*) (Moraes; Flechtmann, 2008); a cochonilha do tronco e do fruto (*Aonidiella comperei*); as moscas-brancas (*Trialeurodes variabilis* e *Bemisia tabaci* biótipo B), esta última envolvida na transmissão do vírus da meleira os pulgões também transmissores de viroses (Martins et al., 2003; Vidal et al., 2005); a cigarrinha-verde (*Solanasca bordia*), que pode afetar tanto mamoeiros do grupo Solo como do grupo Formosa (Santos Filho et al., 2006); o mandarová (*Erinnyis ello*); e a broca-do-caule do mamoeiro (*Pseudopiazurus papayanus*) (Sanches et al., 2000).

Os ácaros branco e rajado são ácaros-praga de várias espécies vegetais de interesse econômico para o País, entre essas o mamoeiro, na grande maioria das regiões produtoras brasileiras.

Ácaro-branco

O mamoeiro tem como uma das suas principais pragas o ácaro-branco, *Polyphagotarsonemus latus* (Banks, 1904) (Acari: Tarsonemidae). Ele é popularmente conhecido

como ácaro-tropical ou ácaro-da-queda-do-chapéu-do-mamoeiro (Sanches et al., 2000).

Distribuição

Esse ácaro encontra-se distribuído pelo mundo e pode atacar além do mamoeiro muitas outras espécies de plantas, como a aboboreira [*Cucurbita moschata* (Duch.)], o algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.), a batatinha (*Solanum tuberosum* L.), o chapéu-de-praia (*Terminalia catappa* L.), os citros [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck], o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), a mamoneira (*Ricinus communis* L.), a pecã [*Carya illinoensis* (Wang.) K.], a pereira (*Pyrus communis* L.), o pimentão (*Capsicum annuum* L.), entre outras. No Brasil, ele pode ser encontrado em quase todas as regiões produtoras de mamão.

Descrição e ciclo de vida

Esses ácaros são descritos na literatura como seres muito diminutos. Na natureza, eles são praticamente invisíveis a olho nu, exigindo do pragueiro boa acuidade visual e ajuda de uma lupa de dez vezes de aumento (modelo conta-fios). Apresentam coloração que varia de branca a amarelo-brilhante e translúcidas (Figura 1). Apresentam dimorfismo sexual, em que o tamanho dos machos (0,14 mm x 0,08 mm) é menor que o das fêmeas (0,15 mm x 0,11 mm).

A disseminação deste ácaro, de planta a planta, dá-se pelo vento. Eles habitam as folhas mais jovens, no ápice da planta e, também, nas brotações laterais do caule (Figura 2). Esses ácaros evitam a luz direta e procuram se alojar na face inferior das folhas mais jovens, onde se alimentam e se reproduzem.

Seu ciclo de vida é curto. A duração da fase de ovo à fase adulta pode variar de 3 a 5 dias. Já na fase adulta, a fêmea pode ovipositar cerca de 40 ovos num período de até 15 dias. Esses ovos, de formato ovoide, medem cerca de 0,1 mm de comprimento e apresentam coloração branca ou pérola.

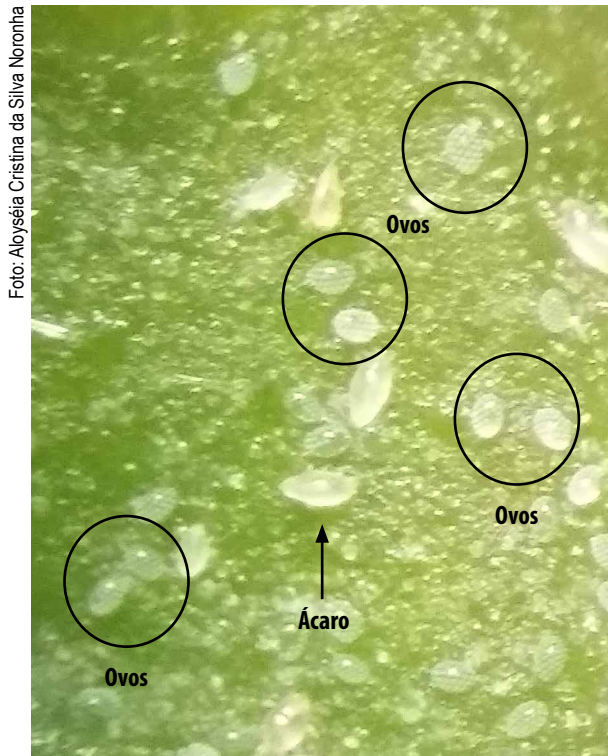


Figura 1. Ovos e adulto do ácaro-branco.



Figura 2. Caule de mamoeiro com brotações laterais, local para refúgio e reprodução do ácaro-branco.

O ácaro-branco pode ser encontrado durante todo o ano sobre as plantas, mas é nos períodos quentes e de umidade relativa elevada que o desenvolvimento da população é mais favorecido.

Danos e importância econômica

O ataque desse ácaro pode levar a fortes alterações foliares, como a perda da cor verde natural. Posteriormente as folhas tornam-se cloróticas e, por fim, coriáceas. Em um ataque mais intenso, as folhas novas ficam reduzidas às nervuras e levam à paralisação do crescimento do limbo, habitualmente conhecida como perda do ponteiro ou “queda do chapéu” do mamoeiro, podendo levar a planta à morte (Sanches; Nascimento, 1999) (Figura 3).



Figura 3. Redução do limbo foliar – sintoma típico de ataque do ácaro-branco.

Controle

Medidas culturais

O produtor deve sempre desbastar as brotações laterais que periodicamente vão surgindo no caule do mamoeiro. A não realização dessa prática favorece demais o crescimento da população do ácaro-branco.

Monitoramento e controle químico

Uma vez que o ciclo biológico do ácaro-branco é muito curto, o que favorece a sua rápida multiplicação na planta hospedeira, é de extrema importância que inspeções periódicas no pomar (monitoramento) sejam conduzidas; a finalidade é identificar os primeiros focos de infestação.

Procedimento para o monitoramento

O “talhão para monitoramento” deve ser uma área de até 10 ha, onde serão visitadas de forma aleatória três plantas por hectare. O pragueiro deve sair de um extremo ao outro do talhão e retornar no sentido inverso, simulando um zigue-zague. A ocorrência das pragas é anotada em uma ficha de campo (Figuras 4 e 5) (Santos Filho et al., 2007, 2009a, 2011). Posteriormente, as informações são passadas para o caderno de campo, objeto de fiscalização das comissões avaliadoras das conformidades, quando as propriedades estão submetidas a algum programa de qualidade. As avaliações são repetidas semanalmente, sempre lembrando que o “ponto de partida” do monitoramento é a planta inicial da fila do talhão, facilitando a identificação de certas áreas onde exista um foco de determinada praga. Uma área será considerada “foco” quando nela for detectada a presença da praga ou dos seus sintomas de ataque, mesmo que seja em plantas próximas àquela escolhida para a inspeção. As demais plantas serão escolhidas aleatoriamente, no sentido diagonal, até atingir a borda do outro lado do talhão.



Foto: Nilton Fritzon Sanchez

Figura 4. Preenchimento da ficha de campo com as anotações das pragas visualizadas no decorrer do monitoramento.

Metodologia de inspeção

Para monitorar o ácaro-branco no campo, em cada planta vistoriada, deve-se retirar uma folha do seu ápice (folhas pequenas, com coloração verde-clara, medindo até 5 cm de comprimento) (Figura 6) e, com o auxílio de uma lupa de dez vezes de aumento (modelo conta-fios), verificar o verso da folha. A planta é considerada atacada quando for comprovada a presença do ácaro. As anotações devem ser feitas da seguinte forma: (0) para a ausência do ácaro, (1) para a presença e traço (-) caso sejam encontrados somente sintomas de seu ataque. É muito importante que o pragueiro esteja sempre atento a fim de observar plantas com sintomas de ataque do ácaro, mesmo não sendo na planta escolhida para amostragem (Santos Filho et al., 2009b).

Nível de ação

Durante a caminhada, no monitoramento, ao constatar uma planta ou reboleira com os sintomas (Figura 7), deve-se anotar, no campo “observações”, a sua localização, indicando o número da planta da amostragem mais próxima, com a finalidade de facilitar o seu controle pontual. Assim, deve-se realizar o controle dessa planta ou reboleira da seguinte forma: ao encontrar cinco ou mais áreas-foco, em hectares distintos (um foco por hectare), a aplicação passa a ser em área total.

PRODUÇÃO INTEGRADA DE MAMÃO

Ficha de amostragem de pragas e doenças do Mamoeiro

Propriedade: _____

Responsável pela avaliação: _____

Talhão: _____

Fase da cultura: Crescimento Vegetativo () Floração ()
 Frutificação () Início de Colheita (fruto tipo 3) ()

Embrapa
Mandioca e Fruticultura Tropical

DATA: 31/01/2008

Horário: das 00:00 hs. às 00:00 horas

| | |
|---|--------|
| Área em hectares = | 10 |
| Número Frutos/pé = | 57 |
| Número Frutos no talhão = | 940500 |
| Núm. Total de frutos afetados no talhão | 80300 |

| Praga | Planta | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | ÍNDICES | |
|--------------------------|-------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------|---------|---|
| Cochonilha | Caul e Fruto | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Phytophthora | Planta | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | Fruto | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 | |
| Cigarrinha | Folha | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | |
| Ácaros Rajado e Vermelho | Folha Velha | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | |
| Variola | Folha | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 | 0,45 | | |
| | Fruto | 5 | 6 | 4 | 0 | 5 | 0 | 3 | 6 | 8 | 7 | 1 | 4 | 4 | 4 | 3 | 2 | 5 | 6 | 9 | 7 | 4 | 5 | 9 | 6 | 5 | 7 | 6 | 3 | 9 | 3 | 8,54 | |
| Corynespora | Folha | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,25 | | |
| | Fruto | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 | | |
| Mosca Branca | Folha | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Ácaro Branco | Folha do Ápice | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | |
| Phoma | Folha | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 | |
| Mancha Chocolate | Fruto | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,00 | |
| Inimigos Naturais | Bicho Lixeiro | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | Joaninha | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | Ácaros Predadores | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |

Anotar 0 para ausência e 1 para presença.
 Para Cochonilha, Ácaro Branco, Ácaros Rajado e Vermelho, anotar 0 para ausência, 1 para presença ou traço (-) para, apenas, sintomas.

Observações

OVOS DE MANDAROVÁ _____

LARVA DE MANDAROVÁ _____

ARANHA _____

Figura 5. Modelo de ficha de campo a ser preenchida para monitoramento de pragas no cultivo integrado do mamoeiro.



Fotos: Nilton Fritzon Sanches

Figura 6. Monitoramento de ácaro-branco em folhas do ponteiro de mamoeiro (A) por meio de lupa de dez vezes de aumento (B).

Os produtos a serem aplicados devem estar registrados para a cultura do mamão, citados no Agrofit – banco de dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa).

Para recomendação e aplicação de agrotóxicos, segundo a legislação em vigor, é necessário receituário agrônomo preenchido e assinado por responsável técnico.



Foto: Nilton Fritzon Sanches

Figura 7. Planta de mamoeiro (primeiro plano), vizinha ao monitoramento, com sintomas típicos do ataque do ácaro-branco em suas folhas do ponteiro.

Ácaros tetraniquídeos

Os ácaros tetraniquídeos [*Tetranychus urticae* Koch, 1836 (Acari: Tetranychidae)] e [*T. mexicanus* McGregor, 1950 (Acari: Tetranychidae)] pertencem à família Tetranychidae Donnadieu e incluem grande número de ácaros fitófagos. No mamoeiro, o ácaro *T. urticae*, conhecido como ácaro-rajado, é uma das pragas-chave da cultura, embora outras espécies pertencentes à família Tetranychidae sejam encontradas em plantas de *Carica papaya*, tais como: *Aponychus schultzi* (Blanchard, 1940), *Eutetranychus banksi* (McGregor, 1914), *T. bastosi* Tuttle Baker & Sales, 1977, *T. bimaculatus* Harvey, 1893, *T. desertorum* Banks, 1900, *T. evansi* Baker & Pritchard, 1960, *T. gloveri* Banks, 1900, *T. mexicanus*, *T. neocaledonicus* André, 1933, *T. telarius* (Linnaeus, 1758), *T. tumidus* Banks, 1900 (Flechtmann; Moraes, 2021).

Distribuição geográfica e hospedeiros alternativos

Tetranychus urticae é uma espécie de distribuição cosmopolita e altamente polífaga, que ocorre em mais de 800 espécies de plantas hospedeiras além do mamoeiro (Bolland et al., 1998). No Brasil, pode ocorrer praticamente em todas as regiões e é um dos principais problemas da cultura, com relatos na principal região produtora – Sul da Bahia e Norte do Espírito Santo (Marin et al., 1995; Martins; Marin, 1998; Collier, 2001; Noronha et al., 2007a, 2007b).

Há um grande número de espécies hospedeiras desses ácaros tetraniquídeos:

Ácaro-rajado (*T. urticae*): algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.), alho (*Allium sativum* L.), amendoimzeiro (*Arachis hypogaea* L.), berinjela (*Solanum melongena* L.), chuchuzeiro [*Sechium edule* (Jacq.)], feijoeiro, figueira (*Ficus carica* L.), macieira (*Malus domestica* Borkh.), mandiocqueira (*Manihot esculenta* Crantz), morangueiro (*Fragaria vesca* var. *hortensis*), pessegueiro [*Prunus persica* (L.) Batsch], roseira (*Rosa* spp.), videira (*Vitis vinifera* L.), entre outras.

Ácaro-vermelho (*T. desertorum*): algodoeiro, batata-doce [*Ipomoea batatas* L. (Lam.)], feijoeiro, mamona (*R. communis* L.), maracujá (*Passiflora edulis* Sims.), morangueiro, ornamentais (acalifa) (*Acalypha wilkesiana* Müll. Arg.), pessegueiro, tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.), videira, entre outras.

Ácaro-mexicano (*T. mexicanus*): algodoeiro, cacauzeiro, caramboleira (*Averrhoa carambola* L.), citros [*C. sinensis* (L.) Osbeck], macieira, maracujazeiro, nogueira-pecã [*C. illinoensis* (Wang.) K.], ornamentais (filodendro) (*Philodendron bipinnatifidum* Schott), guiné (*Petiveria alliacea* L.), roseira, pereira (*P. communis* L.), pessegueiro (Sanches et al., 2000; Flechtmann; Moraes, 2021).

Em áreas mais secas da região Nordeste, *T. bastosi* ocorre com maior frequência em mamoeiro em relação ao ácaro-rajado (Moraes;

Flechtmann, 2008). Existem registros da presença dessa espécie sobre *C. papaya* nos estados de Minas Gerais, Pernambuco, Ceará e Paraíba (Flechtmann; Moraes 2021). As demais espécies de Tetranychidae são encontradas em uma diversidade de hospedeiros (Bolland et al., 1998; Flechtmann; Moraes 2021).

Descrição, hábitos e ciclo de vida

O dimorfismo sexual é acentuado nos tetraniquídeos. As fêmeas medem aproximadamente 0,46 mm de comprimento e são maiores que os machos, os quais apresentam corpo afilado na porção posterior (Flechtmann, 1989; Moraes; Flechtmann, 2008).

As fêmeas de *T. urticae* apresentam cor geral esverdeada ou avermelhada, de acordo com as condições ambientais e com a planta hospedeira, e possuem um par de manchas laterais escuras (Figura 8). Os machos apresentam coloração mais clara e manchas no dorso (Krantz, 1978; Flechtmann, 1989; Moraes; Flechtmann, 2008).

Fêmeas de *T. bastosi* apresentam coloração vermelha, enquanto os machos possuem coloração voltada para o verde. Quando adultos, medem cerca de 0,5 mm de comprimento. Os ovos de *T. bastosi* são inicialmente amarelados e evoluem para vermelho-opaco próximo à eclosão das larvas, as quais possuem coloração

esbranquiçada que evolui para vermelho-alaranjado nas demais fases (Lima, 2013).

Os ácaros tetraniquídeos passam pelos estágios de ovo, larva, protoninfa, deutoninfa e adulto. Os ovos, depositados entre os fios de teia, são esféricos, transparentes, com período de incubação, em média, de 4 dias. As larvas são hexápodes (Flechtmann, 1989; Moraes; Flechtmann, 2008). O desenvolvimento de tetraniquídeos (ovo a adulto) pode variar de 6 a 10 dias ou mais, dependendo da espécie, temperatura, planta hospedeira, umidade, entre outros fatores (Crooker, 1985).

O desenvolvimento de *T. urticae* foi estudado em quatro cultivares de mamoeiro, dos grupos Formosa e Solo. A duração do período ovo-adulto variou de 9,4 a 10,2 dias, o número de ovos por fêmea foi de 25,4 a 33,9, a longevidade de fêmeas variou de 11,9 a 16,9 dias, e o ciclo total da fêmea foi de 23,6 a 27 dias (Moro et al., 2012).

A oviposição de fêmeas de *T. desertorum* criadas em duas cultivares de mamoeiro (Improved Sunrise Solo line 72/12 e Baixinho de Santa Amália) foi de aproximadamente 55 ovos, com o ciclo completando-se em 8 dias. As fêmeas depositaram de 3,6 a 4,1 ovos por dia durante 14,2 a 17,0 dias. A longevidade foi de 16,6 a 18,6 dias para fêmeas e de 4,1 a 6,4 dias para machos, respectivamente (Castro, 2001). Para *T. bastosi* em *C. papaya*, o ciclo de ovo-adulto



Fotos: Nilton Fritzon Sanches

Figura 8. Ácaro-rajado visto com lupa de dez vezes de aumento.

foi de 11,3 dias, com período de oviposição de 9,5 dias, 2,1 ovos por fêmea por dia e longevidade de 18,5 dias (Lima, 2013).

O ácaro *E. banksi* não é considerado praga do mamoeiro (Moraes; Flechtmann, 2008). A biologia dessa espécie foi estudada em mamoeiro. A duração da fase imatura foi de 11,3 dias, a fecundidade foi de 37,5 ovos por fêmea, o período de oviposição durou 11,8 dias e a longevidade 13,5 dias (Barbosa et al., 2004).

Uma característica dos Tetranychidae é a produção de teia, que é mais intensa nos ácaros do gênero *Tetranychus*. A teia, além de proteger os ácaros da ação das chuvas, facilita o encontro da fêmea pelo macho e a dispersão (Moraes; Flechtmann, 2008). As condições ambientais afetam a infestação de ácaros. Na planície costeira do Brasil, o ácaro-rajado ocorre nos meses em que é favorecido por temperaturas elevadas e baixas precipitações (Marin et al., 1995; Sanches; Nascimento, 1999). No Oeste do estado de São Paulo, a maior ocorrência do ácaro-rajado foi verificada durante o período de baixa precipitação (Vieira et al., 2004).

Danos e importância econômica

A formação de colônias ocorre inicialmente próximo às nervuras. A injúria mecânica é causada pela perfuração dos tecidos, e os estiletes

do ácaro penetram nas células da planta hospedeira. Após a retração, os fluidos celulares já na superfície da folha são sugados. A redução da intensidade da fotossíntese prejudica as folhas danificadas e afeta seu desenvolvimento (Flechtmann, 1989; Moraes; Flechtmann, 2008).

Em virtude da exposição dos frutos à insolação, os danos ocasionados pelo ácaro-rajado afetam a produção em quantidade e qualidade, o que compromete a produtividade da planta e a qualidade dos frutos (Sanches et al., 2000).

Sintomas de ataque

Os sinais do ataque do ácaro-rajado em mamoeiro são os seguintes: o aparecimento de manchas esbranquiçadas na face inferior das folhas maduras e o surgimento de áreas cloróticas na face superior entre as nervuras e perto do ponto de inserção do pecíolo, que avançam por toda a folha (Figuras 9 e 10). Posteriormente, ocorrem bronzeamento e queda prematura das folhas (Flechtmann, 1989; Marin et al., 1995).

Controle

Medidas culturais

Retirada e destruição das folhas mais velhas (folhas basais).

Fotos: Nilton Friztons Sanches



Figura 9. Folha de mamoeiro sadia (assintomática) (A) e folha com sintomas do ataque de ácaros tetraniquídeos (B).



Foto: Nilton Fritzon Sanches

Figura 10. Mamoeiro altamente infestado pelo ácaro-rajado, que apresenta as folhas mais velhas (baixeiras) intensamente atacadas.

Monitoramento

O monitoramento deve ser realizado periodicamente de modo a facilitar a rápida identificação de focos iniciais de infestação desses ácaros, permitindo a adoção de práticas fitossanitárias menos agressivas ao ambiente e o uso racional de acaricidas (Santos Filho et al., 2007; Santos Filho et al., 2010).

Metodologia de inspeção

Para monitorar o ácaro-rajado no campo, em cada planta vistoriada, deve-se observar a face inferior da primeira folha de coloração verde a partir da base da planta (Figura 11). Com o auxílio de uma lupa de dez vezes de aumento (modelo conta-fios), devem-se realizar três visadas, preferencialmente próximo à nervura central, e anotar o número total de ácaros encontrados na



Foto: Nilton Fritzon Sanches

Figura 11. Indicação das folhas verdes e mais velhas (baixeiras) do mamoeiro, as quais são adequadas para o monitoramento do ácaro-rajado.

folha (Figura 12). Se forem encontrados dez ou mais ácaros na primeira visada, interrompe-se a avaliação e anota-se o número 10 na ficha de campo.



Foto: Nilton Fritzens Sanches

Figura 12. Monitoramento do ácaro-rajado em folha (baixeira) do mamoeiro com o uso de lupa de dez vezes de aumento.

Nível de infestação

Para estabelecer o nível de infestação, deve-se proceder da seguinte forma: no final da avaliação, somar o número total de ácaros encontrados, dividindo pelo número de plantas avaliadas. Considerar a nota 1 para a presença de até 5 ácaros (nível baixo); 2 para a presença de 6 a 10 ácaros (nível médio); e 3 para a presença de mais de 10 ácaros (nível alto) (Santos Filho et al., 2009a, 2011).

Controle químico

O controle químico deve ser fundamentado nos resultados do monitoramento da praga. O procedimento para o monitoramento consta de inspeções semanais, que devem ser

registradas em ficha de amostragem, o que possibilita a determinação dos níveis de controle no momento exato em que o ácaro começa a causar dano à planta do mamoeiro.

Nível de ação

Em período seco, a necessidade de aplicação de acaricidas se dará quando a média das 30 plantas avaliadas indicar 6 ou mais ácaros por planta (nível médio). Os jatos devem ser sempre direcionados para a superfície inferior das folhas (Sanches; Nascimento, 1999; Santos Filho et al., 2009b).

Em condições de altas infestações, recomenda-se estender a pulverização para o tronco e a vegetação sob a copa das plantas.

Os produtos acaricidas a serem aplicados devem estar registrados para a cultura do mamão, citados na base de dados Agrofit, do Mapa. Para recomendação e aplicação de agrotóxicos, segundo a legislação em vigor, é necessário receituário agrônomo preenchido e assinado por responsável técnico.

Aplicações de acaricidas podem resultar no aparecimento de populações resistentes, além de afetar os organismos não alvos, incluindo os predadores (Moraes; Flechtmann, 2008).

Controle biológico

O controle biológico de ácaros-praga é realizado pela ação de patógenos e predadores. Fungos entomopatogênicos comerciais mostraram-se promissores para o controle de *T. urticae* em mamoeiro em condição de laboratório (Moro et al., 2011). Entretanto, de modo geral, os ácaros predadores, especialmente da família Phytoseiidae, são mais frequentemente encontrados em associação com ácaros fitófagos (Moraes; Flechtmann, 2008).

No Brasil, algumas espécies de ácaros Phytoseiidae foram relatadas em mamoeiro por Moraes et al. (1986) e Collier et al.

(2004). Entre os Phytoseiidae relatados em cultivos de mamoeiro na Bahia, no Espírito Santo e no Rio de Janeiro estão os seguintes: *Amblyseius tamatavensis* Blommers, *Amblyseius operculatus* De Leon, *Amblyseius impeltatus* Denmark & Muma, *Neoseiulus idaeus* Denmark & Muma, *Typhlodromalus peregrinus* (Muma), *Amblydromalus limonicus* (Garman & McGregor), *Amblydromalus manihoti* (Moraes), *Typhlodromalus aripo* De Leon e *Typhlodromips* sp. (Collier, 2001; Collier et al., 2004; Collier; Lima, 2011; Demite et al., 2021). *Neoseiulus idaeus* destacou-se por sua abundância e frequência em diferentes épocas do ano em cultivos de mamão em Linhares, ES, podendo constituir um agente de controle biológico de *T. urticae* (Collier et al., 2004).

Cochonilhas

Cochonilhas são insetos fitófagos que apresentam vasta gama de hospedeiros e ampla distribuição geográfica (Martins, 2003). Em mamoeiro, podem infestar folhas, caule e frutos (Pantoja et al., 2002). Todavia, os prejuízos são maiores quando os danos ocorrem nos frutos, podendo levar à rejeição do produto em caso de exportação (Santos Filho et al., 2009b).

A cochonilha *Morganella longispina* (Morgan, 1889) (Hemiptera: Diaspididae), embora citada na literatura como praga em infestação do tronco do mamoeiro (Sanches; Nascimento, 2000), não tem sido observada em mamoeiros da região produtora do País (Martins, 2003). Assim, Martins et al. (2015b) consideram a possibilidade de que, no passado, tenha havido falha na identificação da espécie, tendo sido a mesma confundida com *Aonidiella comperei* McKenzie, 1937 (Hemiptera: Diaspididae).

Distribuição geográfica

A espécie *Coccus hesperidum* Linnaeus, 1758 (Hemiptera: Coccidae), vulgarmente conhecida pelo nome de escama-marrom, é altamente

polífaga, com registro em cerca de 40 plantas hospedeiras no Brasil, e cosmopolita (Silva et al., 1968; Martins et al., 2004).

No Brasil, essa praga é registrada em mamoeiro nos seguintes estados: Amazonas, Bahia, Espírito Santo, Pará, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo (Silva et al., 1968; Martins, 2003; Martins et al., 2004).

A cochonilha *A. comperei* ocorre nos estados de Alagoas, Paraíba, Pernambuco e Rio de Janeiro citada em diversos hospedeiros (Silva et al., 1968; Martins, 2003). Em mamoeiro, foi registrada nos seguintes estados: Ceará, Espírito Santo, Rio Grande do Norte (Martins et al., 2004), Bahia, Minas Gerais e Paraíba (Martins et al., 2015a, 2015b).

São citadas as seguintes plantas hospedeiras: *Annesijoa* sp., gravioleira (*Annona muricata* L.), limoeiro Taiti [*Citrus aurantifolia* (Christm.)], toranjas (*Citrus Grandis* Osbeck), coqueiro (*Cocos nucifera* L.), aboboreira (*Cucurbita maxima* L.), caqui (*Diospyros* sp.), *Ficus* sp., noni (*Morinda citrifolia* L.), bananeira (*Musa* sp.), [*Pluchea odorata* (L.) Cass.] e videira, além do mamão (Martins et al., 2015a, 2015b).

Descrição e ciclo de vida

A fêmea de *C. hesperidum* (Figura 13) apresenta corpo convexo e formato ovalado. Sua reprodução ocorre por partenogênese telítoca, a partir da qual se originam apenas fêmeas. Eventualmente, ocorre a reprodução sexuada, que dá origem a machos e fêmeas (Costa Lima, 1942). Segundo Gill (1988), as fêmeas adultas medem de 1,5 mm a 4,5 mm de comprimento, apresentam coloração que varia de amarelo-esverdeada a marrom-amarelada, com manchas marrons que podem coalescer formando um padrão mosqueado e perfil moderadamente plano. Foram encontradas de três a cinco gerações no sul da Califórnia, em campo, e até sete gerações em condições de casa de vegetação. O ciclo biológico dura de 40 a 60 dias no verão.

Considerando que a fêmea pode gerar duas a três ninfas por dia no período de 30 a 60 dias, é comum a sobreposição de gerações (Gill, 1988).

A descrição de *A. comperei* é feita segundo Santos Filho et al. (2009b). Os indivíduos de *A. comperei* apresentam-se como escamas de coloração marrom-avermelhada, de formato circular, que medem até 1,5 mm de diâmetro (Figura 14). Podem ser vistos a olho nu, principalmente na região dos entrenós do caule, nas proximidades da coluna de frutos para onde ela se desloca.

Essa espécie apresenta grande potencial biótico e se dispersa muito rápido, causando sérios prejuízos para a cultura (Martins, 2003). De acordo com Ramos-Portilla e Caballero (2017), na Colômbia, *A. comperei* (fêmeas) apresenta

dois estágios ninfais, nos quais o inseto é ligeiramente mais escuro do que no estágio adulto.

Danos e importância econômica

Os danos causados pelas cochonilhas podem ser diretos ou indiretos. Como resultado do dano direto, ocorre a remoção da seiva e a injeção de toxinas, bem como a deposição da secreção açucarada (*honeydew*) e posterior associação com fungos saprófitas, o que favorece a fumagina, cujo efeito é a redução substancial da fotossíntese (Culik et al., 2006). Os danos indiretos são decorrentes da transmissão de fitopatógenos às plantas.

De acordo com Martins et al. (2004) e Culik et al. (2006), os danos decorrentes da alimentação

Fotos: Nilton Friztons Sanches

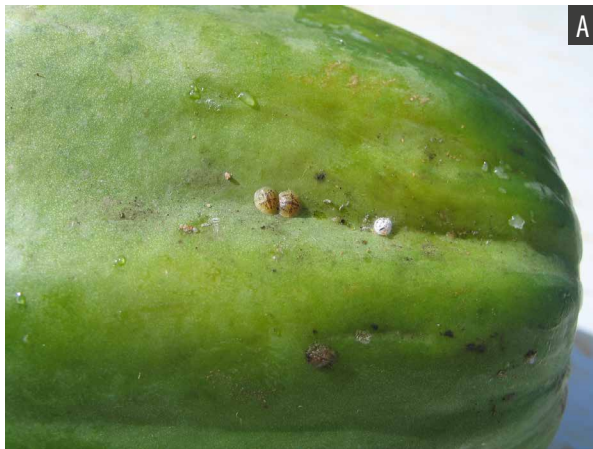


Figura 13. Infestação da cochonilha *Coccus hesperidum* em fruto (A) e folha (B) do mamoeiro.

Fotos: Nilton Friztons Sanches



Figura 14. Infestação da cochonilha *Aonidiella comperei* no caule (A) e no fruto (B) do mamoeiro.

podem causar amarelecimento, desfolhamento, redução do vigor das plantas, diminuição da produtividade e morte. Já a secreção açucarada e a fumagina podem reduzir o potencial de mercado dos frutos (Culik et al., 2006).

Mesmo nos casos em que não se verificam danos, a simples presença de um indivíduo da espécie *A. comperei* pode apresentar importância quarentenária para alguns países como os Estados Unidos (Martins, 2003; Culik et al., 2006; Santos Filho et al., 2009b). Dessa forma, essas cochonilhas constituem o principal entrave fitossanitário à exportação de frutos de mamão do Brasil para esses mercados desde 1998, ano em que se deu a retomada dessa atividade (Martins, 2003).

Controle

É fundamental a identificação dos focos de infestação a fim de impedir a dispersão das cochonilhas na área de produção (Martins et al., 2015a). Assim, para *A. comperei*, o monitoramento deve ser feito pela observação da presença do inseto nos frutos, próximo do caule, e, no caule, abaixo da coluna de frutos (Martins et al., 2004). Os registros devem ser feitos em planilha apropriada (Figura 4), semelhante ao modelo disponível em publicação de Santos Filho et al. (2009a). Assim, para ausência e presença de até uma cochonilha, devem ser anotados na planilha os valores 0 e 1, respectivamente. Considera-se que, em plantações voltadas ao mercado externo, a presença de uma planta infestada determina a necessidade de pulverização de todo o talhão. Para o mercado interno, o nível de controle não está definido (Santos Filho et al., 2009a, 2009b). Segundo esses mesmos autores, caso seja encontrada apenas uma cochonilha, deve-se avaliar planta por planta para que se defina a extensão do controle (se localizado ou em todo o talhão).

Como medida de redução da dispersão da praga, recomenda-se evitar ou minimizar o trânsito de máquinas e de trabalhadores, assim

como restringir a utilização de caixas de colheita e plásticos-bolha vindos de áreas infestadas sem a devida desinfestação (Martins et al., 2015a).

Os produtos a serem aplicados devem estar registrados para a cultura do mamoeiro, citados no Agrofit – base de dados do Mapa. Para recomendação e aplicação de agrotóxicos, segundo a legislação em vigor, é necessário receituário agrônômico preenchido e assinado por responsável técnico. As recomendações do fabricante devem ser seguidas em todas as etapas do processo.

De acordo com Ruggiero et al. (2011) e Martins et al. (2015a), a pulverização deve ser dirigida aos focos das plantas infestadas, às plantas vizinhas e à cobertura vegetal próxima do foco.

Cigarrinha-verde

Pantoja et al. (2002) registraram a associação com o mamoeiro de espécies de cigarrinhas pertencentes a três famílias (Cicadellidae, Cixiidae e Derbidae), das quais a primeira é a mais numerosa, com destaque para o gênero *Empoasca*. Além da infestação às folhas, esses autores relataram a importância de algumas dessas espécies como vetor de fitopatógenos.

No Brasil, muitos registros citavam *Empoasca* sp. como sendo a única espécie causadora de danos à cultura (Sanches; Nascimento, 2000; Martins, 2003), entretanto a identidade específica continuava desconhecida. Posteriormente, a espécie de cigarrinha que ocorre nas áreas de produção de mamão no estado do Espírito Santo foi identificada como *Solanasca bordia* (Langlitz, 1964) (Hemiptera: Cicadellidae), anteriormente classificada como *Empoasca bordia* Langlitz, 1964 (Martins; Culik, 2005).

Por sua vez, a espécie *Empoasca kraemeri* Ross e Moore, 1957 foi identificada em plantas de feijão cultivadas em consórcio com o mamoeiro (Martins; Culik, 2005).

Distribuição geográfica

Severos danos causados pela cigarrinha-verde são relatados no Sul da Bahia e Norte do Espírito Santo (Sanches; Nascimento, 2000), entretanto, de acordo com Martins (2003), essa espécie encontra-se amplamente distribuída na América do Sul.

Apresenta ampla gama de hospedeiros, entre as quais estão as seguintes plantas: algodão (*G. hirsutum* L.), batata (*S. tuberosum* L.), cevada (*Hordeum vulgare* L.), feijão (*P. vulgaris* L.), alfafa (*Medicago sativa* L.), *Paspalum* sp. e mamona (*R. communis* L.) (Martins, 2003).

Descrição e ciclo de vida

Na forma adulta, a cigarrinha-verde apresenta formato triangular, coloração verde-acinzentada e mede de 3 mm a 4 mm de comprimento. As ninfas (fase jovem) são ágeis, movendo-se no sentido lateral, e possuem coloração amarelo-esverdeada (Figura 15) (Martins, 2003). De acordo com o autor, os insetos localizam-se na face inferior de folhas desenvolvidas.

Não há informações sobre a biologia de *S. bordia* em mamoeiro (Martins, 2003).

Danos e importância econômica

Os danos causados pela cigarrinha-verde resultam da sucção de seiva das folhas por ninfas e

adultos, ocasionando amarelecimento das áreas infestadas (Figura 16), o que é similar ao sintoma de deficiência de magnésio (Martins, 2003). Inicialmente, as margens das folhas tornam-se amareladas e recurvadas para baixo (Figura 17). Esses sintomas progridem em direção à nervura central (Santos Filho et al., 2009b). Com o tempo, as folhas secam e caem prematuramente, o que prejudica o desenvolvimento das plantas e compromete a produção (Martins, 2003; Santos Filho et al., 2009b).



Foto: Nilton Fritzens Sanches

Figura 16. Folhas de mamoeiro amareladas nas bordas indicando sintomas de ataque da cigarrinha-verde.

Controle

Santos Filho et al. (2009a, 2009b) recomendam que a amostragem dessa praga seja realizada na primeira folha de coloração verde a partir da base da planta. Em ficha apropriada



Fotos: Nilton Fritzens Sanches



Figura 15. Infestação da cigarrinha-verde em folha do mamoeiro (A) e detalhe do inseto (B).



Figura 17. Mamoeiros atacados pela cigarrinha-verde.

para avaliação em campo, deve-se registrar o número de ninfas por folha. Considerando que o nível de ação ainda não se encontra definido (Santos Filho et al., 2009b), o controle deve ser efetuado quando houver infestação que possa comprometer a planta e deve ser realizado de forma localizada.

Em plantio de mamoeiro sob cultivo orgânico, Martelleto et al. (2008) efetuaram o controle de *S. bordia* mediante a utilização de produto comercial à base de óleo de nim (*Azadiracta indica* A. Juss.) em concentração de 0,5%. Contudo, ainda não há produtos registrados no Mapa que sejam indicados para o controle da cigarrinha-verde em mamoeiro (Agrofit, 2018).

Moscas-brancas

As moscas-brancas são insetos sugadores de seiva que se localizam nas folhas de seus hospedeiros (Figura 18) (Pantoja et al., 2002). Conforme Pantoja et al. (2002) e Culik et al. (2003), são registradas nove espécies associadas ao mamoeiro, das quais duas são as principais espécies de moscas-brancas reportadas no Brasil: *Trialeurodes variabilis* (Quaintance, 1900) (Hemiptera: Aleyrodidae) e *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) Middle East-Asia Minor (Hemiptera: Aleyrodidae) (Vieira; Correa, 2001; Culik et al., 2003; Fancelli et al., 2004).

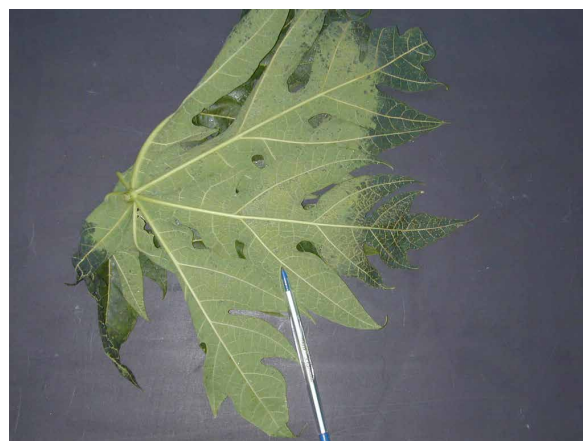


Figura 18. Folha de mamoeiro infestada com mosca-branca.

Entretanto, essas duas espécies (*T. variabilis* e *B. tabaci*) diferem quanto ao grau de utilização do mamoeiro. Assim, Xiao et al. (2011) compararam a preferência dos insetos quanto ao hospedeiro e comprovaram que *T. variabilis* apresenta alta especificidade para o mamoeiro em relação a plantas de tomate. Por sua vez, os mesmos autores verificaram que plantas de mamão exercem pouco efeito atrativo sobre adultos de *B. tabaci*, o que implica reduzido número de ovos e ninfas nesse hospedeiro em relação a *T. variabilis*.

Segundo De Barro et al. (2011), *B. tabaci* é constituída por um complexo de espécies morfológicamente idênticas, das quais *B. tabaci* Middle East-Asia Minor 1 (MEAM1), anteriormente identificada como biótipo B, é considerada uma das pragas mais importantes do mundo.

Distribuição geográfica

As moscas-brancas apresentam ampla distribuição geográfica e diversos hospedeiros, incluindo plantas de importância agrícola, florestal, ornamental e silvestres (Martins et al., 2016a).

A espécie *T. variabilis* ocorre nos seguintes estados: Bahia, Espírito Santo, Mato Grosso do Sul, Pernambuco e São Paulo (Vieira; Correa, 2001; Culik et al., 2003; Culik; Martins, 2004; Fancelli et al., 2004; Vidal et al., 2005). Além do

mamoeiro, tem como hospedeiras plantas da família Euphorbiaceae, Aceraceae, Polygonaceae, Rubiaceae e Rutaceae (Martins et al., 2003; Culik; Martins, 2004).

Bemisia tabaci é altamente polífaga, sendo registradas mais de 900 espécies de plantas hospedeiras pertencentes às famílias Compositae, Euphorbiaceae, Leguminosae, Malvaceae, e Solanaceae, entre outras (Perring, 2001; Berry et al., 2004).

Em mamoeiro, *B. tabaci* foi reportada apenas sob condições de cultivo protegido nos estados da Bahia e do Mato Grosso do Sul (Vieira; Correa, 2001; Vieira et al., 2004; Vidal et al., 2005).

Descrição e ciclo de vida

Na forma adulta, as moscas-brancas apresentam coloração do corpo amarelada, asas de cor branca e medem aproximadamente 1 mm de comprimento. As fêmeas são um pouco maiores do que os machos, com dimorfismo sexual na parte terminal do abdômen (Hodges; Evans, 2005; Henneberry et al., 2007). Os ovos são colocados preferencialmente na face inferior das folhas e inseridos no tecido foliar por meio de um pedúnculo. O estágio ninfal compreende quatro instares. O inseto de primeiro instar é móvel e chamado de *crawler* e o de último é chamado de pupa (Figura 19). A emergência do adulto ocorre por uma abertura em forma de "T" invertido no dorso (Hodges; Evans, 2005; Henneberry et al., 2007).

Não há resultados referentes à biologia dessas espécies de mosca-branca em mamoeiro. Entretanto, Xiao et al. (2011) verificaram, após liberação de 150 adultos de *T. variabilis* e *B. tabaci* em experimentos sem chance de escolha, maior média de adultos, ovos e ninfas de *T. variabilis* em folhas de mamoeiro. Assim, foram registrados cerca de 35 a 99 adultos de *T. variabilis* por planta, 727 e 790 ovos por três folhas aos 6 e 10 dias e 616 ninfas aos 20 dias após a liberação. Para *B. tabaci*, as médias para número de ovos e



Foto: Nilton Fritzon Sanches

Figura 19. Folha de mamoeiro infestada por pupários da mosca-branca.

ninfas foram de 12 a 24 e de 14 por três folhas de mamoeiro, respectivamente (Xiao et al., 2011).

Danos e importância econômica

Anteriormente, moscas-brancas eram citadas como pragas secundárias do mamoeiro, porém altas infestações têm sido relatadas com frequência nas áreas de cultivos de mamão no Brasil, tornando-as de grande importância para o cultivo do mamoeiro (Culik; Martins, 2004; Martins et al., 2016a).

Danos diretos são registrados por causa da sucção de seiva por ninfas e adultos de moscas-brancas, o que provoca amarelecimento das folhas e compromete o crescimento e a produtividade das plantas. Também podem causar desordens fisiológicas ou fitotoxicidade devido à injeção de toxinas (Berlinger, 1986).

Danos indiretos são decorrentes da transmissão de agentes fitopatogênicos (Culik et al., 2003; Martins et al., 2016a). Assim, no caso de *B. tabaci* espécie MEAM1, Vidal et al. (2005) sugeriram que o agente causal da meleira pode ser transmitido por essa espécie de mosca-branca, embora não haja consenso sobre essa informação. Já com relação ao status de *T. variabilis* como transmissor da meleira, Rodrigues et al. (2009) comprovaram a não associação entre essa espécie com a ocorrência da

meleira, mesmo verificando a presença do vírus em adultos e ninfas da mosca-branca.

Além disso, Berlinger (1986) relatou como dano indireto o favorecimento do crescimento da fumagina (fungos saprófitas), que é promovido pela deposição de secreção açucarada (*honeydew*) do inseto sobre folhas ou frutos. Esse dano acarreta prejuízos à fotossíntese e à aparência dos produtos.

Controle

De acordo com Santos Filho et al. (2009a, 2009b), o monitoramento das moscas-brancas deve ser feito mediante inspeção da primeira folha (contada a partir do ápice da planta) que apresentar em sua axila uma flor ainda fechada. O registro do número de ninfas, pupas e pupas parasitadas deve ser realizado em metade da folha amostrada. Como os autores consideram *B. tabaci* biótipo B como vetor da meleira, o nível de ação para essa espécie é determinado pela presença de uma planta infestada pela mosca-branca.

Em cultivo de mamoeiro no sistema orgânico, a infestação de *T. variabilis* foi controlada pela aplicação de produto comercial à base de óleo de nim a 0,5% (Martelleto et al., 2008).

Quanto ao controle químico, os produtos a serem aplicados devem estar registrados para a cultura do mamão, citados no Agroofit – base de dados do Mapa. Para recomendação e aplicação de agrotóxicos, segundo a legislação em vigor, é necessário receituário agrônômico preenchido e assinado por responsável técnico. As recomendações do fabricante devem ser seguidas em todas as etapas do processo.

Pulgões

Embora não colonizem plantas de mamoeiro, pulgões ou afídeos são considerados limitantes à produção em virtude de sua capacidade de transmitir viroses, especialmente o *Papaya ringspot virus* (PRSV-P) (Pantoja et al., 2002; Kalleshwaraswamy; Krishna Kumar, 2008).

A transmissão do vírus ocorre de maneira não persistente. Por meio das picadas de prova para seleção do seu hospedeiro, podem ocorrer a aquisição e a transmissão do vírus em curto espaço de tempo (Pantoja et al., 2002; Krishna Kumar et al., 2010).

Distribuição geográfica

Os pulgões têm distribuição generalizada nas áreas de produção do mundo todo, além de possuírem alto número de hospedeiros entre plantas cultivadas ou da vegetação espontânea (Martins et al., 2003, 2016a, 2016b). Martins et al. (2016a, 2016b) verificaram a presença de espécies de afídeos vetores de viroses do mamoeiro em plantas da vegetação espontânea pertencentes a diferentes famílias, como Asteraceae, Amaranthaceae, Commelinaceae, Convolvulaceae, Cucurbitaceae, Euphorbiaceae, Lamiaceae, Loranthaceae, Malvaceae, Portulacaceae e Solanaceae, entre outras.

Descrição e ciclo de vida

Pulgões são insetos sugadores, de aparência delicada, pequenos (cerca de 2 mm de comprimento), com ou sem asas. Sua coloração varia conforme a espécie, porém de maneira geral, para *Aphis* spp. (Hemiptera: Aphididae), são amarelados ou esverdeados. Em *Toxoptera citricida* (Kirkaldy, 1907) (Hemiptera: Aphididae), predominam as cores escuras: marrom para as formas jovens e preta para as adultas. Quanto à *Myzus persicae*, 1776 (Hemiptera: Aphididae), a coloração é verde-clara (formas ápteras) e verde com cabeça, antenas e tórax pretos (formas aladas) (Sanches; Nascimento, 2000).

Danos e importância econômica

Como vetores de importantes viroses para a cultura do mamoeiro, os pulgões causam perdas consideráveis no *stand* e também na produção, devido à necessidade de se efetuar

a erradicação das plantas infectadas (Martins et al., 2016b). De acordo com Fereres e Moreno (2009), como não danificam as células vegetais, são considerados extremamente adaptados à transmissão de vírus às plantas.

A eficiência na transmissão do vírus pode variar de acordo com a espécie do inseto (Kalleshwaraswamy; Krishna Kumar, 2008; Krishna Kumar et al., 2010). Porém, em geral, os afídeos são considerados muito eficientes na transmissão desses fitopatógenos, pois apresentam rápido crescimento populacional, ciclo de vida curto e alta capacidade de dispersão (Fereres; Moreno, 2009; Martins et al., 2016b).

Controle

Considerando o modo de transmissão e a não colonização do hospedeiro, o controle por meio de inseticidas normalmente é pouco eficiente (Pantoja et al., 2002). Estratégias como o uso de barreiras, de culturas em consórcio ou de intercultivo com plantas-barreira ou, ainda, o uso de cobertura plástica são recomendadas para controle dos pulgões (Pantoja et al., 2002; Robles et al., 2006; Ruggiero et al., 2011; Martins et al., 2016b).

Para reduzir o inóculo e, portanto, a disseminação da doença na área, plantas infectadas pela mancha-anelar devem ser erradicadas (Sanches; Nascimento, 2000), assim como plantas hospedeiras dessas espécies (Martins et al., 2016b).

Mandarová

A mariposa *Erinnyis ello* (L., 1758) (Lepidoptera: Sphingidae), considerada uma das principais pragas da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) no Brasil, conhecida também como gervão, é considerada uma praga ocasional para a cultura do mamoeiro. Mesmo assim ela pode causar enormes prejuízos caso o controle não seja efetuado em momento adequado. Tal ocorrência é irregular, pois, em determinados

anos, pode aparecer em altas infestações, enquanto em outros pode não ocorrer.

Sanches et al. (2007) relatam a ocorrência desta praga na Fazenda Palmares, Sul da Bahia, com devastação de 3 ha em um final de semana, destruindo totalmente folhas de mamoeiros do grupo Solo.

Descrição e ciclo de vida

Os adultos dessa espécie apresentam asas estreitas e uma envergadura de 10 cm. As asas anteriores são cinza e as posteriores vermelhas. De hábito noturno, os adultos colocam os ovos, isoladamente. Eles possuem 1,5 mm de diâmetro e são fáceis de ser identificados durante o monitoramento, por exemplo. Sua coloração é variável, são verdes no início, entretanto, ao se aproximarem da eclosão das lagartas, tornam-se amarelados (Figura 20).

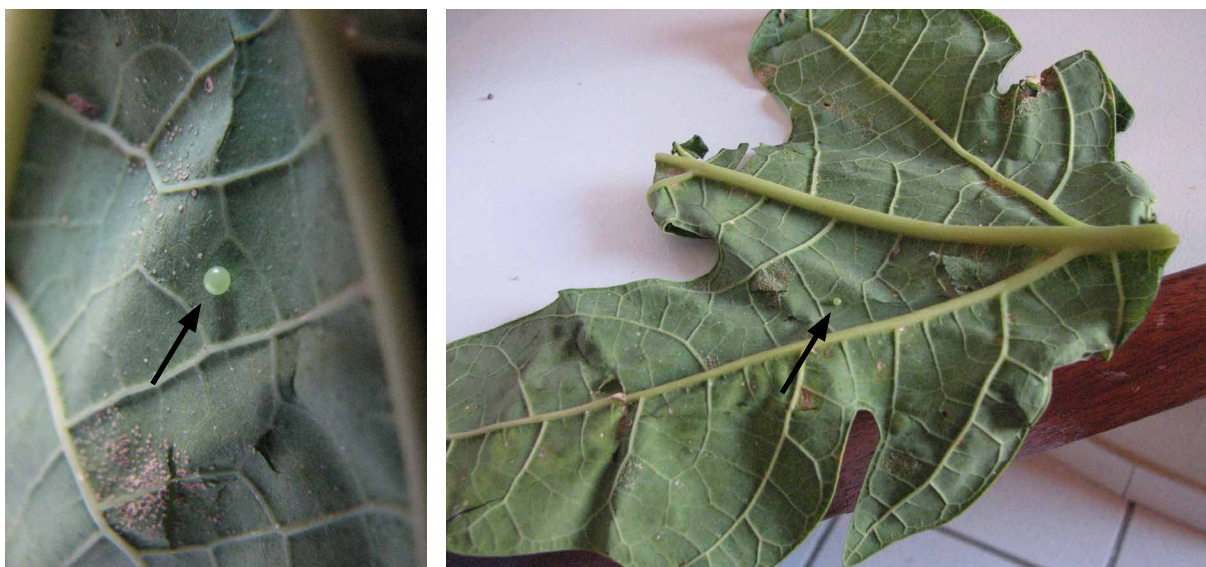
Ao eclodirem, as lagartas têm 5 mm de comprimento e, ao completarem o seu desenvolvimento, podem atingir cerca de 100 mm (Figura 21). A sua coloração é variável, indo do verde ao marrom e ao preto. Ao completarem a fase larval, em aproximadamente 15 dias, transformam-se em pupa no solo. A pupa é marrom e mede cerca de 50 mm de comprimento (Sanches et al., 2000).

Danos e importância econômica

Ao atacarem as plantas de mamão, as lagartas devoram, de preferência, as folhas e as brotações mais novas, entretanto as folhas mais velhas também podem ser atacadas posteriormente. Quando a incidência de pragas é elevada a planta pode apresentar desfolhamento total, propiciando a queima dos frutos pelo sol e um atraso no desenvolvimento da planta (Figura 22).

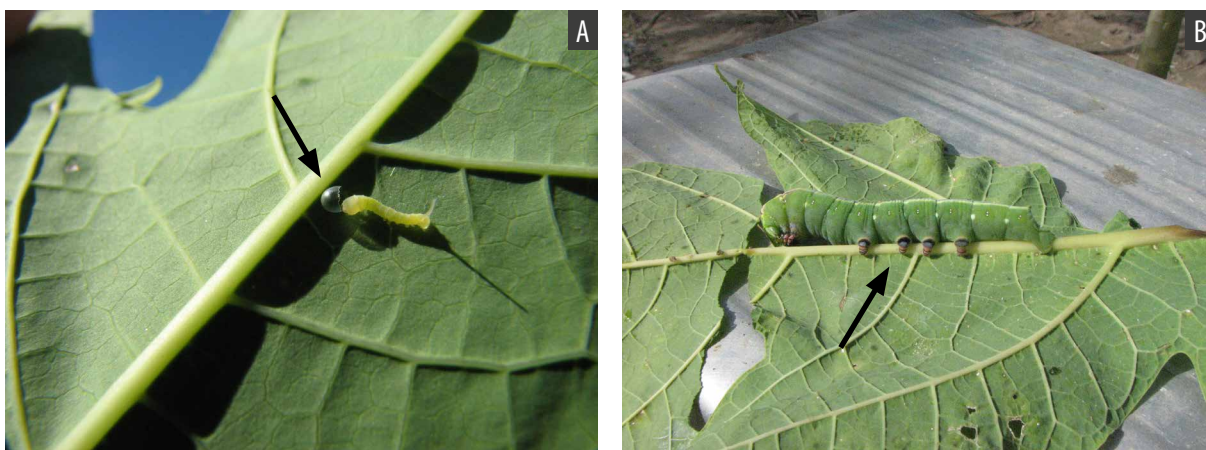
Controle

Ao realizar o monitoramento, o pragueiro deve ficar atento e verificar se há posturas e



Fotos: Nilton Fritzens Sanches

Figura 20. Postura de ovos de mandarová na face inferior de uma folha de mamoeiro do grupo Solo.



Fotos: Nilton Fritzens Sanches

Figura 21. Mandarová em estágio inicial (A) e final (B) da fase de lagarta, em folha de mamoeiro do grupo Solo.



Fotos: Nilton Fritzens Sanches

Figura 22. Ataque (surto) de mandarová em mamoeiros do grupo Solo (A), mostrando danos severos (B), no município de Porto Seguro, BA.

lagartas nas folhas. Quando o ataque é pequeno, em focos isolados, recomenda-se a catação manual e a destruição das lagartas. O controle químico será acionado somente se houver uma infestação intensa e generalizada. Os produtos a serem aplicados devem estar registrados para a cultura do mamão, citados no Agrofite – base de dados do Mapa. Para recomendação e aplicação de agrotóxicos, segundo a legislação em vigor, é necessário receituário agrônomo preenchido e assinado por responsável técnico.

A infestação pode ser definida durante o monitoramento quando forem encontradas 10 ou mais plantas, num universo de 30 (amostragem mínima), bem distribuídas no talhão, com ovo ou larva de primeiro ínstar. Nesse caso, novo monitoramento deve ser realizado 5 dias depois para verificar o avanço em relação à presença dos estágios larvais mais destrutivos (3º, 4º e 5º), levando-se em consideração que o período larval é de 12 a 15 dias.

No Extremo Sul do estado da Bahia, o monitoramento deve ser mais cuidadoso entre novembro e abril.

Broca-do-mamoeiro

Ainda que a broca-do-mamoeiro esteja associada a plantas velhas e mal cuidadas, as novas também têm sido alvo de seu ataque. Segundo Sousa et al. (2004), a espécie *Pseudopiazurus*

papayanus é considerada sinônimo júnior de *P. obesus* (Boheman, 1838) (Coleoptera: Curculionidae).

Distribuição geográfica

Graves danos a mamoeiros causados por *P. obesus* já foram constatados em alguns estados e regiões do Nordeste, como Pernambuco e Recôncavo Baiano. O besouro foi observado também, em pequenas infestações, em uma propriedade do Extremo Sul da Bahia e Norte do Espírito Santo.

Descrição e ciclo de vida

Na fase adulta, são pequenos besouros “bicudos”, de cor marrom-acinzentada, com aproximadamente 10 mm de comprimento. À noite eles perfuram a casca do tronco do mamoeiro e fazem a postura (Figura 23). Depois de alguns dias, ocorre a eclosão das larvas, que são de coloração branca, recurvadas e ápodas; ao atingirem o completo desenvolvimento, podem medir cerca de 15 mm de comprimento. Ao se alimentarem da porção cortical do caule, formam galerias próximo à superfície (Figura 24). Depois de 3 meses, a larva, ainda na galeria, antes de transformar-se em pupa (Figura 25), vai tecer um casulo utilizando as próprias fibras do tronco do mamoeiro (Fancelli et al., 1996; Sanches; Nascimento, 1999).

Fotos: Nilton Friztons Sanches



Figura 23. Adultos da broca-do-mamoeiro.

Os adultos podem ser encontrados, abrigados em fendas do caule próximas ao pedúnculo dos frutos, sob folhas e no solo.

Foto: Nilton Fritzens Sanches



Figura 24. Larva de coleóbroca.

Danos e importância econômica

A depender da intensidade do ataque causado por essa broca, as plantas atacadas podem ser facilmente reconhecidas, pois, dos orifícios abertos, escorre uma exsudação escura, que facilita o seu monitoramento (Figura 26). Em altas infestações, a planta pode morrer.

Controle

Durante o monitoramento das pragas, ao constatar a presença da broca, inspeções devem ser feitas a cada 8 dias nos mamoeiros, com o objetivo de localizar as larvas e destruí-las mecanicamente. Em seguida, deve-se aplicar inseticida que tenha ação de contato



Fotos: Nilton Fritzens Sanches

Figura 25. Casulo da broca-do-mamoeiro encontrada no tronco (A) e detalhe da praga (B).



Fotos: Nilton Fritzens Sanches

Figura 26. Sintomas de ataque da coleóbroca, com exsudações na casca (A) e morte em campo com alta infestação (B).

ou profundidade, pincelando ou pulverizando o caule, desde o colo até a inserção das folhas mais velhas. Os produtos a serem aplicados devem estar registrados para a cultura do mamão, citados no Agrofit – base de dados do Mapa. Para recomendação e aplicação de agrotóxicos, segundo a legislação em vigor, é necessário receituário agrônomo preenchido e assinado por responsável técnico.

Os plantios velhos e as plantas drasticamente infestadas devem ser arrancados e queimados, a fim de evitar futuras infestações nas áreas novas.

Moreira et al. (2011) observaram o comportamento do parasitoide *Cervellus piranga* Pentead-Dias (Hymenoptera, Braconidae) na broca *P. obesus* e enfatizaram a importância da sua ocorrência natural, podendo contribuir na regulação das populações dessa broca.

Mosca-das-frutas

As moscas-das-frutas constituem um grupo de pragas da ordem Diptera, família Tephritidae, cuja importância econômica é mundialmente reconhecida. No âmbito do comércio internacional, de frutas in natura, a exportação do mamão é afetada por restrição quarentenária por ser hospedeiro de duas espécies de moscas-das-frutas: a mosca-do-mediterrâneo [*Ceratitis capitata* (Wied., 1824) (Diptera: Tephritidae)] e a mosca-sul-americana [*Anastrepha fraterculus* (Wied., 1830) (Diptera: Tephritidae)] (Figuras 27 e 28).

O mamão é considerado um hospedeiro secundário de moscas-das-frutas. Entretanto, em regiões de ocorrência da meleira do mamoeiro, causada por uma virose, esse fruto torna-se suscetível ao ataque de moscas-das-frutas, notadamente da espécie *C. capitata*. Martins et al. (2005) registraram a ocorrência de moscas-das-frutas em um pomar comercial de mamão no Norte do estado do Espírito Santo, onde foram coletados cerca de 5 mil exemplares de *C. capitata* e três de *A. fraterculus*.



Foto: Nilton Fritzens Sanches

Figura 27. Adulto da mosca-das-frutas *Ceratitis capitata*.



Foto: Nilton Fritzens Sanches

Figura 28. Adulto da mosca-das-frutas *Anastrepha fraterculus*.

Distribuição geográfica

Cerca de oito espécies de moscas-das-frutas do gênero *Anastrepha* e a espécie *C. capitata* são consideradas espécies-praga de importância econômica para a fruticultura no Brasil. *Ceratitis capitata* tem preferência por hospedeiros introduzidos, é originária da África e foi introduzida no Brasil em 1901 (Ihering, 1901) (primeiro relato). As espécies de *Anastrepha* desenvolvem-se preferencialmente em frutos nativos. Atualmente, *C. capitata* e as principais espécies-praga de *Anastrepha* estão distribuídas praticamente em todo o território nacional.

Descrição e ciclo de vida

O adulto de *C. capitata* apresenta o tórax preto e desenhos simétricos brancos. O abdômen

é amarelado com duas listras transversais acinzentadas. As asas são transparentes, levemente rosadas, com listras amarelas, sombreadas. O ovo é alongado (1 mm de comprimento), apresenta coloração branca, enquanto as larvas são branco-amareladas, com um aspecto vermiforme. A extremidade anterior das larvas é afilada e a posterior arredondada, atingindo 8 mm de comprimento no último estágio de desenvolvimento. De 2 a 3 dias após a postura, a larva eclode no interior do fruto, alimentando-se da polpa por um período aproximado de 10 a 12 dias. Após esse período, elas abandonam o fruto e penetram no solo para transformarem-se em pupa, que possui a forma de um pequeno barril (4 mm–5 mm de comprimento), de coloração marrom-escuro. Depois de 12 dias, o adulto (4 mm–5 mm de comprimento e 10 mm–12 mm de envergadura) emerge. Nas espécies de *Anastrepha*, os adultos têm coloração amarela e possuem o dobro do tamanho da espécie *C. capitata*, mas a biologia das duas espécies é semelhante.

Danos e importância econômica

Em condições normais, quando o pomar está isento de plantas infectadas pela meleira do mamoeiro, essas moscas atacam os frutos somente no estágio de maturação 3 a 4. As larvas da mosca se alimentam da polpa do mamão, tornando flácida a região atacada do fruto.

Associação da mosca-das-frutas *C. capitata* com a meleira do mamoeiro

Os frutos ainda verdes da planta infectada pelo Papaya meleira virus (PMeV) são suscetíveis ao ataque das moscas-das-frutas (Nascimento et al., 2000).

Considerando que a meleira é uma das principais doenças da cultura do mamoeiro, e se encontra disseminada nas áreas de produção, a associação dessa doença com as

moscas-das-frutas transforma o mamão, antes um “hospedeiro ocasional” de *C. capitata*, em um hospedeiro primário ou preferencial (Nascimento et al., 2003).

Controle

Como medida preventiva de controle, os pomares devem ser instalados longe de cafezais cultivados com a espécie *Coffea arabica* L., e a colheita dos frutos deve-se realizar no início da maturação. Deve-se evitar que frutos maduros permaneçam nas plantas ou sejam descartados no interior do pomar. Recomenda-se evitar a presença de lavouras abandonadas nas proximidades de pomares em produção e, sempre que possível, efetuar o monitoramento permanente das moscas-das-frutas com o uso de frascos caça-moscas.

O mamão é considerado um hospedeiro secundário das moscas-das-frutas graças à presença, no látex do fruto, do benzil-isotiocianato (BITC), composto químico responsável pela resistência do fruto ao ataque das moscas-das-frutas. A concentração do BITC é reduzida no látex à medida que o fruto amadurece, tornando-o assim suscetível ao ataque das moscas-das-frutas. O mamão brasileiro enfrenta barreiras quarentenárias pelos Estados Unidos e pelo Japão, contra as moscas-das-frutas. No final da década de 1990, a barreira para os Estados Unidos foi quebrada graças ao trabalho desenvolvido pelo Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), pela Universidade de São Paulo (USP) e pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), dentro do conceito do *System Approach*. Esse conceito integra as práticas de pré e pós-colheita empregadas nas fases de produção, colheita, empacotamento e transporte, promovendo em cada etapa a garantia quarentenária exigida pelo país importador (Martins; Malavasi, 2003). Na prática, a implantação do *System Approach* consiste no monitoramento permanente do pomar, bem como na supressão populacional

das moscas-das-frutas tão logo seja capturado, em média, um adulto por armadilha por dia (MAD = 1). A ausência de frutos acima do estágio 3 de maturação (frutos com casca com mais de 50% amarelecida) e de plantas infectadas pela meleira do mamoeiro na lavoura é uma exigência do *System Approach*.

Monitoramento de adultos

A eficiência do monitoramento de adultos de moscas-das-frutas está na dependência da qualidade do atrativo (alimentar ou sexual), do tipo de armadilha utilizado e da sua localização no campo. Deve-se ressaltar que as armadilhas com atrativo alimentar têm eficiência relativamente baixa, quando comparadas às armadilhas com atrativo sexual: seu raio de ação varia entre 1 m e 10 m. Cerca de apenas 30% dos adultos que visitam uma armadilha do tipo McPhail (com atrativo alimentar) são efetivamente capturados.

Tipos de armadilhas

A armadilha mais recomendada para *C. capitata* é a do tipo Jackson, com atrativo sexual trimedlure. Utiliza-se também a do tipo McPhail de plástico com atrativo alimentar.

Atrativo alimentar

Para as espécies do gênero *Anastrepha* e para a mosca-do-mediterrâneo (*C. capitata*), utiliza-se hidrolisado de proteína enzimático na concentração de 5%, estabilizado com bórax (pH entre 8,5 e 9,0), o que evita a decomposição do atrativo. Outros atrativos são utilizados nessas armadilhas: sucos de frutas (uva ou pêsego, na proporção de 1:4 L ou 1:10 L respectivamente), vinagre de vinho, rapadura (7%) e suco de mamão (25%).

Atrativo sexual

O trimedlure [ácido terc-butil-4 (ou 5)-cloro-2-metil-ciclohexano-carboxílico] é o atrativo

específico para machos da mosca-do-mediterrâneo (*C. capitata*). No estado líquido, é um produto volátil, de cor clara, com cheiro de frutas e não corrosivo. Na atração da mosca-da-carambola [*Bactrocera dorsalis* (Hendel)], utiliza-se o metil-eugenol (1-allil 1-3, dimetoxibenzeno), que é específico para machos de várias espécies do gênero *Bactrocera*. No estado líquido, o metil-eugenol é de cor amarelo-clara, com aroma de cravo-da-índia.

Localização e densidade das armadilhas

A armadilha deve ser instalada sob a copa do mamoeiro, na altura dos frutos e nos locais onde haja maior chance de captura do inseto adulto, ou seja, em árvores de sombra nas bordaduras do pomar de mamão ou nos hospedeiros preferenciais, próximo aos talhões, sempre à sombra e a uma altura de 1,8 m a 2,0 m ou no terço inferior da árvore.

Densidade das armadilhas

Para a armadilha do tipo McPhail, em pomares de até 1 ha, devem-se utilizar quatro armadilhas; de 2 ha a 5 ha, duas armadilhas por hectare; acima de 5 ha, uma armadilha por hectare.

As armadilhas com atrativo sexual são mais eficientes do que aquelas com atrativo alimentar, por isso a sua densidade deve ser reduzida a 1/4 de vezes em relação à armadilha McPhail com atrativo alimentar.

Controle químico (composição e aplicação da isca tóxica)

A isca tóxica é uma solução composta pelo hidrolisado de proteína a 5% ou melaço de cana-de-açúcar a 7%, associado a um inseticida fosforado. A aspersão da isca é feita com pulverizador com bico em leque à base de 150 mL a 200 mL da calda por planta na parte sombreada da copa. A aplicação deve ser feita em toda a

periferia do pomar e em ruas alternadas. Deve-se dar preferência à isca tóxica à base de espinosade, pois apresenta alta eficiência e facilidade de aplicação. Por ser um produto de origem biológica, a molécula espinosade é recomendada para agricultura orgânica. Uma nova formulação de proteína hidrolisada foi testada para *A. fraterculus* em pomares de uva no Rio Grande do Sul, demonstrando alta eficiência e durabilidade em campo (Machota Jr. et al., 2013).

A aplicação da isca tóxica é feita com base na quantidade de moscas por armadilha por dia (índice MAD), ou seja, com base no monitoramento populacional da praga, esse índice é igual a 1.

Moscas-das-frutas regulamentadas

A Instrução Normativa (IN) nº 52/2007, do Mapa, estabeleceu como prioridade as espécies *Anastrepha ludens* (Loew), *Anastrepha suspensa* (Loew) e *Toxotripa curvicauda* (Gerstaecker), entre as diversas espécies de moscas-das-frutas de importância quarentenária ausentes no território nacional (Brasil, 2008; Sugayama, 2014).

A mosca-do-mamão (*T. curvicauda*), que é uma espécie monófaga, tem o mamão como seu único hospedeiro e se alimenta das sementes e da polpa do fruto. Ausente no território nacional, a mosca-do-mamão representa risco potencial, uma vez que pode ser introduzida no País e causar aumento do custo de produção de mamão, além de resultar na suspensão das exportações da fruta in natura. Na Flórida, EUA, essa espécie provoca danos que variam de 2% a 30%.

A ocorrência dessa espécie foi relatada nos seguintes países: Bahamas, Belize, Colômbia, Costa Rica, Cuba, República Dominicana, El Salvador, Guatemala, Honduras, México (Morelos, Oaxaca, Tamaulipas e Vera Cruz), Nicarágua, Panamá, Porto Rico, Trinidad, EUA (Flórida e Texas), Venezuela e Ilhas Virgens (Godoy et al., 2011; Suckling et al., 2014).

Formigas-cortadeiras

As formigas-cortadeiras, entre elas *Atta* spp. (Hymenoptera: Formicidae) (saúvas) e *Acromyrmex* spp. (Hymenoptera: Formicidae) (quenquéns), são insetos que se encontram disseminados pelo País inteiro e como tal normalmente trazem grandes prejuízos ao produtor de mamão. Normalmente, os maiores danos podem ocorrer no viveiro e logo após o plantio, pois as mudas estão ainda tenras, ficando suscetíveis aos ataques dessas formigas (Figura 29). O controle deve ser efetuado anteriormente ao plantio, usando-se iscas granuladas, formicidas em pó ou líquidos termonebulizáveis. Os produtos a serem aplicados devem estar registrados para a cultura do mamão, citados no Agrofite – base de dados do Mapa. Para recomendação e aplicação de agrotóxicos, segundo a legislação em vigor, é necessário receituário agrônomo preenchido e assinado por responsável técnico.



Foto: Nilton Fritzens Sanches

Figura 29. Sintoma de ataque de formigas cortadeiras a mudas de mamoeiros em plantios novos.

Lagarta-rosca

A lagarta-rosca *Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1776) (Lepidoptera; Noctuidae) é um inseto-praga importante, que ataca várias culturas e é encontrado em todo o mundo. Muito embora a cultura do mamão não seja atacada com muita frequência, suas plântulas no viveiro podem ser seccionadas rente ao solo por essa lagarta. De hábito noturno, ao longo do dia abriga-se, enrolada, sob o solo. Assim que esses sintomas nas plântulas forem observados, deve-se realizar o controle.

Percevejo-verde

Conhecido popularmente como percevejo-verde, percevejo-da-soja ou maria-fedida, o inseto *Nezara viridula* (L., 1758) (Hemiptera: Pentatomidae) está amplamente distribuído no

País e é uma das pragas da soja e também da mamona. Sua forma jovem é escura com manchas vermelhas; já os adultos (que medem de 13 mm a 17 mm de comprimento) são verdes e, às vezes, escuros, com a face ventral verde-clara. A postura dos ovos é feita de modo agrupado, em placas; eles são amarelados e, já próximo à eclosão das ninfas, ficam rosados. No mamoeiro, as ninfas e os adultos têm o hábito de sugar a seiva das folhas e, principalmente, dos frutos. No local da picada, surgem manchas que prejudicam a comercialização dos frutos e, conseqüentemente, causam prejuízos ao agricultor (Sanches; Nascimento, 1999).

Inimigos naturais

Em monitoramentos periódicos de pragas do mamoeiro, tem-se observado, também, a ocorrência constante de inimigos naturais associados a essas pragas, entre as quais estão os seguintes: as joaninhas *Cycloneda sanguinea* e *Pentilia egena* (Coleoptera: Coccinellidae) (esta última é predadora da cochonilha *A. comperei*) (Figura 30); o ácaro predador *N. idaeus* (Mesostigmata: Phytoseiidae), que se alimentam de ácaros tetraniquídeos; o bicho-lixeiro *Chrysoperla* sp. (Neuroptera: Chrysopidae) (Figura 31); e as aranhas (Araneida) (Figura 32).

Fotos: Nilton Frizon Sanches

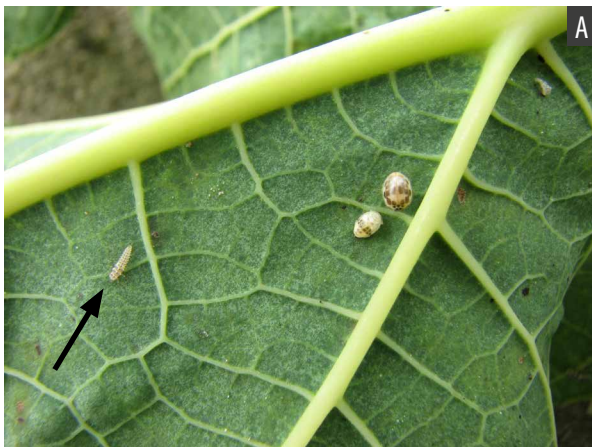
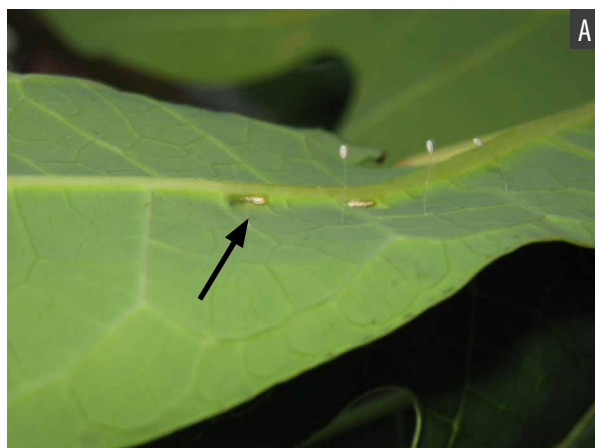


Figura 30. Joaninha predadora (*Cycloneda sanguinea*) nas fases larval (A), pupa (B) e adulta (C).



Fotos: Nilton Fritzens Sanches

Figura 31. Típica postura de ovos de crispídeo na face inferior da folha de mamoeiro (A) e crispídeo adulto (B).

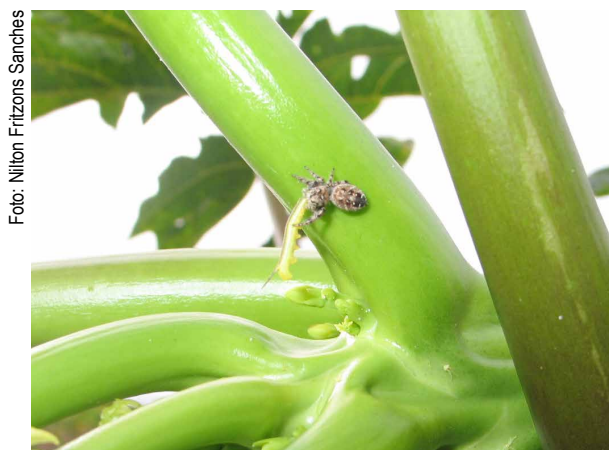


Foto: Nilton Fritzens Sanches

Figura 32. Aranha (predador inespecífico) predando lagarta (1º estágio) de mandarorová.

Considerações finais

O programa de Produção Integrada de Mamão do Mapa contribuiu de maneira significativa para a identificação das espécies-praga associadas ao cultivo do mamoeiro nas diversas regiões produtoras. A identificação das espécies, a importância do monitoramento das pragas, a determinação dos níveis de controle, bem como os impactos causados pelas viroses nos sistemas de produção do mamoeiro foram os pilares para o desenvolvimento desse programa.

Há ainda muito trabalho a ser desenvolvido nessa área. Muitas dessas atividades podem e devem ser realizadas com o apoio do setor produtivo, no intuito de facilitar a apropriação

adequada das tecnologias geradas, a fim de garantir a sustentabilidade econômica, social e ambiental desse relevante setor agropecuário.

Referências

AGROFIT: sistema de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 16 maio 2018.

BARBOSA, D. G. F.; GONDIM JR., M. G. C.; BARROS, R.; OLIVEIRA, J. V. de; SILVA, F. R. da. Biologia comparada de *Eutetranychus banksi* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) em fruteiras tropicais. **Neotropical Entomology**, v. 33, n. 4, p. 403-406, jul./ago. 2004. DOI: [10.1590/S1519-566X2004000400002](https://doi.org/10.1590/S1519-566X2004000400002).

BERLINGER, M. J. Host plant resistance to *Bemisia tabaci*. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 17, n. 1-2, p. 69-82, Aug. 1986. DOI: [10.1016/0167-8809\(86\)90028-9](https://doi.org/10.1016/0167-8809(86)90028-9).

BERRY, S. D.; FONDONG, V. N.; REY, C.; ROGAN, D.; FAUQUET, C. M.; BROWN, J. K. Molecular evidence for five distinct *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) geographic haplotypes associated with cassava plants in Sub-Saharan Africa. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 97, n. 4, p. 852-859, July 2004. DOI: [10.1603/0013-8746\(2004\)097\[0852:MEFFDB\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2004)097[0852:MEFFDB]2.0.CO;2).

BOLLAND, H. R.; GUTIERREZ, J.; FLECHTMANN, C. H. W. **World catalogue of the spider mite family**: (Acari: Tetranychidae). [S.l.]: Brill, 1998. 392 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 41, de 1 de julho de 2008. Altera os anexos I e II da IN 52/2007. **Diário Oficial da União**: seção 1, p. 8, 2 jul. 2008.

CASTRO, T. T. M. G. **Biologia comparada de *Tetranychus desertorum* Banks (Acari: Tetranychidae) em**

dois cultivares de mamoeiro (*Carica papaya* L.) e sua ocorrência em ambiente protegido. 2001. 52 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira.

COLLIER, K. F. S. **Potencial de *Neoseiulus idaeus* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae) como agente de controle biológico de ácaros fitófagos em mamoeiro.** 2001. 82 p. Tese (Doutorado em produção Vegetal) – Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Rio de Janeiro.

COLLIER, K. F. S.; LIMA, J. O. G. de. Toxicidade de agroquímicos a *Neoseiulus idaeus* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae) e a *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) e *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tarsonemidae, Tetranychidae) criados em mamoeiro (*Carica papaya* L.). **Revista Cereus**, n. 4, dez. 2010/jun. 2011. Online.

COLLIER, K. F. S.; LIMA, J. O. G. de; ALBUQUERQUE, G. S. Predacious mites in papaya (*Carica papaya* L.) orchards: in search of a biological control agent of phytophagous mite pests. **Neotropical Entomology**, v. 33, n. 6, p. 799-803, Nov./Dec. 2004. DOI: [10.1590/S1519-566X2004000600020](https://doi.org/10.1590/S1519-566X2004000600020).

COSTA LIMA, A. da. **Insetos do Brasil: homópteros.** Rio de Janeiro: Escola Nacional de Agronomia, 1942. t. 3, 327 p. (Série didática, n. 4).

CROOKER, A. Embryonic and juvenile development. In: HELLE, W.; SABELIS, M. W. (ed.). **Spider mites: their biology, natural enemies and control.** New York: Elsevier, 1985. p. 149-160.

CULIK, M. P.; MARTINS, D. dos S. First record of *Trialeurodes variabilis* (Quaintance) (Hemiptera: Aleyrodidae) on *Carica papaya* L. in the State of Espírito Santo, Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 33, n. 5, p. 659-660, Sept./Oct. 2004. DOI: [10.1590/S1519-566X2004000500019](https://doi.org/10.1590/S1519-566X2004000500019).

CULIK, M. P.; MARTINS, D. dos S.; GULLAN, P. J. First records of two mealybug species in Brazil and new potential pests of papaya and coffee. **Journal of Insect Science**, v. 6, n. 23, p. 1-6, 2006. DOI: [10.1673/2006_06_23.1](https://doi.org/10.1673/2006_06_23.1).

CULIK, M. P.; MARTINS, D. S.; VENTURA, J. A. **Índice de artrópodes pragas do mamoeiro (*Carica papaya* L.).** Vitória: Incaper, 2003. 48 p. (Incaper. Documentos, 121).

DE BARRO, P. J.; LIU, S.-S.; BOYKIN, L. M.; DINSDALE, A. B. *Bemisia tabaci*: a statement of species status. **Annual Review of Entomology**, v. 56, p. 1-19, 2011. DOI: [10.1146/annurev-ento-112408-085504](https://doi.org/10.1146/annurev-ento-112408-085504).

DEMITE, P. R.; MORAES, G. J. de; MCMURTRY, J. A.; DENMARK, H. A.; CASTILHO, R. C. **Phytoseiidae Database.** 2021. Disponível em: www.lea.esalq.usp.br/phytoseiidae. Acesso em: 27 jan. 2021.

FANCELLI, M.; SANCHES, N. F.; DANTAS, J. L. L.; MORALES, C. F. G. Pragas do mamoeiro. In: MENDES, L. G.; DANTAS, J. L. L.; MORALES, C. F. G. (ed.). **Mamão no Brasil.** Cruz das Almas: EUFBA: Embrapa-CNPMPF, 1996. p. 77-84.

FANCELLI, M.; TEIXEIRA, V. I.; COSTA, R. M. B. da; MAGALHÃES, B. da C.; LOURENÇÃO, A. L.; SANTOS JUNIOR, H. J. G.; CALDAS, R. C. Infestação de *Trialeurodes variabilis* (Quaintance) (Hemiptera: Aleyrodidae) em genótipos de mamoeiro em Petrolina, estado de Pernambuco. **Neotropical Entomology**, v. 33, n. 4, p. 513-516, jul./ago. 2004. DOI: [10.1590/S1519-566X2004000400019](https://doi.org/10.1590/S1519-566X2004000400019).

FERERES, A.; MORENO, A. Behavioral aspects influencing plant virus transmission by homopteran insects. **Virus Research**, v. 141, n. 2, p. 158-168, May 2009. DOI: [10.1016/j.virusres.2008.10.020](https://doi.org/10.1016/j.virusres.2008.10.020).

FLECHTMANN, C. H. W. Ácaros de importância agrícola. São Paulo: Nobel, 1989. 189 p.

FLECHTMANN, C. H. W.; MORAES, R. C. B. **Tetranychidae Database.** 2017. Disponível em: <http://www.lea.esalq.usp.br/tetranychidae>. Acesso em: 27 jan. 2021.

GILL, R. J. **The scale insects of California. Part I: The soft scales.** Sacramento: California Department of Food and Agriculture, 1988. 132 p.

GODOY, M. J. S.; PACHECO, W. S. P.; MALAVASI, A. Moscas-das-frutas quarentenárias para o Brasil. In: SILVA, R. A. da; LEMOS, W. de P.; ZUCCHI, R. A. (ed.). **Moscas-das-frutas na Amazônia brasileira: diversidade, hospedeiros e inimigos naturais.** Macapá: Embrapa Amapá, 2011. p. 113-131.

HENNEBERRY, T. J.; NARANJO, S. E.; FORER, G.; HOROWITZ, A. R. Biology, ecology, and management of sweetpotato whiteflies on cotton. In: HEQUET, E.; HENNEBERRY, T. J.; NICHOLS, R. L. **Sticky cotton: causes, effects, and prevention.** [S.l.]: United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 2007. p. 67-85. (Technical bulletin, n. 1915).

HODGES, G. S.; EVANS, G. A. An identification guide to the whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae) of the southeastern United States. **Florida Entomologist**, v. 88, n. 4, p. 518-534, Dec. 2005. DOI: [10.1653/0015-4040\(2005\)88\[518:AIGTTW\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1653/0015-4040(2005)88[518:AIGTTW]2.0.CO;2).

IHERING, H. von. Laranjas bichadas. **Revista Agrícola**, v. 6, n. 70, p. 179-181, 1901.

KALLESHWARASWAMY, C. M.; KRISHNA KUMAR, N. K. Transmission efficiency of *Papaya ringspot virus* by three aphid species. **Phytopathology**, v. 98, n. 5, p. 541-546, 2008. DOI: [10.1094/PHYTO-98-5-0541](https://doi.org/10.1094/PHYTO-98-5-0541).

KRANTZ, G. W. **A manual of acarology.** 2nd ed. Oregon: Oregon State University, 1978. 509 p.

- KRISHNA KUMAR, N. K.; SINGH, H. S.; KALLESHWARASWAMY, C. M. Aphid (Aphididae: Homoptera) Vectors of Papaya Ringspot Virus (PRSV), bionomics, transmission efficiency and factors contributing to epidemiology. **Acta Horticulturae**, n. 851, p. 431-443, 2010. II International Symposium on Papaya. DOI: [10.17660/ActaHortic.2010.851.67](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.851.67).
- LIMA, R. P. de. **Biologia de *Tetranychus bastosi* Tuttle, Baker e Sales, (Acari: Tetranychidae)**. 2013. 53 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Regional do Cariri- PPBM/URCA, Crato.
- MACHOTA JUNIOR, R.; BORTOLI, L. C.; GARCIA, F. R. M.; BOTTON, M. Estratégia atrativa. **Cultivar HF**, ano 12, n. 81, p. 20-23, ago./set. 2013.
- MARIN, S. L. D.; GOMES, I. D.; SALGADO, J. S.; MARTINS, D. dos S.; FULLIN, E. A. **Recomendações para a cultura do mamoeiro dos grupos Solo e Formosa no Estado do Espírito Santo**. Vitória: Emcapa, 1995. 57 p. (Emcapa. Circular técnica, 3).
- MARTELLETO, L. A. P.; RIBEIRO, R. de L. D.; SUDO-MARTELLETO, M.; VASCONCELLOS, M. A. da S.; MARIN, S. L. D.; PEREIRA, M. B. Cultivo orgânico do mamoeiro 'Baixinho de Santa Amália' em diferentes ambientes de proteção. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 3, p. 662-666, set. 2008. DOI: [10.1590/S0100-29452008000300017](https://doi.org/10.1590/S0100-29452008000300017).
- MARTINS, D. dos S. Manejo de pragas do mamoeiro. In: MARTINS, D. dos S.; COSTA, A. de F.S. da. (ed.). **A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção**. Vitória: Incaper, 2003. p. 309-344.
- MARTINS, D. dos S.; CULIK, M. P. Occurrence of the green leafhopper of papaya, *Solanasca bordia* (Langlitz) (Hemiptera: Cicadellidae), in Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 34, n. 1, p. 131-132, Jan./Feb. 2005. DOI: [10.1590/S1519-566X2005000100019](https://doi.org/10.1590/S1519-566X2005000100019).
- MARTINS, D. dos S.; CULIK, M. P.; COUTO, A. de O. F.; LIMA, R. de C. A. *Solanasca bordia* (Langlitz, 1964) (Hemiptera: Cicadellidae), cigarrinha verde do mamoeiro – primeiro registro no Brasil. In: MARTINS, D. dos S. (ed.). **Papaya Brasil: qualidade do mamão para o mercado interno**. Vitória: Incaper, 2003. p. 560-562.
- MARTINS, D. dos S.; CULIK, M. P.; WOLFF, V. R. dos. S. New record of scale insects (Hemiptera: Coccoidea) as pests of papaya in Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 33, n. 5, p. 655-657, Sept./Oct. 2004. DOI: [10.1590/S1519-566X2004000500018](https://doi.org/10.1590/S1519-566X2004000500018).
- MARTINS, D. dos S.; FERREGUETTI, G. A.; BARCELLOS, B. D.; FORNAZIER, D. L.; FORNAZIER, M. J.; FANTON, C. J.; QUEIROZ, R. B.; ZANUNCIO JUNIOR, J. S. Infestação da cochonilha-do-mamoeiro em frutos de mamão na região norte do estado do Espírito Santo. In: SIMPÓSIO DO PAPAYA BRASILEIRO, 6., 2015, Vitória. **Tecnologia de produção e mercado para o mamão brasileiro: anais**. Vitória: Incaper, 2015a. 6 p.
- MARTINS, D. dos S.; LIMA, A. F. de; FORNAZIER, M. J.; BARCELLOS, B. D.; QUEIROZ, R. B.; FANTON, C. J.; ZANUNCIO JUNIOR, J. S.; FORNAZIER, D. L. Whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae) associated with papaya (*Carica papaya* L.). **Revista Científica Intellecto**, v. 1, n. 1, p. 78-86, 2016a.
- MARTINS, D. dos S.; MARIN, S. L. D. Pragas do mamoeiro. In: BRAGA SOBRINHO, R.; CARDOSO, J. E.; FREIRE, F. das G. O. (ed.). **Pragas de fruteiras tropicais de importância agroindustrial**. Brasília, DF: EMBRAPA-CNPAT, 1998. p. 143-153.
- MARTINS, D. dos S.; VENTURA, J. A.; PAULA, R. de C. A. L.; FORNAZIER, M. J.; REZENDE, J. A. M.; CULIK, M. P.; FERREIRA, P. S. F.; PERONTI, A. L. B. G.; CARVALHO, R. C. Z. de; SOUSA-SILVA, C. R. Aphid vectors of *Papaya ringspot virus* and their weed hosts in orchards in the major papaya producing and exporting region of Brazil. **Crop Protection**, v. 90, p. 191-196, Dec. 2016b. DOI: [10.1016/j.cropro.2016.08.030](https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.08.030).
- MARTINS, D. S.; FORNAZIER, M. J.; CULIK, M. P.; VENTURA, J. A.; FERREIRA, P. S. F.; ZANUNCIO, J. C. Scale insect (Hemiptera: Coccoidea) pests of papaya (*Carica papaya*) in Brazil. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 108, n. 1, p. 35-42, Jan. 2015b. DOI: [10.1093/aesa/sau010](https://doi.org/10.1093/aesa/sau010).
- MARTINS, D. S.; MALAVASI, A. Aplicação do system approach para a exportação de frutas: mamão brasileiro para os Estados Unidos. In: ZAMBOLIM, L. (ed.). **Manejo integrado: produção integrada: fruteiras tropicais: doenças e pragas**. Viçosa: Ed. UFV, 2003. p. 7-35.
- MARTINS, D. S.; URAMOTO, K.; LANI, M. C. R. Diversidade de moscas-das-frutas nas áreas monitoradas no norte do Espírito Santo pelo Programa de Exportação do Mamão Brasileiro para os Estados Unidos. In: MARTINS, D. S. (ed.). **Papaya Brasil: mercado e inovações tecnológicas para o mamão**. Vitória: Incaper, 2005. p. 493-497.
- MORAES, G. J. de; McMURTRY, J. A.; DENMARK, H. A. **A catalog of the mite family Phytoseiidae: references to taxonomy, synonymy, distribution and habitat**. Brasília, DF: EMBRAPA-DDT, 1986. 353 p.
- MORAES, G. J.; FLECHTMANN, C. H. W. **Manual de acarologia: acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, 2008. 308 p.
- MOREIRA, M. A. B.; ZARBIN, P. H. G.; PENTEADO-DIAS, A. M.; TEODORO, A. V. Parasiting behavior of *Cervellus piranga* Penteado-Dias (Hymenoptera, Braconidae, Braconinae) on papaya borer weevil *Pseudopiazurus obesus* Marshall (Coleoptera, Curculionidae). (Short Communication). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 55, n. 4, p. 612-614, Oct./Dec. 2011. DOI: [10.1590/S0085-56262011005000053](https://doi.org/10.1590/S0085-56262011005000053).

- MORO, L. B.; POLANCZYK, R. A.; CARVALHO, J. R. de; PRATISSOLI, D.; FRANCO, C. R. Parâmetros biológicos e tabela de vida de *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) em cultivares de mamão. **Ciência Rural**, v. 42, n. 3, p. 487-493, mar. 2012. DOI: [10.1590/S0103-84782012000300016](https://doi.org/10.1590/S0103-84782012000300016).
- MORO, L. B.; POLANCZYK, R. A.; PRATISSOLI, D.; CARVALHO, J. R. de; FRANCO, C. R. Potencial do uso de fungos entomopatogênicos no controle de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) em mamoeiro: efeito de cultivares sobre a patogenicidade. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 78, n. 2, p. 267-272, abr./jun. 2011.
- NASCIMENTO, A. S.; FRIGHETTO, R. T. S.; MALAVASI, A.; HABIBE, T. C. Avaliação dos teores de benzilisotiocianato (BITC) em mamoeiros sadios e infectados pela meileira em condições de campo e telado. In: MARTINS, D. S. (ed.). **Papaya Brasil: qualidade do mamão para o mercado interno**. Vitória: Incaper, 2003. p. 597-600.
- NASCIMENTO, A. S.; MATRANGOLO, W. J. R.; BARBOSA, C. J.; MARQUES, O. M.; HABIBE, T. C. Associação de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) com a "meileira do mamoeiro" (*Carica papaya* L.). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 29, n. 4, p. 821-825, dez. 2000. DOI: [10.1590/S0301-80592000000400024](https://doi.org/10.1590/S0301-80592000000400024).
- NORONHA, A. C. da S.; SANCHES, N. F.; SANTOS FILHO, H. P.; OLIVEIRA, A. A. R.; OLIVEIRA, A. M. G.; SOUZA, J. A.; BOAVENTURA, V. J. Monitoramento de pragas e inimigos naturais em área experimental de cultivo de mamoeiro. In: MARTINS, D. dos S.; COSTA, A. N. da; COSTA, A. de F. S. (ed.). **Papaya Brasil: manejo, qualidade e mercado do mamão**. Vitória: Incaper, 2007a. p. 489-491.
- NORONHA, A. C. da S.; SANTOS FILHO, H. P.; SANCHES, N. F.; OLIVEIRA, A. A. R.; LOPES, F. F.; ANDRADE, P. R. O.; OLIVEIRA, A. M. G. de; BOAVENTURA, V. de J.; OLIVEIRA, V. de S.; SANTOS, M. de J. Ácaros associados à cultura do mamoeiro em áreas monitoradas no Sul da Bahia. In: MARTINS, D. S.; COSTA, A. N.; COSTA, A. F. S. (ed.). **Papaya Brasil: manejo, qualidade e mercado do mamão**. Vitória: Incaper, 2007b. p. 538-541.
- PANTOJA, A.; FOLLETT, P. A.; VILLANUEVA-JIMENÉZ, J. A. Pests of papaya. In: PEÑA, J. E.; SHARP, J. L.; WYSOKI, M. (ed.). **Tropical fruit pests and pollinators: biology, economic importance, natural enemies and control**. Oxon: CABI Publishing, 2002. p. 131-156. DOI: [10.1079/9780851994345.0131](https://doi.org/10.1079/9780851994345.0131).
- PERRING, T. M. The *Bemisia tabaci* species complex. **Crop Protection**, v. 20, n. 9, p. 725-737, Nov. 2001. DOI: [10.1016/S0261-2194\(01\)00109-0](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(01)00109-0).
- RAMOS-PORTILLA, A. A.; CABALLERO, A. Diaspididae on *Citrus* spp. (Rutaceae) from Colombia: new records and a taxonomic key to their identification. **Revista Facultad Nacional de Agronomía**, v. 70, n. 2, p. 8139-8154, 2017. DOI: [10.15446/rfna.v70n2.64519](https://doi.org/10.15446/rfna.v70n2.64519).
- ROBLES, W.; PANTOJA, A.; ABREU, E.; PEÑA, J.; ORTIZ, J.; LUGO, M. de L.; CORTÉS, M.; MACCHIAVELLI, R. El efecto de prácticas agronómicas sobre el nivel poblacional de áfidos y virosis en *Carica papaya* L. **Manejo Integrado de Plagas y Agroecología**, v. 77, p. 38-43, 2006.
- RODRIGUES, S. P.; ANDRADE, J. S.; VENTURA, J. A.; LINDSEY, G. G.; FERNANDES, P. M. B. Papaya meileira virus is neither transmitted by infection at wound sites nor by the whitefly *Trialeurodes variabilis*. **Journal of Plant Pathology**, v. 91, n. 1, p. 87-91, 2009.
- RUGGIERO, C.; VENTURA, J. A.; DURIGAN, J. F.; NATALE, W.; BENASSI, A. C.; ALMEIDA, G. V. de B.; MARTINS, D. dos S.; DURIGAN, M. F. B. Mamão. **Informe Agropecuario**, v. 32, n. 264, p. 73-81, 2011.
- SANCHES, N. F.; NASCIMENTO, A. S. do. Pragas e seu controle. In: SANCHES, N. F.; DANTAS, J. L. L. (coord.). **O cultivo do mamão**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 1999. p. 56-66. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Circular técnica, 34).
- SANCHES, N. F.; NASCIMENTO, A. S. do; MARTINS, D. dos S.; MARIN, S. L. D. Pragas. In: RITZINGER, C. H. S. P.; SOUZA, J. da S. (org.). **Mamão: fitossanidade**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura; Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. 91 p. (Frutas do Brasil, 11).
- SANCHES, N. F.; NASCIMENTO, A. S. Pragas e seu controle. In: TRINDADE, A. V. (org.). **Mamão: produção: aspectos técnicos**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura; Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. 77 p. (Frutas do Brasil, 3).
- SANCHES, N. F.; SANTOS FILHO, H. P.; NORONHA, A. C. da S.; OLIVEIRA, A. A. da; OLIVEIRA, A. A. da R.; SANTOS, M. J.; LOPES, F. F.; ANDRADE, P. R. O. Ocorrência de ataque do mandarová *Erinnyis ello* em mamoeiros na Fazenda Palmares, município de Porto Seguro-BA: estudo de caso. In: MARTINS, D. dos S.; COSTA, A. N. da; COSTA, A. de F. S. da. (Ed.). **Papaya Brasil: manejo, qualidade e mercado do mamão**. Vitória: Incaper, 2007. p. 502-504.
- SANTOS FILHO, H. P.; NORONHA, A. C. da S.; OLIVEIRA, A. A. R.; SANCHES, N. F.; OLIVEIRA, A. M. G.; LOPES, F. F.; ANDRADE, P. R. O.; SOUZA, J. A.; SIRTOLI, M. C.; SANTOS, M. de J. **Pragas e seus inimigos naturais na cultura do mamoeiro**: procedimentos de monitoramento e níveis de controle. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2007. 5 p. 1 CD-ROM. (Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Circular técnica, 86).
- SANTOS FILHO, H. P.; NORONHA, A. C. da S.; SANCHES, N. F.; OLIVEIRA, A. A. R.; OLIVEIRA, A. M. G. de; ANDRADE, P. R. O. de; LOPES, F. F. Manejo integrado de pragas e doenças do mamoeiro com base em resultados de

monitoramento. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PRAGAS, 1., 2009, Belém, PA. **Manejo Integrado de pragas, doenças e plantas daninhas em grãos e fruteiras**: anais. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009a. 1 CD-ROM.

SANTOS FILHO, H. P.; NORONHA, A. C. S.; SANCHES, N.; OLIVEIRA, V. S.; LOPES, F. F.; SOUZA, P. R. A.; OLIVEIRA, A. A. Monitoramento de pragas e inimigos naturais na cultura do mamoeiro. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO INTEGRADA DE FRUTAS, 8., 2006, Vitória. **Anais** [...] Vitória: Incaper, 2006. v. 1, p. 198-199.

SANTOS FILHO, H. P.; OLIVEIRA, A. A. R.; SANCHES, N. F.; NORONHA, A. C. da S.; OSÓRIO, A. C. B.; OLIVEIRA, A. M. G.; ANDRADE, P. R. O. de; LOPES, F. F.; SANTOS, M. J. dos; SOUZA, J. A. de; SIRTOLI, M. G. **Ficha de amostragem de pragas e doenças do mamoeiro**: memorial descritivo. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2010. 19 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Documentos, 188).

SANTOS FILHO, H. P.; SANCHES, N. F.; OLIVEIRA, A. A. R.; NORONHA, A. C. da S.; ANDRADE, P. R. O. de; LOPES, F. F.; OLIVEIRA, A. M. G. **Identificação e monitoramento de pragas regulamentadas e seus inimigos naturais na cultura do mamoeiro**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2009b. 23 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Documentos, 179).

SANTOS FILHO, H. P.; SANCHES, N. F.; OLIVEIRA, A. A. R.; NORONHA, A. C. da S.; ANDRADE, P. R. O. de; LOPES, F. F.; OLIVEIRA, A. M. G. **Identificação e monitoramento de pragas regulamentadas e seus inimigos naturais na cultura do mamoeiro**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2011. 44 p. Cartilha de campo.

SILVA, A. G. D. A. e; GONÇALVES, C. R.; GALVÃO, D. M.; GONÇALVES, A. J. L.; GOMES, J.; SILVA, M. N.; SIMONI, L. de. **Quarto catálogo dos insetos que vivem nas plantas do Brasil, seus parasitos e predadores**: insetos, hospedeiros e inimigos naturais. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1968. pt. 2, t. 1, 622 p.

SOUSA, W. O. de; SANTOS G. B. dos; ROSADO-NETO, G. H. Aspectos morfológicos de *Pseudopiazurus obesus* (Boheman) e considerações sobre a sinonímia com *Pseudopiazurus papayanus* (Marshall) (Coleoptera, Curculionidae). **Acta Biológica Paranaense**, v. 33, n. 1-4, p. 167-179, 2004. DOI: [10.5380/abpr.v33i0.632](https://doi.org/10.5380/abpr.v33i0.632).

SUCKLING, D. M.; KEAN, J. M.; STRINGER, L. D.; CÁCERES-BARRIOS, C.; HENDRICH, J.; REYES-FLORES, J.; DOMINIAK, B. C. Eradication of Tephritid fruit fly pest populations: outcomes and prospects. **Pest Management Science**, v. 72, n. 3, p. 456-465, out. 2014. DOI: [10.1002/ps.3905](https://doi.org/10.1002/ps.3905).

SUGAYAMA, R. Pragas quarentenárias ausentes de relevância para a fruticultura tropical. In: WORKSHOP AMEAÇAS FITOSSANITÁRIAS, 6., 2014, Fortaleza. **Palestra**. [S.l.: s.n., 2014].

VIDAL, C. A.; NASCIMENTO, A. S.; HABIBE, T. C. Transmissão do vírus da meleira do mamoeiro (*Carica papaya*) por insetos. **Magistra**, v. 17, n. 2, p. 101-106, 2005.

VIEIRA, M. R.; CORREA, L. de S.; CASTRO, T. M. M. G. de; SILVA, L. F. S. da; MONTEVERDE, M. de S. Efeito do cultivo do mamoeiro (*Carica papaya* L.) em ambiente protegido sobre a ocorrência de ácaros fitófagos e moscas-brancas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 3, p. 441-445, dez. 2004. DOI: [10.1590/S0100-29452004000300017](https://doi.org/10.1590/S0100-29452004000300017).

VIEIRA, M. R.; CORREA, L. S. Ocorrência de moscas-brancas (Hemiptera: Aleyrodidae) e do predador *Delphastus pusillus* (LeConte) (Coleoptera: Coccinellidae) em mamoeiro (*Carica papaya* L.) sob cultivo em ambiente protegido. **Neotropical Entomology**, v. 30, n. 1, p. 171-173, mar. 2001. DOI: [10.1590/S1519-566X2001000100026](https://doi.org/10.1590/S1519-566X2001000100026).

XIAO, Y.; CHEN, J.; CANTLIFFE, D.; MCKENZIE, C.; HOUBEN, K.; OSBORNE, L. S. Establishment of papaya banker plant system for parasitoid, *Encarsia sophia* (Hymenoptera: Aphelinidae) against *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in greenhouse tomato production. **Biological Control**, v. 58, n. 3, p. 239-247, Sept. 2011. DOI: [10.1016/j.biocontrol.2011.06.004](https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2011.06.004).



CAPÍTULO 12

Uso de agrotóxicos

Hermes Peixoto Santos Filho

Nilton Fritzon Sanches

Antonio Alberto Rocha Oliveira

Introdução

A tendência atual de crescimento das áreas de produção no Brasil e das exportações brasileiras de mamão exige atenção redobrada dos fruticultores no uso correto dos agrotóxicos, em virtude da necessidade de monitoramento constante do limite máximo de resíduo (LMR) aceitável, bem como da proibição do uso de determinados princípios ativos, que é feita pelos países importadores.

O LMR é um conceito de caráter toxicológico, estabelecido na legislação e definido como a quantidade máxima de resíduo de agrotóxico legalmente aceita no alimento, em decorrência da aplicação adequada numa fase específica, desde sua produção até o consumo, expressa em partes do agrotóxico por um milhão de partes de alimento (em peso) – ppm ou mg kg^{-1} (Lima; Corrêa, 2012).

A análise da regulamentação sobre os LMRs compreende a avaliação da compatibilidade e da adequação dos limites adotados pelos países com as referências internacionais aceitas, ou seja, com os limites necessários para garantir a segurança no seu consumo, de acordo com a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO) (Codex Alimentarius, 2017).

A escalada no emprego de pesticidas e o desrespeito à legislação fitossanitária podem não só motivar restrições ao consumo do mamão brasileiro como causar danos ao meio ambiente, colocar em risco a saúde dos aplicadores e consumidores e causar prejuízos aos produtores, incluindo a devolução de toda a carga exportada.

Somente no ano de 2016, mais de 300 novos LMRs foram estabelecidos para culturas de suporte fitossanitário insuficiente. Desse modo, nos resultados de 2013 a 2015, identificou-se que 19,7% de amostras continham irregularidades. Das 12.051 amostras monitoradas, 362

(3,00%) apresentaram resíduos em concentrações acima do LMR, 2.211 (18,30%) apresentaram resíduos de agrotóxicos não autorizados para a cultura e, em 202 (1,68%), foram detectados simultaneamente resíduos de agrotóxicos não autorizados para a cultura e resíduos em concentrações superiores ao LMR (Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2017).

A União Europeia é o principal mercado consumidor, para onde são exportados cerca de 70% da produção de mamão. No entanto, algumas dessas exportações não são aceitas pela Comunidade Europeia por causa da presença, nos frutos, de resíduos de agrotóxicos não registrados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa). Os níveis de resíduos de pesticidas são definidos pelos LMRs, que são estabelecidos para o agrotóxico e para a cultura, e podem ser inexistentes ou diferentes em determinados países, assim como podem ter os seus valores alterados periodicamente (Telteboim et al., 2007).

A concentração de um agrotóxico representa a quantidade de ingrediente ativo nele presente, e o intervalo de segurança ou período de carência corresponde ao prazo entre a última aplicação do agrotóxico e a colheita ou comercialização da fruta, a fim de que os LMRs sejam reduzidos ao teor tolerável ao consumo humano.

No âmbito internacional, os LMRs são determinados pelo Comitê para Resíduos de Pesticidas do Codex Alimentarius (CCPR), seguindo recomendações da FAO e da Organização Mundial de Saúde (OMS). Os países que não dispõem de sistema organizado de registro de agrotóxico adotam os limites instituídos pelo CCPR (Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos, 2011).

Devido ao registro de novos produtos para a cultura do mamão, também aumenta a determinação de novos LMRs, cujos valores podem variar entre os países importadores. Dessa

maneira, é necessário que o produtor tenha uma base de dados para consulta e busca de informações atualizadas. Os limites exigidos por Estados Unidos, Canadá e União Europeia para agrotóxicos utilizados em fruteiras, incluindo o mamão, podem ser coletados no banco de dados do Foreign Agricultural Service (FAS) – United States Department of Agriculture (Usda), disponível na internet. Nessa mesma base, também constam informações sobre os LMRs adotados pelo Brasil, especificações sobre commodity, pesticida e países sobre os quais se deseja saber a respeito dos LMRs estipulados. Essa base de dados é atualizada regularmente, usando distintas fontes conforme o país: Estados Unidos – Environmental Protection Agency (EPA)¹ – Federal Register Notices; União Europeia²; Canadá – Pest Management Regulatory Agency (PMRA); Austrália – Food Standards Australia New Zealand (FSANZ); e Nova Zelândia – New Zealand Food Safety Authority (NZFSA). Com base semanal, as seguintes fontes podem ser consultadas: World Trade Organization (WTO) Sanitary and Phytosanitary (SPS) measures, Technical Barriers to Trade (TBT) notifications, Usda and Foreign Agricultural Service (FAS). (European Commission, 2005; Telteboim et al., 2007).

A importação do mamão do grupo Solo para os Estados Unidos tem embasamento no *system approach*, que é um conceito que integra as práticas de pré e pós-colheita empregadas nas etapas de produção, colheita, embalagem e transporte dos frutos, o qual permite afirmar que o produto está livre de determinada praga, aceito e regulamentado pela Quarentena de Frutos e Vegetais do U. S. Department of Agriculture (Estados Unidos, 2017).

A publicação deste capítulo visa proporcionar atualizações de recomendações para a correção de práticas tecnicamente erradas acerca do uso de agrotóxicos que possam gerar algum tipo de restrição ao consumo de mamão tanto no mercado interno como no externo; fornecer informações necessárias à indicação e à prescrição dos agrotóxicos recomendados para a cultura do mamoeiro; e aumentar a eficiência no controle químico, fornecendo informações práticas sobre a tecnologia de aplicação de agrotóxicos, além dos cuidados que devem ser tomados ao estocar, manusear e descartar as suas embalagens.

Os agrotóxicos

Segundo Waichman (2012), o setor agrícola define os agrotóxicos como defensivos agrícolas, uma vez que, na visão do setor, essas substâncias constituem um dos principais instrumentos utilizados nas estratégias de defesa agrícola e proteção de plantas. Entretanto, neste capítulo, a denominação de agrotóxico será dada com base em diversas legislações estaduais e na Lei Federal nº 7.802/1989 – Lei dos Agrotóxicos (Brasil, 1989).

Os agrotóxicos são, normalmente, misturas de um produto concentrado, chamado de produto técnico, o qual contém percentagem definida de ingrediente ativo com outras substâncias, com o fim de possibilitar sua aplicação. Apesar de serem vendidos com nomes comerciais diferentes, os produtos podem apresentar o mesmo princípio ativo. Eles são classificados de diversas maneiras: quanto ao seu modo de ação no organismo-alvo, em relação à sua estrutura química, quanto aos efeitos que causam à saúde humana ou pela avaliação da neurotoxicidade.

A classificação dos agrotóxicos, segundo o seu grau de toxicidade para o ser humano, é fundamental, pois fornece a toxicidade desses produtos relacionados com a Dose Letal 50 (DL₅₀). A Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989

¹ Disponível em: https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/ppls

² Disponível em: <http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=homepage&language=EN>

(Brasil, 1989), regulamentada pelo Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002 (Brasil, 2002), dispõe que os rótulos deverão conter uma faixa colorida indicativa de sua classificação toxicológica (Savoy, 2011) (Tabela 1).

Quanto ao modo de ação do ingrediente ativo no organismo-alvo ou à natureza da praga combatida, os agrotóxicos são classificados como inseticidas, fungicidas, herbicidas, rodenticidas e/ou raticidas, acaricidas, nematocidas, fumigantes, moluscicidas, etc. (Andrei, 2009).

Os ingredientes ativos, que podem variar quanto à sua estrutura química, são classificados em grupos químicos (clorados, carbamatos, piretroides, etc.). Como produzem efeitos diferenciados sobre alguns organismos ou grupo de organismos, o conhecimento dessa especificidade dos grupos químicos é importante na escolha do produto a ser utilizado.

Para serem produzidos, exportados, importados, comercializados e utilizados, os agrotóxicos devem ser previamente registrados em órgão federal, de acordo com as diretrizes e exigências dos órgãos federais responsáveis pelos setores da saúde, do meio ambiente e da agricultura.

Para obter o registro no Brasil, o agrotóxico deve passar pela avaliação de três órgãos do governo federal: Mapa, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) e Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). Cada um desses órgãos realiza um determinado tipo de avaliação do

produto, de modo independente do outro. Ao Mapa é atribuída a responsabilidade de avaliar a eficiência e o potencial de uso na agricultura, por meio de um dossiê agrônômico. Cabe ao Ibama a realização de um dossiê ambiental, no qual é avaliado o potencial poluidor do produto. Já a Anvisa realiza o dossiê toxicológico, avaliando o quão tóxico é o produto para a população e em quais condições o seu uso é seguro (Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2017).

Depois de avaliado pelos órgãos competentes, o produto passa a fazer parte do Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários (Agrofit), que foi instituído, por meio de portaria, em 1988, o qual é utilizado como cadastro oficial de agrotóxicos, produtos técnicos e afins, registrados no Mapa. O sistema pode ser acessado por marca comercial do produto, por cultura, pela praga a ser combatida, por indicação, por ingrediente ativo e por titular do registro, entre outros tipos de consulta. Além disso, descreve as principais doenças, pragas e plantas daninhas que atacam os vegetais, incluindo métodos de controle e fotografias das pragas e seus sintomas. Periodicamente, o sistema sofre atualizações à medida que novos produtos são lançados comercialmente para uso em determinada cultura. No caso do mamoeiro, a Tabela 2 apresenta a lista dos princípios ativos registrados e atualizados até o dia da consulta para inserção neste capítulo (Agrofit, 2017).

Os agrotóxicos podem ser comercializados de diversas formas. As formulações mais comuns

Tabela 1. Classificação toxicológica dos agrotóxicos.

| Classe | Grupo | DL ₅₀ (mg kg ⁻¹) ⁽¹⁾ | Cor da faixa |
|--------|----------------------|--|--------------|
| I | Extremamente tóxicos | Menor que 50 | Vermelha |
| II | Altamente tóxicos | 50–500 | Amarela |
| III | Medianamente tóxicos | 500–5.000 | Azul |
| IV | Pouco tóxicos | Maior que 5.000 | Verde |

⁽¹⁾ A dose letal (DL₅₀) é a dose de uma substância, expressa em mg kg⁻¹ de peso vivo, que é necessária ser ingerida ou administrada para provocar a morte de pelo menos 50% da população em estudo.

Tabela 2. Ingrediente ativo, grupo químico e classe dos produtos registrados para a cultura do mamão, no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), para controle de pragas e doenças do mamoeiro.

| Praga | | Doença | | | |
|------------------------------|---|-------------------------------------|---|---|---------------------|
| Ingrediente ativo | Grupo químico | Classe | Ingrediente ativo | Grupo químico | Classe |
| Abamectina | Avermectina | Acaricida/Inseticida | Azoxistrobina | Estrobilurina | Fungicida |
| Abamectina | Avermectina | Acaricida/Inseticida/Nematicida | Azoxistrobina + difenocnazol | Estrobilurina + triazol | Fungicida |
| Acetamiprido | Neonicotinoide | Inseticida | Azoxistrobina + fludioxonil | Estrobilurina + fenilpirrol | Fungicida |
| Acetamiprido + etofenproxi | Neonicotinoide + éter difenílico | Inseticida | Azoxistrobina + mancozeb | Estrobilurina + alquilenobis (ditiocarbamato) | Fungicida |
| Acetamiprido + piriproxi-fem | Neonicotinoide + éter piridiloxipropílico | Inseticida | Bicarbonato de potássio | Inorgânico | Fungicida |
| Azadiractina | Tetranortriterpenoide | Inseticida | Cloro de benzalcônio | Amônio quaternário | Fungicida |
| Beta-cipermetrina | Piretroide | Inseticida | Clorotalonil | Isoftalonitrila | Fungicida |
| Bifentrina | Piretroide | Acaricida/Inseticida | Difenoconazol | Triazol | Fungicida |
| Buprofezina | Tiadiazinona | Inseticida/Regulador de crescimento | Dimetomorfe | Morfolina | Fungicida |
| Clorfenapir | Análogo de pirazol | Acaricida/Inseticida | Enxofre | Inorgânico | Fungicida |
| Cloridrato de formetanato | Metilcarbamato de fenila | Acaricida/Inseticida | Fluopicolide + cloridrato de propamocarbe | Benzamida + carbamato | Fungicida |
| Deltametrina | Piretroide | Inseticida | Flutriafol | Triazol | Fungicida |
| Enxofre | Inorgânico | Acaricida/Fungicida | Fluxapiroxade + piraclostrobina | Carboxamida + estrobilurina | Fungicida |
| Espinetoram | Espinosinas | Inseticida | Hidróxido de cobre | Inorgânico | Fungicida |
| Espinosade | Espinosinas | Inseticida | Imazalil | Imidazol | Fungicida |
| Espirodiclofeno | Cetoenol | Acaricida | Mancozebe | Alquilenobis (ditiocarbamato) | Fungicida/acaricida |
| Espiromesifeno | Cetoenol | Acaricida/Inseticida | Mancozeb + mancozeb | Alquilenobis (ditiocarbamato) + idem | Fungicida/acaricida |

Continua...

Tabela 2. Continuação.

| Praga | | Doença | | | |
|-------------------|-------------------|----------------------|---|---|-----------------------|
| Ingrediente ativo | Grupo químico | Classe | Ingrediente ativo | Grupo químico | Classe |
| Fenpiroximato | Pirazol | Acaricida | Mancozeb + picoxistrobina + tebuconazol | Alquilenobis (ditiocarbamato) + estrobilurina + triazol | Fungicida |
| Fenpropratrina | Piretroide | Acaricida/Inseticida | Mandipropamid + mandipropamid | Éter mandelamida + éter mandelamida | Fungicida |
| Imidacloprido | Neonicotinoide | Acaricida/Inseticida | <i>Melaleuca altemifolia</i> – extrato de folhas | Terpenos | Bactericida/fungicida |
| Lambda-cialotrina | Piretroide | Inseticida | Oxicloreto de cobre | Inorgânico | Fungicida |
| Milbemectina | Milbemicinas | Acaricida/Inseticida | Óxido cuproso | Inorgânico | Bactericida/fungicida |
| Piridabem | Piridazinona | Acaricida/Inseticida | Piraclostrobina | Estrobilurina | Fungicida |
| Teflubenzuron | Benzoilureia | Inseticida | <i>Reynoutria sachalinensis</i> – extrato de raiz e caule | Antraquinona | Fungicida |
| Tiacloprido | Neonicotinoide | Inseticida | Tebuconazol | Triazol | Fungicida |
| | | | Tebuconazol + trifloxistrobina | Triazol + estrobilurina | Fungicida |
| Trimedlure | Ésteres saturados | Feromônio | Tiabendazol | Benzimidazol | Fungicida |
| | | | Tiofanato-metílico | Benzimidazol (precursor de) | Fungicida |

Fonte: Agrofit (2017).

e seus códigos ou abreviações são as seguintes: pó molhável (PM); suspensão concentrada (SC); concentrado emulsionável (CE); emulsão concentrada (EC); pó seco, tratamento de semente (TS); pó seco (P); e granulado (GR).

Os produtos comercializados são encontrados, na maioria das vezes, sob a forma líquida ou em pó. Quando eles são apresentados na forma líquida, tornam-se mais fáceis de manipular, promovem melhor dispersão e proporcionam controle mais eficiente com o mesmo princípio ativo (Sanches; Oliveira, 2000).

A ação dos agrotóxicos sobre as pragas pode se efetuar de diferentes maneiras:

- a) **Ação de contato** – quando o agrotóxico age e é absorvido pelos tegumentos externos da praga.
- b) **Ação de ingestão** – quando age e penetra no organismo por via oral.
- c) **Ação de profundidade** – quando o modo de atuação é translaminar, ou seja, quando aplicado na face de uma folha, exerce sua toxidez contra pragas alojadas na outra face da folha. Essa ação também pode ser observada nos frutos quando o pesticida atinge seu interior por translocação, destruindo as larvas nas pragas internas, como as das moscas-da-fruta.
- d) **Ação fumigante** – quando o agrotóxico penetra na praga em forma de vapor através de suas vias respiratórias.
- e) **Ação sistêmica** – quando o agrotóxico absorvido por uma planta é translocado em quantidades suficientes para tornar o local de translocação tóxico para as pragas em tempo ilimitado (Andrei, 2009). A característica mais importante dos produtos sistêmicos é a sua movimentação dentro das plantas, o que lhes permite agir em locais dificilmente alcançáveis pelos produtos que possuem outro tipo de ação. Outra vantagem é a rápida absorção

dos produtos pela planta, fato que dificulta a sua lavagem (pela chuva ou pelas regas). Por sua vez, a alta especificidade dos agrotóxicos sistêmicos pode constituir uma desvantagem quando o seu uso for contínuo, já que facilita o aparecimento de pragas e doenças resistentes a esses produtos (Sanches; Oliveira, 2000).

A fruticultura e os agrotóxicos

O uso indiscriminado dos agrotóxicos levou a sérias consequências ambientais e gerou opiniões contrárias a essa tecnologia, e alguns grupos chegaram a propor o seu banimento completo. O bom senso predominante direciona as preocupações reinantes no intuito de tornar as aplicações de pesticidas mais seguras, precisas e mais econômicas.

Os agrotóxicos não constituem os únicos recursos no controle de pragas e doenças. A recomendação que se faz é que o manejo fitossanitário da cultura seja realizado por meio de um conjunto de medidas que incluem determinadas práticas de cultivo, como o monitoramento do pomar, o uso de variedades resistentes, o controle biológico em determinados casos, o uso de métodos físicos e o controle químico. A esse conjunto de medidas dá-se o nome de manejo integrado de pragas e doenças (Cruz et al., 2009). A FAO define o manejo integrado de pragas (MIP) como um sistema que associa o ambiente e a dinâmica populacional da espécie, utiliza todas as técnicas apropriadas e métodos de forma tão compatível quanto possível e mantém a população da praga em níveis abaixo daqueles capazes de causar dano econômico (FAO, 1968). Essas técnicas harmonicamente coordenadas em estratégias de manejo constituem um apoio à tomada de decisões para seleção e uso de táticas de controle de doenças e pragas, com base em análises de custo e benefício, que levam em consideração os interesses dos produtores, da sociedade e do meio ambiente

(Cruz et al., 2009). Qualquer medida de controle a ser adotada nunca deverá ser recomendada isoladamente, e sempre terão que ser levados em consideração os aspectos econômicos, ecológicos e sociológicos (Keulen et al., 1991).

O uso exclusivo de agrotóxicos no combate às pragas e às doenças, no início bastante eficaz, pode se tornar um controle deficiente e, às vezes, improdutivo seja pela má escolha do produto, seja por dosagens excessivamente elevadas ou pelo uso de misturas (“coquetéis”), causando o aumento dos riscos de intoxicação de produtores e consumidores. Provoca ainda fitotoxicidade nas plantas pela aplicação de produtos incompatíveis, assim como a destruição dos inimigos naturais e o desenvolvimento de resistência aos agrotóxicos por parte dos microrganismos patogênicos (Carvalho; Barcellos, 2012).

A conscientização por parte dos usuários e as decisões a respeito da utilização de agrotóxicos são provavelmente as mais complexas no que se refere à tecnologia agrícola. Exigem conhecimento especializado na hora de escolher os produtos, assim como responsabilidade técnica na sua indicação. É por isso que o instrumento mais eficiente para se evitar problemas dessa ordem é o receituário agrônomo, que estabelece normas para a venda e a aplicação de agrotóxicos. A receita deve ser emitida exclusivamente por um profissional capacitado e legalmente habilitado, fato que quase não se verifica (Sanches; Oliveira, 2000).

Receituário agrônomo

A receita agrônoma é a prescrição e a orientação técnica de uso do defensivo agrícola por um profissional capacitado e legalmente habilitado, que se responsabiliza pela aplicação de forma correta do produto na cultura/solo, oferecendo a segurança da saúde pública (Conselho Federal de Engenharia e Agronomia, 1990). Para que seja possível a emissão de uma receita agrônoma, é necessário que o responsável pela emissão tenha uma anotação

de responsabilidade técnica (ART), em que os profissionais registram o receituário agrônomo. A ART é conseguida mediante solicitação ao Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (Crea) do estado onde será aplicado o produto, com numeração própria, na qual deve ser inserida a quantidade de receitas numeradas por sequência crescente. Por ser um documento, a receita agrônoma é apresentada como um formulário em papel, porém pode ser emitido de forma eletrônica, o que facilita esse processo.

A Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989 (Brasil, 1989), conhecida como a Lei dos Agrotóxicos, regulamenta a pesquisa, a experimentação, a propaganda comercial, a utilização, o receituário para comercialização, a fiscalização, e até o destino dos resíduos e das embalagens. Após a publicação da lei, foram criadas leis estaduais, leis municipais, resoluções e normas de entidades de classe, como o Crea, o Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (Confea), entre outras, para a adequação dos diferentes setores à nova legislação vigente. No caso do receituário agrônomo, cada estado da Federação adequou as normas da lei, por meio de decretos que regulamentam a emissão das receitas, criando diferentes modelos para preenchimento, mas obedecendo aos itens estabelecidos pela Lei nº 7.802 (Salgado; Conceição, 1993; Legislação..., 1998).

O receituário on-line foi desenvolvido no ano de 2003 e tem sido um grande aliado dos engenheiros-agrônomos, engenheiros florestais e técnicos agrícolas, no que se refere à prescrição de suas receitas agrômicas. As empresas e/ou filiais que têm um grande número de responsáveis técnicos de vendas (RTVs) se beneficiam pela facilidade de controle por parte desses RTVs e de suas respectivas receitas emitidas (livro de receitas), por meio de uma interface exclusiva para um administrador do sistema.

Atualmente o sistema de emissão de receituário agrônomo vem sendo aperfeiçoado e já existem empresas especializadas que oferecem serviços ao produtor, como o acesso a um banco

de dados com o cadastro de todos os agrotóxicos registrados no Brasil e por cultura, com atualizações constantes, além de permitir consultas sobre o problema ou produto e possibilitar a emissão do receituário agrônomo de acordo com a legislação específica de cada estado e dentro do modelo estabelecido.

A receita deve ser emitida em duas vias. A primeira via é destinada ao usuário e a segunda à empresa comercial de venda. Ainda que os modelos para preenchimento sejam diferentes para cada legislação estadual, alguns itens têm obrigatoriamente que constar na receita: número da receita com vinculação ao número da ART; nome do usuário e CPF ou CNPJ; nome da propriedade; cultura a ser tratada; área de plantio; endereço completo (avenida, rua, bairro, cidade, estado, CEP); diagnóstico informando a praga a ser controlada; a prescrição do controle com o nome do produto, tipo de formulação, classe toxicológica, intervalo de segurança, grupo químico, número de aplicações, dosagem; quantidade do produto a ser adquirido; recomendações técnicas (por exemplo: fazer uma pulverização na dosagem recomendada, gastando-se 1.000 L de calda por hectare, usar bicos do tipo jato cone vazio e adicionar espalhante adesivo à calda); local e data; nome do profissional, titulação, número do Crea, CPF, assinatura e, em seguida, a recomendação. Essa via deve ser guardada pelo produtor até a aplicação total do produto para efeito de fiscalização de órgão competente. Alguns estados exigem no anverso da primeira via informações sobre precauções de uso e cuidados com o aplicador e o meio ambiente (Legislação..., 1998).

Na segunda via, que fica no estabelecimento comercial, devem constar menos informações, apenas as necessárias para identificação com a primeira via: número da receita agrônoma, vinculação com a ART, nome do usuário, CPF ou CNPJ, nome da propriedade, cultura, área a ser tratada, endereço completo (avenida, rua, bairro, cidade, estado, CEP), local e data, assinatura, titulação, número do Crea e CPF.

A tecnologia e os cuidados na aplicação de agrotóxicos

O mamoeiro é uma cultura muito sensível à fitotoxicidade dos produtos usados no controle químico de pragas e doenças, e essa sensibilidade varia para diferentes produtos e também para diferentes formulações do mesmo produto. Assim, para um controle eficiente, torna-se necessário identificar a praga ou a doença a ser controlada, observar a presença de inimigos naturais, o tipo de defensivo a ser utilizado, a época e o método de aplicação.

Identificação do problema

Para o diagnóstico correto e a prescrição do produto que será utilizado no controle, é preciso conhecer as pragas de acordo com as suas características de ataque. Elas podem ser divididas em pragas primárias e pragas secundárias. As pragas primárias são aquelas que atacam as plantas todos os anos, durante o ano todo, e causam danos severos, com perdas irreparáveis, como a redução da produtividade. O ácaro-rajado e o ácaro-branco são exemplos de pragas primárias que atacam o mamoeiro, além da doença pinta-preta, entre outras. O controle eficiente dessas pragas deve ser feito utilizando-se resultados de monitoramento (Santos Filho et al., 2007). Por sua vez, as pragas secundárias são aquelas que podem causar perdas de produtividade, mas só ocorrem em determinadas épocas do ano ou em anos alternados, em certos estágios de crescimento e produção de plantas, ou, então, em uma pequena parte do pomar (as reboleiras), às vezes causando danos às plantas.

Uma vez bem caracterizado o inimigo, deverá ser escolhido o produto mais adequado para se proceder ao seu combate. Assim, contra um inseto deverá ser utilizado um inseticida, enquanto contra os ácaros e nematoides se empregam, respectivamente, acaricidas e nematocidas. Os fungicidas, por sua vez, são utilizados

para combater fungos, havendo alguns que conferem alguma proteção à planta contra bactérias. Já os vírus não possuem controle químico, sendo realizado apenas o controle de seus vetores, quando essa medida é viável. Para o controle de ervas daninhas ou plantas invasoras são usados produtos químicos denominados herbicidas (Sanches; Oliveira, 2000).

Deve ser notado, também, que a maior parte dos produtos é eficiente contra um determinado inimigo, mas não controla outros, às vezes muito parecidos. Assim, certos inseticidas controlam bem percevejos, mas não são eficientes contra lagartas, apesar de ambos serem insetos. Por sua vez, existem defensivos que servem para mais de uma finalidade, como é o caso do enxofre, que controla tanto alguns ácaros quanto certas doenças, como a oídiose.

A tendência atual é o uso de agrotóxicos cada vez mais específicos, de modo que seja causado o menor dano possível aos inimigos naturais existentes no pomar, mantendo, assim, o equilíbrio biológico.

Época de aplicação

A época de aplicação do defensivo deverá ser a mais adequada possível, tendo em vista a biologia da praga, o ciclo da doença e o estado fenológico da planta.

Cada praga ou doença tem momentos mais adequados para se realizar o seu controle, que são aqueles mais sensíveis aos tratamentos ou quando podem causar os maiores danos. No entanto, alguns defensivos não devem ser usados em certas fases da vida da planta, em virtude dos efeitos fitotóxicos que apresentam, quando podem ocasionar danos às flores, aos frutos ou mesmo às partes vegetativas.

Como regra geral, procura-se proteger as plantas contra as doenças, razão pela qual o seu controle é feito preventivamente. Com relação a insetos e ácaros, porém, ele deverá ser curativo, ou seja, só se deve aplicar um inseticida ou acaricida no pomar quando se constatar que

um inseto ou ácaro esteja causando danos que justifiquem esse tratamento. Esse momento é, em geral, definido como sendo aquele em que a população das pragas no pomar atingiu níveis de dano econômico. Enquanto não há melhor definição de quais sejam esses níveis para as pragas mais comuns nos pomares de mamoeiro, deve-se recomendar que o controle seja feito apenas quando o dano ocasionado pela praga seja superior ao custo do tratamento para o seu controle (Kimati, 1995).

Trabalhos realizados por Santos Filho et al. (2007) conseguiram definir, por meio do monitoramento das pragas e doenças do mamoeiro, o momento mais adequado para que sejam iniciadas as pulverizações. O sistema monitorado de controle de pragas, como o ácaro-branco, o ácaro-rajado, a cigarrinha, as cochonilhas, a mosca-branca, a mancha de *Corynespora*, a pinta-preta, a podridão-preta, a mancha-chocolate, a podridão do pé, bem como dos inimigos naturais dessas pragas, proporcionou a redução de 49,02% dos custos, quando comparado ao sistema de pulverizações preventivas (tipo calendário), normalmente utilizado pelos produtores, resultando em uma economia de R\$ 4.092,22 por hectare. Além do mais, as pulverizações com base em monitoramentos permitem que elas sejam feitas localizadamente no pomar, pulverizando-se apenas as reboleiras atacadas, como forma complementar para se evitar maiores danos ao equilíbrio biológico (Santos Filho et al., 2011).

Escolha do produto

De acordo Andrei (2009), alguns aspectos devem ser levados em consideração quando se trata de escolher o agrotóxico que deverá ser aplicado no tratamento fitossanitário do pomar:

- a) Somente deverão ser empregados produtos que realmente tenham comprovada eficiência no controle da praga ou da doença em questão. A consulta a um profissional capacitado é imprescindível para que a prescrição seja a mais correta possível.

- b) Entre os produtos disponíveis e eficientes, esse profissional deverá optar por aqueles que tenham o menor efeito sobre os inimigos naturais, levando à preservação do equilíbrio biológico existente no pomar. Os produtos de largo espectro (que normalmente controlam um grande número de pragas ou doenças) devem ser evitados, dando preferência aos mais específicos.
- c) Os produtos que são muito persistentes no meio ambiente não devem ser escolhidos. Devem ser usados, preferencialmente, aqueles que se degradam mais rapidamente, portanto, menos nocivos.
- d) O prazo de carência, intervalo entre a última aplicação do defensivo e a colheita dos frutos, deve ser estritamente respeitado de forma que os resíduos existentes neles fiquem abaixo do mínimo considerado satisfatório pelos padrões toxicológicos atuais. Esse período de carência varia de um produto para outro, mas o profissional capacitado para fazer a escolha deve estar sempre ciente de que ele deve ser sempre menor que o número de dias previsto para o início da colheita (Reifschneider; Cobbe, 1989).

Se houver necessidade premente de aplicar algum defensivo durante a colheita, essa deverá ser suspensa até transcorrer o prazo de carência estabelecido para o defensivo empregado.

Com o objetivo de evitar que os ácaros, insetos e agentes causais de doenças criem resistência aos defensivos empregados, deve-se sempre procurar alternar o uso dos defensivos utilizados.

Aplicação do agrotóxico

Para que o combate às pragas (doenças, insetos e ácaros) do pomar seja eficiente, é fundamental que o tratamento fitossanitário seja realizado corretamente, ou seja, o defensivo deve ser aplicado na parte mais indicada da planta, a

qual passa a chamar-se, a partir de então, de alvo (Matuo, 1990).

Outro aspecto importante a ser observado é o tamanho das gotas que deverão ser utilizadas na pulverização. Gotas pequenas oferecem boa cobertura e diminuem as perdas por escoamento, formando um filme bastante fino sobre a superfície a ser protegida. Além disso, por terem pouca energia cinética, elas não alcançam grandes distâncias. Em contrapartida, além de estarem bastante sujeitas à deriva, em dias quentes uma boa parte é perdida por evaporação antes mesmo de atingir a planta (Chaim, 2004).

Para definir o tamanho das gotas, basta combinar adequadamente a pressão do pulverizador com o tamanho do bico. As gotas produzidas serão tanto menores quanto mais fino for o bico utilizado; para o mesmo bico, quanto maior for a pressão de trabalho, menores serão as gotas obtidas (Christofolletti, 1999; Cunha et al., 2004).

Na maioria das vezes, as aplicações de defensivos em mamoeiros são feitas por meio de pulverizações em alto volume pelo uso de pulverizadores de pistola ou de turboatomizadores. A pulverização em alto volume procura saturar a capacidade de retenção de líquido no alvo, molhando-o até o ponto de escoamento. Para esse tipo de aplicação, o depósito de produto químico sobre a superfície tratada é proporcional à concentração da calda utilizada, independentemente do volume da calda aplicada. Desse modo, a indicação da dosagem para o uso em alto volume é dada via concentração (por exemplo, 250 g por 100 L de água; 0,25%) (Christofolletti, 1984).

O volume de pulverização é importante uma vez que está relacionado com a adequada cobertura do alvo. Pela própria conformação da planta do mamoeiro, os alvos (folhas novas no ponteiro, folhas adultas, os frutos e o caule) são de fácil acesso, fazendo com que sua cobertura seja conseguida com menor volume de líquido do que em uma planta que possua uma copa

mais enfolhada, como a mangueira, por exemplo, que exige volume maior de calda quando o alvo está mais protegido no interior da planta (Sanches; Oliveira, 2000).

O volume gasto também é condicionado pela capacidade de retenção da planta e é proporcional à sua área foliar.

Os pulverizadores de pistola são providos de bombas de pressão de até 500 libras por polegada quadrada, portando duas ou às vezes quatro mangueiras, permitindo, assim, o uso de até quatro pistolas simultaneamente.

Os turboatomizadores são equipamentos que possuem um sistema de produção de gotas por energia hidráulica (bombas de pressão e bicos de pulverização), cuja nuvem é transportada até o alvo por uma corrente de ar gerada pela própria máquina, por meio de um sistema de ventilador.

Para facilitar a aplicação dos defensivos nos pomares mais velhos (24–28 meses), alguns fruticultores acoplam a pistola normalmente em um tanque de 2 mil litros, sobre o qual se constrói uma plataforma (Figura 1) na qual os operadores pulverizam a copa das plantas. Outros preferem utilizar o turboatomizador usando apenas os bicos superiores (Figura 2), com a finalidade de atingir as copas (Chaim et al., 2003).

Medidas a serem tomadas durante a pulverização com pistolas

- A pressão de trabalho utilizado deve ser de, no máximo, 450 libras por polegada quadrada.
- Para a execução da pulverização, o operador deve se movimentar em semicírculos em torno da árvore que está sendo tratada, a uma distância que permita que o jato alcance toda a superfície a ser tratada, procurando sempre atingir, quando for o caso, ambas as faces das folhas.



Foto: Nilton Fritzon Sanches

Figura 1. Operadores em uma plataforma aplicam defensivos em mamoeiros por meio de pistolas de pulverização.

- A planta deve ser molhada até o ponto de escorrimento no alvo, de acordo com a localização do alvo na planta – mais externo (cone de pulverização da pistola mais aberto) ou interno (cone de pulverização da pistola mais fechado).
- Se o tipo de pistola em uso permitir e a altura da planta o exigir, deve-se alterar a forma do jato produzido ao longo do movimento vertical, fechando o cone de pulverização quando se deseja atingir os pontos mais distantes da copa.
- Como os ventos afetam substancialmente os resultados da pulverização com pistola, a sua execução deve ser suspensa sempre que eles impeçam que a parte mais alta da planta seja convenientemente atingida, ou quando o operador estiver sendo alcançado pela deriva (Cunha, 2008).
- Durante o período de floração da planta do mamoeiro, deve-se evitar o uso da pistola, principalmente em áreas do tronco, devido à derrubada das flores pelo jato dirigido da pistola.

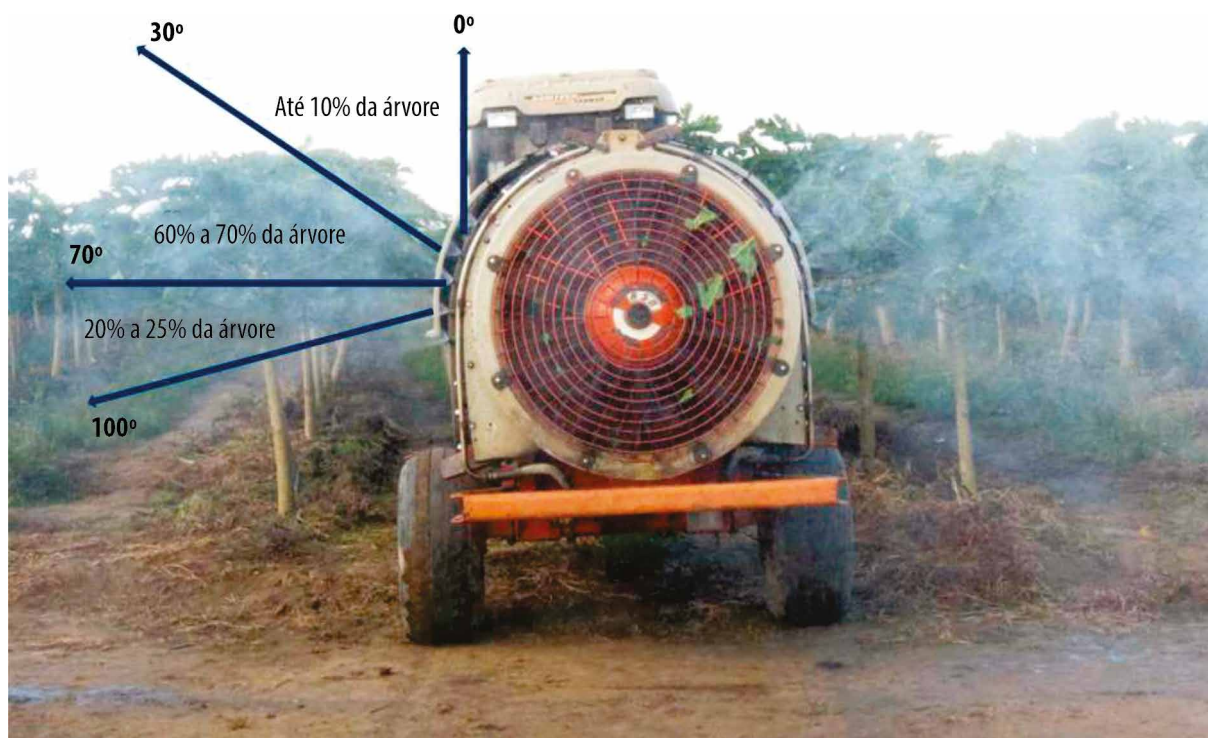


Foto: Nilton Fritzon Sanches

Figura 2. Divisão percentual da massa foliar de uma planta de mamão de porte médio, de acordo com a distribuição da pulverização.

Fonte: Adaptado de Christofolletti (1984).

Medidas a serem tomadas durante a pulverização com turboatomizadores

- Recomenda-se que, na regulagem das máquinas, a distribuição dos bicos permita que o volume da calda a ser aplicada mantenha certa relação com a massa foliar da árvore (Christofolletti, 1984). Para tanto, essa massa foliar deve ser dividida em três partes, como mostra a Figura 2. Para cada uma dessas partes, deve-se atribuir um percentual da pulverização.
 - A solução deve atingir suficientemente as extremidades da planta para que haja bom recobrimento do alvo.
 - Os bicos superiores devem ser fechados sempre que os jatos ultrapassarem o topo das copas das plantas.
 - Na marcha normal de pulverização (nunca superior a 4 km h^{-1}), deve ser observado se o recobrimento do alvo é adequado.
- Em caso negativo, provavelmente haverá necessidade da aplicação de maior volume de calda por planta, o que pode ser conseguido de duas maneiras: pela troca dos bicos por outros que proporcionem maior vazão, possibilitando manter a mesma distribuição de volume do líquido pelas várias partes da copa, ou pela redução da velocidade de deslocamento da máquina, o que é feito pela troca da marcha do trator, mas mantendo-se a mesma rotação da tomada de força.
- No caso de se observar que parte do alvo não está recebendo cobertura adequada, deve-se alterar a composição dos bicos, de maneira que haja produção de gotas diferenciadas na nuvem produzida. É necessário observar que, em geral, os bicos da porção superior da máquina devem produzir gotas de diâmetro maior, de forma que possam atingir as partes mais altas da planta.

- f) Deve-se evitar a pulverização nas horas mais quentes do dia, quando ocorrem perdas consideráveis de gotas por evaporação antes que elas atinjam as plantas. Com relação ao vento, que aumenta substancialmente a deriva, deve-se suspender a aplicação quando as partes superiores da planta não estiverem sendo alcançadas, ou quando o operador estiver sendo atingido pela calda.

Pulverização eletrostática

O sistema de pulverização eletrostática foi criado na década de 1960 nos Estados Unidos e, embora já seja utilizado por agricultores de muitos países e em várias culturas, no mamoeiro e no Brasil sua utilização é pequena. É um sistema elétrico instalado no pulverizador convencional, em que os bicos hidráulicos são substituídos por bicos pneumáticos que conduzem carga elétrica em cada gota de tratamento. O resultado é uma disposição uniforme e controlada dos agrotóxicos, que evita a contaminação ambiental e dos aplicadores e promove economia de água e produto. Esses bicos pneumáticos conduzem, em cada gotícula, que é menor que a gotícula no sistema convencional, uma carga eletrostática que, pelo fenômeno de indução, é atraída pela planta que tem carga oposta por estar aterrada – cargas de polaridades opostas se atraem e as semelhantes se repelem, por isso as gotículas não se chocam umas com as outras. Com isso, cada espaço da planta conduzirá uma gotícula, tendo um tratamento distribuído uniformemente pelas folhas, ramos e troncos. Entretanto, antes de adotar o sistema, é necessário o conhecimento de vários aspectos relacionados à tecnologia principalmente no que se refere ao tamanho da gota. Além disso, essa gota deve possuir um nível de carga elétrica suficiente para melhorar a sua deposição (Chaim, 1998).

Cuidados antes da aplicação

O trabalhador que aplica agrotóxicos em qualquer lavoura utiliza diferentes tipos de máquinas, assim como diferentes produtos em várias formas (líquida, pó, granulados, etc.). Para conseguir uma boa aplicação, é necessário conhecer os seguintes aspectos: o produto e a forma de sua utilização e aquisição, o equipamento de proteção individual (EPI), os equipamentos de aplicação, o modo de preparar a calda e de fazer a desinfecção, o descarte das embalagens e os primeiros socorros. Para que não seja necessário utilizar os primeiros socorros (que é um item de suma importância), devem ser tomados os devidos cuidados, como os relacionados a seguir (Manual..., 2002):

- a) Leia com atenção as instruções constantes no rótulo ou na bula do produto e execute as operações de acordo com as recomendações.
- b) Obedeça rigorosamente ao intervalo de segurança dos produtos. Lembre-se de que os frutos colhidos antes desse período contêm resíduos do defensivo capazes de intoxicar os consumidores.
- c) Escolha um local adequado para preparar o agrotóxico, longe de crianças e animais, de preferência, à sombra.
- d) Nunca use dose superior à indicada, a fim de evitar que os resíduos permaneçam altos, mesmo decorrido o intervalo de segurança.
- e) Abra as embalagens com cuidado, utilizando um abridor adequado, para evitar derramamento de líquidos ou pós.
- f) Ao preparar a calda, use um agitador adequado. Não molhe as mãos com o produto, sobretudo enquanto estiver preparando a calda, uma vez que ele ainda não foi diluído. Despeje a calda no tanque cuidadosamente, a fim de que não derrame e contamine o operador (pulverizador costal) e a área de preparo.

- g) Concluída a formulação líquida, proceda à tríplex lavagem das embalagens dos produtos antes do seu descarte (Descarte..., 1991).
- h) Verifique se o equipamento de aplicação apresenta vazamento ou defeito. Não desentupa os bicos de pulverização com a boca. Desmonte-os e lave-os com água.
- i) Use roupas e EPIs adequados ao risco a que o operador está se expondo (Manual..., 2005) (Tabela 3).

Cuidados durante a aplicação

- a) Não aplique os produtos em dia de vento ou chuva. Evite pulverizar contra o vento para não ser atingido pelo produto.
- b) Evite aplicar os produtos durante as horas quentes do dia, pois há produtos que são fitotóxicos em altas temperaturas.
- c) Conserve as calças por fora das botas e os punhos da camisa por fora das luvas.

Tabela 3. Relação entre as operações de aplicação de agrotóxicos, necessidade do uso de equipamentos de proteção individual (EPI) e partes do corpo do aplicador em exposição⁽¹⁾.

| EPI | Operação | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|----------|-----------------|-----------|---------|-------------|-------------------------|----------------|--------|-------------------|---------------|-----------------------|---------|-----------|-------|----------|
| | Manuseio | | | | | Aplicação manual | | | | | Aplicação tratorizada | | | | |
| | Líquido | Semente tratada | Granulado | Pó seco | Pó molhável | Embalagem hidrossolúvel | Isca granulada | Costal | Costal motorizado | Polvilhadeira | Mangueira | Líquido | Granulado | Turbo | Sementes |
| Avental impermeável | X | | | | X | | X | X | | X | | | | | |
| Boné árabe | X | | | X | X | | X | X | | X | X | | | X | |
| Botas impermeáveis | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Calça hidrorrepelente | X | X | X | X | X | X | | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Jaleco hidrorrepelente | X | X | X | X | X | X | | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Luvas impermeáveis | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | X | X |
| Protetor de ouvido | | | | | | | | | X | | | X | X | X | |
| Respirador | X | X | X | X | X | | | X | X | X | X | X | | X | |
| Viseira facial | X | | | X | X | | | X | X | X | X | X | | X | |

⁽¹⁾As recomendações contidas nesta figura não devem ser consideradas como único critério para a utilização de EPIs. As condições do ambiente de trabalho poderão exigir o uso de mais itens ou dispensar outros para aumentar a segurança e o conforto do aplicador. Recomenda-se, antes de iniciar uma pulverização, a leitura das recomendações do rótulo e da bula do produto e da legislação pertinente.

Fonte: Boas... (2007).

- d) Não fume, não beba e não coma enquanto estiver trabalhando com agrotóxicos.
- e) Mantenha as crianças e os animais domésticos afastados dos locais de manuseio e aplicação.
- f) Os agrotóxicos podem intoxicar as pessoas através da pele (via dermal, dérmica ou cutânea), da respiração (nariz e boca) e da boca (via oral ou ingestão).
- g) Caso sua pele seja atingida, lave imediatamente o local com água e sabão. Se os olhos forem atingidos, lave-os imediatamente com bastante água.
- h) Ao menor sinal de intoxicação, procure imediatamente um médico e leve os rótulos dos produtos usados no dia (Manual..., 2006).

Cuidados depois da aplicação

Não lave o equipamento de aplicação de agrotóxicos ou de proteção individual e as embalagens vazias em rios, córregos, lagos, canais de irrigação, aguadas, poços, etc. Todo esse material deve ser lavado com a água destinada à pulverização; o líquido resultante deve ficar no tanque de pulverização.

- a) Tome banho com bastante água e sabão e vista roupas limpas após cada operação que envolva agrotóxicos. Lave as roupas que usou separadamente de outras peças.
- b) Jamais reutilize as embalagens vazias de agrotóxicos para qualquer outro fim, por mais que as tenha lavado.
- c) As embalagens vazias devem ser destruídas (amassadas, quebradas ou queimadas) e enterradas em local especial e protegido, longe de rios, córregos, lagoas, poços, etc. Onde o lençol freático for alto, deve-se procurar o local mais elevado da propriedade para nele enterrar as embalagens (Manual..., 2006).

Manutenção dos equipamentos de pulverização

Qualquer que seja o equipamento empregado, além das recomendações relativas à sua manutenção feitas pelo fabricante, os seguintes cuidados devem ser observados:

- a) Verificar se a pressão dos pneus é a correta, se os parafusos de fixação apresentam apertos adequados, se a folga das correias é a conveniente, etc.
- b) Averiguar se há vazamento na bomba, nas conexões, nas mangueiras, registros e bicos. Regular a pressão de trabalho para o ponto desejado, utilizando somente a água para isso.
- c) A limpeza das peneiras e dos filtros deve ocorrer pelo menos uma vez a cada oito horas de trabalho, a fim de prevenir entupimentos. O filtro principal, localizado entre o tanque de calda e a bomba, deve ser limpo a cada reabastecimento.
- d) Ao final do período diário de trabalho, deve-se realizar a lavagem do equipamento, deixando os bicos de pulverização desentupidos.
- e) A válvula reguladora de pressão deve estar destravada quando o equipamento estiver com a bomba funcionando sem estar pulverizando. O mesmo procedimento deverá ser seguido nos períodos de inatividade da máquina.
- f) No preparo da calda, deve-se utilizar somente água limpa, sem materiais em suspensão, especialmente areia, pois ela possui poder abrasivo sobre as partes ativas dos equipamentos aplicadores.
- g) Realizar a regulagem do equipamento sempre que o gasto de calda variar de 15% em relação ao obtido com a calibração inicial.

- h) Trocar os componentes do bico sempre que a sua vazão diferir de 5% da média dos bicos da mesma especificação existentes (Ciati et al., 2005).

Considerações finais

Os agrotóxicos têm sido a principal estratégia de controle e prevenção de pragas durante o cultivo e após a colheita, pelo fato de reduzirem as perdas de culturas e garantirem a qualidade dos produtos, de forma imediata, resultando diretamente em alta produtividade. Sabe-se, entretanto, que, usados de forma inadequada, são responsáveis por graves consequências à saúde, tanto dos que lidam diretamente com o produto quanto à população em geral, mediante ingestão de alimentos de origem vegetal. A recomendação final, já que a convivência com eles é inevitável, é a de que se busquem alternativas menos agressivas ao meio ambiente e à saúde humana. Para tal, recomenda-se o desenvolvimento de novos compostos de uso mais direcionado para a praga, com potencial de atividade, aliados ao manejo fitossanitário integrado, além de um cuidado maior quanto à aquisição, ao armazenamento, ao manuseio, à utilização e ao descarte dos seus resíduos visíveis e invisíveis.

Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). **Regularização de produtos agrotóxicos**: registro de produtos. Disponível em: www.portal.anvisa.gov.br/registros-e-autorizacoes/agrotoxicos/produtos/registro. Acesso em: 12 set. 2017.
- AGROFIT: base de dados de produtos agrotóxicos e fitossanitários. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2017. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 15 set. 2017.
- ANDREI, E. (coord.). **Compêndio de defensivos agrícolas**: guia prático de produtos fitossanitários para uso agrícola. 8. ed. São Paulo: Editora Andrei, 2009. 1378 p.
- BOAS práticas agrícolas no campo. São Paulo: Associação Nacional de Defesa Vegetal: Comitê de Boas Práticas Agrícolas, 2007. 16 p.
- BRASIL. Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002. Regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 4 jan. 2002.
- BRASIL. Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, 12 jul. 1989.
- CARVALHO, N. L.; BARCELLOS, A. L. Adoção do manejo integrado de pragas baseado na percepção e educação ambiental. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 5, n. 5, p. 749-766, 2012. DOI: [10.5902/223611704204](https://doi.org/10.5902/223611704204).
- CHAIM, A. Aperfeiçoamento de um bico de pulverização eletrostática para geração de gotas com alto nível de carga. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 4, p. 463-470, 1998.
- CHAIM, A. Tecnologia de aplicação de agrotóxicos: fatores que afetam a eficiência e o impacto ambiental. In: SILVA, C. M. M. de S.; FAY, E. F. (ed.). **Agrotóxicos e ambiente**. Brasília, DF: Embrapa, 2004. p. 289-317.
- CHAIM, A.; BOTTON M.; SCRAMIN, S.; PESSOA, M. C. P. Y.; SANHUEZA, R. M. V.; KOVALESKI, A. Deposição de agrotóxicos pulverizados na cultura da maçã. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 7, p. 889-892, jul. 2003. DOI: [10.1590/S0100-204X2003000700014](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2003000700014).
- CHRISTOFOLETTI, J. C. **Aplicação de defensivos e máquinas aplicadoras em fruticultura tropical**. Campinas: CATI, 1984. 20 p.
- CHRISTOFOLETTI, J. C. **Considerações sobre tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. São Paulo: Teejet, 1999. 15 p.
- CIATI, R. da S.; SILVA, J. M. da; OLIVEIRA, M. A. de. **Trabalhador na aplicação de agrotóxicos**: aplicação de agrotóxicos com pulverizador costal manual. São Paulo: Senar, 2005. 40 p.
- CODEX ALIMENTARIUS. **Residue limits for pesticides and extraneous maximum residue limits**. Disponível em: www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/standards/pesticide.../en. Acesso em: 28 ago. 2017.
- CONSELHO FEDERAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA. Resolução nº 344, de 27 de julho de 1990. Define

as categorias profissionais habilitadas a assumir a Responsabilidade Técnica na prescrição de produtos agrotóxicos, sua aplicação e atividades afins. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**: seção 1, p. 14.737, 2 ago. 1990. Disponível em: <http://normativos.confea.org.br/ementas/visualiza.asp?idEmenta=392>. Acesso em: 10 out. 2017.

CRUZ, J. L.; SANTOS FILHO, H. P.; NORONHA, A. C. da S.; OLIVEIRA, A. A. R.; SANCHES, N. F.; CARDOSO, C. E. L.; SOUZA, L. D.; OLIVEIRA, A. M. G.; PEIXOTO JÚNIOR, E. E.; GALVÃO, T. D. L.; LOPES, F. F.; SILVA, T. M. da; ANDRADE, P. R. O. de; SANTANA, S. O. Produção integrada de mamão na Bahia. In: ZAMBOLIM, L.; NASSER, L. C. B.; ANDRIGUETO, J. R.; TEIXEIRA, J. M. A.; KOSOSKI, A. R.; FACHINELLO, J. C. (org.). **Produção integrada no Brasil**: agropecuária sustentável alimentos seguros. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009. p. 533-568.

CUNHA, J. P. A. R. da. Simulação da deriva de agrotóxicos em diferentes condições de pulverização. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p. 1616-1621, set./out. 2008. DOI: [10.1590/S1413-70542008000500039](https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000500039).

CUNHA, J. P. A. R. da; TEIXEIRA, M. M.; VIEIRA, R. F.; FERNANDES, H. C.; COURY, J. S. Espectro de gotas de bicos de pulverização hidráulicos de jato plano e de jato cônico vazio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 10, p. 977-985, out. 2004. DOI: [10.1590/S0100-204X2004001000005](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2004001000005).

DESCARTE de embalagens vazias de defensivos agrícolas. São Paulo: Associação Nacional de Defesa Vegetal, 1991. Folheto.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. **7 CFR § 319.56-3 - General requirements for all imported fruits and vegetables**. Disponível em: <https://www.law.cornell.edu/cfr/text/7/319.56-3>. Acesso em: 12 set. 2017.

EUROPEAN COMMISSION. **Monitoring of pesticide residues in products of plant origin in the European Union, Norway, and Iceland**. Brussels, 2005.

FAO. **Report of the first session of the FAO**: panel of experts on integrated pest control. Rome: FAO, 1968. (Meeting report. No. PL/1967/M/7).

KEULEN, H. van; MEERMAN, F.; THROWER, B.; VAN DE VEN, G. W. J.; BREMAN, H.. Sustainable crop production and protection. In: FAO/NETHERLANDS CONFERENCE ON AGRICULTURE AND THE ENVIRONMENT, 1991, Hertogenbosh. **Proceedings**. Rome: FAO, 1991. 22 p. (FAO. Background document, 2).

KIMATI, H. Controle químico. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (ed.). **Manual de fitopatologia**: princípios e conceitos. São Paulo: Ceres, 1995. v. 1, p. 761-785.

LEGISLAÇÃO federal de agrotóxicos e afins. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Departamento de Defesa e Inspeção Vegetal, 1998. 184 p.

LIMA, M. A.; CORRÊA, I. M.; **Entendendo os limites de resíduos de agrotóxicos em alimentos**. 2012.

Disponível em: <http://www.esalq.usp.br/departamentos/leb>. Acesso em: 6 out. 2017.

MANUAL de segurança e saúde. São Paulo: Associação Nacional de Defesa Vegetal: Comitê de Boas Práticas Agrícolas, 2006. 28 p.

MANUAL de uso correto de equipamentos de proteção individual. São Paulo: Associação Nacional de Defesa Vegetal, 2005. 28 p.

MANUAL de uso correto e seguro de produtos fitossanitários/agrotóxicos. São Paulo: Associação Nacional de Defesa Vegetal, 2002. 28 p.

MATUO, T. **Técnicas de aplicação de defensivos**. Jaboticabal: Funep, 1990. 139 p.

PROGRAMA DE ANÁLISE DE RESÍDUOS DE AGROTÓXICOS EM ALIMENTOS –PARA: relatório de atividades de 2010. Brasília, DF: Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2011. 26 p.

REIFSCHEIDER, F. J. B.; COBBE, R. V. **Agrotóxicos**: escolha, manuseio e aplicação. Brasília, DF: FAO: CODEVASF, 1989. 13 p. (Produção de hortaliças no Vale do São Francisco, 2).

SALGADO, L. O.; CONCEIÇÃO, M. Z. **Controle integrado e receituário agrônomo**: curso de proteção de plantas. Módulo 7.2. Brasília, DF: ABEAS, 1993. 37 p.

SANCHES, N. F.; OLIVEIRA, A. A. R. Uso de agrotóxicos. In: RITZINGER, C. H. S. P.; SOUZA, J. da S. **Mamão**: fitossanidade. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura; Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 64-76. (Frutas do Brasil, 11).

SANTOS FILHO, H. P.; NORONHA, A. C. S.; SANCHES, N.; OLIVEIRA, A. A.; LOPES, F. F.; ANDRADE, P. R. O.; SOUZA, J. A.; SANTOS, M. de J.; OSÓRIO, A. C. B.; OLIVEIRA, A. M. G. de. Níveis de ação para o controle de pragas em mamoeiro. In: MARTINS, D. dos S.; COSTA, A. N. da; COSTA, A. de F. S. (ed.). **Papaya Brasil**: manejo, qualidade e mercado do mamão. Vitória: Incaper, 2007. p. 445-447.

SANTOS FILHO, H. P.; SOUZA, J. da S.; OLIVEIRA, A. A. R.; SANCHES, N. F.; CARDOSO, C. E. L.; OLIVEIRA, A. M. G.; ANDRADE, P. R. O.; LOPES, F. F. Avaliação econômica do controle de pragas do mamoeiro cultivado em sistemas de produção integrada e convencional. In: SIMPÓSIO DO PAPAYA BRASILEIRO, 5., 2011, Porto Seguro. **Inovação e sustentabilidade**: anais. Porto Seguro: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2011. 1 CD-ROM.

SAVOY, V. L. T. Classificação dos agrotóxicos. **Biológico**, v. 73, n. 1, p. 91-92, jan./jun. 2011.

TELTEBOIM, M. C.; MIRANDA, S. H. G. de; OLIVEIRA, L.; OZAKI, V. A. Limites máximos de resíduos e suas implicações no comércio internacional de frutas. **Revista de Política Agrícola**, ano 16, n. 1, p. 102-112, jan./mar. 2007.

WAICHMAN, A. V. A problemática do uso de agrotóxicos no Brasil: a necessidade de construção de uma visão compartilhada por todos os atores sociais. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 37, n. 125, p. 17-50, jan./jun. 2012. DOI: [10.1590/S0303-76572012000100007](https://doi.org/10.1590/S0303-76572012000100007).

CAPÍTULO 13

Colheita, pós-colheita e valoração de frutos

Márcio Eduardo Canto Pereira

Patrícia Lígia Dantas de Moraes

Gabriel Vicente Bitencourt de Almeida

Fabiane Mendes da Camara

Introdução

O mamoeiro é uma planta de hábito de frutificação constante. A colheita de frutos durante o ano inteiro é muito favorável à comercialização do mamão, pois permite o seu fornecimento regular e contínuo (Buainain; Batalha, 2007). Embora haja frutos disponíveis o ano inteiro, há maior disponibilidade nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, e menor oferta em junho e julho (Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo, 2015).

A frutificação constante exige que o pomar seja monitorado para verificar a existência de frutos em ponto de colheita. Esse ponto depende das preferências do mercado de destino. Em geral, quanto mais próximo o mercado, mais maduro pode ser colhido o fruto. Há, no entanto, que se observar outras restrições relacionadas à qualidade e ao manuseio pós-colheita dos frutos para a tomada de decisão. O estágio de maturação, no qual os frutos são colhidos, determina a qualidade dos frutos oferecidos ao consumidor.

Colheita

O mamão é colhido manualmente com o auxílio de um canguru, equipamento ligado ao hidráulico do trator, que eleva o operário até a copa do mamoeiro para realizar a colheita. O ideal é que o corte do pedúnculo seja realizado com auxílio de uma tesoura de poda, deixando em torno de 2 cm, o qual será cortado na casa de embalagem e tratado com fungicida. Porém, esse cuidado com o corte do pedúnculo não é observado em todas as situações. A torção do pedúnculo também é um método bastante utilizado, principalmente para os frutos destinados exclusivamente ao mercado interno. Nesse processo, ao realizar a colheita, faz-se um movimento no fruto no sentido de baixo para cima, sem o auxílio de faca ou tesoura. No entanto, esse método deve ser evitado, pois provoca ruptura dos tecidos do fruto em torno dessa região,

umentando a superfície exposta a infecções por fungos causadores de podridões, além de acelerar a senescência dos tecidos.

Sempre que possível, deve-se dar prioridade para a colheita em horários com temperaturas mais amenas, como, por exemplo, nas primeiras horas da manhã. Frutos colhidos nas horas mais quentes do dia têm seu metabolismo acelerado, com conseqüente redução de vida útil. Esse fator é muito importante principalmente nos estados do Rio Grande do Norte e Ceará, onde o clima é muito quente.

Ponto de colheita

Por sua natureza climática, o mamão tem capacidade de amadurecer fora da planta, se a colheita for realizada quando o fruto tenha atingido seu desenvolvimento completo e esteja fisiologicamente maduro. Esse ponto de colheita é observado quando os primeiros sinais de amarelecimento da casca aparecem na parte distal (no "fundo") do fruto, oposta ao pedúnculo. O ponto de colheita para o mercado externo da cultivar Tainung 01, quando exportado por via marítima, é quando as estrias amarelas estão bem definidas entre uma e duas (Figura 1). Para a cultivar Golden, o ponto de colheita para exportação é mais avançado, com 25% a 50% da casca amarela (Figura 1), pois é transportado por via aérea. Para o mercado interno, dependendo da distância, colhe-se em um estágio de amadurecimento menos avançado, com 16% a 25% da casca amarela, que tem maior vida útil pós-colheita.

Frutos colhidos antecipadamente, muitas vezes mesmo sem qualquer amarelecimento, apesar de resistirem ao manuseio pós-colheita, possuem baixa qualidade, devido ao alto índice de perda de água, alta susceptibilidade às desordens fisiológicas e problemas de amadurecimento. O sabor (Lalel et al., 2003), a aparência (Kays, 1999) e a textura do fruto (Johnston et al., 2002), entre outros atributos, ficam prejudicados.



Figura 1. Ponto de colheita para exportação dos mamões 'Tainung 01' (A) e 'Golden' (B).

Durante o amadurecimento fora da planta, ocorre aumento nos teores de açúcares, mas no mamão esse aumento é pequeno por causa do baixo teor de amido (Gomez et al., 1999; Vieira et al., 2000; Costa; Balbino, 2002). Portanto, frutos colhidos mais precocemente terão menor teor de sólidos solúveis, cuja composição, em sua maioria, é de açúcares solúveis. Essa tendência pode ser observada para mamões 'Golden', em que frutos colhidos no estágio 1 de maturação apresentaram média de 11,6 °Brix no teor de sólidos solúveis, enquanto frutos colhidos no estágio 3 (até 50% de casca amarela) apresentaram média de 12,7 °Brix (Bron; Jacomino, 2006). Segundo recomendações da Companhia

de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (Ceagesp), são considerados imaturos os frutos do grupo Formosa e do grupo Solo com conteúdos de sólidos solúveis inferiores a 9 °Brix e 11,5 °Brix, respectivamente (Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo, 2015). Um caso de sucesso foi protagonizado por uma empresa da região do Rio Grande do Norte e Ceará, que colhe frutos da cultivar Tainung 01 em um estágio de maturação mais avançado, cujos teores de sólidos solúveis é de, no mínimo, 12%. Além de sua qualidade diferenciada, esse fruto é embalado em sacolas de polietileno com o selo de qualidade garantida (Figura 2).



Figura 2. Mamão 'Tainung 01' em embalagem diferenciada com selo de qualidade garantida.

Frutos colhidos em estádios avançados de maturação entram rapidamente em senescência. Frutos em estágio de maturação avançado são mais sensíveis ao manuseio e a danos mecânicos, sendo muitas vezes rejeitados para comercialização, tanto no mercado interno, quanto no externo (Chonhenchob; Singh, 2005; Bron, 2006; Godoy et al., 2010).

Procedimentos pós-colheita

Mercado externo

Frutos destinados ao mercado externo são de mais alto valor e, por esse motivo, é necessário o emprego de tecnologias para melhor conservação de sua qualidade aparente e organoléptica. É importante garantir que a montagem da linha de embalagem dos frutos seja feita de tal forma que não permita a contaminação cruzada, que ocorre quando frutos que estão em etapas posteriores passam por locais de etapas anteriores.

Acondicionamento dos frutos no campo

Frutos para exportação são acondicionados com cuidado em caixas plásticas logo após a colheita. Pelo fato de o mamão ser um fruto extremamente sensível a danos mecânicos, é comum a forração interna das caixas com

uma manta de polietileno ou plástico-bolha (Figura 3). Essa proteção ajuda a minimizar os danos ocasionados pelo atrito dos frutos com as laterais e com o fundo das caixas durante o trânsito do trator dentro da propriedade. Embora sejam materiais reutilizáveis, os forros devem ser substituídos com frequência, pois podem tornar-se fonte de contaminação e perder a capacidade protetora com seu uso constante. Um cuidado adicional é a utilização de redes de polietileno para proteção individual dos frutos, porém esse procedimento torna a colheita demorada e onerosa. Um dos grandes desafios dos produtores é encontrar novas soluções que reduzam o custo e o tempo de colheita, que permitam boa proteção dos frutos contra danos mecânicos e não sejam fonte para sua contaminação.

Recepção

A fruta que chega do campo é identificada quanto ao lote, com código, data de colheita, lavoura e talhão. Cada casa de embalagem deve ter sua própria codificação e é altamente recomendável o uso de código de barras para facilitar e agilizar as etapas de registro e manutenção da rastreabilidade. Esses passos são muito importantes para frutos destinados à exportação, pois são uma garantia para compradores e vendedores, que, no caso de algum problema identificado, principalmente com resíduos de

Fotos: Patrícia Lígia Dantas de Moraes



Figura 3. Operação de colheita com caixas plásticas forradas com plástico-bolha (A) para acondicionamento dos frutos colhidos (B).

agrotóxicos, podem rastrear o “caminho” da fruta e localizar a origem do problema. A rastreabilidade auxilia na tomada de ações corretivas para eliminar ou reduzir as chances de um novo episódio.

O espaço físico da recepção de frutos deve ser amplo e construído de tal forma que favoreça tanto o descarregamento dos frutos do trator ou caminhão para dentro da casa de embalagem quanto a movimentação dos frutos até o início da linha de embalagem.

Lavagem

Após sua identificação na recepção, as caixas com frutos são vertidas cuidadosamente em tanques de lavagem (Figura 4). Esse é o procedimento que envolve maior trabalho pesado na linha de embalagem. Recomenda-se que o tanque seja provido de circulação forçada de água e esguichos para promover a movimentação dos frutos durante a lavagem. Nessa etapa, é possível adicionar um segmento de escovas de cerdas macias para auxiliar na retirada de sujidades.

A lavagem pode ser feita com detergente neutro, mas várias empresas preferem usar somente o cloro (100 ppm) na água do tanque para desinfecção. No caso de uso do cloro, a água é avaliada a cada 30 minutos, a fim de que o nível de cloro e o resíduo do látex estejam adequados. O pH da água deve ser monitorado para

que esteja sempre em valores adequados (6,5 a 7,0) para a eficácia do tratamento. Detergente e cloro não devem ser misturados, pois a adição do detergente, geralmente alcalino, promove alteração do pH, o que desfavorece a ação do cloro. A água usada nessa etapa deve ser potável, para evitar contaminação microbiana. Em seguida, os frutos podem passar por mais uma ou duas lavagens com auxílio de escovas de cerdas macias (Figura 5). Frutos da cultivar Golden, produzidos na região de Natal, são lavados com água sem cloro, pois os produtores consideram que eles são muito sensíveis à queimadura por esse elemento.



Foto: Patrícia Lígia Dantas de Moraes

Figura 5. Detalhe das cerdas em funcionamento em tanques de lavagem de frutos de mamão.

Secagem e tratamentos com cera e fungicida

Ao saírem do tanque de lavagem, os frutos são conduzidos pela linha de tratamento por roletes ou esteiras acionadas por movimentação mecânica. Às vezes, as transições entre os



Fotos: Márcio Eduardo Canto Pereira

Figura 4. Entrada dos frutos de mamão na linha de embalagem em tanque com esguichos que favorecem a movimentação dos frutos.

módulos da linha de tratamento podem ocasionar pequenos tombos nos frutos. Nesse caso, é preciso atentar para os possíveis danos mecânicos que podem ser causados aos frutos.

Os frutos lavados, logo em seguida, são secos em túneis onde secadores mecânicos ventilam ar forçado para remoção da água. Após a secagem, os frutos podem ser tratados por imersão em tanque com fungicida e/ou cera, a depender do mercado ao qual se destina. Em seguida, há uma nova secagem dos frutos em secadores mecânicos.

O tratamento com fungicida em pós-colheita do mamão é utilizado tanto para o controle da antracnose quanto para o controle de podridão do pedúnculo. O fungicida e a dosagem utilizada devem respeitar o permitido pela legislação, que pode ser consultada on-line no Agrofít, o banco de informações sobre produtos agrotóxicos e afins do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) (Brasil, 2015). Entretanto, alguns produtores argumentam sobre a baixa eficiência no controle dessas doenças e o desafio de não terem problemas com resíduos acima do limite máximo permitido pelos importadores. Caso o limite seja ultrapassado, a empresa recebe multa de advertência e, em caso de reincidência, pode ser impedida de exportar durante um determinado período. Os limites atuais são baixos e a tendência é de exigências cada vez mais fortes por parte dos importadores.

A aplicação de cera melhora a aparência da fruta e reduz a perda de água, contribuindo para a extensão da vida útil pós-colheita do fruto. Existe no mercado uma diversidade de tipos de cera e, no caso do mamão, varia de acordo com o mercado. Quando usado para o mercado interno, a preferência é por ceras que dão brilho; já o mercado externo prefere ceras sem brilho.

Seleção

Na transição entre as etapas de lavagem e aplicação de cera, adota-se a prática de seleção

dos frutos pela retirada manual daqueles muito verdes, muito maduros ou com defeitos. Esses frutos podem ser reaproveitados para o mercado interno ou simplesmente seguir como refugo para alimentação animal, por exemplo.

Classificação e embalagem

Os frutos encerados e secos são conduzidos individualmente até o equipamento, composto por bandejas individuais, que os classificam de acordo com o peso (Figura 6). Esse equipamento, chamado de classificador, permite separar as classes de peso para que os frutos sejam depositados nas esteiras de embalagem para as quais estão determinados. Isso facilita amplamente o acondicionamento dos frutos nas embalagens, bem como permite administrar as linhas de embalagem de acordo com as necessidades do mercado de destino ou do cliente. Em alguns casos, os frutos recebem uma rede de polietileno de baixa densidade (PEBD) flexível para sua proteção contra danos mecânicos.



Foto: Márcio Eduardo Canto Pereira

Figura 6. Vista do classificador automatizado (direita) e das esteiras de embalagem (esquerda) com mamões separados por peso.

Nos estados do RN e CE, existem três formas de embalar o mamão cultivar Tainung 01: a) em sacos de polietileno com alguns furos (embalagem individual), para aumentar a permeabilidade; b) em sacola de atmosfera modificada para cada caixa; c) com redinha de

polietileno protetora de impacto (Figura 7). O uso da atmosfera modificada para o mamão tem mostrado resultados satisfatórios, entretanto são necessários ainda estudos para ajustar a permeabilidade da sacola para essa fruta.

Frutos de 'Tainung 01' são acondicionados em caixas de 7,5 kg ou 4,5 kg, e frutos de 'Golden' em caixas de 3,5 kg, as quais, dependendo do tamanho do fruto, comportam de seis a dez frutos; para o mercado de Portugal, são preferíveis frutos maiores, do tipo 6, com seis frutos por caixa.

As caixas para acondicionamento dos frutos de exportação são de papelão. É altamente recomendável que seja utilizada uma máquina de montagem de caixas (Figura 8), para que

se tenha bom rendimento na operação e seja possível até ter um pequeno estoque de caixas montadas para atender a demanda em caso de impossibilidade de uso da máquina por necessidade de manutenção ou quebra.

Cada comprador tem uma exigência em termos de caixa e também de selo ou etiqueta de identificação, que geralmente é colocada em cada fruto. O selo permite a identificação do cliente com a marca e favorece a fidelização.

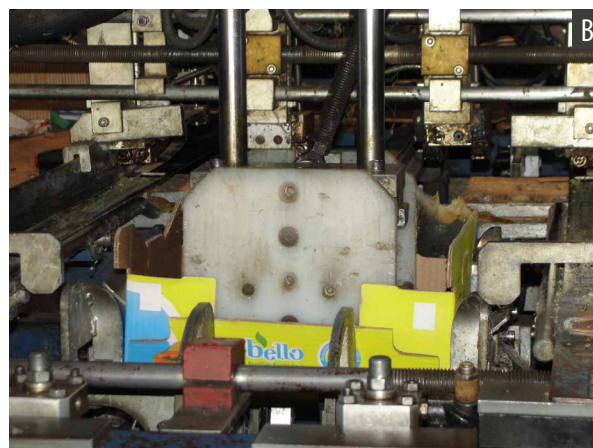
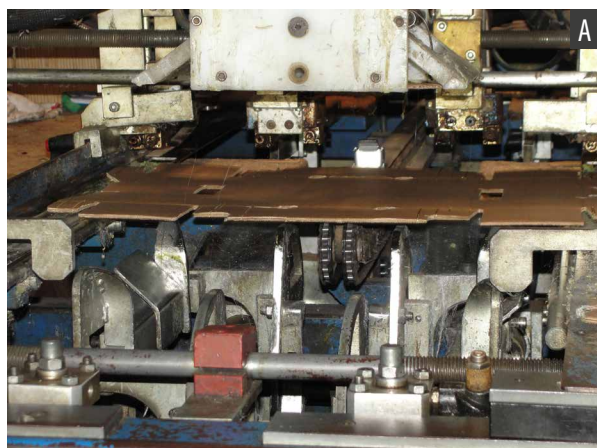
Paletização

As caixas com os frutos acondicionados são empilhadas em páletes para facilitar a movimentação e as operações de armazenamento e



Fotos: Patrícia Lígia Dantas de Moraes

Figura 7. Diferentes formas de embalagens do mamão 'Tainung 01' para comercialização: sacos de polietileno com perfurações (A); redinha de polietileno expandido, protetora de impacto (B).



Fotos: Márcio Eduardo Canto Pereira

Figura 8. Máquina para montagem de caixas em operação: entrada da caixa desmontada (A) e armação da caixa (B).

transporte. Cada pálete deve ter etiqueta com o número de caixas de cada tipo ou classificação e qualquer outra identificação necessária à manutenção da rastreabilidade. Os páletes podem ser armazenados em câmara fria até o momento do carregamento do contêiner.

Exportação

Quando os clientes desejam o fruto maduro, com maior parte da cor da casca amarela, é recomendável ter uma câmara intermediária de amadurecimento. Nessa antessala, a temperatura deve ser intermediária entre aquela da área do ambiente de embalagem e da câmara de armazenamento ou temperatura de transporte (10 °C). Essa câmara intermediária reduz o avanço do amadurecimento e permite que se controle melhor em que grau de maturação (cor da casca) o fruto será embarcado.

É preciso considerar que, no tempo de trânsito até o mercado consumidor, o fruto avançará no amadurecimento, e esse avanço deve ser levado em conta na hora de estimar o ponto de maturação no momento do embarque. O fruto deve chegar no mercado de destino no ponto que o cliente deseja. O cliente pode rejeitar toda uma carga se porventura não a receber no ponto desejado. Situação semelhante ocorre para

frutos destinados a grandes supermercados no Brasil que adotam um controle de qualidade das cargas recebidas. Se a qualidade da amostra não estiver dentro dos requisitos, toda a carga é rejeitada e o vendedor é quem fica responsável por dar um novo destino ao seu produto. Não se recomenda enviar o fruto muito maduro (acima de 75% da casca amarela), pois há maior risco de danos, principalmente de amassamento, mesmo em embalagens adequadas. Em alguns casos, quando os frutos chegam no mercado de destino com a cor da casca predominantemente verde, eles são transferidos para uma câmara fria até a casca ficar predominantemente amarela, para serem reembalados e, então, comercializados. A empresa exportadora perde muito com isso, pois todos os custos de armazenamento e embalagem no país importador são pagos pela empresa exportadora. Assim, a seleção do estágio de maturação na colheita deve ser bastante rigorosa, para que o mamão chegue ao país importador com todas as características de cor e organolépticas adequadas ao consumo (Figura 9).

Muito embora o preço do frete internacional seja maior, atualmente o modal aéreo é o predominantemente utilizado para exportação dos frutos, principalmente aqueles produzidos na Bahia e no Espírito Santo. No Rio Grande do

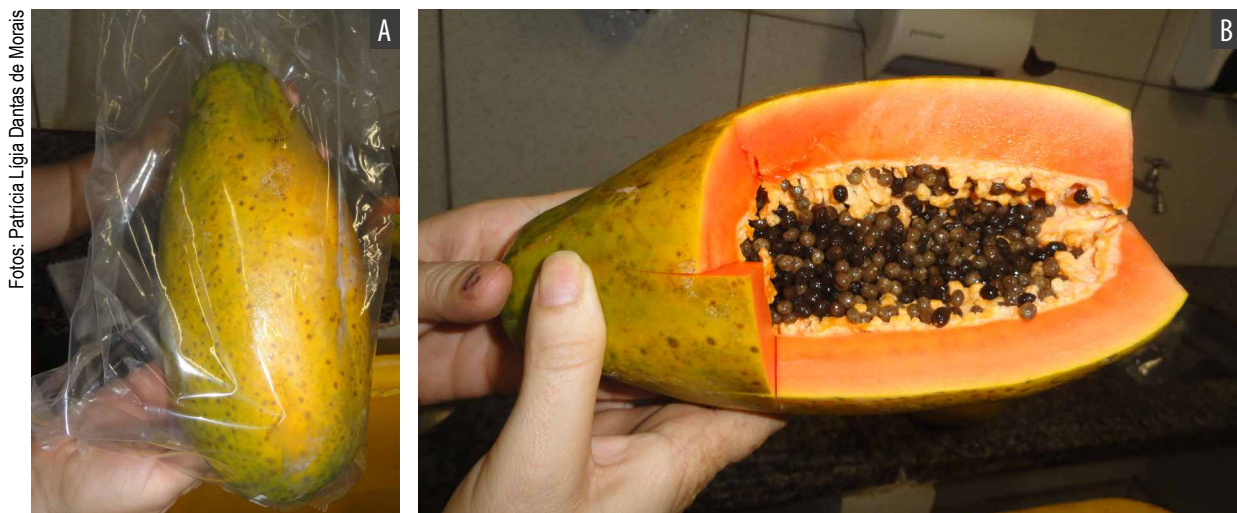


Figura 9. Características de cor da casca (A) e da polpa (B) adequadas para chegada do mamão 'Tainung 01' ao país de destino.

Norte, a cultivar Golden é transportada para a Europa por via aérea, porém, devido à maior proximidade com os mercados da Europa, o modal marítimo também é utilizado com frequência para a cultivar Tainung 01, que apresenta vida útil mais longa. No caso dos países da Europa, o fruto transportado por via marítima pode demorar até 21 dias para chegar ao país de destino. A logística para o transporte marítimo deve ser muito bem estruturada e exige tanto o uso de refrigeração quanto a manutenção da cadeia de frio, situação que nem sempre é favorecida com a atual infraestrutura disponível no Brasil.

Os impedimentos tarifários e não tarifários dificultam as exportações. Nesse caso, a Europa é menos exigente que o mercado americano, grande consumidor dos frutos brasileiros (Buainain; Batalha, 2007). A rota de frutos para os Estados Unidos é particular, pois, desde o campo, há preocupação com o controle de moscas-das-frutas. Um representante acompanha todo o processo, desde o descarregamento do mamão do campo até a embalagem, para conferir e atestar que o protocolo foi seguido em cada etapa. As frutas devem receber tratamento hidrotérmico e ser embaladas em ambiente separado. Os paletes com destino aos Estados Unidos recebem telas para impedir a entrada de insetos e, somente depois de lacrados, podem ser misturados com os que vão para outros destinos (Figura 10). O transporte, quando marítimo,

é realizado em contêineres refrigerados. Se por via aérea, a refrigeração pode ser dispensada.

Controle de qualidade

Toda casa de embalagem de exportação de frutos deve ter seu próprio programa e sala de controle de qualidade dos frutos. Uma amostra de cada paleta deve ser armazenada em sala apropriada, destinada para o controle de qualidade, na qual se devem simular as condições de trânsito (refrigerado ou não). Isso é uma segurança para o vendedor, pois pode contestar reclamações não fundamentadas de clientes. Pode-se avaliar a vida útil do fruto, o amadurecimento – se regular ou não –, os atributos físico-químicos – a exemplo de cor, firmeza e teor de sólidos solúveis –, a ocorrência de distúrbios de qualquer natureza e a incidência de doenças pós-colheita. Esta última é uma das maiores preocupações atuais dos exportadores por causa das fortes exigências quanto ao limite máximo de resíduos de agrotóxicos permitidos pelos importadores.

Mercado interno

A fruta destinada exclusivamente ao mercado interno é geralmente embalada no campo, em galpões abertos, onde tudo se concentra: o trator, que traz os frutos do campo; as embalagens vazias; as operações de seleção e embalagem; e o caminhão que fará o transporte até o mercado de destino.

O transporte do pomar até a casa de embalagem é realizado em carretas acopladas a um trator. Os frutos são amontoados nessas carretas, sem utilização de caixas para sua acomodação. Essa prática aumenta consideravelmente os danos mecânicos causados aos frutos (Figura 11).

A carreta é colocada em posição favorável ao descarregamento dos frutos, os quais podem passar por lavagem em pequenos tanques para retirada de sujidades maiores, mas essa etapa é muitas vezes dispensada pelos embaladores.

Foto: Márcio Eduardo Canto Pereira



Figura 10. Paletes telados preparados para exportação para os Estados Unidos.



Foto: Márcio Eduardo Canto Pereira

Figura 11. Frutos recém-colhidos destinados ao mercado interno.

Nesse caso, com a carreta aberta, os frutos são retirados um a um. Em seguida, a metade do fruto em que se insere o pedúnculo é envolvida com papel de seda (Figura 12). Depois disso, os frutos são acondicionados nas embalagens, em geral caixas de madeira, nas quais são colocados com a parte envolvida em papel para baixo (Figura 13). As caixas são então empilhadas no caminhão de transporte. Embora as caixas de madeira ainda sejam usadas, principalmente pelo seu menor custo, elas não permitem higienização e não são paletizáveis. Essas são algumas das orientações da Instrução Normativa Conjunta (Brasil, 2002), que estabeleceu regras para as embalagens de frutas e hortaliças frescas. As embalagens de madeira podem ainda provocar danos aos frutos e aos manipuladores. As caixas plásticas têm sido preferidas por



Foto: Márcio Eduardo Canto Pereira

Figura 12. Embalagem de frutos para mercado interno.

alguns mercados por atenderem aos requisitos da instrução normativa e terem seu custo diluído ao longo do tempo de uso, porém requerem melhor organização logística para realizar o retorno.



Foto: Márcio Eduardo Canto Pereira

Figura 13. Detalhe de uma caixa com mamões embalados para mercado interno.

Os frutos são transportados em caminhões abertos, ou em alguns casos refrigerados, para mercados próximos, supermercados em grandes centros e em centrais atacadistas. O trânsito de frutos para São Paulo, por exemplo, pode demorar de 3 a 6 dias, dependendo da região produtora. Quando são transportados em caminhões refrigerados, muitas vezes os mamões vão junto com outros produtos, em temperaturas mais elevadas, o que acelera a sua maturação. Essas particularidades de cada mercado exigem boa seleção na casa de embalagem para atender as necessidades de cada cliente.

De modo geral, as operações para o mercado interno empregam menor grau de cuidado com a aparência e o manuseio dos frutos. Além disso, o transporte a granel de frutos, que ocasiona muitos danos ao produto, ainda é utilizado em algumas instâncias no País. No entanto, essa realidade está sendo gradativamente mudada para que o mercado interno também receba frutos de ótima qualidade a partir de investimentos em colheita, proteção e embalagem adequadas.

Valoração

Qualidade mercadológica

A qualidade mercadológica do mamão está diretamente relacionada aos aspectos sensoriais e nutricionais, à segurança do alimento e à segurança ambiental. No mercado atacadista, é possível constatar grande variação de valor do fruto no mesmo dia para o mesmo produto e cultivar. Os atributos de qualidade mercadológica podem variar de acordo com as condições climáticas dos locais de cultivo e práticas culturais.

Em um mesmo dia de comercialização nas centrais atacadistas, sob a mesma condição de oferta e demanda, ocorrem grandes diferenças de valores entre lotes de um mesmo produto. A diferenciação de valor é o resultado da percepção do mercado acerca das características qualitativas e do tamanho do produto. Essa variação de valor foi comprovada em estudo de análise dos maiores e menores preços praticados durante o processo de comercialização realizado para o mamão do grupo Formosa, ao longo de 52 semanas, nos anos de 2012, 2013 e 2014, no Entrepasto Terminal de São Paulo (ETSP) da Ceagesp (Tabela 1). A variação chegou a 100% para os mamões do grupo Formosa das classificações dos tipos 9 e 12. Esse mesmo estudo mostrou maior variação de preço para os frutos oriundos do Espírito Santo em comparação ao mamão proveniente do estado de Minas Gerais.

O programa de políticas públicas Hortiescolha, resultado da parceria entre a Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq) e a Ceagesp, com o aporte financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) (Processo 2010/52.337-0) e do CNPq (Processo 407.668/2012-8), tem como objetivo orientar e simplificar o processo de tomada de decisão na gestão das frutas e hortaliças in natura (escolha do produto e da variedade e classificação de melhor custo-benefício,

Tabela 1. Variação máxima entre maiores e menores preços praticados durante o processo de comercialização realizado para o mamão do grupo Formosa, ao longo de 52 semanas, nos anos de 2012, 2013 e 2014, no Entrepasto Terminal de São Paulo (ETSP) da Companhia de Entrepastos e Armazéns Gerais de São Paulo (Ceagesp).

| Classificação (Tipo) | Variação máxima (%) |
|----------------------|---------------------|
| 6 | 87,5 |
| 8 | 66,7 |
| 9 | 100,0 |
| 10 | 66,7 |
| 12 | 100,0 |
| 15 | 87,5 |
| 16 | 69,2 |
| 18 | 62,2 |

padrão mínimo de qualidade e melhor época de aquisição)¹. Além disso, o programa permite ao usuário elaborar documentos de apoio para o memorial descritivo de frutas e hortaliças in natura e dispõe de ferramentas para utilização no controle de qualidade do produto.

Uma das ferramentas do programa é o índice de valoração, calculado por meio da análise dos dados históricos da cotação de preços da Ceagesp, por produto e variedade (fator utilizado para calcular a relação entre o preço de cada classificação e a classificação menos valorizada de cada produto e variedade). Esse índice (Tabela 2) permite constatar que, durante o ano, o mamão do grupo Formosa da classificação A é, em média, 28% mais caro que o da classificação B. Para o grupo Solo, tem-se que as classificações 12 frutos, 15 frutos, 18 frutos e 21 frutos são, em média, 47%, 52%, 51% e 24%, respectivamente, mais caros que a classificação 24–28 frutos.

¹ Disponível em: <http://www.ceagesp.gov.br/entrepastos/servicos-entrepastagem/hortiescolha>.

Tabela 2. Índice de valoração de frutos conforme grupo varietal e classificação de mamões comercializados no Entrepasto Terminal de São Paulo (ETSP) da Companhia de Entrepastos e Armazéns Gerais de São Paulo (Ceagesp).

| Grupo varietal | Denominação cotação Ceagesp | Índice de valoração |
|----------------|-----------------------------|---------------------|
| Formosa | A | 1,28 |
| Formosa | B | 1,00 |
| Solo | 12 frutos | 1,47 |
| Solo | 15 frutos | 1,52 |
| Solo | 18 frutos | 1,51 |
| Solo | 21 frutos | 1,24 |
| Solo | 24–28 frutos | 1,00 |

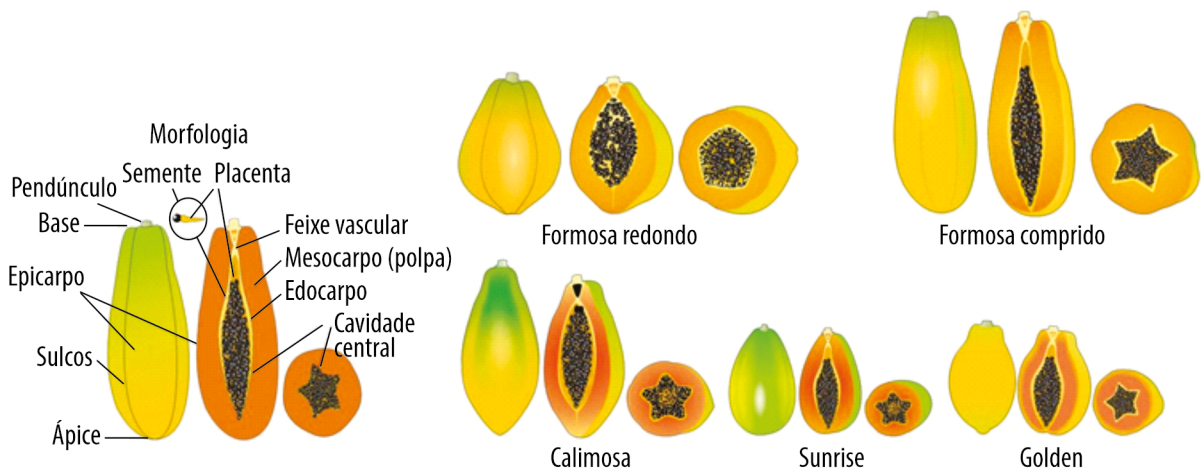
As seguintes ferramentas são outros exemplos do programa: o guia de variedades, com a representação gráfica e as características das principais variedades de mamão comercializadas no entreposto paulistano (Figura 14); o padrão mínimo de qualidade, que representa os defeitos não aceitáveis; e a tabela de equivalência de

tamanho para o mamão, que descreve as denominações do mamão pelo mercado atacadista, pela cotação de preços da Ceagesp – também uma característica mensurável (Figura 15).

Dinâmica de comercialização e valoração do mamão na Ceagesp

No ETSP da Ceagesp, empresa de economia mista ligada ao Mapa e maior entreposto de frutas e hortaliças do Brasil, foram comercializadas por 322 atacadistas, entre 2007 e 2014, mais de 1,2 milhão de toneladas de mamão, oriundas de 243 municípios de 15 unidades da Federação. Aproximadamente, ano a ano, a Ceasa de São Paulo tem comercializado por volta de 9% da produção nacional. Sendo assim, mamões produzidos sob as mais diversas condições ambientais, econômicas e sociais tornam o entreposto paulistano um excelente local para o estudo da dinâmica da comercialização de frutos frescos.

Nenhuma grande instituição fornecedora de estatísticas agrícolas, como a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a

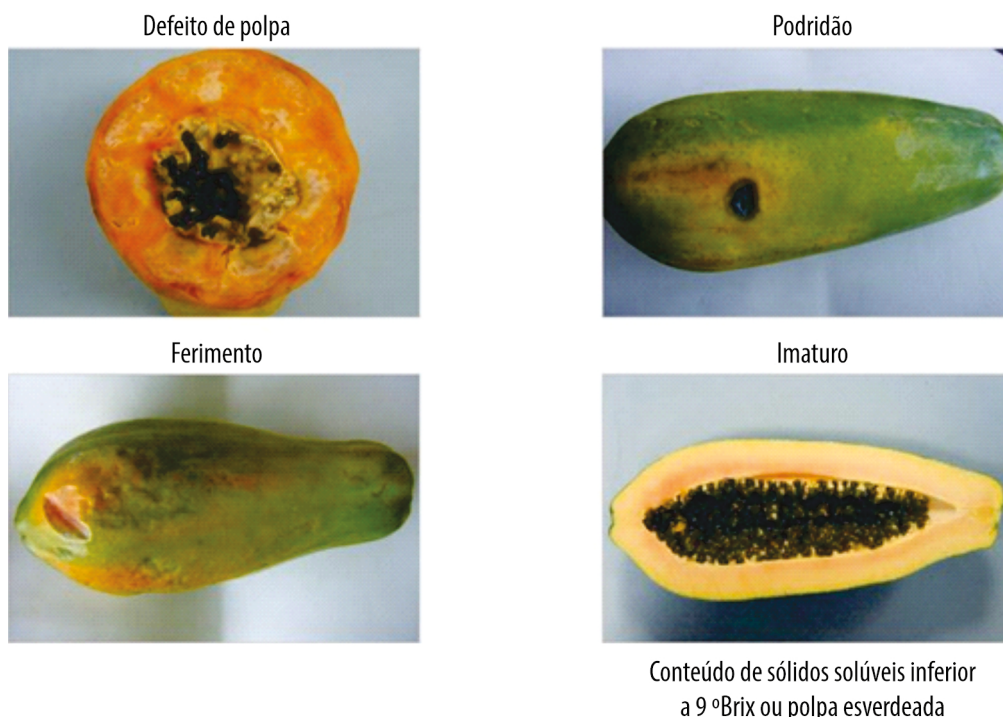


| Variedades | Formato do fruto | Sulcos na casca | Coloração da casca | Coloração da polpa |
|--|--|--------------------------|---------------------|--------------------|
| Formosa redondo (fêmea) | Globular pontudo | Intermediário a profundo | Amarelo-alaranjada | Alaranjada |
| Formosa comprido (hermafrodita) | Piriforme alongado e ponta arredondada | Intermediário | Amarelo-alaranjada | Alaranjada |
| Calimosa (híbrido de Formosa com Golden) | Piriforme alongado pontudo | Superficial | Amarelo-avermelhada | Avermelhada |
| Sunrise | Piriforme | Superficial | Amarelo-alaranjada | Avermelhada |
| Golden | Piriforme com pescoço | Superficial | Amarelo-alaranjada | Avermelhada |

Obs.: O formato do mamão 'Formosa' varia de acordo com o tipo de inflorescência feminina (redondo) e hermafrodita (comprido).

Figura 14. Principais variedades comercializadas na Ceagesp e suas características.

Fonte: Programa Hortiescolha - Processo Fapesp 2010/52.337-0.

Defeitos proibidos**Equivalência de tamanho**

| Grupo varietal | Cotação Ceagesp | Mercado atacadista | Medida e valoração | Unidade de medida |
|----------------|-----------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| Formosa | A | Tipo 5 a 9 | 1,36 a 2,40 | kg |
| Formosa | B | Tipo 10 a 16 | 0,75 a 1,35 | kg |
| Havaí | 12 frutos | Tipo 12 | Maior que 600 | kg |
| Havaí | 15 frutos | Tipo 15 | 500 a 600 | g |
| Havaí | 18 frutos | Tipo 18 | 400 a 500 | g |
| Havaí | 21 frutos | Tipo 21 | 350 a 400 | g |
| Havaí | 24/28 frutos | Tipo 24 | 300 a 350 | g |
| Havaí | 24/28 frutos | Tipo 28 | Menor que 300 | g |

Na coluna Medida e valoração, quanto mais claro o verde, menor o valor. A comparação de valor é feita dentro de cada grupo varietal e não entre os grupos varietais.

Figura 15. Padrão mínimo de qualidade e de tamanho do mamão 'Formosa'.

Fonte: Programa Hortiescolha - Processo Fapesp 2010/52.337-0.

Agricultura (FAO), o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o Programa de Modernização do Mercado Hortigranjeiro (Prohort), faz a separação entre mamões do grupo Solo e do grupo Formosa. A Ceagesp utiliza essa separação tanto no Sistema de Informações e Estatística de Mercado (Siem) como na cotação de preços, embora o sistema da coleta de valores ainda não seja capaz de mensurar as variações decorrentes da qualidade. A separação dos frutos entre os grupos Solo (conhecido popularmente como havaí ou papaia) e Formosa permite que se chegue a algumas conclusões a respeito da dinâmica de comercialização.

O estado da Bahia é o grande fornecedor de frutos do grupo Solo, com 69% do volume comercializado em 2012, seguido do Espírito Santo, que tem 26%. Minas Gerais, que não participava em 2007, atualmente é responsável por 3% do fornecimento de mamões do grupo Solo.

Uma característica marcante da comercialização no ETSP é a grande preferência pela cultivar Sunrise e suas variações, como a 'BS' (Benedito Soares), em detrimento da 'Golden'. Apesar de esta última ter melhor resistência pós-colheita e menor ocorrência de manchas fisiológicas, o sabor da 'Sunrise' é muito superior por causa

do maior conteúdo de sólidos solúveis (maior doçura). Grande parte dos varejistas paulistanos, como feirantes, hortifrúteis e ambulantes, que possuem contato muito próximo com o consumidor, constatam que a rejeição ao mamão 'Golden' está associada à maior dureza da polpa e ao menor conteúdo de açúcares. Os dez principais municípios fornecedores de mamão do grupo Solo estão situados nas mesorregiões Sul da Bahia e Norte do Espírito Santo. Ambas fazem fronteira e compreendem justamente a faixa próxima ao litoral dos dois estados. No entanto, constata-se que os municípios mais tradicionais, como Teixeira de Freitas, BA, e Linhares, ES, apresentam importância declinante, e novos municípios, como Lajedão e Ibirapuã, também na mesorregião Sul da Bahia, passam a ter grande relevância e estão surgindo com força nas estatísticas da Ceagesp. Isso indica que a cultura está migrando dentro do Sul da Bahia e Norte do Espírito Santo.

No grupo Formosa há uma inversão, o Espírito Santo foi o principal abastecedor, com 21 mil toneladas ou 40% do total, enquanto a Bahia participou com 14,5 mil toneladas ou 28%. Os envios de frutos capixabas saem quase todos da região dos municípios de Pinheiros, São Mateus e Montanha. É no grupo Formosa que se observa uma rápida mudança do modelo de comercialização de mamão. O Espírito Santo passou de uma participação de 62% em 2007 para apenas 34% em 2011, recuperando-se levemente em 2012, quando atingiu 40%. Por sua vez, Minas Gerais passou de uma participação de 2% em 2007 para 20% em 2012; o Rio Grande do Norte, de 0,3% para 5%; e São Paulo, de 2% para 6% (Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo, 2021). Observa-se a grande evolução do município de Jaíba, localizado no Norte de Minas Gerais, onde existe um grande projeto de irrigação com o mesmo nome. Esse município, que não enviou nada em 2007, passou para o segundo posto no fornecimento de frutos para a Ceagesp em 2012.

Também merece grande destaque a evolução dos municípios de Baraúna, RN, Pedro Canário, ES, e Sátiro Dias, BA. Este último fica em uma região não tradicional de cultivo de mamão, na mesorregião Norte da Bahia, e relativamente distante do litoral. Ao mesmo tempo, é notável a grande decadência nos municípios de Pinheiros e Montanha, ambos no Espírito Santo. Essa mudança na geografia da produção de mamão do grupo Formosa observada no ETSP da Ceagesp pode ser explicada pela maneira completamente diferente com que os produtores das regiões em crescimento trabalham a colheita e a pós-colheita e transportam os frutos.

Os produtores desses novos municípios na produção de mamão do grupo Formosa trabalham de maneira totalmente distinta da grande maioria dos produtores capixabas. Enquanto a maior parte das cargas do Espírito Santo vem com os frutos a granel na carroceria dos caminhões, os produtores das novas áreas, principalmente os da região oeste da Bahia e do Rio Grande do Norte, colhem frutos mais maduros, classificam e embalam na origem, utilizando caixas de papelão ondulado bastantes atrativas, com rede de poliuretano protegendo os frutos, que são etiquetados com a marca do produtor. As cargas são transportadas paletizadas em caminhões refrigerados (Figura 16). Quando não utilizam caixas de papelão, alguns produtores acomodam a produção em caixas de madeira na origem, que é o caso da maior parte da produção de Jaíba, MG.

O arcaico sistema de transporte a granel exige a colheita de frutos ainda com a casca totalmente verde e polpa bastante firme. Nessas condições, os frutos armazenam menor quantidade de açúcares, tendo como consequência sabor pouco pronunciado quando maduros. Colher frutos verdes é a única maneira para que eles resistam a essa condição de transporte. As perdas são enormes e o descarte do mamão do grupo Formosa transportado a granel é o principal gerador de lixo orgânico. Já os frutos



Fotos: Gabriel Vicente Bitencourt de Almeida

Figura 16. Frutos de mamão do grupo Formosa embalados em caixas de papelão, com proteção e qualidade.

colhidos mais maduros, quando a coloração começa a mudar e há pelo menos duas listras amarelas, serão muito mais saborosos quando totalmente maduros. Como estão sendo identificados com marca, os varejistas e consumidores os reconhecem como produtos superiores. Com o tempo, concluem que, apesar de bem mais caro, vale muito mais a pena levar um produto capaz de proporcionar satisfação muito maior. Em geral, mamões embalados na origem conseguem um valor de venda entre 50% e 100% acima dos que chegam a granel e são embalados no entreposto. Essa é uma tendência geral para o mercado de frutas e hortaliças.

Um caminhão de mamão do grupo Formosa a granel demora mais de 6 horas para ser descarregado e ocupa espaço no já tumultuado entreposto. Nessas condições, consideram-se normais perdas ao redor de 20% da carga.

No grupo Solo, o domínio é quase que total dos municípios baianos e capixabas situados na faixa litorânea entre o extremo Sul da Bahia e o Norte do Espírito Santo. De pouco tempo para cá, vários produtores dessa região, alguns dos quais também são atacadistas no ETSP, estão começando a trabalhar com embalagens de papelão ondulado, a exemplo dos produtores de mamão do grupo Formosa do oeste baiano e do Rio Grande do Norte.

Considerações finais

O mamão é uma fruta grandemente apreciada pelo seu sabor e valor nutritivo, cuja comercialização é largamente caracterizada por altos níveis de perdas que resultam, em sua grande parte, de práticas inadequadas de colheita e manuseio. Essas práticas geram inúmeros danos aos frutos, prejudicam a aparência, favorecem a incidência de podridões, aceleram a maturação e podem comprometer a textura e o sabor da polpa.

Em paralelo à maior exigência dos consumidores, é necessário que haja mudança de hábitos em relação a essas práticas inadequadas, para que as perdas sejam reduzidas a níveis bem menores. Colher no ponto certo e adotar procedimentos corretos de colheita e manuseio pós-colheita são práticas indispensáveis para a oferta de frutos com qualidade, saborosos e de boa aparência, seja para o mercado interno, seja para o externo. Mamões com melhor qualidade incentivam o consumo e têm maior valor tanto para quem os comercializa, quanto para quem os consome, o que favorece a cadeia como um todo.

Referências

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agrofit**. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 24 abr. 2015.

- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Apoio Rural e Cooperativismo. Instrução Normativa Conjunta nº 9, de 12 de novembro de 2002. Dispõe sobre as embalagens destinadas ao acondicionamento de produtos hortícolas “in natura”. **Diário Oficial da União**: seção 1, p. 30, 14 nov. 2002. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=1371>. Acesso em: 24 abr. 2015.
- BRON, I. U. **Amadurecimento do mamão ‘Golden’**: ponto de colheita, bloqueio da ação do etileno e armazenamento refrigerado. 2006. 66 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- BRON, I. U.; JACOMINO, A. P. Ripening and quality of ‘Golden’ papaya fruit harvested at different maturity stages. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 18, n. 3, p. 389-396, July/Sept. 2006. DOI [10.1590/S1677-04202006000300005](https://doi.org/10.1590/S1677-04202006000300005).
- BUAINAIN, A. M.; BATALHA, M. O. **Cadeia produtiva de frutas**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento: IICA, 2007. 102 p. (MAPA. Agronegócios, v. 7).
- CHONHENCHOB, V.; SINGH, S. P. Packaging performance comparison for distribution and export of papaya fruit. **Packaging Technology and Science**, v. 18, n. 3, p. 125-131, Mar. 2005. DOI [10.1002/pts.681](https://doi.org/10.1002/pts.681).
- COMPANHIA DE ENTREPÓSITOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO. **Mamão**: guia de identificação. 2021. Disponível em: <http://www.ceagesp.gov.br/entrepotos/servicos-entrepotagem/hortiescolha/mamao>. Acesso em: 14 jun. 2021.
- COMPANHIA DE ENTREPÓSITOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO. **Sistema de estatística e informação de mercado**: seção de economia e desenvolvimento. São Paulo, [2021?]. Base de dados. Não publicado.
- COSTA, A. F. S.; BALBINO, J. M. S. Características da fruta para exportação e normas de qualidade. In: FOLEGATTI, M. I. S.; MATSUURA, F. C. A. U. (org.). **Mamão**: pós-colheita. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 12-18. (Frutas do Brasil, 21).
- GODOY, A. E. de; JACOMINO, A. P.; CERQUEIRA-PEREIRA, E. C.; GUTIERREZ, A. de S. D.; VIEIRA, C. E. M.; FORATO, L. A. Injúrias mecânicas e seus efeitos na qualidade de mamões Golden. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 3, p. 682-691, set. 2010. DOI [10.1590/S0100-29452010005000086](https://doi.org/10.1590/S0100-29452010005000086).
- GOMEZ, M. L. P. A.; LAJOLO, F. M.; CORDENUNSI, B. R. Metabolismo de carboidratos durante o amadurecimento do mamão (*Carica papaya* L. cv. solo): influência da radiação gama. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n. 2, p. 246-252, maio/ago. 1999. DOI [10.1590/S0101-20611999000200017](https://doi.org/10.1590/S0101-20611999000200017).
- JOHNSTON, J. W.; HEWETT, E. W.; HERTOG, M. L. A. T. M.; HARKER, F. R. Harvest date and fruit size affect postharvest softening of apple fruit. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 77, n. 3, p. 355-360, 2002. DOI [10.1080/14620316.2002.11511505](https://doi.org/10.1080/14620316.2002.11511505).
- KAYS, S. J. Preharvest factors affecting appearance. **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, n. 3, p. 233-247, Mar. 1999. DOI [10.1016/S0925-5214\(98\)00088-X](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(98)00088-X).
- LALEL, H. J. D.; SINGH, Z.; TAN, S. C.; AGUSTÍ, M. Maturity stage at harvest affects fruit ripening, quality and biosynthesis of aroma volatile compounds in ‘Kensington Pride’ mango. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 78, n. 2, p. 225-233, 2003. DOI [10.1080/14620316.2003.11511610](https://doi.org/10.1080/14620316.2003.11511610).
- VIEIRA, G.; VIEGAS, P. R. A.; NEVES, J. C. L.; AGNES, E. L.; OLIVEIRA, F. A. M. B. Influência da cultivar e do estádio de maturação em algumas características de frutos de mamão durante a pós-colheita. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 22, n. 2, p. 244-247, 2000.

CAPÍTULO 14

Fisiologia e tecnologia pós-colheita

Jurandi Gonçalves de Oliveira

Luis Miguel Mazzora Morales

Marcelo Gomes da Silva

Fabiana Fumi Cerqueira Sasaki

Angelo Pedro Jacomino

Rafaela Vieira Façanha

Introdução

O amadurecimento do mamão é regulado por alterações no equilíbrio hormonal que estão relacionadas com a programação dos órgãos para responder a tais mudanças. As transformações qualitativas e quantitativas que ocorrem com o mamão durante o amadurecimento são fortemente influenciadas pela carga genética do material vegetal e também pelas condições do ambiente, sendo atribuídas, principalmente, à ação do etileno, que é considerado o hormônio do amadurecimento (Fabi et al., 2010; Ming et al., 2012). Contudo, esse processo tem também o envolvimento de outros fitormônios, como auxinas, citocininas e giberelinas (Fuggate et al., 2010) Iniciada a fase de amadurecimento, tais transformações ocorrem muito rapidamente e fazem com que o fruto atinja a máxima qualidade para o consumo em poucos dias.

Durante o amadurecimento, o mamão passa por várias transformações físicas e químicas que alteram significativamente a sua resistência ao manejo e ao transporte, assim como sua aceitação pelo consumidor.

Com a maior demanda do mercado por frutos de melhor qualidade, torna-se crescente a necessidade da compreensão da sua fisiologia para desenvolvimento e uso de tecnologias e para manejo pós-colheita, levando em consideração as boas práticas que garantam aos frutos a manutenção da sua qualidade até o consumidor.

Padrão respiratório e amadurecimento do mamão

A fase de amadurecimento do mamão é bastante estudada em decorrência das intensas mudanças na composição da polpa do fruto, as quais resultam dos processos físicos, químicos e bioquímicos que determinam a qualidade organoléptica (Paull; Chen, 1983; Bron; Jacomino, 2006; Azevedo et al., 2008; Pereira et al., 2009; Silva et al., 2015b).

Entre essas transformações podem ser destacadas as mudanças bioquímicas, como a interconversão de açúcares solúveis, segundo Gomez et al. (1999) e Zhou e Paull (2001); as mudanças na composição de ácidos orgânicos e a síntese de compostos voláteis, segundo Wall (2006), Fuggate et al. (2010) e Kelebek et al. (2015); as mudanças na composição de pigmentos, segundo Corrêa et al. (2014); e, principalmente, mudanças na textura da polpa, segundo Manenoi e Paull (2007), Pereira et al. (2009), Thumdee et al. (2010) e Fabi et al. (2014). Dada a alta perecibilidade do fruto, conhecer melhor os processos relacionados ao amadurecimento do mamão é fundamental para que se busque o aumento da vida útil pós-colheita desse fruto, visando ao seu consumo nos mercados interno e externo.

Assim como em outras espécies de frutos climatéricos, um dos processos fisiológicos mais marcantes durante o amadurecimento do mamão é o aumento na respiração. O mamão mostra um padrão de amadurecimento climatérico típico, com intensas transformações, as quais têm sido associadas a sua relativamente alta taxa respiratória após a colheita (Bron; Jacomino, 2006; Souza et al., 2009, 2014). Em geral, a taxa respiratória do mamão aumenta cerca de duas a quatro vezes durante o amadurecimento (Fabi et al., 2010; Corrêa et al., 2011; Souza et al., 2014). Porém, Paull e Chen (1983) verificaram aumento de até nove vezes na taxa respiratória durante o amadurecimento do mamão 'Kapoho'. Apesar disso, ainda não há dados conclusivos sobre a relação do padrão respiratório do mamão e o seu amadurecimento. Uma das razões para isso é que o padrão respiratório do mamão é variável e fortemente dependente do genótipo e das condições ambientais durante o amadurecimento (Paull; Chen, 1983; Bron; Jacomino, 2006; Manenoi; Paull, 2007; Fabi et al., 2010; Souza et al., 2014; Silva et al., 2015a). Nas principais variedades de mamão cultivadas no Brasil durante o amadurecimento dos frutos, há variação da taxa respiratória (Tabela 1).

Assim, diversos trabalhos mostram que, em alguns genótipos de mamão, o aumento na respiração foi registrado no início da fase do amadurecimento, como observado por Bron e Jacomino (2006) e Souza et al. (2014), enquanto em outros o pico respiratório só foi detectado mais tardiamente, quando os frutos já estavam em estágio mais avançado de maturação, como observado por Zhang e Paull (1990). Por sua vez, Fonseca et al. (2006) registraram um pico respiratório no início do amadurecimento e um segundo pico ao final do amadurecimento dos mamões 'Golden' e 'Sunrise Solo'. Mais recentemente, Souza et al. (2014) compararam três dos principais genótipos de mamão cultivados no Brasil e verificaram que a intensidade respiratória foi maior no 'Golden' em relação aos híbridos UENF/Caliman 01 e Tainung 01, o que de certa forma se correlacionou com as mudanças na coloração de casca dos frutos. Em todos esses trabalhos, a intensidade respiratória variou significativamente entre os genótipos avaliados. Tem sido observado em mamões, após a colheita, que a intensidade da respiração se correlaciona com algumas das transformações mais marcantes do processo de amadurecimento, como, por exemplo, o amaciamento da polpa e a mudança de cor da casca do fruto (Paull; Chen, 1983; Corrêa et al., 2011; Souza et al., 2014). Menor intensidade respiratória significa maturação mais lenta do fruto. Esse fenômeno ficou evidente em estudos sobre a taxa respiratória em frutos de diferentes variedades de mamão

em diferentes estádios de amadurecimento e sob diferentes condições de armazenamento (Bron; Jacomino, 2006; Martins et al., 2014). Segundo Souza et al. (2009) e Bron e Jacomino (2006), a atividade respiratória diminuiu quando os frutos foram armazenados em baixas temperaturas, e, de forma concordante, Waghmare et al. (2014) mostraram que a taxa respiratória aumentou significativamente, de quatro a cinco vezes, com o aumento da temperatura de 10 °C a 30 °C. A respiração também foi objeto de estudo de Martins et al. (2014), que verificaram que o mamão 'Golden' armazenado sob baixa concentração de oxigênio (3%) e baixa temperatura apresentou baixa taxa respiratória, mantendo-se com valores relativamente baixos durante o armazenamento.

Durante o amadurecimento do mamão, a ocorrência do pico respiratório nem sempre é coincidente com o registro da máxima emissão de etileno pelo fruto, como verificado por diversos autores (Paull; Chen, 1983; Silva et al., 2003; Corrêa et al., 2011, 2012; Souza et al., 2014). Há registros, também, da ocorrência do pico respiratório antes ou após o pico de produção de etileno, como observado por Wills e Widjanarko (1995), Fabi et al. (2007) e Resende et al. (2012), ou até mesmo o registro de mais de um pico respiratório no mamão 'Golden' e no 'Sunrise Solo', como observado por Fonseca et al. (2006) e já comentado anteriormente. Tais especificidades no padrão respiratório do mamão aumentam a dúvida sobre o real significado

Tabela 1. Taxa respiratória [em mililitros (mL) de CO₂ por quilograma (kg) por hora (h)] de mamões de diferentes genótipos.

| Genótipo | Pré-climatério | Climatério | Referências |
|------------|----------------|------------|--|
| Golden | ~7–12 | ~23–43 | Zhang e Paull (1990); Bron e Jacomino (2006); Fabi et al. (2007); Resende et al. (2012); Souza et al. (2014) |
| Sunrise | ~5–20 | ~45–50 | Paull e Chen (1983); Zhang e Paull (1990) |
| UC01 | ~5 | ~16 | Souza et al. (2014) |
| Tainung 01 | ~5 | ~11 | Souza et al. (2014) |

do pico de respiração para o amadurecimento. Outra dúvida que também reside nesse padrão respiratório errático é a relação entre a emissão de etileno e a respiração. Portanto, caso exista, qual seria a relação de dependência entre esses processos, uma vez que o aumento na atividade respiratória nem sempre ocorre após o aumento na produção do etileno? Ainda que uma parte dessa variabilidade nos resultados resida na imprecisão e na diferença dos métodos empregados para a detecção dos gases (C_2H_4 , CO_2 e O_2) como forma de quantificar simultaneamente os dois processos, também é necessário avançar nessa linha de investigação.

Etileno e amadurecimento do mamão

O etileno é um hidrocarboneto simples, insaturado, de fórmula C_2H_4 . Tem cheiro adocicado, não tem cor e é um dos poucos hormônios vegetais na forma gasosa; o outro é o óxido nítrico (NO). Todos os tecidos da planta podem sintetizar o etileno (Abeles et al., 1992). Devido ao seu estado físico gasoso, o transporte do etileno pelo tecido vegetal ocorre sem gasto de energia metabólica. O hormônio é distribuído por difusão por todos os tecidos e órgãos até ser liberado para a atmosfera. Por ser um fenômeno natural dos gases, a difusão do etileno pode ocorrer em tecidos vivos ou não (Abeles et al., 1992; Harren; Cristescu, 2013). O etileno é solúvel tanto em membranas lipídicas quanto na fase aquosa celular, mas sua solubilidade é cerca de 14 vezes maior na fase lipídica que na aquosa (Abeles et al., 1992).

O etileno tem participação efetiva em praticamente todo o desenvolvimento do fruto, desde a fertilização do óvulo até a senescência. A principal ação do etileno tem sido atribuída à modulação dos processos que ocorrem durante o amadurecimento dos frutos climatéricos (Abeles et al., 1992). Esse hormônio gasoso se difunde livremente pelos tecidos e se liga aos seus receptores associados, predominantemente à

membrana do retículo endoplasmático, desencadeando as alterações fisiológicas que culminam com o amadurecimento e a senescência do fruto (Lelièvre et al., 1997). Tais modificações ocorrem segundo uma cascata de eventos moleculares que se iniciam com a ativação de vias de sinalização de etileno e são reguladas por fatores de transcrição que coordenam a expressão de genes relacionados diretamente aos processos bioquímicos do amadurecimento, aumentando a síntese, por exemplo, de enzimas como as clorofilases, as celulases, a poligalacturonase, a pectinametilesterase, a piruvato desidrogenase, entre outras (Paull; Chen, 1983; Abeles et al., 1992; Barry; Giovannoni, 2007; Lin et al., 2009).

Essa função de coordenação do etileno é reforçada pela capacidade de estimular sua própria síntese nos frutos climatéricos conhecida como síntese autocatalítica, ou seja, a síntese de etileno gera mais etileno, acelerando ainda mais o processo de amadurecimento. Estudos com foco na ação do etileno apontam que não é somente sua presença que desencadeia as respostas nos vegetais, mas também a sensibilidade dos tecidos ao hormônio, o que estaria diretamente ligado ao estágio de desenvolvimento do órgão (Corrêa et al., 2004). Estresses abióticos, como extremos de temperatura, presença de ozônio, alagamento, seca e ações mecânicas (danos), assim como a sinalização hormonal pela auxina, pela citocinina e pelo próprio etileno ou por estresses bióticos, como doenças e herbivoria, podem induzir a biossíntese de etileno.

Silva et al. (2001) acompanharam as alterações na produção de etileno do mamão 'Golden' durante o amadurecimento do fruto e verificaram que a taxa de emissão de etileno duplicou após a aplicação de dano mecânico nos frutos. Esses autores utilizaram a espectroscopia fotoacústica (EFA) como método analítico para quantificar a emissão de etileno pelos frutos, o que aumenta significativamente a precisão nos estudos relacionados à emissão de etileno.

A técnica da EFA permite que traços de etileno (10 partes por trilhão em volume = 10 ppt L⁻¹) sejam detectados, dependendo da configuração do espectrômetro, em fluxo contínuo, ou seja, sem que haja a necessidade de acúmulo de gás, evitando assim o efeito autocatalítico do etileno, bem como as interferências da redução na concentração de O₂ e do aumento da concentração de CO₂ durante a tomada de dados (Voesenek et al., 1997; Harren; Cristescu, 2013).

Uma das transformações marcantes na fase de amadurecimento do mamão é o amaciamento da polpa do fruto (Paull; Chen, 1983; Manenoj; Paull, 2007; Thumdee et al., 2010; Souza et al., 2014; Silva et al., 2015b). Diversos trabalhos na literatura que utilizaram a aplicação exógena de etileno ou aplicaram o inibidor da ação do etileno [1-metilciclopropeno (1-MCP)] confirmaram a participação direta do etileno no processo de amaciamento da polpa do mamão (Fabi et al., 2007; Sañudo-Barajas et al., 2009; Souza et al., 2009; Trevisan et al., 2013). A participação do etileno nas transformações que resultam nas modificações de textura em frutos carnosos, antes considerada apenas como uma ação inicializadora, também tem sido mostrada como sendo um fator envolvido na manutenção e na regulação do processo de amaciamento do tecido da polpa (Abeles et al., 1992; Hiwasa et al., 2003; Johnston et al., 2009).

Apesar da estreita relação entre a respiração e a emissão de etileno com o amadurecimento do mamão, ainda é preciso avançar em estudos nessa linha de pesquisa para melhorar o entendimento da influência da respiração na produção de etileno e de ambos os fatores nas mudanças físicas e químicas típicas dessa fase do desenvolvimento do fruto. Também se deve aprofundar o conhecimento sobre os mecanismos fisiológicos relacionados ao amadurecimento que são controlados pela respiração, o que nos permitiria, em termos práticos, identificar estratégias para aumentar a vida útil do fruto, mantendo a sua qualidade.

Considerando também a possibilidade de haver alterações na temperatura ambiente, na composição gasosa da atmosfera e em outros fatores ambientais resultantes das mudanças climáticas, é de fundamental importância o conhecimento da ação desses fatores sobre a fisiologia do amadurecimento do mamão. Um exemplo disso é a ação do ozônio que gera danos na casca do fruto e, conseqüentemente, seu amadurecimento precoce.

Papel da respiração mitocondrial na pós-colheita do mamão

A respiração dos frutos é um processo de oxidação de compostos ricos em energia, como os carboidratos e os ácidos orgânicos, no qual ocorre disponibilização da energia (ATP) e de estruturas orgânicas (intermediários metabólicos) para a atividade celular. Durante o amadurecimento, porém, pode haver um descompasso entre a demanda por estruturas orgânicas e energéticas no meio celular. Em situações em que a demanda é diminuída, pode haver um excedente do ATP, quando então os processos de oxidação da respiração passarão a dissipar a energia acumulada na forma de calor (Xu et al., 2012; Silva et al., 2015a). Em termos funcionais, uma parte significativa do processo respiratório no fruto é determinada por atividade de oxidases terminais na mitocôndria. Esse processo é dependente do oxigênio como o destino final dos elétrons que são transportados através de diversos complexos proteicos; eles também são responsáveis pelo bombeamento de prótons da matriz mitocondrial para o espaço intermembranar. As duas oxidases terminais são a citocromo c oxidase (COX) e a oxidase alternativa (AOX), presentes ativamente em mitocôndrias isoladas de polpa de mamão (Silva et al., 2015a). A atividade da COX está acoplada com o bombeamento de prótons, cujo gradiente gerado é a força motriz utilizada para a síntese de ATP. Por sua vez, a via catalisada pela outra oxidase, a AOX, também chamada de via alternativa, não

apresenta bombeamento de prótons e, conseqüentemente, há menor eficiência na produção de energia (ATP) (Xu et al., 2012). O aumento significativo na respiração após a colheita, como é típico nos frutos climatéricos e marca a fase de amadurecimento desses frutos, é frequentemente associado com a maior participação da respiração alternativa, a qual poderia estar ligada à menor demanda por ATP nessa fase de desenvolvimento do fruto (Xu et al., 2012; Silva et al., 2015a).

Souza et al. (2014) verificaram no mamão 'Golden' uma queda na atividade respiratória do fruto nos estádios finais do amadurecimento, enquanto nos híbridos 'Tainung 01' e 'UENF/Caliman 01' a taxa respiratória manteve-se constante nas últimas etapas do amadurecimento. Na análise da atividade respiratória em mitocôndrias isoladas da polpa do mamão, Silva et al. (2015a) verificaram em 'UENF/Caliman 01' a mesma tendência observada por Souza et al. (2014), enquanto em 'Tainung 01' verificou-se uma tendência de queda na atividade respiratória no final do amadurecimento do fruto. De acordo com Silva et al. (2015a), a participação da respiração mitocondrial alternativa foi crescente durante todo o amadurecimento dos híbridos 'Tainung 01' e 'UENF/Caliman 01'. Esse fato corrobora as observações de Mazorra et al. (2013), que verificaram aumento na capacidade da AOX com o amadurecimento do mamão 'Golden', o que, segundo esses autores, estaria sendo modulado pelo etileno. Esses resultados sugerem maior contribuição da via alternativa, AOX, durante o amadurecimento dos frutos, provavelmente favorecendo a manutenção de outras rotas metabólicas, como a síntese proteica, a síntese de pigmentos e de ácidos orgânicos, entre outras, as quais dependem de intermediários associados à respiração, em detrimento da produção de ATP (Xu et al., 2012; Silva et al., 2015a); nessa situação, ocorre aumento na dissipação de energia na forma de calor mitocondrial.

Além de regular e operar a maior parte do processo respiratório, as mitocôndrias também estão associadas à síntese de ácido ascórbico (AA). A respiração e a síntese de AA estão funcionalmente ligadas, uma vez que a última etapa da via de produção de AA ocorre nas mitocôndrias (Bartoli et al., 2006). Além disso, tanto o AA como a AOX são considerados importantes no combate ao estresse oxidativo (Bartoli et al., 2006; Xu et al., 2012). O AA (ou vitamina C) tem sido rotineiramente quantificado como um atributo de qualidade do fruto, sendo verificadas mudanças significativas nos teores de AA durante o amadurecimento do mamão (Resende et al., 2012; Silva et al., 2015b). A respiração mitocondrial é uma importante fonte de produção de radicais livres no meio celular, tendo sido verificado aumento no estresse oxidativo e no acúmulo de ácido ascórbico durante o amadurecimento do mamão (Resende et al., 2012; Pandey et al., 2013). Porém, os dados ainda não permitem confirmar uma significativa correlação entre os padrões de respiração e o teor de ácido ascórbico no mamão (Resende et al., 2012; Pandey et al., 2013; Silva et al., 2015a). Enquanto Silva et al. (2015b) verificaram o aumento no teor de AA durante o amadurecimento do mamão 'Golden', Ali et al. (2011) reportaram uma queda nesse atributo nas fases finais do amadurecimento ou da senescência do mamão 'Eksotika II'. Além disso, forte diminuição da capacidade mitocondrial para sintetizar o AA é detectada em mitocôndrias purificadas de frutos de mamão 'Golden' totalmente maduros em comparação aos frutos verdes (Tabela 2). Esses dados sugerem a possibilidade de que o AA possa estar envolvido na regulação da respiração durante o amadurecimento do mamão.

Principais mudanças físicas e químicas durante o amadurecimento do mamão

Por ser um fruto climatérico, o amadurecimento do mamão está associado ao aumento na atividade respiratória, assim como à emissão de

Tabela 2. Alterações na capacidade de produção de ácido ascórbico (AA) [em micrograma (μg) de AA por miligrama (mg) de proteína por minuto (min.)] por mitocôndrias de polpa de mamão 'Golden' verde-maduro e totalmente maduro.

| Estádio de amadurecimento | Produção in vitro de AA em mitocôndrias purificadas |
|---------------------------|---|
| Verde-maduro | $0,60 \pm 0,007$ |
| Totalmente maduro | $0,38 \pm 0,132$ |

etileno. Enquanto, por um lado, algumas transformações ligadas ao amadurecimento do mamão, como a perda de firmeza da polpa, apresentam forte correlação com o estágio de amadurecimento do fruto, por outro a coloração da casca nem sempre reflete o grau desse amadurecimento. Tanto as transformações físicas e químicas quanto a intensidade da atividade respiratória e a emissão de etileno são fortemente dependentes do genótipo e das condições do ambiente.

O amolecimento da polpa do mamão acontece no período de 6 a 12 dias quando o fruto é colhido no estágio verde-maduro (conhecido também por *break*). As mudanças texturais são atribuídas à atividade das enzimas que degradam a parede celular (PC) e não à degradação de amido, uma vez que já foi constatado que o fruto de mamão apresenta apenas traços desse constituinte durante seu desenvolvimento (Paull, 1993; Gomez et al., 1999). Análises histológicas da polpa do mamão comprovam as modificações estruturais na PC durante o amadurecimento dos frutos (Pereira et al., 2009; Fabi et al., 2014). A participação de alguns dos principais constituintes da PC (celulose, hemiceluloses, substâncias pécnicas, proteínas estruturais e enzimas de degradação) nos processos de amolecimento da polpa de mamão está amplamente relatada na literatura, assim como a relação de genes expressos que participam das modificações na PC durante o amadurecimento do mamão (Paull; Chen, 1983; Manenoi;

Paull, 2007; Paull et al., 2008; Thumdee et al., 2010; Fabi et al., 2014). Entre as transformações que ocorrem na PC durante o amadurecimento dos frutos está a dissolução da lamela média. Isso dá início a uma diminuição na adesão intercelular, gerada pela dissociação das ligações carboxílicas entre cálcio e cadeias de ácidos poligalacturônicos, gerando distanciamento e consequentemente amaciamento e aumento no teor de água do órgão (Pereira et al., 2009; Albersheim et al., 2011). Essas modificações têm papel de destaque no rol das principais alterações durante o amadurecimento, assumindo importância direta na qualidade do produto; e, por refletirem em aspectos econômicos, têm estimulado pesquisas no que tange à bioquímica e à fisiologia da pós-colheita (Paull et al., 2008; Pereira et al., 2009; Silva et al., 2015b). No mamão, a dissolução da lamela média tem a participação da poligalacturonase (PG) e da β -galactosidase (β -GAL), que são as principais enzimas atuantes na solubilização da pectina durante o amadurecimento do fruto (Fabi et al., 2014). Manenoi e Paull (2007) consideraram também a solubilização da hemicelulose pela endoxilânase (EXY) como uma importante transformação na PC responsável pelo amaciamento da polpa do mamão. Para Souza et al. (2009), a pectinametilesterase (PME) é responsável pela perda de firmeza do mamão 'Golden' no início do amadurecimento, enquanto a PG teria maior participação nos estádios mais avançados. Além das alterações na PC, segundo Azevedo et al. (2008) o tecido mesocárpico no mamão também sofre mudanças significativas na integridade das membranas celulares durante o amadurecimento, as quais resultam no extravasamento de líquido intracelular para o apoplasto. Por sua vez, o apoplasto sofre mudanças significativas em suas propriedades físicas em razão do preenchimento dos espaços vazios pelo suco celular, além de mudanças químicas, com alterações no pH (Almeida; Huber, 1999; Azevedo et al., 2008). Tais transformações no meio apoplástico reduzem a difusão de

gases através da polpa dos frutos, o que pode ter consequências na concentração dos gases envolvidos com o processo de amadurecimento do fruto (Pereira et al., 2009).

Outra transformação bastante marcante durante o amadurecimento do mamão é a mudança da coloração da casca do fruto (Bron et al., 2004; Hörtensteiner, 2006; Souza et al., 2014; Silva et al., 2015a). Durante o amadurecimento, observa-se o início do desaparecimento da cor verde, juntamente com o aparecimento de traços de coloração amarela na casca do fruto. No início do amadurecimento, a coloração verde dos frutos é resultado da alta concentração das clorofilas *a* e *b* e uma pequena concentração de carotenoides; posteriormente, ocorre degradação das clorofilas e aumento da síntese de carotenoides, levando ao aumento da proporção entre carotenoides e clorofilas na casca do fruto (Fonseca et al., 2006; Corrêa et al., 2011). A mudança de cor da casca inicia-se na região distal (cicatriz do estigma) e evolui em direção à região proximal (pedúnculo) do fruto. Em geral, a casca do mamão muda da cor verde para a amarela e pode apresentar tonalidades mais claras ou mais intensas se aproximando do alaranjado e do vermelho, dependendo da variedade e de fatores edafoclimáticos e culturais. Segundo Fuggate et al. (2010), o mamão 'Maradol' amadurecido na planta apresenta cor de casca vermelho-alaranjada, diferente do fruto colhido verde-maduro, que, quando totalmente maduro, apresenta a casca amarelo-alaranjada. Segundo esses autores, a biossíntese dos pigmentos avermelhados na casca desses frutos estaria ocorrendo durante o desenvolvimento do fruto, ainda na planta, dependendo de algum intermediário transportado da planta para o fruto ou de um fator do ambiente, como a luz solar.

Corrêa et al. (2011) verificaram que a degradação das clorofilas na casca do mamão 'Golden' em razão do amadurecimento dos frutos não altera a habilidade dos pigmentos remanescentes

na conversão da energia luminosa em energia química. Porém, quando o mamão foi tratado com a aplicação de ozônio, a redução na concentração das clorofilas na casca do fruto foi acompanhada de redução na eficiência quântica desses pigmentos. Esse resultado mostra que as transformações na coloração da casca do fruto podem envolver alterações mais complexas que a simples perda da cor verde. A degradação da clorofila acontece em grande parte dentro do cloroplasto e culmina com o acúmulo dos subprodutos no vacúolo. Inicialmente há a remoção do radical fitol e do átomo de Mg^{+2} ligado à posição central entre os quatro anéis pirrólicos da porção hidrofílica da molécula do pigmento por ação, respectivamente, das enzimas clorofilase e de quelatase formando a feoforbida *a*. Esse produto, depois da ação da feoforbida *a* oxigenase e da enzima catabólito de clorofila vermelho redutase, forma o último produto da degradação da clorofila, o catabólito de clorofila não fluorescente que é acumulado no vacúolo (Hörtensteiner, 2006).

A polpa do mamão apresenta coloração desde o amarelo até o vermelho-salmão por causa do acúmulo de carotenoides (carotenos e xantofilas). Alguns carotenoides são importantes para a saúde humana por possuírem atividade provitamina A, com destaque para o β -caroteno, enquanto outros são importantes para a prevenção de doenças crônicas, devido, entre outros aspectos, à sua atividade antioxidante e à melhoria do sistema de defesa, sendo o licopeno o mais importante (Rao; Rao, 2007). Os principais carotenoides que compõem a polpa do mamão são os seguintes: β -caroteno, β -criptoxantina, luteína e licopeno. Este último não é encontrado nas variedades de polpa amarela. Segundo Wall (2006), o conteúdo de cada um desses pigmentos na polpa do mamão varia bastante de acordo com os seguintes fatores: material genético, estágio de amadurecimento do fruto, clima, fertilidade e tipo de solo onde os frutos foram produzidos. Além disso, o método

utilizado para quantificar esses pigmentos pode resultar em valores muito discrepantes para o mesmo material, o que dificulta o confronto dos dados. A Tabela 3 mostra os teores dos principais carotenoides na polpa de alguns dos principais genótipos de mamão produzidos em todo o mundo.

Rodrigues-Amaya (1996) fez um grande levantamento e identificou compostos com atividade provitamina A em mamões dos grupos Solo e Formosa de polpa vermelha e alaranjada, produzidos nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Bahia. Esse autor encontrou concentrações de β -caroteno e de β -criptoxantina que variaram, respectivamente, de $0,6 \mu\text{g g}^{-1}$ a $6,1 \mu\text{g g}^{-1}$ de matéria fresca (MF) e de $1,7 \mu\text{g g}^{-1}$ a $10,0 \mu\text{g g}^{-1}$ de MF. Outros carotenoides como β -zeacaroteno, 5,6-epóxi- β -criptoxantina, β -criptoflavina e γ -caroteno foram encontrados em concentrações baixas, enquanto as concentrações de licopeno e luteína não foram informadas.

A polpa do mamão apresenta grande variabilidade na composição dos voláteis responsáveis por um importante atributo do fruto que é

o aroma. Kelebek et al. (2015) informaram que mais de 300 tipos de compostos voláteis estão presentes na polpa do mamão, entre ésteres, álcoois, terpenos, lactonas, ácidos, carbonilas e fenóis, os quais contribuem para o sabor e aroma do fruto. Segundo esses autores, os ésteres de ácidos graxos de cadeia curta são os mais importantes na composição do aroma típico do mamão, sendo responsáveis pelo forte odor frutado e floral da espécie. Entre os compostos voláteis conhecidos no mamão, o butirato de metila, o butanoato de etila, o 3-metil-1-butanol e o butanol são os encontrados em maior quantidade (Ming et al., 2012). A quantidade e o conteúdo relativo dos compostos voláteis podem variar muito de acordo com o estágio de amadurecimento do fruto e com a variedade. Fuggate et al. (2010) apontaram que o linalol e o benzil-isotiocianato são os voláteis presentes em maior quantidade no mamão 'Solo' maduro, enquanto Almora et al. (2004) encontraram o butanol, o 3-metilbutanol, o álcool benzílico e o α -terpineol (álcool terpeno) como os principais voláteis no mamão 'Maradol Roja' maduro cultivado em Havana, Cuba. Kelebek et al.

Tabela 3. Teores ($\mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ de matéria fresca) dos principais carotenoides presentes na polpa do mamão de diferentes genótipos.

| Genótipo | β -Caroteno | β -Criptoxantina | Luteína | Licopeno | Referências |
|-----------|--|--|----------------------------|--|---|
| NI | 62–910 | 517–1.264 | NI | NI | USDA National Nutrient Database for Standard Reference ⁽¹⁾ |
| Sunrise | 80,5–410,3 ⁽¹⁾ 50–160 ⁽²⁾ | 288,4–920,0 ⁽¹⁾ 650–940 ⁽²⁾ | 109,8–129,5 ⁽¹⁾ | 1.350,2–3.674,4 ⁽¹⁾ 1.230–3.650 ⁽²⁾ | (1) Wall (2006); (2) Sentanin e Amaya (2007) |
| SunUp | 97,4 | 294,9 | 93,3 | 1.674,4 | Wall (2006) |
| Kapoho | 145,9 | 426,3 | 238,2 | ND | Wall (2006) |
| Laie Gold | 256,7 | 643,8 | 146,8 | ND | Wall (2006) |
| Rainbow | 161,3–370,6 | 445,5–1034,4 | 152,5–317,6 | ND | Wall (2006) |
| Golden | 80–160 | 750–960 | NI | 1.060–2.450 | Sentanin e Amaya (2007) |
| Formosa | 60–170 | 510–940 | NI | 1.260–3.290 | Sentanin e Amaya (2007) |

NI = não informado; ND = não detectado.

⁽¹⁾ Disponível em: <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search>.

(2015) identificaram 42 compostos voláteis no híbrido 'Tainung' e 46 na variedade 'Sel-42', ambos cultivados na Turquia. Segundo esses autores, o perfil de voláteis não foi muito diferente entre os dois genótipos, porém houve maior concentração de voláteis no 'Tainung' em relação à variedade 'Sel-42'. Do total de voláteis identificados, o maior predomínio foi de ácidos (com destaque para o ácido hexadecanoico em 'Sel-42' e o ácido pentadecanoico em 'Tainung'), seguidos por ésteres (destacando o benzoato de benzila em 'Sel-42 e o benzil-isotiocianato em 'Tainung').

Tecnologias pós-colheita

Durante o amadurecimento, o mamão passa por várias transformações físicas e químicas que alteram significativamente sua resistência ao manejo e ao transporte, assim como sua aceitação pelo consumidor. Atualmente, com a maior demanda do mercado externo e a crescente exigência no mercado interno por frutos de melhor qualidade, tem-se observado maior preocupação dos produtores quanto à adoção de tecnologias que possam melhorar o processo pós-colheita do mamoeiro.

Nesse aspecto, abordaremos os diferentes cenários (mercado interno, exportação por via marítima e exportação por via aérea) que determinam a adoção do nível tecnológico na pós-colheita do mamão.

Mamões para o mercado interno

Na comercialização de mamões destinados ao mercado interno, adota-se, na maioria dos casos, pouca tecnologia tanto na produção quanto na pós-colheita. Isso acarreta alta porcentagem de perdas pós-colheita, que podem chegar a 40%. Os frutos são frequentemente transportados sem refrigeração, em cargas abertas e cobertas com lonas, sem cuidados com o empilhamento, o que expõe os frutos a

condições inadequadas, mesmo quando destinados a mercados distantes. Mamões do grupo Solo são, na maioria das vezes, transportados e comercializados em caixas de madeira descartáveis, enquanto mamões do grupo Formosa são comumente transportados a granel. Esse manejo pós-colheita exige que os frutos sejam colhidos precocemente, com a casca totalmente verde e polpa bem firme. Nesse estágio, os mamões não completaram o acúmulo de açúcares e, conseqüentemente, os frutos terão sabor pouco pronunciado quando maduros. Bron e Jacomino (2006) observaram que mamões colhidos nos estádios 0 e 1 (casca totalmente verde e com até 15% de cor amarela, respectivamente) apresentaram notas de sabor inferiores àqueles colhidos mais maduros. Quando os mamões são colhidos com a casca totalmente verde, é difícil diferenciar os frutos que atingiram a maturidade fisiológica daqueles imaturos. Como consequência, não é raro encontrar, no mercado varejista, mamões que não amadureceram ou que desenvolveram sabor alterado.

Algumas empresas, entretanto, comercializam em mercados onde os frutos com melhor qualidade obtêm preços mais elevados. Com isso, os frutos são colhidos mais maduros, classificados, embalados em caixas de papelão ondulado, com rede de poliuretano para proteger os frutos, que também são etiquetados com a marca do produtor e transportados sob refrigeração. Embora, o produtor seja mais bem remunerado por esses frutos de melhor qualidade, são nichos de mercado ainda muito restritos no País.

Mamões para exportação por via marítima

Mamões destinados à exportação pela via marítima requerem maiores cuidados nos tratamentos culturais no campo bem como infraestrutura adequada. Com relação à pós-colheita, o nível tecnológico adotado é bem superior ao aplicado para o mercado interno, pois tem a finalidade de atender às exigências fitossanitárias,

quarentenárias e de qualidade dos frutos nos mercados externos, bem como permitir a conservação dos frutos por aproximadamente 2 a 3 semanas, período necessário para acessar mercados mais distantes. Por muitos anos, as empresas exportadoras do Norte do Espírito Santo e do Sul da Bahia se prepararam e trabalharam utilizando o transporte multimodal rodoviário-marítimo. Porém, devido ao histórico de insucessos (qualidade não satisfatória dos frutos) e à logística deficiente, que acarretavam perdas significativas das cargas, essas empresas optaram pelo transporte aéreo em detrimento do transporte marítimo.

Mamões para exportação por via aérea

A exportação de mamões via aérea ganhou grande importância nas últimas décadas. Segundo Oliveira et al. (2013), 89% dos frutos são exportados por via aérea, 10% por via marítima e 1% por via rodoviária. Essa modalidade de transporte permite a entrega de fruto com melhor qualidade, por possibilitar a colheita dos frutos em estágio mais avançado de maturação, permitindo que os frutos acumulem mais açúcares. Porém, o alto custo, a pouca disponibilidade de espaço nas aeronaves e a falta de estrutura adequada de refrigeração nos aeroportos são alguns dos problemas desse tipo de transporte no Brasil, o que limita a competitividade dos frutos no exterior. Como o período entre a colheita e a comercialização é relativamente curto, entre 5 e 10 dias, houve regressão no nível tecnológico empregado tanto no campo quanto em pós-colheita, em relação às tecnologias adotadas para o transporte marítimo.

Tecnologias para redução das perdas pós-colheita

O mamão é um fruto que se caracteriza por apresentar vida pós-colheita relativamente

curta, completando o seu amadurecimento em poucos dias quando armazenado em temperatura ambiente, sendo também extremamente suscetível a perdas pós-colheita por danos mecânicos, ataque de patógenos ou fatores abióticos.

Essas perdas pós-colheita no mamão podem ser minimizadas com a adoção de boas práticas na colheita e na pós-colheita, bem como com o uso de tecnologias como o tratamento térmico (termoterapia), o tratamento químico, o pré-resfriamento, o armazenamento refrigerado, o armazenamento sob atmosfera modificada ou controlada, o uso de reguladores vegetais, a irradiação, entre outras. O uso dessas tecnologias torna-se mais importante quanto mais distante e mais exigente, com relação à qualidade do produto, é o mercado consumidor. Além disso, para viabilização do transporte marítimo, existe grande necessidade de se investir em mais pesquisas, visando identificar tecnologias que permitam às frutas chegarem com qualidade a mercados como a União Europeia e os Estados Unidos.

Tratamento térmico

O uso de métodos físicos para desinfestação de frutos foi iniciado na década de 1920; porém, com o desenvolvimento da fumigação com dibrometo de etileno, que podia ser aplicada de forma barata e fácil, o interesse no tratamento com manipulação de temperatura diminuiu. Após a proibição desse composto, os tratamentos térmicos voltaram a ser intensamente pesquisados (Malvasi; Zucchi, 1999).

O uso do tratamento térmico ou termoterapia em mamões teve seu início na década de 1950 com a finalidade de controlar doenças sem causar danos fisiológicos. Esse tratamento consistia na imersão dos frutos em água a 49 °C por 20 minutos (Akamine; Arisumi, 1953).

O tratamento térmico com imersão em água quente, vapor quente ou ar quente forçado é

um método alternativo de controle quarentenário de insetos e fungos, cuja eficiência foi demonstrada em frutas tropicais e subtropicais, incluindo o mamão (Bautista-Baños et al., 2013). Comercialmente, o método mais utilizado pelas empresas exportadoras de mamão é o tratamento térmico por imersão em água quente ou tratamento hidrotérmico, cujo objetivo principal é destruir ovos e larvas de mosca das frutas, visando atender à legislação quarentenária. Esse tratamento tem importante efeito também na redução da incidência de doenças fúngicas que afetam os frutos em pós-colheita.

Segundo a resolução Aphis/Usda 7 CFR 319.56 2w, publicada no Federal Register em 13 março de 1998, entre outras exigências, os mamões destinados à exportação para os EUA devem passar por um tratamento quarentenário com água quente a 49 °C (120,2 °F), durante 20 minutos.

O efeito da água quente sobre a qualidade dos frutos depende da intensidade e duração do tratamento, da variedade e do estágio de maturação. Em geral, frutos em estádios mais adiantados de amadurecimento ou colhidos prematuramente são menos tolerantes ao calor, apresentando escaldaduras na casca e enrugamento. O tratamento térmico quando não aplicado criteriosamente pode provocar perda de peso, alteração de cor, redução da resistência a patógenos, redução na firmeza, aceleração ou bloqueio do amadurecimento (Brito et al., 2009).

Pré-resfriamento

O frio tem importante papel na conservação dos alimentos, visto que a redução da temperatura retarda as transformações provocadas por reações bioquímicas, diminuindo a cinética e a velocidade de maturação, além de reduzir a deterioração provocada por bactérias e fungos (Vissoto et al., 1999).

O resfriamento rápido ou pré-resfriamento consiste na rápida remoção do “calor de campo”

dos produtos hortícolas, antes das etapas de estocagem, transporte ou processamento, sendo essencial para a maioria dos produtos perecíveis, como o mamão (Hardenburg et al., 1986). Quanto mais rápido esse procedimento for realizado, maior será a vida útil pós-colheita desse produto.

Embora seja pouco adotado, o pré-resfriamento é uma prática pós-colheita fundamental para a adequada manutenção do padrão de qualidade do mamão, porque permite a redução dos processos metabólicos associados às temperaturas elevadas.

Dependendo do meio refrigerante utilizado, existem quatro métodos de pré-resfriamento de produtos hortícolas – água, ar forçado, gelo e vácuo –, dos quais o pré-resfriamento com água é o mais comumente utilizado em mamão.

Embora seja uma tecnologia que conceda muitos benefícios para a conservação e manutenção do padrão de qualidade dos frutos, somente nos mamões destinados ao mercado externo é adotado algum tipo de pré-resfriamento. Nesse caso, os frutos são imersos em água clorada à temperatura ambiente, na recepção dos frutos. Na realidade, esse tratamento tem por objetivo principal higienizar os frutos, mas tem também a função de retirar o calor de campo. Algumas empresas exportadoras utilizam caixas plásticas para a imersão dos frutos ou tanques com esteiras rolantes, o que resulta em maior eficiência do processo. Em mamões destinados a mercados com maior exigência fitossanitária, como os EUA, o pré-resfriamento é realizado após o tratamento térmico. Nesse caso, os frutos são imersos em água com temperatura ao redor de 15 °C, por 20 minutos.

Tratamento químico

Por possuir casca sensível e facilmente danificável, o mamão está sujeito a pequenas lesões que são portas de entrada para os patógenos. O controle das doenças de pós-colheita

deve ser iniciado ainda no campo, na fase de desenvolvimento dos frutos, para evitar a sua contaminação e posterior aparecimento de podridões. O tratamento químico pós-colheita visa complementar o tratamento fitossanitário realizado no campo e tem como principal objetivo o controle de doenças como a antracnose.

Normalmente o tratamento químico é realizado após o pré-resfriamento, com a imersão dos frutos em soluções com fungicidas. O tratamento químico também pode ser realizado adicionando-se os fungicidas às ceras.

Salienta-se que o uso do tratamento químico deve obedecer à legislação do país produtor e, principalmente, do mercado de destino. Atualmente existem poucos fungicidas registrados para aplicação pós-colheita de mamão. Para outras informações sobre os fungicidas, deve ser consultado o Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários (Agrofit), disponível no site do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa).

Armazenamento refrigerado

Após o processo de lavagem, aplicação de cera e seleção, os mamões são resfriados, geralmente em câmaras convencionais (sem sistema de ar forçado). Isso pode ocorrer após as frutas estarem embaladas nas caixas de papelão e palletizadas ou antes do processo de embalagem.

O armazenamento em baixas temperaturas tem sido considerado o método mais eficiente para manter a qualidade da maioria dos produtos hortícolas (Chitarra; Chitarra, 2005). A função do armazenamento refrigerado é proporcionar a conservação mais prolongada possível dos produtos, com a mínima perda dos atributos de qualidade, tais como sabor, aroma, textura, cor, teor de umidade e outros fatores associados com a sua palatabilidade.

O abaixamento da temperatura resulta na redução da respiração e da transpiração, no desenvolvimento de podridões, bem como na

produção de etileno dos frutos e, consequentemente, no aumento do período de conservação. Além disso, o abaixamento da temperatura retarda o pico climatérico e, por conseguinte, o amadurecimento e a senescência dos frutos. Entretanto, as frutas tropicais são muito sensíveis ao frio e podem determinar o aparecimento de uma série de características indesejáveis, como escurecimento da casca e/ou da polpa, incapacidade para o amadurecimento normal, menor resistência ao ataque de microrganismos e perda do aroma e do sabor.

O mamão também não tolera o armazenamento em temperaturas muito baixas, porque podem ocasionar retardo excessivo no amadurecimento, comprometendo a qualidade do fruto.

A suscetibilidade do mamoeiro ao armazenamento sob baixa temperatura varia com o estágio de maturação. Segundo Jacomino et al. (2003), mamões com mais da metade da casca amarela podem ser armazenados a 7 °C; porém, mamões com menos de ¼ da casca amarela podem sofrer injúrias por frio em temperatura inferior a 12 °C. Rocha et al. (2005) observaram que mamões 'Tainung 01' colhidos no estágio com até 10% da casca de cor amarela apresentaram injúrias pelo frio quando armazenados em temperatura de 8 °C a 10 °C durante 21 dias. Os danos foram caracterizados por lesões deprimidas e necrosadas na casca, que cobriam boa parte da superfície do fruto. Embora mamões maduros tolerem temperaturas menores que 10 °C, é importante salientar que o transporte de frutos com mais de 50% da casca amarela não é recomendado, em razão da suscetibilidade aos danos mecânicos e às podridões.

O mamão é uma fruta que apresenta boa resposta ao armazenamento refrigerado, porém é sensível aos danos pelo frio. De forma geral, a faixa de temperatura recomendada para conservação do mamão é de 10 °C a 13 °C. Segundo Jacomino et al. (2003), nessas condições, dependendo do estágio de maturação e da qualidade

fitossanitária, o fruto pode ser conservado por até 28 dias.

O controle da umidade relativa do ar, durante o armazenamento refrigerado, é outro fator importante para a conservação da qualidade dos mamões. Recomenda-se que a umidade seja mantida entre 90% e 95% para evitar a desidratação dos frutos; no entanto, umidade relativa acima de 95% pode favorecer o desenvolvimento de podridões.

Atmosfera modificada e controlada

As tecnologias que modificam a atmosfera que circunda os frutos, em termos de composição gasosa, são conhecidas por atmosfera modificada (AM) e atmosfera controlada (AC), cujo objetivo é minimizar a perda de água, reduzir o metabolismo do fruto e suprimir o desenvolvimento de patógenos, visando manter os atributos de qualidade e prolongar a sua vida útil. A AC difere da AM por possibilitar maior controle da composição gasosa da atmosfera ao redor dos frutos.

Para o mamão, recomenda-se o uso de atmosferas controladas com 2% a 5% de O₂ e 5% a 8% de CO₂. A exposição dos frutos a atmosferas com menos de 2% de O₂, ou a níveis de CO₂ acima de 8%, prejudica o amadurecimento do fruto, além de favorecer o surgimento de aromas desagradáveis.

Dependendo do estágio de maturação e da variedade, os mamões podem ser conservados sob atmosfera modificada ou controlada, associada à refrigeração, por até 5 semanas.

Atmosfera modificada

A AM pode ser promovida pelo uso de embalagens plásticas e ceras, que, além de reduzirem as trocas gasosas, produzem uma barreira física contra a perda de água. Workneh et al. (2012) relataram que mamões armazenados em AM

com sacos de polipropileno de baixa densidade (PEBD), a 10 °C–12 °C, tiveram sua conservação estendida para 4 semanas. Singh e Rao (2005) também observaram que mamões embalados em sacos plásticos de PEBD e armazenados a 13 °C por 30 dias e a 20 °C por mais 7 dias apresentaram maior retenção de ácido ascórbico, carotenoides totais e licopeno, do que mamões sem embalagem.

A aplicação de ceras na pós-colheita do mamão traz benefícios à aparência e à conservação dos frutos. O uso da cera reduz a perda de massa, retardando o enrugamento da casca, e modifica a atmosfera interna dos frutos, aumentando o seu tempo de conservação. Fernandes et al. (2010) observaram aumento de 28 para 35 dias de armazenamento, em mamões do grupo Formosa com aplicação de cera de carnaúba. O emprego da cera também tem mostrado efeitos positivos na redução de injúrias, especialmente aquelas causadas pelo frio em mamões.

Atmosfera controlada

Apesar de demandar maior custo, a AC pode ser utilizada tanto em câmaras de refrigeração, quanto em contêineres refrigerados. Assis e Steineker (2003) demonstraram a eficiência desses contêineres de AC em mamões 'Golden' armazenados por 14 dias a 10 °C, sob atmosfera controlada de 3% de O₂ e 0% de CO₂, que mantiveram sua qualidade após 14 dias em temperatura ambiente a 22 °C para simulação do período de comercialização.

A AC pode ser particularmente interessante no transporte marítimo para exportação, uma vez que essa operação tem duração de aproximadamente 3 semanas. Assis (2005) também recomendou o uso desse tipo de contêiner para transporte marítimo de mamão 'Golden' para o mercado europeu. Apesar dos benefícios potenciais dessa tecnologia, ela não tem sido utilizada pelos exportadores brasileiros devido ao alto

custo e à pouca disponibilidade de contêineres equipados com esse recurso.

É importante ressaltar que as tecnologias de AM e AC devem ser utilizadas juntamente com a refrigeração, e a cadeia de frio não deve ser interrompida, pois variações elevadas de temperatura promovem a condensação do vapor d'água nas embalagens, tendo como consequência o aumento da incidência de podridões, principalmente em frutos sob AM.

1-Metilciclopropeno (1-MCP)

O etileno tem importante papel durante o amadurecimento de frutos climatéricos, como o mamão, pois é um hormônio que inicia e coordena diversos processos, tais como desenvolvimento de cor, amolecimento e formação de aroma (Balbontin et al., 2007). Essas mudanças são desejáveis do ponto de vista de qualidade para o consumo; entretanto, em algumas situações seu efeito pode ser considerado prejudicial, porque reduz o tempo de conservação e a qualidade do fruto, dificultando a comercialização. Portanto, é desejável controlar a quantidade e/ou o efeito do etileno produzido pelo fruto durante o processo de amadurecimento

Algumas substâncias são conhecidas como antagonistas do etileno, as quais são divididas em inibidores da ação e inibidores da síntese desse hormônio. Do primeiro grupo fazem parte o CO₂ em altas concentrações (5% a 10%), compostos à base de prata, como o nitrato ou o tiosulfato (STS), e o 1-Metilciclopropeno (1-MCP), que bloqueia a ação do etileno ao se ligar ao seu receptor. No grupo de inibidores da síntese, são conhecidos o cobalto, o ácido amino-oxiacético (AOA), triazóis, como o uniconazole (Sumisevena) e o paclobutrazol (Paclobutrazola, Bonzia, Cultara), além do aminoetoxivinilglicina (AVG) (Rodrigues; Ono, 2001).

O 1-MCP tem sido bastante estudado e utilizado como ferramenta tecnológica para o controle do amadurecimento e da senescência

de diversos frutos climatéricos, tais como banana (Golding et al., 1998; Jiang et al., 1999; Harris et al., 2000), maçã (Fan et al., 1999; Rupasinghe et al., 2000; Mir et al., 2001), abacate (Kluge et al., 2002; Jeong et al., 2002); melão (Almeida et al., 2001), tomate (Moretti et al., 2002; Wills; Ku, 2002) e mamão (Jacomino et al., 2002). Esses estudos tiveram como resultados o retardamento da perda de firmeza e da mudança da coloração dos frutos, bem como a redução da taxa respiratória, aumentando a vida útil na pós-colheita dos frutos.

Em mamões, o uso dessa ferramenta tem apresentado resultados promissores sob determinadas condições. Isso é especialmente importante, uma vez que as perdas na comercialização dos frutos se situam entre 30% e 40% devido, principalmente, ao rápido amolecimento da polpa e à elevada incidência de podridões. Dada a sua perecibilidade, o controle do seu amadurecimento é fundamental para o aumento do seu tempo de vida após a colheita, seja qual for o seu destino (mercado interno ou o externo).

O modo de ação do 1-MCP ocorre por meio de sua ligação preferencial ao receptor de etileno, bloqueando a ação desse hormônio procedente de fontes internas e/ou externas. Provavelmente, essa preferência decorre de sua alta afinidade com o sítio do receptor de etileno (Jiang et al., 1999). Comparado com o etileno, o 1-MCP é ativo em menores concentrações e também inibe a biossíntese de etileno em algumas espécies por meio do mecanismo de feedback negativo. A ligação do 1-MCP ao receptor de etileno é irreversível e o posterior amadurecimento do fruto ocorre por causa da formação de novos receptores de etileno (Sisler et al., 1996; Jiang et al., 1999; Feng et al., 2000).

Muito utilizado em sua forma gasosa, o 1-MCP pode ser também obtido a partir de um pó que libera o 1-MCP quando misturado a uma solução básica ou água; essa aplicação deve ser feita em ambientes fechados, como câmaras frias ou contêineres (Serek et al., 1994). Com

o objetivo de facilitar e diminuir o tempo de aplicação do 1-MCP, formulações líquidas e em sprays têm sido desenvolvidas.

A concentração de 1-MCP necessária para apresentar efeito no bloqueio da ação do etileno varia conforme os seguintes fatores: espécie, cultivar, estágio de maturação, temperatura, concentração e tempo de exposição ao produto e rapidez com que novos receptores de etileno são formados (Rupasinghe et al., 2000; Watkins et al., 2000).

A tecnologia de uso desse regulador já está bem estabelecida em algumas espécies, como no caso da maçã, mas ainda em desenvolvimento para outras, como o mamão. Vários fatores dificultam a viabilização do uso desse regulador em mamões, como o intervalo entre a colheita e a aplicação do 1-MCP, a quantidade de frutos na câmara de tratamento, o estágio de maturação e os fatores de pré-colheita que alteram a sensibilidade dos mamões a esse regulador vegetal. Estes fatores ainda precisam ser mais bem conhecidos para que respostas indesejáveis ao tratamento sejam minimizadas.

Resultados conclusivos já foram obtidos em mamões parcialmente maduros, ou seja, frutos com aproximadamente 50% da casca de cor amarela e firmeza da polpa em torno de 50 N. Nesses frutos, a aplicação de $0,5 \mu\text{L L}^{-1}$ de 1-MCP permite ampliar o período de comercialização do fruto maduro.

A maior dificuldade na adoção dessa tecnologia em mamão é a necessidade de lotes uniformes no que se refere ao estágio do amadurecimento. Apesar disso, há potencial de sua utilização para mercados que valorizam a qualidade do fruto.

O maior mercado para o uso do 1-MCP em mamão, entretanto, parece estar na ampliação do período de "vida verde" do fruto, uma vez que, nesse estágio, o fruto é mais resistente a danos mecânicos, o que facilita o manuseio e o transporte a longas distâncias. Esse recurso

poderia ser empregado tanto para frutos destinados ao mercado interno quanto para exportação. Isso poderia incrementar a exportação marítima, a qual deixou de ser utilizada pelos exportadores devido à alta perecibilidade do mamão. Entretanto, os estudos conduzidos com frutos fisiologicamente maduros, coloração da casca entre os estádios 0 e 2, ou seja, casca de coloração amarela entre 0% e 25% e firmeza da polpa alta (acima de 90 N), têm revelado resposta variável ao 1-MCP, o que não permitiu até o momento o estabelecimento de metodologia segura de aplicação em mamões verdes.

Os principais efeitos do 1-MCP sobre o mamão estão relacionados à retenção da firmeza, retardo na mudança de coloração dos frutos e alterações na emissão de compostos responsáveis pelo aroma da fruta. Em trabalhos realizados por Hofman et al. (2001), Ergun e Huber (2004) e Jacomino et al. (2007), foi observada retenção da firmeza em mamões tratados com 1-MCP. Asmar et al. (2010) observaram atraso na degradação da pectina total e menor atividade da enzima PME em mamões tratados com 1-MCP, indicando que esses frutos amadureceram mais lentamente. Vários trabalhos também indicam a retenção da cor em mamões, como mostrado por Jacomino et al. (2002), Souza et al. (2009) e Trevisan et al. (2013).

Jacomino et al. (2007) observaram que, quanto menor o intervalo entre a colheita e o tratamento, maior foi o efeito desse regulador vegetal quanto à retenção de firmeza, ao retardo no desenvolvimento da coloração amarela da casca e à redução da produção de etileno, o que provavelmente contribuiu para a ação mais intensa do 1-MCP nesses frutos.

Bron e Jacomino (2006) também mostraram a importância do estágio de amadurecimento na eficácia do 1-MCP em mamões 'Golden'. Frutos submetidos ao tratamento de 1-MCP em estádios mais precoces de amadurecimento apresentaram maior retenção da firmeza e atraso na mudança de coloração da casca, o

que pode ser interessante do ponto de vista da comercialização; porém, esses frutos mostraram menor qualidade sensorial, sendo desfavorável pela visão do consumidor.

Apesar dos vários benefícios, a aplicação do 1-MCP pode comprometer o amadurecimento de algumas frutas, como peras, bananas e mamões, as quais podem apresentar o chamado comportamento “sempre verde”, ou ainda, levar a um descompasso entre a mudança na coloração e o amolecimento da polpa.

A aplicação conjunta dos reguladores 1-MCP e etileno pode solucionar ou minimizar esse tipo de problema, como no mamão ‘Golden’, que tem seu amolecimento comprometido quando esse regulador é aplicado em frutos verdes. Resultados promissores também foram observados em bananas e ameixas.

Ao estudarem a associação entre 1-MCP e etileno em mamões ‘Golden’, Trevisan et al. (2013) observaram que a aplicação simultânea dos dois reguladores minimizou o efeito inibitório do 1-MCP e permitiu que o fruto verde completasse seu amadurecimento normalmente. Diferentemente, os frutos que foram submetidos ao tratamento apenas com 1-MCP permaneceram firmes durante o armazenamento e inaptos ao consumo. Esses mesmos autores também estudaram dosagens de etileno aplicadas simultaneamente com o 1-MCP e constataram que dosagens acima de $2,5 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno associadas a 100 nL L^{-1} de 1-MCP não são desejáveis, pois suprimem o efeito inibidor do 1-MCP e o fruto amadurece rapidamente. Dessa forma, sugere-se que a aplicação de baixas concentrações de etileno juntamente com 1-MCP, em mamões ainda verdes, é suficiente para manter o efeito de retardamento do amadurecimento proposto pelo 1-MCP e, conseqüentemente, aumentar a vida útil do fruto sem impedir o completo amadurecimento.

Adicionalmente, tem-se observado que alguns lotes de mamões apresentam rápido

amolecimento da polpa acompanhado parcialmente pela evolução da coloração da casca, enquanto outros lotes têm a evolução da perda da firmeza proporcional à da coloração da casca, permanecendo firmes por várias semanas a 10°C (Gallon, 2010; Jacomino et al., 2010). Esse amolecimento precoce é um distúrbio que diminui o potencial de comercialização do mamão e resulta em grandes perdas na pós-colheita, já que ocorre de forma generalizada em frutos de um mesmo lote e sem possível identificação prévia. Esse distúrbio, identificado em estudos recentes, tem sido chamado de distúrbio do amolecimento precoce (DAP) (Jacomino et al., 2010). Apesar de pouco estudado, já existem hipóteses de uma provável relação entre a perda de firmeza dos frutos na pós-colheita, o excesso de água na planta e os baixos níveis do hormônio auxina no momento da colheita (Gallon, 2010).

Dessa forma, apesar de o etileno ser responsável por diversas alterações fisiológicas e bioquímicas durante o amadurecimento dos frutos, e ainda que exista certa relação entre o amolecimento da polpa com a produção de etileno, foi detectado o envolvimento da auxina (na forma de ácido indol 3-acético) e não do etileno com o amolecimento precoce do mamoeiro (Gallon, 2010). Essa autora identificou que frutos com DAP possuem níveis de auxina em concentrações consideravelmente menores que os frutos sem o distúrbio, logo após a colheita. Nesse caso, o efeito do 1-MCP em frutos com esse distúrbio é menor, visto que o problema não está relacionado às alterações provocadas pelo etileno.

Estudos adicionais sobre os fatores que afetam a sensibilidade do mamão ao 1-MCP ainda são necessários para viabilizar o uso comercial desta tecnologia. Isso possibilitará a colheita de frutos mais maduros, a ampliação dos períodos de comercialização nos mercados nacional e internacional e a redução de perdas qualitativas e quantitativas.

Irradiação

A irradiação é uma técnica que vem sendo pesquisada há décadas e que apresenta potencial de aplicação na pós-colheita de mamão por substituir o tratamento hidrotérmico quarrenário no controle de mosca-das-frutas e por apresentar efeito no retardo do amadurecimento.

O método de preservação dos alimentos por irradiação é considerado "frio", porque causa apenas uma pequena elevação da temperatura durante o processo. Essa pequena elevação da temperatura, associada à radiação, minimiza mudanças indesejáveis no alimento tais como: alterações no sabor, textura e perdas de nutrientes. Essa característica faz com que a irradiação seja um método atrativo para alimentos sensíveis ao calor, como é o caso mamão (Adams; Moss, 1995).

O processo de irradiação consiste em submeter os frutos, já embalados ou a granel, a uma quantidade controlada de energia ionizante, por um tempo prefixado, com objetivos bem determinados (Bautista-Baños et al., 2013). A irradiação pode impedir a divisão celular, tal como em bactérias e células de organismos superiores, ao alterar suas estruturas moleculares, além de inibir o amadurecimento de algumas frutas e legumes, ao reduzir reações bioquímicas nos processos fisiológicos dos tecidos vegetais.

No Brasil, a legislação sobre irradiação de alimentos existe desde 1973, por meio do Decreto-Lei nº 72.718, de 29 de agosto de 1973 (Brasil, 1973), juntamente com a Resolução – RDC nº 21, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) (2001), que são as normas que regem a irradiação de alimentos no País.

As doses recomendadas para mamão estão entre 0,5 kGy e 1 kGy. Diversas pesquisas têm mostrado resultados positivos relacionados à redução da taxa respiratória e da produção de etileno, à redução da perda de firmeza e ao maior tempo de conservação de modo geral.

Diversos autores observaram que a aplicação de doses entre 0,12 kGy e 1 kGy retardou o amadurecimento de mamões, além de reduzir a perda de firmeza e aumentar a retenção da cor verde da casca (Miller; McDonald, 1999; D'Innocenzo; Lajolo, 2001; Pimentel; Walder, 2004; Moy, 2005; Cia et al., 2007). No entanto, frutos irradiados em estágio precoce de amadurecimento apresentam dificuldades na degradação da clorofila, em razão da inibição da expressão das clorofilases, e no amolecimento da polpa.

Embora tenha apresentado resultados positivos no controle do amadurecimento e das moscas-das-frutas, essa tecnologia ainda apresenta resultados inconsistentes e necessita de mais estudos.

Métodos alternativos de controle de podridões

Os métodos tradicionais de controle de doenças em pós-colheita incluem o tratamento químico com fungicidas e o tratamento térmico (Robs, 1996; Bautista-Baños, 2013; Sholberg; Conway, 2016). A busca por métodos alternativos de controle de doenças tem sido fortemente estimulada porque o uso de agrotóxicos representa riscos à saúde humana e ao meio ambiente. Além disso, a perda de eficiência dos fungicidas, em razão do desenvolvimento de patógenos resistentes, é um problema adicional a ser considerado (Wilson; Wisniewski, 1995; Capdeville et al., 2002). Por esses motivos, a seguir serão apresentados alguns tratamentos alternativos para o controle de doenças pós-colheita.

Microrganismo antagonista

Entre os métodos alternativos de controle de doenças, o emprego de microrganismos antagonistas também merece destaque. Embora um número considerável de microrganismos antagonistas tenha sido testado para o controle

de diferentes patógenos em diferentes interações fruto-patógeno, poucos estudos têm sido realizados e/ou publicados a respeito do controle de doenças pós-colheita, finalidade para a qual o método pode ser muito promissor (Chalutz; Wilson, 1990; Janisiewicz; Bors, 1995; Chand-Goyal; Spotts, 1996, 1997; Capdeville et al., 2003; Gamagae et al., 2004; Bussaman et al., 2011).

Muito se questiona sobre a eficiência e/ou consistência dos resultados quando se emprega o controle biológico de doenças em condições reais de cultivo (Bautista-Baños et al., 2013). Uma das principais razões para a ineficácia do biocontrole é a inabilidade no controle das condições ambientais. Baños-Guevara et al. (2004) observaram que a bactéria antagonista *Bacillus firmus* (B10 e B3) proporcionou reduções no crescimento in vitro de *Colletotrichum gloeosporioides* de 75,3% e 69,1%, respectivamente. Porém, quando a bactéria foi utilizada em frutos in natura, não apresentou qualquer efeito no controle da antracnose.

Em pós-colheita, essas condições podem ser facilmente controladas, o que facilita a aplicação e a atuação dos agentes antagonistas. Assim, pode-se dizer que microrganismos antagonistas podem ser promissores como “fungicidas vivos” para o controle de doenças pós-colheita de frutos (Wilson et al., 1991). Entre os potenciais agentes de biocontrole de doenças fúngicas de pós-colheita do mamão, bactérias e leveduras têm sido estudadas. O uso de *Cryptococcus magnus*, *Candida oleophila* e *Pseudomonas putida* para controlar a infecção por *C. gloeosporioides* em frutos de mamão foi reportado em alguns estudos (Gamagae et al., 2004; Capdeville et al., 2007; Shi et al., 2009).

Extratos vegetais e óleos essenciais

As plantas produzem compostos antimicrobianos que podem estar presentes em sementes, folhas, flores, etc. Várias espécies de plantas de diferentes famílias botânicas e

seus derivados apresentam potencial fungicida ou fungistático contra doenças do mamão (Hernández, 2002). Nesse contexto, extratos vegetais das famílias botânicas Sapotaceae (*Achras sapota*, *Chrysophyllum cainito* e *Pouteria sapota*), Caricaceae (*Carica papaya*), Fabaceae (*Pachyrhizus erosus*), Leguminosae (*Pithecellobium dulce*), Solanaceae (*Cestrum nocturnum*) e Verbenaceae (*Lantana camara*) apresentaram controle notável sobre vários fungos causadores de doenças pós-colheita do mamão, como *C. gloeosporioides*, *Rhizopus* spp., *Aspergillus* spp. e *Mucor* spp. (Barrera-Necha et al., 2003, 2004; Bautista-Baños et al., 2003, 2008; Tasiwal, 2008; Chukwuemeka; Anthonia, 2010).

Outra classe de produtos naturais ativos são os óleos essenciais que consistem de mistura de compostos voláteis resultantes do metabolismo secundário das plantas e são conhecidos por serem efetivos no controle de fungos fitopatogênicos.

No que diz respeito ao controle das podridões pós-colheita do mamão, Barrera-Necha et al. (2008) avaliaram a eficácia de nove óleos essenciais para controlar *C. gloeosporioides* e verificaram que os óleos essenciais de canela (*Cinnamomum zeylanicum*) e cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*), em concentração de 50 µg mL⁻¹, foram eficientes em controlar a antracnose, pois a incidência foi de, no máximo, 13% em comparação com a testemunha, que foi de 35%. Em outro estudo, a incorporação de óleo essencial de tomilho (*Thymus vulgaris*) na concentração de 0,10% e 0,15% com goma-mesquita e cera de *Candelilla* reduziu o crescimento de *Rhizopus stolonifer* e *C. gloeosporioides*, respectivamente, em 40% e 100% no mamão ‘Maradol’ (Bosquez-Molina et al., 2010). Embora sejam eficientes no controle das podridões pós-colheita em mamão, alguns óleos essenciais alteram o aroma característico do mamão.

Sais e minerais

Um dos elementos mais importantes que pode influenciar a manifestação pós-colheita de doenças é o cálcio (Bautista-Baños et al., 2013), elemento que desempenha diferentes funções nos tecidos vegetais, notadamente na proteção das membranas e paredes celulares e na elicitação de respostas às condições de estresses bióticos e abióticos (Bolwell et al., 1991; Bush, 1993). É importante na manutenção da qualidade de frutas e hortaliças inteiras, pois aumenta a retenção da firmeza e reduz a incidência de desordens bióticas e abióticas (Shear, 1975; Conway; Sams, 1984). Estudos realizados por Saborío et al. (2000) demonstraram que o mamão imerso em cloreto de cálcio a 1% e 4% teve uma incidência de doença de 12% e 11%, respectivamente, em comparação com os 23% observados nos frutos não tratados. Madani et al. (2014) observaram que a aplicação pré-colheita de cloreto de cálcio nas concentrações de 1,5% e 2% reduziram significativamente a incidência de antracnose nos frutos durante 5 semanas de armazenamento a 12 ± 2 °C e atrasou o início dos sintomas da doença em 4 semanas.

Sais de carbonato também são relatados por fornecer controle efetivo sobre vários fungos pós-colheita de frutas e hortaliças (Aharoni et al., 1997; Fallik et al., 1997). Entre os vários sais testados para controlar a antracnose, o carbonato de amônio a 3% seguido de carbonato de sódio a 2%, testados isoladamente ou em combinação com cera, reduziram o crescimento de *C. gloeosporioides* em até 50% em frutos de mamão (Sivakumar et al., 2002).

Ozônio

O ozônio tem sido utilizado principalmente para desinfecção de água, embora tenha também sido empregado para desinfetar instalações da casa de embalagem e controlar microrganismos causadores de doenças (Bautista-Baños et al., 2013).

O ozônio possui alto potencial de oxidação associado à habilidade de difundir-se através de membranas biológicas, e a superfície da célula microbiana é o primeiro alvo a ser atingido. Sua ação microbiana é decorrente da oxidação de glicolipídios, glicoproteínas e aminoácidos da parede microbiana, que altera a permeabilidade celular e causa uma rápida dissolução das células dos microrganismos. Também apresenta ação degenerativa sobre o material nuclear dos microrganismos (Kim, 1999).

Para mamão, os estudos sobre o efeito da aplicação de ozônio, além de escassos, são inconclusivos, não só por apresentarem ação de controle, mas também por causarem outros efeitos indesejáveis. Segundo Bataller et al. (2012), a aplicação de ozônio diluído em água e sob a forma gasosa resultou em controle da antracnose em 77% e 70%, respectivamente, ultrapassando o controle de 60% obtido por fungicida sistêmico, composto por estrobilurina e azoxistrobina. Por sua vez, estudos conduzidos por Corrêa et al. (2011) mostraram que, durante o amadurecimento, aplicações de ozônio causaram mudanças fisiológicas indesejáveis nos frutos. Esses autores observaram que mamões mantidos por 24 horas em um fluxo contínuo de ozônio de 6,0 ppm amadurecem mais cedo em comparação aos frutos não tratados, por causa da degradação precoce das clorofilas e da camada da cutícula. Por isso, são necessários mais estudos sobre o efeito dessa tecnologia na qualidade dos frutos.

Considerações finais

O mamão é um fruto climatérico, que apresenta aumento na taxa respiratória e na emissão de etileno durante a fase de amadurecimento do fruto. A máxima produção de etileno nem sempre é coincidente com a máxima taxa respiratória. Várias transformações ocorrem na fase de amadurecimento do mamão, com destaque para o amaciamento da polpa, a mudança na coloração da casca e da polpa, a produção de

compostos voláteis e a síntese de ácido ascórbico (AA). A produção de AA no mamão é alta, e esse fruto é uma excelente fonte de vitamina C para a alimentação. A última etapa da síntese de AA ocorre dentro das mitocôndrias com a participação direta do processo respiratório. Conhecer melhor a relação entre a atividade respiratória e a influência desse processo na capacidade do fruto na sintetização de AA pode ser importante na busca de frutos mais nutritivos no que se refere ao conteúdo de vitamina C. Assim como esse conhecimento precisa ser considerado quando se investigam os atuais e os novos métodos de conservação do mamão que são baseados na redução da atividade respiratória do fruto como controle do amadurecimento. Até que ponto esse controle da respiração pode influenciar a capacidade de sintetização de AA precisa ser objeto de investigação dos processos de conservação pós-colheita do mamão. Essas informações também podem ser muito úteis na seleção de materiais genéticos superiores no que diz respeito aos aspectos nutricionais do fruto, subsidiando os programas de melhoramento do mamoeiro.

As transformações que ocorrem durante o amadurecimento do mamão alteram significativamente sua resistência ao manejo e ao transporte. Atualmente, existem no País três cenários de produção para o mercado interno, para exportação via aérea e para exportação via marítima que adotam níveis crescentes de tecnologias pós-colheita, respectivamente.

Com vida pós-colheita relativamente curta, completando o seu amadurecimento em poucos dias quando armazenado em temperatura ambiente, o mamão é extremamente suscetível a perdas pós-colheita por danos mecânicos, ataque de patógenos ou por fatores abióticos. A adoção de tecnologias como o tratamento armazenamento refrigerado, o armazenamento sob atmosfera modificada ou controlada, o uso de reguladores vegetais, a irradiação, entre outras (separadamente ou em conjunto), pode

minimizar as perdas pós-colheita. O uso dessas tecnologias torna-se mais necessário quanto mais exigente com relação à qualidade do produto é o mercado consumidor.

Referências

- ABELES, F. B.; MORGON, P. W.; SALTVEIT JR., M. E. **Ethylene in plant biology**. San Diego: Academic Press, 1992. 414 p.
- ADAMS, M. R.; MOSS, M. R. Microbiologia da la conservación de los alimentos. In: ADAMS, M. R.; MOSS, M. R. **Microbiología de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1995. p. 88-98.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). Resolução RDC nº 21, de 26 de janeiro de 2001. Aprova o Regulamento Técnico para Irradiação de Alimentos, revogando a Portaria nº 09 DINAL/MS de 1985 e Portaria nº 30 de 1989. **Diário Oficial da União**: seção 1, 29 jan. 2001.
- AHARONI, Y.; FALLIK, E.; COPEL, A.; GIL, A.; GRINBERG, S.; KLEIN, J. D. Sodium bicarbonate reduces postharvest decay development on melons. **Postharvest Biology and Technology**, v. 10, n. 3, p. 210-216, Mar. 1997. DOI [10.1016/S0925-5214\(97\)01412-9](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(97)01412-9).
- AKAMINE, E. K.; ARISUMI, T. Control of postharvest storage decay of papaya (*Carica papaya* L.) with special reference to the effect of hot water. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v. 61, p. 270-274, 1953.
- ALBERSHEIM, P.; DARVILL, A.; ROBERTS, K.; SEDEROFF, R.; STAEHELIN, A. **Plant cell walls**. New York: Taylor e Francis Group, 2011. 430 p.
- ALI, A.; MUHAMMAD, M. T. M.; SIJAM, K.; SIDDIQUI, Y. Effect of chitosan coatings on the physicochemical characteristics of Eksotika II papaya (*Carica papaya* L.) fruit during cold storage. **Food Chemistry**, v. 124, n. 2, p. 620-626, Jan. 2011. DOI [10.1016/j.foodchem.2010.06.085](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.06.085).
- ALMEIDA, A. S.; ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C.; MENEZES, J. B.; PEREIRA, M. E. C.; ABREU, C. R. A. Conservação de melão *Cantaloupe* 'Acclaim' submetido à aplicação pós-colheita de 1-MCP. **Horticultura Brasileira**, v. 19, jul. 2001. Suplemento.
- ALMEIDA, D. P. F.; HUBER, D. J. Apoplastic pH and inorganic ion levels in tomato fruit: a potential means for regulation of cell wall metabolism during ripening. **Physiologia Plantarum**, v. 105, n. 3, p. 506-512, 1999. DOI [10.1034/j.1399-3054.1999.105316.x](https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.1999.105316.x).
- ALMORA, K.; PINO, J. A.; HERNÁNDEZ, M.; DUARTE, C.; GONZÁLEZ, J.; RONCAL, E. Evaluation of volatiles from

- ripening papaya (*Carica papaya* L., var. Maradol roja). **Food Chemistry**, v. 86, n. 1, p. 127-130, June 2004. DOI [10.1016/j.foodchem.2003.09.039](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.09.039).
- ASMAR, S. A.; ABREU, C. M. P. de; LIMA, R. A. Z.; CORRÊA, A. D.; SANTOS, C. D. dos. Firmeza de mamão tratado com 1-MCP em diferentes tempos de exposição. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 2, p. 440-444, mar./abr. 2010. DOI [10.1590/S1413-70542010000200024](https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000200024).
- ASSIS, J. S. Transporte marítimo de papaya – viabilidade dos contêineres. In: MARTINS, D. dos S. (ed.). **Papaya Brasil: mercado e inovações tecnológicas**. Vitória: Incaper, 2005. p. 93-100.
- ASSIS, J. S.; STEINEKER, M. Qualidade de mamão Solo cv. Golden transportado sob atmosfera controlada em contêiner Rolf. In: MARTINS, D. dos S. (ed.). **Papaya Brasil: qualidade do mamão para o mercado interno**. Vitória: Incaper, 2003. p. 659-662.
- AZEVEDO, I. G.; OLIVEIRA, J. G.; SILVA, M. G. da; PEREIRA, T.; CORRÊA, S. F.; VARGAS, H.; FAÇANHA, A. R. P-type H⁺-ATPases activity, membrane integrity, and apoplastic pH during papaya fruit ripening. **Postharvest Biology and Technology**, v. 48, n. 2, p. 242-247, May 2008. DOI [10.1016/j.postharvbio.2007.11.001](https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.11.001).
- BALBONTÍN, C.; GAETE-EASTMAN, C.; VERGARA, M.; HERRERA, R.; MOYA-LEÓN, M. A. Treatment with 1-MCP and the role of ethylene in aroma development of mountain papaya fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 43, n. 1, p. 67-77, Jan. 2007. DOI [10.1016/j.postharvbio.2006.08.005](https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.08.005).
- BAÑOS-GUEVARA, P. E.; ZAVALA-MEJÍA, E.; COLINAS-LEÓN, M. T.; LUNA-ROMERO, I.; GUTIÉRREZ-ALONSO, J. G. Control biológico de *Colletotrichum gloeosporioides* [(Penz.) Penz. Y Sacc.] en papaya Maradol roja (*Carica papaya* L.) y fisiología postcosecha de frutos infectados. **Revista Mexicana de Fitopatología**, v. 22, n. 2, p. 198-205, jul./dic. 2004.
- BARRERA-NECHA, L. L.; BAUTISTA-BAÑOS, S.; BRAVO-LUNA, L.; BERMÚDEZ-TORRES, K.; JIMÉNEZ-ESTRADA, M.; REYES-CHILPA, R. Antifungal activity against postharvest fungi by extracts and compounds of *Pithecellobium dulce* seeds (Huamuchil). **Acta Horticulturae**, v. 628, p. 761-766, 2003. XXVI International Horticultural Congress: Issues and Advances in Postharvest Horticulture. DOI [10.17660/ActaHortic.2003.628.96](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.628.96).
- BARRERA-NECHA, L. L.; BAUTISTA-BAÑOS, S.; BRAVO-LUNA, L.; GARCÍA-SUÁREZ, F. J. L.; ALAVEZ-SOLANO, D.; REYES-CHILPA, R. Antifungal activity of seed powders, extracts and secondary metabolites of *Pachyrhizus erosus* (L.) Urban (Fabaceae) against three postharvest fungi. **Revista Mexicana de Fitopatología**, v. 22, n. 3, p. 356-361, 2004.
- BARRERA-NECHA, L. L.; BAUTISTA-BAÑOS, S.; FLORES-MOCTEZUMA, H. E.; ROJAS-ESTUDILLO, A. Efficacy of essential oils on the conidial germination, growth of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. ans Sacc. and control of postharvest diseases in papaya (*Carica papaya* L.). **Plant Pathology Journal**, v. 7, n. 2, p. 174-178, 2008. DOI [10.3923/ppj.2008.174.178](https://doi.org/10.3923/ppj.2008.174.178).
- BARRY, C. S.; GIOVANNONI, J. J. Ethylene and fruit ripening. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 26, article number 143, 2007. DOI [10.1007/s00344-007-9002-y](https://doi.org/10.1007/s00344-007-9002-y).
- BARTOLI, C. G.; YU, J.; GÓMEZ, F.; FERNÁNDEZ, L.; MCINTOSH, L.; FOYER, C. H. Inter-relationships between light and respiration in the control of ascorbic acid synthesis and accumulation in *Arabidopsis thaliana* leaves. **Journal of Experimental Botany**, v. 57, n. 8, p. 1621-1631, May 2006. DOI [10.1093/jxb/erl005](https://doi.org/10.1093/jxb/erl005).
- BATALLER, M.; GONZÁLEZ, J. E.; VELIZ, E.; FERNÁNDEZ, L. A. Ozone applications in the post-harvest of papaya (*Carica papaya* L.): an alternative to *Amistar* fungicide. **Ozone: science & engineering**, v. 34, n. 3, p. 151-155, 2012. DOI [10.1080/01919512.2012.662728](https://doi.org/10.1080/01919512.2012.662728).
- BAUTISTA BAÑOS, S.; BARRERA NECHA, L. L.; HERNÁNDEZ LAUZARDO, A.; VELÁZQUEZ DEL VALLE, M.; ALIA TEJACAL, I.; GUILLÉN SÁNCHEZ, D. Polvos, extractos y fracciones de hojas de *Cestrum nocturnum* L. y su actividad antifúngica en dos aislamientos de *Fusarium* spp. **Revista Científica UDO Agrícola**, v. 8, n. 1, p. 42-51, 2008.
- BAUTISTA-BAÑOS, S.; HERNÁNDEZ-LÓPEZ, M.; BOSQUEZ-MOLINA, E.; WILSON, C. L. Effects of chitosan and plant extracts on growth of *Colletotrichum gloeosporioides*, anthracnose levels and quality of papaya fruit. **Crop Protection**, v. 22, n. 9, p. 1087-1092, Nov. 2003. DOI [10.1016/S0261-2194\(03\)00117-0](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(03)00117-0).
- BAUTISTA-BAÑOS, S.; SIVAKUMAR, D.; BELLO-PÉREZ, A.; VILLANUEVA-ARCE, R.; HERNÁNDEZ-LÓPEZ, M. A review of the management alternatives for controlling fungi on papaya fruit during the postharvest supply chain. **Crop Protection**, v. 49, p. 8-20, July 2013. DOI [10.1016/j.cropro.2013.02.011](https://doi.org/10.1016/j.cropro.2013.02.011).
- BOLWELL, G. P.; RODGERS, M. W.; MURPHY, D. L.; JONES, D. Modulation of the elicitation response in cultured French bean cells and its implication for the mechanism of signal transduction. **Phytochemistry**, v. 30, n. 2, p. 397-405, Jan. 1991. DOI [10.1016/0031-9422\(91\)83692-E](https://doi.org/10.1016/0031-9422(91)83692-E).
- BOSQUEZ-MOLINA, E.; RONQUILLO-DE JESÚS, E.; BAUTISTA-BAÑOS, S.; VERDE-CALVO, J. R.; MORALES-LÓPEZ, J. Inhibitory effect of essential oils against *Colletotrichum gloeosporioides* and *Rhizopus stolonifer* in stored papaya fruit and their possible application in coatings. **Postharvest Biology and Technology**, v. 57, n. 2, p. 132-137, Aug. 2010. DOI [10.1016/j.postharvbio.2010.03.008](https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2010.03.008).

- BRASIL. Decreto nº 72.718, de 29 de agosto de 1973. Estabelece Normas Gerais sobre Irradiação de Alimentos. **Diário Oficial da União**: seção 1, p. 8665, 30 ago. 1973.
- BRITO, C. H.; LOPES, E. B.; ALBUQUERQUE, I. C.; BATISTA, J. L.; SILVA, A. B. Uso do tratamento térmico no controle de mosca-das-frutas (*Ceratitis capitata*). **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v. 3, n. 1, p. 29-36, fev. 2009.
- BRON, I. U.; JACOMINO, A. P. Ripening and quality of 'Golden' papaya fruit harvested at different maturity stages. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 18, n. 3, p. 389-396, July/Sept. 2006. DOI [10.1590/S1677-04202006000300005](https://doi.org/10.1590/S1677-04202006000300005).
- BRON, I. U.; RIBEIRO, R. V.; AZZOLINI, M.; JACOMINO, A. P.; MACHADO, E. C. Chlorophyll fluorescence as a tool to evaluate the ripening of 'Golden' papaya fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 33, n. 2, p. 163-173, Aug. 2004. DOI [10.1016/j.postharvbio.2004.02.004](https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2004.02.004).
- BUSH, D. S. Regulation of cytosolic calcium in plants. **Plant Physiology**, v. 103, n. 1, p. 7-13, Jan. 1993. DOI [10.1104/pp.103.1.7](https://doi.org/10.1104/pp.103.1.7).
- BUSSAMAN, P.; SA-UTH, C.; TONSAO, A.; SAWANGKEAW, A.; RATTANASENA, P. Lactic acid bacteria from Thai fermented meat products as biological control agents against anthracnose disease. **Thai Journal of Agricultural Science**, v. 44, n. 5, p. 194-199, 2011.
- CAPDEVILLE, G. de; BEER, S. V.; WATKINS, C. B.; WILSON, C. L.; TEDESCHI, L. O.; AIST, J. R. Pre- and post-harvest harpin treatments of apples induce resistance to blue mold. **Plant Disease**, v. 87, n. 1, p. 39-44, Jan. 2003. DOI [10.1094/PDIS.2003.87.1.39](https://doi.org/10.1094/PDIS.2003.87.1.39).
- CAPDEVILLE, G. de; SOUZA JÚNIOR, M. T.; SANTOS, J. R. P.; MIRANDA, S. P.; CAETANO, A. R.; FALCÃO, R.; GOMES, A. C. M. M. Scanning electron microscopy of the interaction between *Cryptococcus magnus* and *Colletotrichum gloeosporioides* on papaya fruit. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 11, p. 1537-1544, Nov. 2007. DOI [10.1590/S0100-204X2007001100004](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007001100004).
- CAPDEVILLE, G. de; WILSON, C. L.; BEER, S. V.; AIST, J. R. Alternative disease control agents induce resistance to blue mold in harvested 'Red Delicious' apple fruit. **Phytopathology**, v. 92, p. 900-908, 2002. DOI [10.1094/PHYTO.2002.92.8.900](https://doi.org/10.1094/PHYTO.2002.92.8.900).
- CHALUTZ, E.; WILSON, C. L. Postharvest biocontrol of green and blue mold and sour rot of citrus fruit by *Debaryomyces hansenii*. **Plant Disease**, v. 74, p. 134-137, 1990. DOI [10.1094/PD-74-0134](https://doi.org/10.1094/PD-74-0134).
- CHAND-GOYAL, T.; SPOTTS, R. A. Biological control of postharvest diseases of apple and pear under semi-commercial and commercial conditions using three saprophytic yeasts. **Biological Control**, v. 10, n. 3, p. 199-206, Nov. 1997. DOI [10.1006/bcon.1997.0568](https://doi.org/10.1006/bcon.1997.0568).
- CHAND-GOYAL, T.; SPOTTS, R. A. Postharvest biological control of blue mold of apple and brown rot of sweet cherry by natural saprophytic yeasts alone or in combination with low doses of fungicides. **Biological Control**, v. 6, n. 2, p. 253-259, Apr. 1996. DOI [10.1006/bcon.1996.0032](https://doi.org/10.1006/bcon.1996.0032).
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças**: fisiologia e manejo. 2. ed. Lavras: Ed. UFLA, 2005. 783 p.
- CHUKWUEMEKA, N. O.; ANTHONIA, A. B. Antifungal effects of pawpaw seed extracts and papain on postharvest *Carica papaya* L. fruit rot. **African Journal of Agriculture Research**, v. 5, n. 12, p. 1531-1535, June 2010.
- CIA, P.; PASCHOLATI, S. F.; BENATO, E. A.; CAMILI, E. C.; SANTOS, C. A. Effects of gamma and UV-C irradiation on the postharvest control of papaya anthracnose. **Postharvest Biology and Technology**, v. 43, n. 3, p. 366-373, Mar. 2007. DOI [10.1016/j.postharvbio.2006.10.004](https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.10.004).
- CONWAY, W. S.; SAMS, C. E. Possible mechanisms by which post-harvest calcium treatment reduces decay in apples. **Phytopathology**, v. 74, n. 1, p. 208-210, Jan. 1984. DOI [10.1094/Phyto-74-208](https://doi.org/10.1094/Phyto-74-208).
- CORRÊA, S. F.; BATISTA FILHO, M.; SILVA, M. G.; AROUCHA, E. M. M.; OLIVEIRA, J. G.; SILVA, R. F.; PEREIRA, M. G.; VARGAS, H. Monitoramento da taxa de emissão de etileno em mamão (*Carica papaya* L.) na presença de permanganato de potássio (KMnO₄). In: REUNIÃO DE PESQUISA DO FRUTIMAMÃO NO NORTE E NORDESTE FLUMINENSE, 2., 2004, Campos dos Goytacazes. **Boletim técnico** [...]. Campos dos Goytacazes: UENF, 2004. p. 255-260.
- CORRÊA, S. F.; MOTA, L.; PAIVA, L. B.; COUTO, F. M. do; SILVA, M. G. da; OLIVEIRA, J. G. de; STHEL, M. S.; VARGAS, H.; MIKLÓS, A. Effects of ozone exposure on 'Golden' papaya fruit by photoacoustic phase-resolved method: physiological changes associated with carbon dioxide and ethylene emission rates during ripening. **Journal of Applied Physics**, v. 109, n. 11, article 114701, 2011. DOI [10.1063/1.3592353](https://doi.org/10.1063/1.3592353).
- CORRÊA, S. F.; SILVA, M. G. da; PEREIRA, T.; ALMEIDA JR., P. S. G.; VARGAS, H.; OLIVEIRA, J. G.; BERILLI, S. S. Influence of hydrothermal treatments on papaya fruit (*Carica papaya* L.). **Acta Horticulturae**, v. 934, p. 695-701, 2012. DOI [10.17660/ActaHortic.2012.934.90](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.934.90).
- D'INNOCENZO, M.; LAJOLO, M. F. Effect of gamma irradiation on softening changes and enzyme activities during ripening of papaya fruit. **Journal of Food Biochemistry**, v. 25, n. 5, p. 425-438, Oct. 2001. DOI [10.1111/j.1745-4514.2001.tb00750.x](https://doi.org/10.1111/j.1745-4514.2001.tb00750.x).
- ERGUN, M.; HUBER, D. J. Suppression of ethylene perception extends shelf-life and quality of 'Sunrise Solo' papaya fruit at both pre-ripe and ripe stages of

- development. **European Journal of Horticultural Science**, v. 69, n. 5, p. 184-192, 2004.
- FABI, J. P.; BROETTO, S. G.; SILVA, S. L. G. L. da; ZHONG, S.; LAJOLO, F. M.; NASCIMENTO, J. R. O. do. Analysis of papaya cell wall-related genes during fruit ripening indicates a central role of polygalacturonases during pulp softening. **PLoS ONE**, v. 9, n. 8, article e105685, 2014. DOI [10.1371/journal.pone.0105685](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0105685).
- FABI, J. P.; CORDENUNSI, B. R.; MATTOS BARRETO, G. P. de; MERCADANTE, A. Z.; LAJOLO, F. M.; NASCIMENTO, J. R. O. do. Papaya fruit ripening: response to ethylene and 1-methylcyclopropene (1-MCP). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 15, p. 6118-6123, 2007. DOI [10.1021/jf070903c](https://doi.org/10.1021/jf070903c).
- FABI, J. P.; MENDES, L. R. B. C.; LAJOLO, F. M.; NASCIMENTO, J. R. O. do. Transcript profiling of papaya fruit reveals differentially expressed genes associated with fruit ripening. **Plant Science**, v. 179, n. 3, p. 225-233, Sept. 2010. DOI [10.1016/j.plantsci.2010.05.007](https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2010.05.007).
- FALLIK, E.; GRINBER, S.; ZIU, O. Potassium bicarbonate reduces postharvest decay development on bell pepper fruits. **Journal of Horticultural Sciences**, v. 72, n. 1, p. 35-41, 1997. DOI [10.1080/14620316.1997.11515489](https://doi.org/10.1080/14620316.1997.11515489).
- FAN, X. T.; BLANKENSHIP, S. M.; MATTHEIS, J. P. 1-methylcyclopropene inhibits apple ripening. **Journal of American Society of Horticultural Science**, v. 124, n. 6, p. 690-695, Nov. 1999. DOI [10.21273/JASHS.124.6.690](https://doi.org/10.21273/JASHS.124.6.690).
- FENG, X.; APELBAUM, A.; SISLER, E. C.; GOREN, R. Control of ethylene responses in avocado fruit with 1-methylcyclopropene. **Postharvest Biology and Technology**, v. 20, n. 2, p. 143-150, Sept. 2000. DOI [10.1016/S0925-5214\(00\)00126-5](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(00)00126-5).
- FERNANDES, P. L. de O.; AROUCHA, E. M. M.; SOUZA, P. A. de; SOUSA, A. E. D. de; FERNANDES, P. L. de O. Qualidade de mamão 'Formosa' produzido no RN e armazenado sob atmosfera passiva. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 41, n. 4, p. 599-604, nov./dez. 2010. DOI [10.1590/S1806-66902010000400012](https://doi.org/10.1590/S1806-66902010000400012).
- FONSECA, M. J. de O.; LEAL, N. R.; CENCI, S. A.; CECON, P. R.; BRESSAN-SMITH, R. E.; BALBINO, J. M. de S. Evolução dos pigmentos durante o amadurecimento de mamão 'Sunrise Solo' e 'Golden'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 3, p. 451-455, 2006. DOI [10.1590/S0100-29452007000300009](https://doi.org/10.1590/S0100-29452007000300009).
- FUGGATE, P.; WONGS-AREE, C.; NOICHINDA, S.; KANLAYANARAT, S. Quality and volatile attributes of attached and detached 'Pluk Mai Lie' papaya during fruit ripening. **Scientia Horticulturae**, v. 126, n. 2, p. 120-129, Sept. 2010. DOI [10.1016/j.scienta.2010.06.019](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.06.019).
- GALLON, C. Z. **Amolecimento precoce de polpa e sua relação com as modificações da parede celular em mamões 'Golden'**. 2010. 111 f. Tese (Doutorado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- GAMAGAE, S. U.; SIVAKUMAR, D.; WIJERATNAM, R. S. W.; WIJESUNDERA, R. L. C. Use of sodium bicarbonate and *Candida oleophila* to control anthracnose in papaya during storage. **Crop Protection**, v. 22, n. 7, p. 775-779, June 2003. DOI [10.1016/S0261-2194\(03\)00046-2](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(03)00046-2).
- GAMAGAE, S. U.; SIVAKUMAR, D.; WIJESUNDERA, R. L. C. Evaluation of post-harvest application of sodium bicarbonate incorporated wax formulation and *Candida oleophila* for the control of anthracnose of papaya. **Crop Protection**, v. 23, n. 7, p. 575-579, July 2004. DOI [10.1016/j.cropro.2003.11.003](https://doi.org/10.1016/j.cropro.2003.11.003).
- GOLDING, J. B.; SHEARER, D.; WYLLIE, S. G.; McGLASSON, W. B. Application of 1-MCP and propylene to identify ethylene dependent ripening processes in mature banana fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 14, n. 1, p. 87-98, Sept. 1998. DOI [10.1016/S0925-5214\(98\)00032-5](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(98)00032-5).
- GOMEZ, M. L. P. A.; LAJOLO, F. M.; CORDENUNSI, B. R. Metabolismo de carboidratos durante o amadurecimento do mamão (*Carica papaya* L. cv. Solo): influência da radiação gama. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n. 2, p. 246-252, maio/ago. 1999. DOI [10.1590/S0101-20611999000200017](https://doi.org/10.1590/S0101-20611999000200017).
- HARDENBURG, R. E.; WATADA, A. E.; WANG, C.Y. **The commercial storage of fruits, vegetables, and florist, and nursery stocks**. Washington, DC: USDA, 1986. 130 p. (USDA agriculture handbook, 66).
- HARREN, F. J. M.; CRISTESCU, S. M. Online, real-time detection of volatile emissions from plant tissue. **AoB PLANTS**, v. 5, plt003, 2013. DOI [10.1093/aobpla/plt003](https://doi.org/10.1093/aobpla/plt003).
- HARRIS, D. R.; SEBERRY, J. A.; WILLS, R. B. H.; SPOHR, L. J. Effect of fruit maturity on efficiency of 1-methylcyclopropene to delay the ripening of bananas. **Postharvest Biology and Technology**, v. 20, n. 3, p. 303-308, Nov. 2000. DOI [10.1016/S0925-5214\(00\)00150-2](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(00)00150-2).
- HERNÁNDEZ, A. L. M. **Uso potencial del quitosano y extractos vegetales en el control de *Colletotrichum gloeosporioides*, *Rhizopus stolonifer*, *Penicillium digitatum* y *Fusarium oxysporum* de la papaya (*Carica papaya*)**. 2002. Thesis (MSc) – Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, Instituto Politécnico Nacional, Yautepec, Morelos, México.
- HIWASA, K.; KINUGASA, Y.; AMANO, S.; HASHIMOTO, A.; NAKANO, R.; INABA, A.; KUBO, Y. Ethylene is required for both the initiation and progression of softening in pear (*Pyrus communis* L.) fruit. **Journal of Experimental**

- Botany**, v. 54, n. 383, p. 771-779, Feb. 2003. DOI 10.1093/jxb/erg073.
- HOFMAN, P. J.; JOBIN-DÉCOR, M.; MEIBURG, G. F.; MACNISH, A. J.; JOYCE, D. C. Ripening and quality responses of avocado, custard apple, mango and papaya fruit to 1-methylcyclopropene. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 41, n. 4, p. 567-572, Jan. 2001. DOI 10.1071/EA00152.
- HÖRTENSTEINER, S. Chlorophyll degradation during senescence. **Annual Review of Plant Biology**, v. 57, p. 55-77, 2006. DOI 10.1146/annurev.arplant.57.032905.105212.
- JACOMINO, A. P.; BRON, I. U.; KLUGE, R. A. Avanços em tecnologia pós-colheita de mamão. In: MARTINS, D. dos S. (ed.). **Papaya Brasil: qualidade do mamão para o mercado interno**. Vitória: Incaper, 2003. p. 279-289.
- JACOMINO, A. P.; GALLON, C. Z.; DIAS, I. S.; PEREIRA, W. S. P. Characterization and occurrence of early softening disorder in 'Golden' papaya fruits. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 1261-1266, Dec. 2010. DOI 10.1590/S0100-29452010005000126.
- JACOMINO, A. P.; KLUGE, R. A.; BRACKMANN, A.; CASTRO, P. R. C. e. Amadurecimento e senescência de mamão com 1-metilciclopropeno. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 2, p. 303-308, abr./jun. 2002. DOI 10.1590/S0103-90162002000200015.
- JACOMINO, A. P.; TREVISAN, M. J.; ARRUDA, M. C. de; KLUGE, R. A. Influência do intervalo entre a colheita e a aplicação do 1-metilciclopropeno no controle do amadurecimento de mamão. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 3, p. 456-459, 2007. DOI 10.1590/S0100-29452007000300010.
- JANISIEWICZ, W. J.; BORS, B. Development of microbial community of bacterial and yeasts antagonists to control wound-invading postharvest pathogens of fruit. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 61, p. 3261-3267, 1995. DOI 10.1128/AEM.61.9.3261-3267.1995.
- JEONG, J.; HUBER, D. J.; SARGENT, S. A. Influence of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on ripening and cell-wall matrix polysaccharides of avocado (*Persea Americana* Mill.) fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 25, n. 3, p. 241-256, July 2002. DOI 10.1016/S0925-5214(01)00184-3.
- JIANG, Y.; JOYCE, D. C.; MACNISH, A. J. Extension of the shelf life of banana fruit by 1-methylcyclopropene in combination with polyethylene bags. **Postharvest Biology and Technology**, v. 16, n. 2, p. 187-193, June 1999. DOI 10.1016/S0925-5214(99)00009-5.
- JOHNSTON, J. W.; GUNASEELAN, K.; PIDAKALA, P.; WANG, M.; SCHAFFER, R. J. Co-ordination of early and late ripening events in apples is regulated through differential sensitivities to ethylene. **Journal of Experimental Botany**, v. 60, n. 9, p. 2689-2699, July 2009. DOI 10.1093/jxb/erp122.
- KELEBEK, H.; SELLI, S.; GUBBUK, H.; GUNES, E. Comparative evaluation of volatiles, phenolics, sugars, organic acids and antioxidant properties of Sel-42 and Tainung papaya varieties. **Food Chemistry**, v. 173, p. 912-919, Apr. 2015. DOI 10.1016/j.foodchem.2014.10.116.
- KIM, J.-G.; YOUSEF, A. E.; DAVE, S. Application of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of food: a review. **Journal of Food Protection**, v. 62, n. 9, p. 1071-1087, 1999. DOI 10.4315/0362-028X-62.9.1071.
- KLUGE, R. A.; JACOMINO, A. P.; MARTINEZ OJEDA, R.; BRACKMANN, A. Inibição do amadurecimento de abacate com 1-metilciclopropeno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 7, p. 895-901, jul. 2002. DOI 10.1590/S0100-204X2002000700001.
- LELIÉVRE, J.-M.; LATCHÉ, A.; JONES, B.; BOUZAYEN, M.; PECH, J.-C. Ethylene and fruit ripening. **Physiology Plantarum**, v. 101, n. 4, p. 727-739, 1997. DOI 10.1034/j.1399-3054.1997.1010408.x.
- LIN, Z.; ZHONG, S.; GRIESERSON, D. Recent advances in ethylene research. **Journal of Experimental Botany**, v. 60, n. 12, p. 3311-3336, Aug. 2009. DOI 10.1093/jxb/erp204.
- MADANI, B.; MOHAMED, M. T. M.; BIGGS, A. R.; KADIR, J.; AWANG, Y.; TAYEBIMEIGOONI, A.; SHOJAEI, T. R. Effect of pre-harvest calcium chloride applications on fruit calcium level and post-harvest anthracnose disease of papaya. **Crop Protection**, v. 55, p. 55-60, Jan. 2014. DOI 10.1016/j.cropro.2013.10.009.
- MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, 1999. 327 p.
- MANENOI, A.; PAULL, R. E. Papaya fruit softening, endoxylanase gene expression, protein and activity. **Physiology Plantarum**, v. 131, n. 3, p. 470-480, Aug. 2007. DOI 10.1111/j.1399-3054.2007.00967.x.
- MARTINS, D. R.; BARBOSA, N. C.; RESENDE, E. D. Respiration rate of Golden papaya stored under refrigeration and with different controlled atmospheres. **Scientia Agricola**, v. 71, n. 5, p. 369-373, Sept./Oct. 2014. DOI 10.1590/0103-9016-2013-0334.
- MAZORRA, L. M.; OLIVEIRA, M. G.; SOUZA, A. F.; SILVA, W. B. da; SANTOS, G. M. dos; SILVA, L. R. A. da; OLIVEIRA, J. G. de. Involvement of brassinosteroids and ethylene in the control of mitochondrial electron transport chain in postharvest papaya fruit. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, v. 25, n. 3, p. 203-212, 2013. DOI 10.1590/S2197-00252013005000003.

- MILLER, W. R.; MCDONALD, R. E. Irradiation, stage of maturity at harvest, and storage temperature during ripening affect papaya fruit quality. **HortScience**, v. 34, n. 6, p. 1112-1115, Oct. 1999. DOI [10.21273/HORTSCI.34.6.1112](https://doi.org/10.21273/HORTSCI.34.6.1112).
- MING, R.; YU, Q.; MOORE, P. H.; PAULL, R. E.; CHEN, N. J.; WANG, M.-L.; ZHU, Y. J.; SCHULER, M. A.; JIANG, J.; PATERSON, A. H. Genome of papaya, a fast growing tropical fruit tree. **Tree Genetics & Genomes**, v. 8, p. 445-462, 2012. DOI [10.1007/s11295-012-0490-y](https://doi.org/10.1007/s11295-012-0490-y).
- MIR, N. A.; CURELL, E.; KHAN, N.; WHITAKER, M.; BEAUDRY, R. M. Harvest maturity, storage temperature and 1-MCP application frequency alter firmness retention and chlorophyll fluorescence of 'Redchief Delicious' apples. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 126, n. 5, p. 618-624, Sept. 2001. DOI [10.21273/JASHS.126.5.618](https://doi.org/10.21273/JASHS.126.5.618).
- MORETTI, C. L.; ARAÚJO, A. L. A.; MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. 1 Methylcyclopropene delays tomato fruit ripening. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 4, p. 659-663, Dec. 2002. DOI [10.1590/S0102-05362002000400030](https://doi.org/10.1590/S0102-05362002000400030).
- MOY, J. H. Tropical fruit irradiation – from research to commercial application. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM "NEW FRONTIER OF IRRADIATED FOOD AND NON-FOOD PRODUCTS", 2005, Bangkok. 2005. [Proceedings.] [S.l.: s.n.]: p. 22-23. Disponível em: https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/40/051/40051969.pdf?r=1. Acesso em: 25 fev. 2015.
- OLIVEIRA, F. V.; JULIÃO, L.; VIANA, M. M. Mamão: frete marítimo continua como opção de exportadores. **Hortifruti Brasil**, n. 129, p. 32, 2013. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/hfbrasil>. Acesso em: 25 fev. 2015.
- PANDEY, V. P.; SINGH, S.; JAISWAL, N.; AWASTHI, M.; PANDEY, B.; DWIVEDI, U. N. Papaya fruit ripening: ROS metabolism, gene cloning, characterization and molecular docking of peroxidase. **Journal of Molecular Catalysis B: enzymatic**, v. 98, p. 98-105, Dec. 2013. DOI [10.1016/j.molcatb.2013.10.005](https://doi.org/10.1016/j.molcatb.2013.10.005).
- PAULL, R. E. Pineapple and papaya. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCHER, G. A. (ed.). **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, 1993. p. 291-323. DOI [10.1007/978-94-011-1584-1_10](https://doi.org/10.1007/978-94-011-1584-1_10).
- PAULL, R. E.; CHEN, N. J. Postharvest variation in cell wall-degrading enzymes of papaya (*Carica papaya* L.) during fruit ripening. **Plant Physiology**, v. 72, n. 2, p. 382-385, 1983. DOI [10.1104/pp.72.2.382](https://doi.org/10.1104/pp.72.2.382).
- PAULL, R. E.; IRIKURA, B.; WU, P.; TURANO, H.; CHEN, N. J.; BLAS, A.; FELLMAN, J. K.; GSCHWEND, A. R.; WAI, C. M.; YU, Q.; PRESTING, G.; ALAM, M.; MING, R. Fruit development, ripening and quality related genes in the papaya genome. **Tropical Plant Biology**, v. 1, p. 246-277, 2008. DOI [10.1007/s12042-008-9021-2](https://doi.org/10.1007/s12042-008-9021-2).
- PEREIRA, T.; ALMEIDA, P. S. G. de; AZEVEDO, I. G. de; CUNHA, M. da; OLIVEIRA, J. G.; SILVA, M. G. da; VARGAS, H. Gas diffusion in 'Golden' papaya fruit at different maturity stages. **Postharvest Biology and Technology**, v. 54, n. 3, p. 123-130, Dec. 2009. DOI [10.1016/j.postharvbio.2009.07.010](https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2009.07.010).
- PIMENTEL, R. M. de A.; WALDER, J. M. M. Gamma radiation in papaya harvested at three stages of maturation. **Scientia Agricola**, v. 61, n. 2, p. 146-150, Mar./Apr. 2004. DOI [10.1590/S0103-90162004000200004](https://doi.org/10.1590/S0103-90162004000200004).
- RAO, A. V.; RAO, L. G. Carotenoids and human health. **Pharmacological Research**, v. 55, n. 3, p. 207-216, Mar. 2007. DOI [10.1016/j.phrs.2007.01.012](https://doi.org/10.1016/j.phrs.2007.01.012).
- RESENDE, E. C. O.; MARTINS, P. F.; AZEVEDO, R. A. de; JACOMINO, A. P.; BRON, I. U. Oxidative processes during 'Golden' papaya fruit ripening. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 24, n. 2, p. 85-94, Apr./June 2012. DOI [10.1590/S1677-04202012000200002](https://doi.org/10.1590/S1677-04202012000200002).
- ROBS, C. F. Enfermidades de pós-colheita do mamão. In: MENDES, L. G.; DANTAS, J. L. L.; MORALES, C. F. G. (ed.). **Mamão no Brasil**. Cruz das Almas: EUFBA: EMBRAPA-CNPMF, 1996. p. 89-91.
- ROCHA, R. H. C.; NASCIMENTO, S. R. de C.; MENEZES, J. B.; NUNES, G. H. de S.; SILVA, E. de O. Qualidade pós-colheita do mamão Formosa armazenado sob refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 3, p. 386-389, dez. 2005. DOI [10.1590/S0100-29452005000300012](https://doi.org/10.1590/S0100-29452005000300012).
- RODRIGUES, J. D.; ONO, E. O. Grandes culturas: café. **Revista Cultivar Grandes Culturas**, v. 30, p. 32-34, 2001.
- RODRIGUES-AMAYA, D. B. Assessment of the provitamin A contents of foods – the Brazilian experience. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 9, n. 3, p. 196-230, Sept. 1996. DOI [10.1006/jfca.1996.0028](https://doi.org/10.1006/jfca.1996.0028).
- RUPASINGHE, H. P. V.; MURR, D. P.; PALIYATH, G.; SKOG, L. Inhibitory effect of 1-MCP on ripening and superficial scald development in 'McIntosh' and 'Delicious' apples. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 75, n. 3, p. 271-276, 2000. DOI [10.1080/14620316.2000.11511236](https://doi.org/10.1080/14620316.2000.11511236).
- SABORÍO, D.; SÁENZ, V.; ARAUZ, L. F.; BERTSCH, F. Efecto del calcio en aplicaciones precosecha y poscosecha sobre la severidad de antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) y la calidad de frutos de papaya (*Carica papaya* L.). **Agronomía Costarricense**, v. 24, n. 2, p. 77-88, 2000.
- SAÑUDO-BARAJAS, J. A.; LABAVITCH, J.; GREVE, C.; OSUNA-ENCISO, T.; MUY-RANGEL, D.; SILLER-CEPEDA, J. Cell wall disassembly during papaya softening: role of ethylene in changes in composition,

- pectin-derived oligomers (PDOs) production and wall hydrolases. **Postharvest Biology and Technology**, v. 51, n. 2, p. 158-167, Feb. 2009. DOI [10.1016/j.postharvbio.2008.07.018](https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2008.07.018).
- SENTANIN, M. A.; AMAYA, D. B. R. Teores de carotenoides em mamão e pêssego determinados por cromatografia líquida de alta eficiência. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 1, p. 13-19, jan./mar. 2007. DOI [10.1590/S0101-20612007000100003](https://doi.org/10.1590/S0101-20612007000100003).
- SEREK, M.; SISLER, E. C.; REID, M. S. Novel gaseous ethylene binding inhibitor prevents ethylene effects in potted flowering plants. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 119, n. 6, p. 1230-1233, 1994. DOI [10.21273/JASHS.119.6.1230](https://doi.org/10.21273/JASHS.119.6.1230).
- SHEAR, C. B. Calcium-related disorders of fruit and vegetables. **HortScience**, v. 10, n. 3, p. 361-365, 1975.
- SHI, J.; LIU, A.; LI, X.; FENG, S.; CHEN, W. Identification of endophytic bacterial strain MGP1 selected from papaya and its biocontrol effects on pathogens infecting harvested papaya fruit. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 90, n. 2, p. 227-232, 2009. DOI [10.1002/jsfa.3798](https://doi.org/10.1002/jsfa.3798).
- SHOLBERG, P. L.; CONWAY, W. S. Postharvest pathology. In: GROSS, K. C.; WANG, C. Y.; SALTVEIT, M. (ed.). **The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks**. [S.l.]: USDA, Agricultural Research Service, 2016. p. 111-127. (USDA, Agriculture handbook number 66). Disponível em: <https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/oc/np/CommercialStorage/CommercialStorage.pdf>. Acesso em: 8 ago. 2014.
- SILVA, L. R. A. da; SILVA, G. M. C.; SILVA, W. B.; SOUZA, C. L. M. de; OLIVEIRA, J. G. de. Atividade respiratória em mitocôndrias isoladas da polpa do mamão UENF/Caliman01 e Tainung01 na conservação do fruto em pós-colheita. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 2, p. 296-307, abr./jun. 2015a. DOI [10.1590/0100-2945-079/14](https://doi.org/10.1590/0100-2945-079/14).
- SILVA, M. G. da; LIMA, J. A. P.; SHEL, M. S.; MARÍN, E.; GATTS, C. E. N.; CARDOSO, S. L.; CAMPOSTRINI, E.; PEREIRA, M. G.; CAMPOS, A. C.; MASSUNAGA, M. S. O.; VARGAS, H. Ethylene and CO₂ emission rates in tropical fruits investigated by infrared absorption techniques. **Analytical Science**, v. 17, p. s534-s537, Apr. 2001.
- SILVA, M. G. da; SANTOS, E. O.; SHEL, M. S.; CARDOSO, S. L.; CAVALLI, A.; MONTEIRO, A. R.; OLIVEIRA, J. G. de; PEREIRA, M. G.; VARGAS, H. Effect of heat treatment on ethylene and CO₂ emissions rates during papaya (*Carica papaya* L.) fruit ripening. **Review of Scientific Instruments**, v. 74, n. 1, p. 703-705, 2003. DOI [10.1063/1.1517752](https://doi.org/10.1063/1.1517752).
- SILVA, W. B.; SILVA, G. M. C.; SILVA, L. R. da; WALDMAN, W. R.; OLIVEIRA, J. G. de. Tratamento com cloreto de cálcio na pós-colheita retarda o desverdecimento e a perda de firmeza do mamão UENF/Caliman01. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 3, p. 588-599, jul./set. 2015b. DOI [10.1590/0100-2945-158/14](https://doi.org/10.1590/0100-2945-158/14).
- SINGH, S. P.; RAO, D. V. S. Effect of modified atmosphere packaging (MAP) on the alleviation of chilling injury and dietary antioxidants levels in Solo papaya during low temperature storage. **European Journal of Horticultural Science**, v. 70, n. 5, p. 246-252, 2005.
- SISLER, E. C.; DUPILLE, E.; SEREK, M. Effect of 1-methylcyclopropene and methylenecyclopropane on ethylene binding and ethylene action on cut carnations. **Plant Growth Regulation**, v. 18, p. 79-86, 1996. DOI [10.1007/BF00028491](https://doi.org/10.1007/BF00028491).
- SIVAKUMAR, D.; HEWARATHGAMAGAE, N. K.; WIJERATNAM, R. S. W.; WIJESUNDERA, R. L. C. Effect of ammonium carbonate and sodium bicarbonate on anthracnose of papaya. **Phytoparasitica**, v. 30, p. 486-492, 2002. DOI [10.1007/BF02979753](https://doi.org/10.1007/BF02979753).
- SOUZA, A. F.; SILVA, W. B. da; GONÇALVES, Y. S.; SILVA, M. G. da; OLIVEIRA, J. G. de. Fisiologia do amadurecimento de mamões de variedades comercializadas no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 2, p. 318-328, abr./jun. 2014. DOI [10.1590/0100-2945-215/13](https://doi.org/10.1590/0100-2945-215/13).
- SOUZA, M. S. de; AZEVEDO, I. G. de; CORRÊA, S. F.; SILVA, M. G. da; PEREIRA, M. G.; OLIVEIRA, J. G. de. Resposta da aplicação do 1-MCP em frutos de mamoeiro 'Golden' em diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 3, p. 693-700, set. 2009. DOI [10.1590/S0100-29452009000300011](https://doi.org/10.1590/S0100-29452009000300011).
- TASIWAL, V. **Studies of anthracnose – a postharvest disease of papaya**. 2008. Thesis (Master of Science) – College of Agriculture, University of Agricultural Sciences, Dharwad.
- THUMDEE, S.; MANENOI, A.; CHEN, N. J.; PAULL, R. E. Papaya fruit softening: role of hydrolases. **Tropical Plant Biology**, v. 3, p. 98-109, 2010. DOI [10.1007/s12042-010-9048-z](https://doi.org/10.1007/s12042-010-9048-z).
- TREVISAN, M. J.; JACOMINO, A. P.; CUNHA JUNIOR, L. C.; ALVES, R. F. Aplicação de 1-metilciclopropeno associado ao etileno para minimizar seus efeitos na inibição do amadurecimento do mamão 'Golden'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 2, p. 384-390, jun. 2013. DOI [10.1590/S0100-29452013000200007](https://doi.org/10.1590/S0100-29452013000200007).
- VISSOTO, F. Z.; KIECKBUSH, T. G.; NEVES FILHO, L. C. Pré-resfriamento de frutas e hortaliças com ar forçado. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 33, n. 1, p. 106-114, jan./jun. 1999.
- VOESENEK, L. A. C. J.; BANGA, M.; RIJNDERS, J. H. G. M.; VISSER, E. J. W.; HARREN, F. J. M.; BRAILSFORD, R. W.; JACKSON, M. B.; BLOM, C. W. P. M. Laser-driven

photoacoustic spectroscopy: What we can do with it in flooding research. **Annals of Botany**, v. 79, p. 57-65, Jan. 1997. DOI [10.1093/oxfordjournals.aob.a010307](https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a010307).

WAGHMARE, R. B.; MAHAJAN, P. V.; ANNAPURE, U. S. Modelling the influence of time and temperature on respiration rate of fresh fig and diced papaya. **International Journal of Food Engineering**, v. 10, n. 1, p. 89-96, 2014. DOI [10.1515/ijfe-2013-0047](https://doi.org/10.1515/ijfe-2013-0047).

WALL, M. M. Ascorbic acid, vitamin A, and mineral composition of banana (*Musa sp.*) and papaya (*Carica papaya*) cultivars grown in Hawaii. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, n. 5, p. 434-445, Aug. 2006. DOI [10.1016/j.jfca.2006.01.002](https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.01.002).

WATKINS, C. B.; NOCK, J. F.; WHITAKER, B. D. Responses of early, mid and late season apple cultivars to postharvest application of 1-methylcyclopropene (1-MCP) under air and controlled atmosphere storage conditions. **Postharvest Biology and Technology**, v. 19, n. 1, p. 17-32, May 2000. DOI [10.1016/S0925-5214\(00\)00070-3](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(00)00070-3).

WILLS, R. B. H.; KU, V. V. V. Use of 1-MCP to extend the time to ripen of green tomatoes and postharvest life of ripe tomatoes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 26, n. 1, p. 85-90, Aug. 2002. DOI [10.1016/S0925-5214\(01\)00201-0](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(01)00201-0).

WILLS, R. B. H.; WIDJANARKO, S. B. Changes in physiology, composition and sensory characteristics of Australian papaya during ripening. **Australian Journal**

of Experimental Agriculture, v. 35, n. 8, p. 1173-1176, 1995. DOI [10.1071/EA9951173](https://doi.org/10.1071/EA9951173).

WILSON, C. L.; WISNIEWSKI, M. E. (ed.). **Biological control of post-harvest diseases of fruits and vegetables – theory and practice**. Florida: CRC Press, 1995.

WILSON, C. L.; WISNIEWSKI, M. E.; BILES, C. L.; McLAUGHLIN, R.; CHALUTZ, E.; DROBY, S. Biological control of post-harvest diseases of fruits and vegetables: alternatives to synthetic fungicides. **Crop Protection**, v. 10, n. 3, p. 172-177, June 1991. DOI [10.1016/0261-2194\(91\)90039-T](https://doi.org/10.1016/0261-2194(91)90039-T).

WORKNEH, T. S.; AZENE, M.; TESFAY, S. Z. A review on the integrated agro-technology of papaya fruit. **African Journal of Biotechnology**, v. 11, n. 85, p. 15098-15110, Oct. 2012. Disponível em: <http://www.academicjournals.org/AJB>. Acesso em: 2 mar. 2015.

XU, F.; YUAN, S.; ZHANG, D.-W.; LV, X.; LIN, H.-H. The role of alternative oxidase in tomato fruit ripening and its regulatory interaction with ethylene. **Journal of Experimental Botany**, v. 63, n. 15, p. 5705-5716, Sept. 2012. DOI [10.1093/jxb/ers226](https://doi.org/10.1093/jxb/ers226).

ZHANG, L.-X.; PAULL, R. E. Ripening behavior of papaya genotypes. **Hortscience**, v. 25, n. 4, p. 454-455, 1990. DOI [10.21273/HORTSCI.25.4.454](https://doi.org/10.21273/HORTSCI.25.4.454).

ZHOU, L.; PAULL, R. E. Sucrose metabolism during papaya (*Carica papaya*) fruit growth and ripening. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 126, n. 3, p. 351-357, 2001. DOI [10.21273/JASHS.126.3.351](https://doi.org/10.21273/JASHS.126.3.351).

CAPÍTULO 15

Processamento de mamão

Ronielli Cardoso Reis

Eliseth de Souza Viana

Rossana Catie Bueno de Godoy

Flávio Luís Schmidt

Ingrid Vieira Machado de Moraes

Maria Fernanda Berlingieri Durigan

Introdução

O mamão é um fruto largamente produzido nos países tropicais. A espécie *Carica papaya* L. é a mais cultivada em todo o mundo. No Brasil, as variedades são classificadas em dois grupos, conforme o tipo dos frutos: do grupo Solo ('Sunrise Solo', 'Sunrise Solo 7212 Improved') e do grupo Formosa (híbridos 'Tainung nº 1' e 'Tainung nº 2') (Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2015). Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), em 2019, foram produzidas aproximadamente 13,74 milhões de toneladas de mamão no mundo, e a Índia se destacou com 44,1 % do total produzido, o equivalente a 6,05 milhões de toneladas, e o Brasil ocupou a terceira posição, com 1,16 milhões de toneladas (8,5% da produção mundial) (FAO, 2020).

O mamão é um fruto que apresenta sabor e aroma agradáveis. Sua polpa possui características organolépticas e nutricionais que o tornam um alimento ideal e saudável para pessoas de todas as idades (Tabela 1). Sua composição química varia de acordo com os seguintes fatores: cultivar, clima, tratamentos culturais, local e época em que é produzido e estágio de maturação (Souza et al., 2009).

Durante o amadurecimento dos frutos, os teores de açúcares do mamão aumentam e a concentração de ácidos diminui. Outra mudança notável é a redução da firmeza dos mamões por causa do amolecimento causado pela progressiva transformação das protopectinas (formas menos solúveis) em pectinas ou ácido pectico (formas mais solúveis) (Santana et al., 2004).

Em frutos maduros, o teor de sólidos solúveis varia de 10 °Brix a 14 °Brix, e é uma das principais características utilizadas para avaliar a qualidade dos frutos. Os principais açúcares presentes no mamão são a glicose, a frutose e a sacarose. O teor de açúcares totais médios da polpa é de 11,79 g 100 g⁻¹ e o de redutores 10,75 g 100 g⁻¹ (Durigan; Durigan, 2014).

O teor de acidez do mamão é baixo, entre 0,04% e 0,14%, o que contribui para que seu pH seja relativamente alto, entre 5,0 e 5,9 (Santana et al., 2004; Reis et al., 2015). Os principais ácidos orgânicos são o cítrico, o málico e o fumárico (Kelebek et al., 2015).

O mamão constitui também importante fonte de compostos bioativos, como os carotenoides (β -caroteno, o licopeno e a β -criptoxantina) e os compostos fenólicos (miricetina, fisetina, morina, quercetina, kaempferol e isorametina) (Wall, 2006; Lako et al., 2007). Além de atuarem como antioxidantes, tais compostos contribuem para as características organolépticas do fruto, como cor, sabor e textura (Zielinski et al., 2014).

O aroma típico do mamão é caracterizado pela existência de uma grande variedade de compostos voláteis, com concentrações que variam de acordo com as diferentes cultivares. Já foram identificados mais de 300 voláteis em mamão, entretanto somente parte desses compostos é responsável pelo aroma dos frutos. Nas cultivares Sunrise Solo e Formosa, os compostos linalol, óxido cis linalol, óxido trans linalol e butanoato de metila foram detectados em maiores quantidades (Franco et al., 1994).

O mamão é consumido preferencialmente como fruta fresca, mas é um fruto altamente perecível e as perdas que ocorrem no campo, no transporte e no armazenamento variam entre 10% e 40%. A industrialização é uma das melhores opções para minimizar tanto essas perdas quanto as que ocorrem por ocasião das grandes safras, quando o excesso de produção faz com que as frutas alcancem preços muito baixos no mercado de frutas frescas. Outra vantagem da industrialização do mamão é a possibilidade de utilizar os frutos com formatos diferentes e que, normalmente, são descartados por não atenderem aos padrões exigidos para a comercialização.

Os problemas relativos à qualidade e à distribuição de frutas também tornam a

Tabela 1. Composição química (por 100 g de parte comestível) do mamão dos grupos Formosa e Solo.

| Variável | Formosa | Solo |
|---------------------|---------|------|
| Umidade (%) | 86,9 | 88,6 |
| Energia (Kcal) | 45 | 40 |
| Proteína (g) | 0,8 | 0,5 |
| Lipídeos (g) | 0,1 | 0,1 |
| Carboidratos (g) | 11,6 | 10,4 |
| Fibra alimentar (g) | 1,8 | 1,0 |
| Cinzas (g) | 0,6 | 0,4 |
| Cálcio (mg) | 25 | 22 |
| Magnésio (mg) | 17 | 22 |
| Manganês (mg) | 0,04 | 0,01 |
| Fósforo (mg) | 11 | 11 |
| Ferro (mg) | 0,2 | 0,2 |
| Sódio (mg) | 3 | 2 |
| Potássio (mg) | 222 | 126 |
| Cobre (mg) | 1,36 | 0,02 |
| Zinco (mg) | 0,1 | 0,1 |
| Tiamina (mg) | 0,03 | 0,03 |
| Riboflavina (mg) | 0,03 | 0,04 |
| Niacina (mg) | Traços | 1,03 |
| Vitamina C (mg) | 78,5 | 82,2 |

Fonte: Lima et al. (2011).

industrialização importante para aproveitar aquilo que não serve para o mercado de frutas frescas (Durigan; Durigan, 2014). Além disso, os produtos processados apresentam maior valor agregado, são mais práticos e convenientes. A polpa do fruto maduro pode ser usada na indústria de alimentos para a produção de conservas, geleias, sucos e néctares, combinados ou não com outras frutas tropicais, além da produção de polpa, pelo processo asséptico ou na forma congelada.

Neste capítulo, serão abordados os seguintes produtos de mamão: minimamente processado, polpas, geleias, doces e desidratados.

Aquisição e preparo dos frutos para o processamento do mamão

As etapas descritas a seguir são comuns para o processamento de desidratados, polpas, geleias e doces. O processamento mínimo de mamão e o processo de obtenção de passas de mamão apresentam etapas de seleção e preparo da matéria-prima que são distintas das descritas a seguir e, portanto, serão apresentadas separadamente.

Colheita e transporte

Os frutos devem ser colhidos com qualidade e ponto de maturação adequados para cada produto a ser processado. O transporte para a unidade de processamento deve ser realizado, no máximo, 24 horas após a colheita.

Seleção

A qualidade da matéria-prima é fundamental para que sejam obtidos produtos processados de qualidade. Os critérios a serem observados nos frutos são os seguintes: integridade, firmeza, grau de maturação, ausência de lesões de origem física, ausência de sabor e odor estranhos, ausência de fungos e manchas. Os frutos que apresentarem quaisquer dessas características inadequadas devem ser descartados.

Os frutos podem ser utilizados em diferentes estádios de maturação, a depender do tipo de processamento que será realizado. O importante é selecionar frutos com o mesmo grau de maturação para tornar o lote mais uniforme, a fim de que o produto final obtido apresente características adequadas e padronizadas.

Lavagem e sanitização

Essa etapa é realizada na área de recepção e visa remover a matéria orgânica e reduzir a presença de microrganismos presentes na

casca, os quais podem contaminar o local de produção e o produto acabado. A lavagem é feita em água corrente, com o auxílio de escovas para retirar toda a sujeira aderida à casca do mamão. Após a lavagem, os frutos são imersos em solução com 50 mg L⁻¹ a 200 mg L⁻¹ de cloro ativo, dependendo do produto a ser elaborado, por um período que varia de 15 a 20 minutos. Para processamentos em que o fruto receberá tratamento em temperaturas elevadas, como doces, desidratados e geleias, a concentração de cloro pode ser reduzida para 50 mg L⁻¹; para produtos que serão consumidos in natura, como os minimamente processados, a concentração deve ser de 200 mg L⁻¹. O excesso de cloro deve ser removido com enxágue em água corrente tratada.

Descascamento e corte

Os mamões são descascados manualmente, com o auxílio de facas de aço inoxidável, ou com equipamentos industriais apropriados, de modo que a casca seja retirada com espessura uniforme. Após o descascamento, as sementes são retiradas e os frutos são cortados em cubos, fatias, leques ou outros formatos, de acordo com o produto a ser elaborado.

Para alguns processos (passas, desidratado e minimamente processado), a padronização dos cortes e a forma de acondicionamento são extremamente importantes quando se considera que a aparência do produto é o principal determinante da decisão de compra.

Embalagem

Pela sua especificidade, cada tipo de embalagem tem seu uso recomendado para determinado produto. No processamento artesanal ou no industrial, os seguintes materiais são usados para embalagem: vidro; embalagens flexíveis, como filmes de polietileno (PE), polipropileno (PP), policloreto de vinilideno (PCDV) e papel-celofane; e embalagens rígidas, como polietileno tereftalato (PET), policloreto de vinila (PVC)

e polipropileno (PP), sob a forma de potes e bandejas de poliestireno expandido (isopor) recobertas com filme esticável de PVC.

Mamão minimamente processado

A Associação Internacional de Produtos Minimamente Processados (IFPA) os define como frutas ou hortaliças modificadas fisicamente, mas que mantêm o seu estado fresco (Cantwell; Suslow, 2002). Assim, o produto minimamente processado (PMP) é um produto fresco, conveniente e com qualidade e garantia de sanidade (Souza; Durigan, 2007).

Apesar de o mamão ser consumido principalmente in natura, um dos principais entraves é a necessidade de descascamento, o que requer tempo e operacionalização, ou seja, não é conveniente. Além disso, o consumidor não consegue distinguir externamente os frutos em seu melhor ponto de consumo, como ausência de danos internos e ponto de maturação ideal. Esse consumo poderia ser ampliado com pedaços adequadamente embalados, que permitam seu consumo nas mais diferentes ocasiões e facilitem sua utilização nos mais diversos serviços de alimentação.

Paull e Chen (1997) estudaram o efeito do ponto de maturação e do processamento na fisiologia dos produtos minimamente processados dessa fruta e verificaram que frutas com 55% a 80% da casca amarela apresentaram os melhores resultados para a produção do mamão em metades.

Produtos hortícolas minimamente processados devido ao corte sempre apresentam maior relação superfície-volume para a polpa do que quando inteiros, o que facilita a perda de água por seus tecidos. No caso do mamão, a principal causa da rápida deterioração são a perda de turgidez e a forte união entre os pedaços (Teixeira et al., 2001; Sarzi, 2002).

Souza e Durigan (2007) afirmam que o controle microbiológico pode ser conseguido com redução na contaminação inicial, higiene nas operações, limpeza do ambiente, higiene e sanidade dos empregados e higienização dos equipamentos, além de um eficiente programa de determinação dos pontos críticos e de monitoramento dos perigos e riscos. Essa redução na contaminação inicial pela higienização prévia tem sido recomendada para o processamento mínimo de mamão (Teixeira et al., 2001; Sarzi, 2002). O hipoclorito de sódio no controle de bactérias de ácido láctico, coliformes totais, fungos e leveduras tem se mostrado efetivo.

O mamão do grupo Formosa, além de ter menor custo, o que permite maior agregação de valor ao PMP, também é o mais adequado para ser processado em pedaços. Fatores que diminuam sua conveniência para o consumo, como o tamanho grande (1 kg–2 kg) e a polpa espessa, permitem maior rendimento em PMP e facilitam o trabalho no preparo, dando aos operadores maior eficiência e rapidez. Sarzi (2002) verificou que esse tipo permite bom rendimento, que chega a 88,1% para PMP em metades e 66,2% em pedaços. Frutos do tipo Solo se prestam muito bem para o processamento em metades, segundo Medina et al. (1980).

O efeito do tamanho do pedaço e da temperatura de armazenamento sobre a qualidade do mamão do grupo Formosa minimamente processado foi estudado por Teixeira et al. (2001), que observaram os melhores resultados nas seguintes condições: produto cortado em cubos, 25 mm de aresta e armazenamento em temperatura de 3 °C–6 °C, por até 7 dias. Souza et al. (2005) relataram que produtos minimamente processados de mamões 'Formosa' em metades e pedaços (50 mm x 25 mm) mantiveram sabor, textura e aceitabilidade adequados para consumo por até 10 dias, sendo armazenados em temperatura média de 6 °C.

Para o mamão do grupo Formosa minimamente processado em pedaços, Sarzi (2002)

verificou que o controle e a manutenção das boas condições de higiene durante a produção são bastante eficientes, pois não se detectou a presença de coliformes totais ou fecais durante o armazenamento do PMP armazenado entre 3 °C e 9 °C, por até 14 dias.

Andrade (2006) testou o tratamento dos pedaços de mamão com CaCl₂ a 1% e sua combinação com ácido ascórbico a 0,5%. O autor concluiu que esses tratamentos preservam os teores de açúcares, a coloração, a textura e as características sensoriais dos produtos por 9 dias, com a manutenção da contagem de bactérias psicotróficas dentro de limites aceitáveis.

A embalagem, além de ser um requisito essencial para a manutenção da qualidade durante o armazenamento, leva a modificações na atmosfera, com aumento na concentração de CO₂ (3%), e na redução de O₂ (15%–16%), o que retarda a respiração, o amadurecimento, a senescência, a perda de umidade, o escurecimento enzimático e, conseqüentemente, os prejuízos na qualidade por causa do processamento. Atmosfera com 3% a 8% de O₂ e de 3% a 10% de CO₂ tem potencial para aumentar a vida útil dos produtos minimamente processados (Souza; Durigan, 2007).

O tipo de filme plástico utilizado na embalagem tem papel fundamental na modificação da atmosfera, em razão de sua permeabilidade e de seus coeficientes de difusão aos gases. Os filmes de cloreto de polivinila, polipropileno e polietileno são os mais utilizados na embalagem desses produtos (Cantwell; Suslow, 2002).

Etapas do processamento mínimo do mamão

Colheita e transporte

Os frutos devem ser colhidos no estágio de maturação maduro, com 50% a 75% de casca amarela. O transporte para o processamento

deve ser realizado com todo cuidado e em, no máximo, 24 horas após a colheita.

Recebimento do produto

Os frutos devem ser novamente selecionados, para tornar o lote mais uniforme quanto ao grau de maturação e de danos mecânicos ou podridões.

Lavagem com detergente

Depois de selecionados, os frutos são lavados com detergente neutro (registrado para uso em alimentos) e água corrente. O enxágue por imersão deve ser realizado em água a 5 °C, com 200 mg de cloro por litro, para desinfecção e retirada de parte do “calor de campo”.

Armazenamento em câmara fria

Os frutos devem ser mantidos em câmara fria a 10 °C, previamente lavados e higienizados, pelo período de 12 horas, para redução da temperatura.

Processamento

O processamento deve ser feito em temperatura de 12 °C, e os utensílios (facas, baldes, escorredores, etc.) devem ser previamente higienizados, com solução de cloro a 200 mg L⁻¹. Os operadores devem estar protegidos com luvas, aventais, gorros e máscaras, a fim de proteger ao máximo o produto de prováveis contaminações. Os frutos podem ser submetidos a vários tipos de preparo, com destaque para os cortes em metades longitudinais, com as pontas eliminadas, ou em pedaços (5,0 cm x 2,5 cm ou 2,5 cm x 2,5 cm), depois de as sementes terem sido eliminadas e as pontas descascadas.

Enxágue com água clorada

Para eliminar o suco celular extravasado, os pedaços devem ser enxaguados com água clorada (20 mg de cloro por litro) e com produtos

permitidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa).

Escorrimento

Os pedaços devem ser escorridos em peneira por 2–3 minutos, para que o excesso de umidade seja eliminado.

Embalagem

Podem ser utilizadas embalagens plásticas de politereftalato de etileno (PET) ou bandejas de poliestireno expandido ou isopor, recobertas com filme de cloreto de polivinila (PVC) esticável.

Armazenamento

Os produtos devem ser armazenados em condições refrigeradas. Essa temperatura deve ser mantida durante as etapas de transporte, armazenamento e comercialização. A temperatura indicada é de 3 °C a 6 °C, e não deve haver falhas na cadeia de frio.

O mamão minimamente processado também pode integrar a composição de saladas de frutas, em que os pedaços de sua polpa são misturados aos de outras frutas, com acondicionamento em embalagem PET e armazenamento sob refrigeração. Sua vida útil estará condicionada ao produto com menor durabilidade, o que dependerá de suas características intrínsecas e de cuidados relativos ao seu preparo, conforme o indicado na Figura 1.

Polpa de mamão

No ano de 2018, o Brasil foi responsável pela produção de 1.057.101 toneladas de mamão. Desse total, estima-se que a indústria do processamento consumiu 23,8 milhões de toneladas no mesmo ano, atendendo basicamente os segmentos de sucos, néctares, drinques de frutas e polpas. O Brasil é o segundo maior produtor de mamão do mundo, ficando atrás apenas da Índia. Segundo dados do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior,

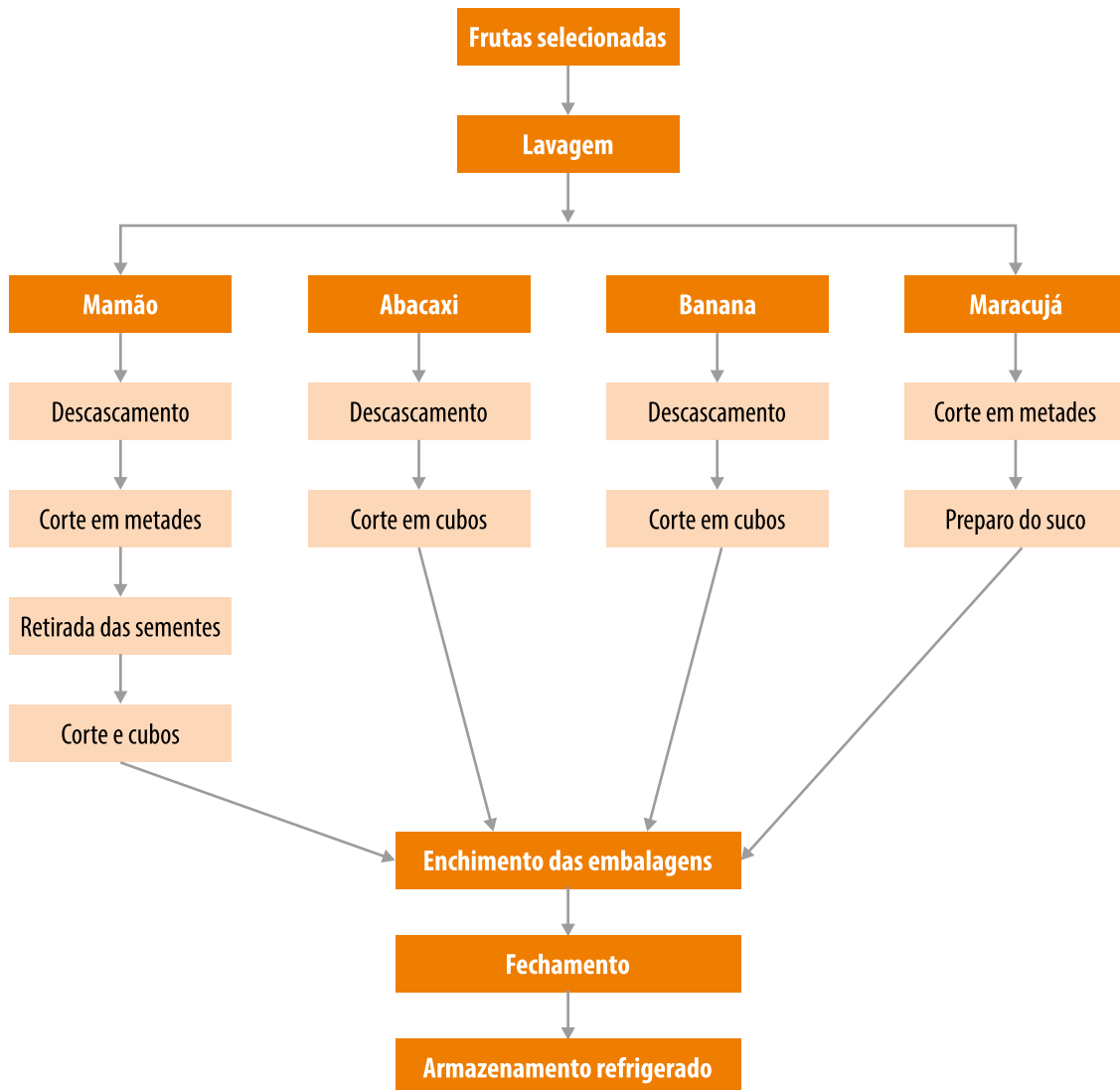


Figura 1. Fluxograma para produção de salada de frutas.

o mamão figura entre as oito frutas que foram responsáveis por mais de 95% das exportações brasileiras em 2018, com 42.671 t do fruto exportadas, gerando uma receita de aproximadamente 50 milhões de dólares (Anuário Brasileiro de Horti&fruti 2019, 2018).

A polpa do fruto maduro é usada na indústria de alimentos para produção de conservas, geleias, sucos e néctares, combinados ou não com outras frutas tropicais, bem como na produção de purê pelo processo asséptico ou na forma congelada. No Brasil, os principais métodos de industrialização são na forma de compotas, fruta cristalizada e purê asséptico; este último em pequena escala.

A maior demanda mundial é pela polpa integral asséptica congelada (10 °Brix–12 °Brix), envasada em *bags* estéreis, acondicionados em tambores de 200 L, e pela polpa concentrada congelada (25 °Brix–26 °Brix), também acondicionada em tambores de 200 L (Matsuura; Folegatti, 2003).

O processamento do mamão na forma de polpa minimiza as perdas, pois aumenta a vida útil do fruto e agrega seu valor econômico. A demanda para sucos e polpas de frutas tropicais tem se mostrado crescente por causa das mudanças nos padrões de vida dos consumidores, que procuram produtos naturais com pouco ou nenhum aditivo químico, buscando

praticidade e qualidade. O sucesso das polpas de frutas está relacionado com a simplicidade dos processos de produção e com a praticidade que esse produto oferece para o preparo de derivados, principalmente sucos (Ribeiro, 2009; Durigan; Durigan, 2014).

Um dos tratamentos mais aplicados para a polpa de mamão é a pasteurização do tipo *High Temperature Short Time* (HTST), realizado em pasteurizadores do tipo superfície raspada ou tubulares. A finalidade desse tratamento é reduzir a carga microbiana a níveis seguros para o consumidor e inativar enzimas, especialmente a pectinesterase. Essa enzima tem um papel fundamental no amadurecimento do fruto, porém torna-se indesejável após o processamento, pois atua sobre a pectina causando alterações indesejáveis na polpa.

Características da polpa de mamão

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), por meio da Instrução Normativa nº 37, de 1º de outubro de 2018 (Brasil, 2018a), estabelece os parâmetros analíticos para suco e polpa de frutas e a listagem das frutas e demais quesitos complementares aos padrões de identidade e qualidade já fixados por meio da Instrução Normativa nº 49, de 26 de setembro de 2018 (Brasil, 2018b). De acordo com o regulamento, a polpa ou o purê de mamão são produtos não fermentados e não diluídos, obtidos da parte comestível do mamão (*C. papaya* L.), por meio de processo tecnológico adequado, com teor mínimo de sólidos totais (Brasil, 2018a).

A polpa ou o purê de mamão deverão apresentar cor que varia do amarelo ao vermelho e obedecer às características e à composição apresentadas na Tabela 2.

Os padrões microbiológicos também devem ser rigorosamente cumpridos de acordo com a Instrução Normativa nº 60, de 23 de dezembro

Tabela 2. Características e composição da polpa de mamão.

| Padrões físico-químicos | Mínimo |
|---|--------|
| Sólidos solúveis (°Brix) a 20 °C | 9,0 |
| Sólidos totais (g 100 g ⁻¹) | 9,5 |
| pH | 4,00 |
| Acidez total expressa em ácido cítrico (g 100 g ⁻¹) | 0,1 |
| Açúcares totais (g 100 g ⁻¹) | 14,0 |
| Ácido ascórbico (g 100 g ⁻¹) | 50 |

Fonte: Brasil (2018).

de 2019, estabelecida pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2019). A polpa de mamão também deve obedecer aos critérios estabelecidos para polpa de fruta concentrada ou não, com ou sem tratamento térmico, refrigerada ou congelada, que estabelecem que o número máximo de coliformes fecais deve ser de 10² NMP g⁻¹ e que a *Salmonella* deve estar ausente em 25 g.

À polpa de fruta destinada à industrialização de outras bebidas e não ao consumo direto poderão ser adicionados aditivos químicos previstos para a bebida a que se destina. Poderão ser adicionados acidulantes como reguladores de acidez, conservadores químicos e corantes naturais, nos mesmos limites estabelecidos para sucos de frutas, ressalvados os casos específicos (Brasil, 2000).

Processamento industrial

Existem vários métodos de obtenção de polpa e sucos de frutas com base nos princípios básicos de conservação de alimentos, e dois ou mais métodos de conservação podem ser utilizados em conjunto. Em sucos e polpas de frutas em geral, diferentes formas podem ser associadas: o tratamento térmico, a redução do pH, o uso de conservantes e o congelamento. As etapas do processo de produção da polpa de mamão são praticamente as mesmas de outras

frutas, especialmente as fases iniciais, como a lavagem e a seleção final. A partir da extração da polpa, as etapas se diferenciam em alguns aspectos da formulação e do tratamento térmico (Maia et al., 2007a).

Em linhas gerais, a produção de polpa de mamão engloba as etapas de colheita, lavagem, seleção, descascamento/remoção das sementes, desintegração, despulpamento, acabamento/refino, desaeração, pasteurização, acondicionamento e conservação. Durante esse processo, a aplicação das Boas Práticas de Fabricação (BPFs) é requisito básico para obtenção de produtos que não tragam riscos à saúde do consumidor, principalmente no tocante à contaminação da polpa por microrganismos. Os aspectos que contemplam as BPFs vão desde projetos de prédios e instalações, planos de higiene e sanitização dos processos até condições de armazenamento e distribuição. Para indústrias que produzem alimentos, as BPFs são regulamentadas por lei.

O teor de acidez da polpa de mamão é muito baixo (em média de 0,10%, expresso em ácido cítrico), com pH geralmente variando entre 5,5 e 5,9, o que a torna um atrativo para o desenvolvimento microbiano. Dessa forma, faz-se necessária a aplicação de um processo de conservação que permita um aumento da sua vida útil e a torne segura para os consumidores. Embora existam diversas tecnologias inovadoras na conservação de alimentos, como aplicação de altas pressões hidrodinâmicas ou estáticas e campos elétricos de alta intensidade, essas tecnologias ainda não se tornaram viáveis para a maioria das indústrias, e o tratamento térmico ainda é a principal técnica de conservação empregada na produção de sucos e polpas.

O tratamento térmico é um dos métodos de conservação mais utilizados. Os processos que utilizam altas temperaturas por curto tempo de exposição, conhecidos como HTST, são os mais empregados, pois permitem maior retenção dos nutrientes e dos compostos responsáveis pelo sabor e aroma, permitindo melhor

aproximação com as características da fruta in natura (Queiroz; Menezes, 2005). O emprego do tratamento térmico é fundamental para eliminar a possibilidade de sobrevivência e desenvolvimento de microrganismos patogênicos ou deteriorantes, que não possam ser eliminados em etapas subsequentes ou cuja quantidade determine a necessidade de processos térmicos mais severos.

A utilização de tratamentos térmicos bem conduzidos e devidamente planejados e estudados pode minimizar as perdas nutricionais e manter as características sensoriais da polpa bem próximas às características naturais dos frutos. Todavia, tratamentos térmicos mal conduzidos podem apresentar algumas desvantagens, principalmente porque a aplicação de altas temperaturas por tempos excessivos pode afetar a qualidade nutricional e sensorial do produto.

Ribeiro (2009) avaliou o efeito da temperatura e do tempo de processo, nas faixas de 75 °C a 95 °C e 20 a 60 segundos, sobre as características físico-químicas e nutricionais da polpa de mamão do grupo Formosa. O autor observou que tanto os fatores tempo e temperatura quanto a interação entre eles não apresentaram efeitos significativos em relação a pH, acidez titulável, cor, teores de vitaminas B1, B2 e C, carotenoides, compostos fenólicos e atividade antioxidante. Os tratamentos testados reduziram a contagem total de fungos e leveduras na ordem de 10^3 , e somente a polpa submetida a 95 °C por 60 segundos apresentou um decréscimo significativo no teor de vitamina C em comparação com a polpa in natura.

A intensidade do tratamento térmico aplicado influencia diretamente os resultados de perdas nutricionais dos alimentos, além de que o comportamento dos carotenoides varia de acordo com o processamento e a matriz do alimento. Enquanto a pasteurização em temperaturas inferiores a 100 °C por curto tempo de exposição pode causar pequeno acréscimo no teor de

carotenoides, a esterilização em altas temperaturas pode ocasionar grandes perdas, as quais também dependem do carotenoide presente (Ribeiro, 2009). Maia et al. (2007b) observaram aumento de 15% no teor de β -caroteno após a pasteurização de suco de acerola e atribuíram o resultado ao rompimento da estrutura da parede celular que, conseqüentemente, ocasionou aumento da sua biodisponibilidade. Já Furtado et al. (2006) relataram que, no processamento de pimenta em conserva (a 2% de NaCl e 1,5% de ácido acético), o tratamento a 100 °C resultou em perdas significativas de 63,8% no teor de carotenoides. Segundo Rodriguez-Amaya (2001), o aquecimento pode provocar a isomerização de carotenoides e causar modificações em seu perfil cromatográfico.

Produtos de frutas tropicais de acidez mais elevada, que é o caso do mamão, têm sofrido com a degradação causada por microrganismos conhecidos como fungos filamentosos termorresistentes. A ocorrência desses microrganismos tem sido notada frequentemente em linhas de processamento de frutas. Esse tipo de fungo é geralmente caracterizado por sua alta resistência a tratamentos térmicos como a pasteurização. Esses fungos produzem ascósporos (estruturas de reprodução de fungos da classe Ascomycetes), que são capazes de sobreviver a esse processamento e de se desenvolver mais tarde causando sua degradação acelerada. Dessa forma, a pasteurização da polpa de mamão deve ser realizada de maneira correta, pois, caso contrário, pode causar a ativação dessas estruturas que, conseqüentemente, germinam e crescem em forma de fungos termorresistentes.

As espécies mais comumente encontradas são *Neosartorya fischeri*, *Byssosclamyces nivea*, *Talaromyces* sp. e *Eupenicillium* sp. (Slongo, 2004).

Slongo (2004) estudou a influência de diferentes fatores na termorresistência do fungo *N. fischeri* em sucos tropicais e constatou que, em suco de mamão, o tratamento aplicado pelas

indústrias (100 °C por 30 segundos) é suficiente para obter quatro reduções decimais. Segundo a autora, esse binômio temperatura-tempo aplicado a sucos de mamão é suficiente para se atingir a probabilidade de um ascósporo de *N. fischeri* em cada mil embalagens. Entretanto, se um grau de segurança maior for requerido, como a probabilidade de sobrevivência de um ascósporo de *N. fischeri* em um milhão de embalagens, o tratamento térmico aplicado na indústria de sucos não seria suficiente.

Penteado (2003) avaliou a capacidade de multiplicação de *Salmonella enteritidis* e *Listeria monocytogenes* em polpas de mamão incubadas sob diferentes condições de tempo e temperatura. O autor observou que esses microrganismos podem se multiplicar em frutas com baixa acidez, e que a temperatura de 10 °C, apesar de reduzir a velocidade de crescimento, não garante sua inibição.

Todavia, é importante salientar que, se o objetivo do processador for manter o produto estável em temperatura ambiente, utilizando uma embalagem hermética, a pasteurização só é aplicada para alimentos com pH < 4,5, o que implica acidificação da polpa para processamento. Para a polpa em seu estado natural, com pH > 4,5, seria necessário um processo térmico mais intenso, em temperaturas acima de 100 °C, para eliminar microrganismos esporulados. O uso de conservantes e/ou o resfriamento podem complementar o processo e estender a vida de prateleira, sobretudo para as polpas pasteurizadas. Outra opção que é muito comum no mercado institucional seria o congelamento da polpa pasteurizada.

No caso específico da polpa de mamão, algumas enzimas naturalmente presentes podem apresentar resistência térmica muito alta e isso deve ser levado em consideração. Esse fato na polpa de mamão é tão importante que será discutido separadamente.

Enzimas de importância no mamão

Nos produtos de frutas processadas pelo calor, as enzimas termorresistentes – entre as quais as principais são a polifenoloxidase, a peroxidase e a pectinesterase, naturalmente presentes nas frutas – são geralmente causadoras de geleificação, mudança de sabor e outros fenômenos (Magalhães, 1992). Entre as enzimas presentes no mamão, a pectinesterase é certamente a de maior importância na produção de polpas, principalmente no que diz respeito às suas características reológicas. Dessa forma, o tratamento térmico deve assegurar a inativação dessa enzima (Ribeiro, 2009).

Embora diversas enzimas sejam encontradas na polpa de mamão, como a ácido ascórbico-oxidase, a catalase, a invertase, a papaína, a peroxidase e a pectinesterase, somente as duas últimas são termorresistentes. Todavia, em alguns estudos realizados com polpas de mamão, praticamente não foi detectada a atividade da peroxidase (Magalhães, 1992). Furtunato (2002) avaliou a atividade da pectinesterase e da peroxidase em polpa de mamão e não constatou a presença da peroxidase, entretanto a pectinesterase apresentou-se em quantidade significativamente superior à de outras frutas. Este estudo também mostrou que o pH afeta consideravelmente a atividade dessa enzima.

A pectinesterase tem papel fundamental no processo de amadurecimento do mamão, pois converte as pectinas com alto teor de metoxilação em pectinas com baixo teor metoxílico que, por sua vez, poderão ser hidrolisadas a pectatos, amaciando seus tecidos durante esse processo (Jiang et al., 2003). Por sua vez, atua sobre os grupos metoxílicos da pectina retirando-os e transformando-os em ácido péctico, que se liga ao cálcio presente na polpa, gelificando-a. Essa enzima faz com que, num curto período de tempo, após o despulpamento e o processamento, a polpa tenha tendência à formação de gel.

Apresenta atividade em pH de 4,0 a 8,0, com faixa ótima de temperatura entre 40 °C e 50 °C. A pectinesterase do mamão aparece na forma de duas isoenzimas, com estabilidades térmicas diferentes. A isoenzima termorresistente aparece com pequena porcentagem da atividade enzimática total (5%), mas seu coeficiente de resistência térmica (valor Z) pode ser de duas a quatro vezes maior que o das isoenzimas termolábeis (Magalhães, 1992).

Magalhães (1992) realizou o estudo cinético da inativação térmica de enzimas termorresistentes em polpa de mamão do grupo Formosa acidificada (pH 3,8), com e sem a adição de açúcar, utilizando o método dos tubos TDT não selados. Os valores de D (tempo de redução decimal) para a porção termorresistente da enzima, nas temperaturas 75 °C, 77 °C e 80 °C foram, respectivamente, 16,8, 7,2 e 3,7 minutos. O valor de Z calculado foi de 8,72 °C.

Fayyaz et al. (1995) avaliaram a estabilidade da pectinesterase do mamão (*Carica papaya* L. var. *exotica*) e reportaram que a enzima é mais estável termicamente em pH 7,5 do que em pH 4,0. Após o aquecimento a 60 °C por 5 minutos em pH 4,0, ela manteve 65% da sua atividade, no entanto, em pH 7,5, manteve 82% dessa atividade. A enzima foi completamente inativada por aquecimento durante 5 minutos a 70 °C e 75 °C em pH 4,0 e 7,5, respectivamente.

Em geral, bolores, leveduras e bactérias não esporuladas apresentam resistência térmica menor que as enzimas, em especial a pectinesterase do mamão; portanto, se o processo térmico for baseado na destruição desses microrganismos, ainda restará alta porcentagem de atividade enzimática. Isso indica que o processamento térmico aplicado à polpa de mamão deve ser baseado no tempo de processo necessário para a inativação enzimática.

Chang et al. (1965) avaliaram o efeito do aumento do teor de sacarose em purê de mamão no retardo da gelatinização causado pela

ação da enzima pectinaesterase. Os autores observaram que o aumento da concentração de sacarose afetou apenas a velocidade, mas não o grau de hidrólise, ao mesmo tempo em que dificultou a inativação da pectinesterase, pois a sacarose atua como agente protetor. Os autores sugeriram que o mecanismo de proteção da pectinesterase pela sacarose é muito complexo e envolve vários fatores, como a baixa atividade de água, a interação pectina-protetor e a interferência no sítio-ativo da enzima. Segundo Magalhães (1992), a adição de sacarose à polpa de mamão retarda o processo de gelatinização, contudo, quanto maior a concentração de sacarose adicionada, maior a resistência térmica à inativação da pectinesterase. De acordo com a autora, a adição de sacarose à polpa causou aumento no tempo de redução decimal (valor D) de três vezes para polpa com 20 °Brix e de cinco vezes para a polpa com 30 °Brix, o que mostra que a sacarose atua como agente protetor da enzima contra o calor.

Ribeiro (2009) avaliou o efeito da temperatura e do tempo de processo de pasteurização na atividade da enzima pectinesterase presente na polpa de mamão do grupo Formosa e observou que o fator temperatura apresentou efeito positivo e linear significativo para a redução da atividade da enzima. Os tratamentos a 95 °C por 20 segundos e a 95 °C por 60 segundos foram os que apresentaram maior percentual de redução da atividade, em torno de 95%.

O mamão contém, ainda, outras enzimas que influenciam na qualidade e na estabilidade dos produtos processados. A tioglicosidase, também uma enzima natural do mamão, contribui fortemente para o desenvolvimento de odores indesejáveis em produtos processados, por meio da hidrólise do benzilglicosinolato, que resulta em benzilisotiocianato (BITC), componente odorífero sulfuroso e pungente. A fosfatase ácida é a enzima responsável pelo decréscimo do pH da polpa de mamão recém-extraída de 5,2 para 4,6. A b-frutofuranosidase é a enzima causadora

da hidrólise da sacarose em glicose e frutose na polpa de mamão. A elevação da concentração desses açúcares redutores afeta adversamente a qualidade e a estabilidade do produto durante o armazenamento, aumentando sua suscetibilidade ao escurecimento (Jagtiani et al., 1988 citados por Matsuura; Folegatti, 2003).

Etapas de obtenção da polpa de mamão

Na Figura 2, é apresentado um fluxograma das etapas de produção de polpa de mamão. As operações de colheita, transporte, recepção, lavagem, sanitização e seleção são realizadas conforme descrito anteriormente.

Descascamento, corte e retirada das sementes

Os frutos lavados e selecionados devem ser novamente pesados antes do descascamento para avaliação do rendimento e da eficácia do processo de descascamento utilizado. As operações de descascamento e corte podem ser realizadas por método manual ou mecânico, dependendo do volume de produção.

No descascamento manual, devem ser utilizadas facas de aço inoxidável. É necessário que a manipulação dos frutos seja feita em mesas limpas, preferencialmente de aço inoxidável. Nessa etapa, também são retiradas manualmente as sementes do mamão, geralmente com o auxílio de colheres. No caso do descascamento mecânico, é importante que o equipamento utilizado faça a separação da casca e das sementes sem desintegrá-las, de modo que não ocorra o desenvolvimento de sabor amargo no produto final. Existem no mercado diferentes modelos de descascadores sendo usados no processamento do mamão. Frutos das variedades Formosa e Havaí têm sido processados na indústria de polpas, com pequena diferenciação nas etapas de processo. No processamento do mamão do grupo Formosa, as etapas de remoção da casca,

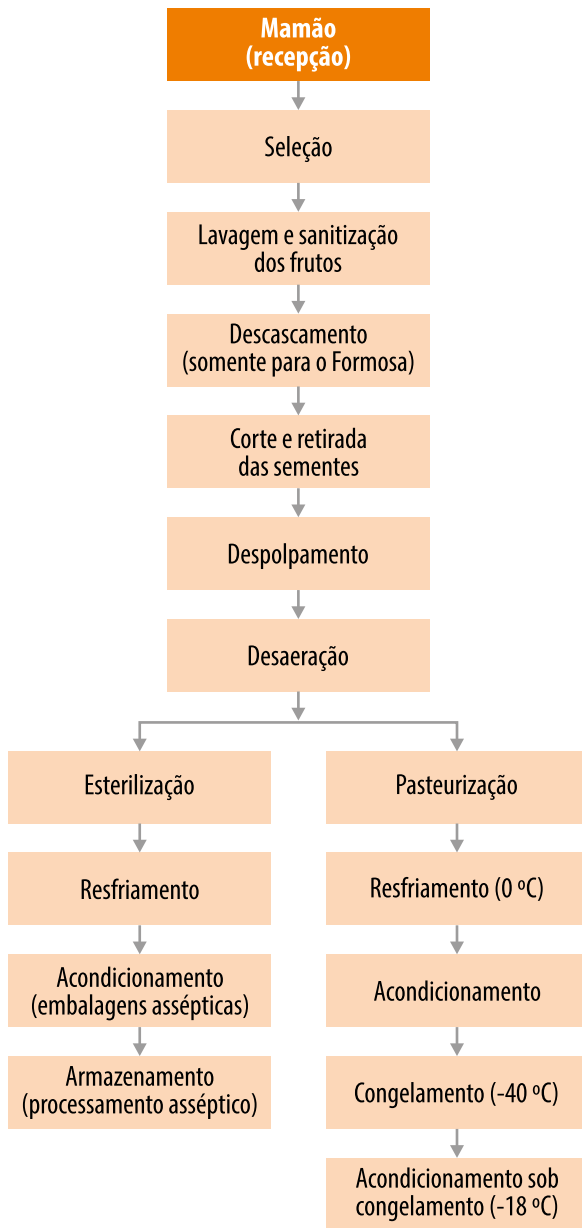


Figura 2. Fluxograma com as etapas de produção de polpa de mamão.

o corte e retirada das sementes são necessárias antes do despulpamento, pois a casca confere um sabor residual amargo na polpa. Já para a variedade Havaí, a manutenção da casca não afeta o sabor da polpa e ainda aumenta o rendimento de extração. Para essa variedade, somente são efetuadas as operações de corte e retirada das sementes antes da despulpa.

Em relação às operações manuais de descascamento, corte e retirada das sementes, é importante ressaltar que essas etapas dão origem

a um produto de melhor qualidade, todavia elas oneram o processo devido aos custos relativos à contratação de mão de obra e ao maior tempo necessário para a realização da operação. A opção mecanizada é mais econômica, porém o produto poderá ter resquícios de sabor das sementes.

Os resíduos devem ser recolhidos imediatamente em latões que devem ser mantidos fechados, os quais devem ser retirados continuamente da sala de processamento para evitar a presença de moscas e outros insetos.

Despulpamento e refino

É o processo industrial, utilizado para separar a polpa da fruta do material fibroso, das sementes e dos restos das cascas.

Nesta etapa, são utilizadas despulpadeiras construídas em aço inoxidável e providas de peneiras com diferentes tamanhos de furos, além de um sistema de condução do material com palhetas de aço ou de borracha. As peneiras podem ser substituídas de acordo com a fruta que será processada. Para o despulpamento do mamão, têm sido utilizadas peneiras de 0,8 mm–1,2 mm e, na etapa posterior de refinamento, peneiras de 0,5 mm. Atualmente o refino não tem sido uma prática usual entre as empresas processadoras, pois a demanda do consumidor por polpas com maior teor de fibra aumentou nos últimos anos. Quando necessário, o refino é realizado no intuito de melhorar o aspecto visual da polpa e conferir ao produto melhores características, por meio da retirada de impurezas da polpa, como fibras, pedaços de semente e casca. Nessas refinadoras, as palhetas de borracha ou aço, tradicionalmente usadas nas despulpadeiras, são substituídas por escovas de cerdas de nylon. Após essa fase, se o produto for enviado direto para o envase e posterior congelamento, deve-se, antes, avaliá-lo por meio de análises microbiológicas e físico-químicas (Rosenthal et al., 2003).

Desaeração

Quando se incorpora ar ao produto, sabe-se que ocorrem alterações de cor, aroma e sabor na polpa processada e armazenada, bem como degradação do ácido ascórbico. A eliminação do ar é uma operação aconselhável e pode ser efetuada num desaerador do tipo centrífugo ou do tipo instantâneo (*flash*). É importante que essa operação ocorra antes do processo térmico para não catalisar reações de oxidação de compostos importantes, como carotenos e vitamina C.

Pasteurização

Após a acidificação, a polpa de mamão deve ser imediatamente pasteurizada. A pasteurização é realizada em trocadores de calor do tipo superfície raspada ou do tipo tubular. No caso de pequenas agroindústrias, também pode ser feita em tacho encamisado. Para pasteurização da polpa de mamão em trocador de superfície raspada, em geral recomenda-se aquecimento a 95 °C, por 30 a 40 segundos, e resfriamento imediato à temperatura ambiente.

Segundo Slongo (2004), para suco de mamão, o tratamento térmico comercial geralmente aplicado é de 100 °C por 30 segundos, o que é suficiente para destruir os ascósporos do fungo *N. fischeri*.

No caso das polpas em pH original, maior que 4,5, o processo deve ser projetado para alimentos de baixa acidez, no caso, a esterilização, nos quais se aplicam temperaturas mais elevadas, acima de 100 °C.

Envase

Após os processos de despulpamento e tratamento térmico, a polpa é encaminhada para o sistema de embalagem. O envase pode ocorrer com a polpa ainda quente (*hot fill*) ou em temperatura ambiente, dependendo das características da embalagem e do sistema asséptico adotado. Nessa etapa, uma dosadora

(automática ou semiautomática) enche a embalagem em quantidades previamente definidas.

O sistema asséptico combina um processo de esterilização do produto em trocadores de calor, empregando alta temperatura por curto tempo, com um envase asséptico em embalagens previamente esterilizadas. Após o aquecimento, o produto é imediatamente resfriado à temperatura de 5 °C–10 °C, na qual é acondicionado. O acondicionamento normalmente é feito em tambores metálicos de 200 L, revestidos de sacos plásticos de polietileno ou em *bags* assépticos esterilizados.

Salienta-se, no entanto, que a maioria das polpas comercializadas por micro e pequenas empresas não sofre pasteurização. Uma vez obtida, a polpa é acondicionada em embalagens plásticas apropriadas, geralmente do tipo flexíveis, e imediatamente congelada. Quando usada a dosadora semiautomática, é necessária uma termosseladora para fechamento das embalagens (Rosenthal et al., 2003). Para o consumo doméstico e em pequenas lanchonetes, recomenda-se o envase em embalagens de 100 mL a 200 mL, quantidade suficiente para preparar de 1 L a 2 L de suco. Para atender demandas institucionais, recomenda-se que a polpa seja embalada em sacos com maior capacidade (acima de 1 kg). Para atender grandes indústrias, é muito comum o acondicionamento em tambores plásticos ou metálicos, com capacidade entre 10 kg e 200 kg. Nesse caso, a polpa, depois de submetida ao tratamento térmico, é envasada em saco plástico de alta resistência que reveste o tambor, retirando-se o ar com bomba de vácuo, fechando-se hermeticamente a embalagem.

Condições de envase inadequadas podem promover incorporação de ar na polpa e causar alterações durante o armazenamento. Segundo Rodriguez-Amaya et al. (2008), os carotenoides são suscetíveis à isomerização e à oxidação durante processamento e estocagem. A principal causa da degradação de carotenoides é a oxidação enzimática ou não enzimática, que depende principalmente da disponibilidade de oxigênio e

da estrutura do carotenoide. A oxidação também pode ser influenciada pela presença de oxigênio, metais, enzimas, lipídeos insaturados, oxidantes e antioxidantes, exposição à luz, severidade do tratamento aplicado (temperatura e tempo de processo, superfície de contato), material de embalagem e modo de preparo.

Congelamento

O uso do congelamento rápido para a produção de polpa de fruta dá origem a um produto final de excelentes características quanto à cor, ao aroma e ao sabor, todas elas muito próximas das características da fruta ao natural. A polpa conservada por congelamento encontra mercado mais fácil e mais seguro, tanto em pequenos estabelecimentos, como restaurantes e lanchonetes, quanto em indústrias de médio e grande porte que utilizam a polpa como ingrediente na fabricação de outros produtos.

Antes do congelamento e após a etapa de pasteurização, a polpa é resfriada imediatamente, em trocador de calor, ao redor de 0 °C a 2 °C. Em seguida, o produto é levado a um túnel de congelamento ou câmara de congelamento, que deverá estar à temperatura de -40 °C, para o congelamento rápido de polpa. O congelamento rápido irá impedir qualquer tipo de alteração na polpa (química, bioquímica, microbiológica), além de evitar a formação de camadas (estratificação) durante o processo (Rosenthal et al., 2003).

Armazenamento

Após o congelamento rápido, que normalmente não excede 24 horas, o produto deverá ser transferido para câmaras de armazenamento, onde a temperatura deve ser de -18 °C a -22 °C. Também podem ser utilizados freezers domésticos, cuja temperatura interna varia de -8 °C a -10 °C, exigindo-se que o produto seja comercializado com maior rapidez, em razão do menor tempo de vida útil. Deve-se ter cuidado para não armazenar uma quantidade excessiva do produto dentro das

câmaras ou dos freezers, de modo que não haja problemas de circulação de ar entre as paredes de seus compartimentos e as embalagens. A polpa de fruta deve ser mantida congelada até o momento do consumo (Rosenthal et al., 2003).

Rotulagem

Nos rótulos das embalagens de polpa de fruta, especialmente aquelas destinadas ao mercado varejista, que serão adquiridas diretamente pelo consumidor final, devem constar as seguintes informações:

- Denominação: polpa (seguida do nome da fruta).
- Quantidade em gramas (g).
- Data de fabricação.
- Prazo de validade.
- Expressões: 100% integral (caso o produto não possua qualquer aditivo), não fermentado e não alcoólico.
- Denominação: Indústria Brasileira e Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.
- Nome e endereço da empresa, Cadastro Geral de Contribuintes (CGC) e inscrição estadual.

Mamão desidratado

Os produtos desidratados estão ganhando considerável atenção devido ao atual estilo de vida das pessoas, e, nos últimos anos, a presença de frutas desidratadas no mercado aumentou consideravelmente (Megías-Pérez et al., 2014).

A desidratação é considerada uma operação unitária, que tem o propósito de diminuir a água presente nos alimentos, reduzindo e inibindo as reações químicas, enzimáticas e o crescimento microbiano, que são responsáveis pela sua deterioração (Fellows, 2006). Embora diferentes processos de desidratação sejam utilizados

pelas indústrias de alimentos, a secagem convectiva é o processo mais comum, visto que se trata de uma operação simples com tecnologia acessível (Megías-Pérez et al., 2014).

A desidratação do mamão é uma excelente alternativa de conservação, pois permite a obtenção de produtos com maior vida de prateleira. Além disso, o mamão desidratado apresenta boa aceitação sensorial, alto valor nutritivo e pode ser consumido na forma desidratada, ou empregado como ingrediente em formulações de outros produtos, como barras de cereal, bolos, tortas, recheios, sobremesas, cereais matinais, entre outros.

A secagem pode ser feita de forma natural, pela exposição da fruta à luz do sol, ou artificial, que envolve a passagem de ar aquecido pelas fatias da fruta realizada em secadores apropriados. A secagem convectiva é realizada em secadores de bandejas com temperatura e velocidade de ar controladas.

As etapas de preparo do mamão para o processo de secagem induzem o escurecimento enzimático, que resulta da oxidação de compostos fenólicos pela enzima polifenol oxidase (PPO). Esse problema pode ser minimizado com a realização de branqueamento em vapor d'água ou por imersão das fatias em soluções com agentes inibidores do escurecimento, como os ácidos cítrico, fosfórico, málico e ascórbico, além dos sulfitos e seus derivados.

Durante o processo de desidratação, ocorrem também reações não enzimáticas, bem como a degradação de pigmentos, como os carotenoides, que ocasionam alterações significativas na coloração e no valor nutricional do produto. Tais alterações dependem dos parâmetros de secagem, principalmente da temperatura do ar de secagem (Udomkun et al., 2015). Para desidratação de frutas, recomendam-se temperaturas entre 50 °C e 70 °C.

O controle da velocidade do ar de secagem também é importante, pois o ar remove o vapor

de água ao redor do produto, resultando em um diferencial de pressão de vapor de água entre a superfície do material e o ambiente, o que favorece a transferência de massa do sólido para o ar. A velocidade do ar de secagem, entre 1,0 m e 1,5 m por segundo, tem sido empregada para diferentes frutas desidratadas (Reis et al., 2006; Ramos et al., 2008; Dionello et al., 2009; Kurozawa et al., 2014).

O tempo de secagem varia de acordo com as condições do processo, como temperatura, umidade relativa e velocidade do ar de secagem, e com aspectos como tamanho, espessura e teores de umidade inicial e final do produto. O teor de umidade final do mamão desidratado deve ser de 15% a 25% (base úmida).

Durante o armazenamento, alterações na cor do mamão podem ocorrer devido à degradação dos carotenoides, que é acelerada pela exposição ao oxigênio, à luz, à temperatura e à presença de catalisadores metálicos. O sabor e o aroma também podem ser alterados em razão da oxidação de alguns compostos, da perda de voláteis e/ou da absorção de aromas indesejáveis que permeiam a embalagem (Sarantópoulos et al., 2001). Uma das formas de reduzir tais alterações é pelo uso de embalagens adequadas, preferencialmente as que oferecem proteção à luz e ao vapor d'água, com injeção de nitrogênio ou a vácuo, como as laminadas de polietileno tereftalato + camada de alumínio + polietileno (PET/Al/PE) e as de polietileno tereftalato metalizado + polietileno (PETmet/PE). Tais embalagens apresentam custo elevado, mas preservam melhor a qualidade do produto durante o armazenamento.

Etapas de obtenção do mamão desidratado

O mamão do grupo Formosa é o tipo mais adequado para o processo de desidratação (Figura 3), dado seu menor custo, firmeza da polpa e maior tamanho, características que

permitem maior rendimento em produto acabado e facilidade no preparo. As operações de recepção, seleção, lavagem, sanitização, descascamento e retirada das sementes são realizadas conforme descrito anteriormente.

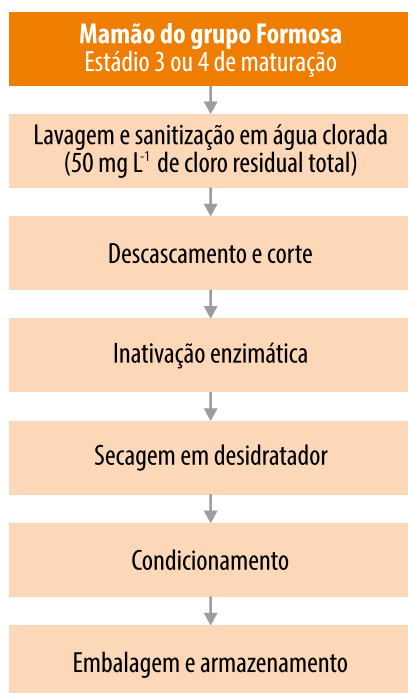


Figura 3. Fluxograma com as etapas do processo de desidratação do mamão do grupo Formosa.

Preparo dos frutos

A padronização do estágio de maturação é muito importante para que se obtenha um mamão desidratado de boa qualidade. Os estádios 3 (casca com até 50% da superfície amarela) ou 4 de maturação (casca com 50% a 75% da superfície amarela) são preferidos, pois, nesses estádios, os frutos apresentam-se mais firmes, o que facilita as etapas de descascamento e fatiamento. Os frutos são devidamente higienizados, descascados manualmente com facas de aço inoxidável, e as sementes retiradas. Os frutos podem ser cortados em cubos ou submetidos ao fatiamento (sentido transversal) em rodela com espessura de 1,0 cm a 1,2 cm, com auxílio de cortador de frios. Essas rodela podem ser desidratadas inteiras ou subdividas em pedaços menores, no formato de leques.

Inativação enzimática

Para reduzir o escurecimento enzimático, as fatias são imersas em solução que contenha substâncias antioxidantes. Para isso, recomenda-se a imersão, por 10 a 20 minutos, em solução com 25 mg L⁻¹ de ácido cítrico + 75 mg L⁻¹ de ácido ascórbico. Após essa etapa, os frutos são drenados com auxílio de uma peneira para que o excesso de líquido das fatias seja eliminado.

Desidratação em secador de bandejas

Para facilitar a remoção das fatias de mamão após o processo de desidratação, recomenda-se cobrir as bandejas do secador com um tecido fino, como o voal, por exemplo, e, em seguida, distribuir as fatias sobre esse tecido. O tempo de secagem varia de acordo com as dimensões (tamanho, formato e espessura) do produto e com os parâmetros de secagem estabelecidos. Para estimar o tempo total de secagem, é importante aferir a umidade inicial do mamão in natura e estipular a umidade final requerida para o produto desidratado. A partir dessas duas medidas, é possível determinar o peso final que o produto deverá atingir para que se interrompa o processo de secagem. Para fatias de mamão cortadas em leques com espessura de aproximadamente 1,2 cm e sob temperatura de secagem entre 60 °C e 70 °C, o tempo total do processo será de 14 a 20 horas. Após esse período, o produto deverá ter atingido umidade final entre 15% e 25% (base úmida).

Finalizado o processo, o produto é mantido dentro do secador desligado por 15 minutos. Essa etapa é importante para que a temperatura do mamão desidratado entre em equilíbrio com o ambiente, evitando a condensação de vapor de água no produto embalado.

Condicionamento, embalagem e armazenamento

O mamão desidratado é armazenado em embalagens de polietileno por um período de 10 a 15 dias, para que ocorra a uniformização da umidade no produto, etapa conhecida como condicionamento. Após esse período, o produto pode ser subdividido em embalagens de 40 g a 100 g para ser comercializado. O mamão desidratado e embalado pode ser estocado em temperatura ambiente, e sua vida de prateleira será de 3 a 6 meses, dependendo das condições de acondicionamento e estocagem.

Passas de mamão

Entre os vários métodos que visam estender a vida útil de frutas como o mamão, a desidratação osmótica é um dos mais simples e econômico. Sua textura é mais macia que a do desidratado, assim como a cor, o sabor e o formato (El-Aouar et al., 2003; Moreno et al., 2004; Chavan; Amarowicz, 2012).

Esse processo de preservação reduz o teor de umidade e inibe o crescimento de microrganismos e reações bioquímicas que ocorrem na presença de água, principalmente durante a secagem em altas temperaturas (Kowalska; Lenart, 2001).

A fruta é deixada em uma solução hipertônica com alta pressão osmótica, que promove a saída da água das células e a entrada do soluto, no caso, a sacarose, havendo uma troca entre a fruta e a solução osmótica (Aguirre; Gasparino Filho, 2002; Azoubel et al., 2009).

Quando se pretende utilizar a desidratação osmótica para a elaboração de mamão cristalizado (passas de mamão), deve-se realizar a impregnação de açúcares de forma gradativa, a fim de evitar aspecto enrugado ao produto final (Jackix, 1988). A solução hipertônica, com altos teores de sacarose (70 °Brix), favorece a aceitabilidade do produto final (Jain et al., 2011).

Para finalizar o processo, deve-se promover a secagem para que o produto contenha umidade final igual ou inferior a 25% (base úmida), que é considerada apropriada para a conservação desse produto.

Etapas de obtenção de passas de mamão

Preparo dos frutos

Para o processo de obtenção de passas, tem-se utilizado, principalmente, mamões do grupo Formosa, o que pode ser atribuído às vantagens e às facilidades indicadas no preparo do produto desidratado, tais como alto rendimento, polpa mais firme e maior tamanho do fruto (Figura 4).

O estágio de maturação adequado é o 2 (25% da casca amarela e o restante verde). Nessa fase, o fruto já apresenta coloração interna amarela, mas sua textura é bem rígida. O grau de maturação é de extrema importância, pois, se estiver muito verde, o fruto não apresentará tonalidade atraente, e, se muito maduro, a textura do produto final ficará amolecida, correndo o risco de desintegração durante o cozimento. Os frutos apodrecidos, atacados por pragas ou com diferentes graus de maturação deverão ser descartados.

Após as etapas iniciais do processo, como colheita, transporte, recepção, seleção e lavagem, como já descrito nos processos anteriores, os frutos são descascados e as sementes retiradas. A polpa é cortada manualmente em cubos de 3,0 cm.

Imersão em solução de cloreto de cálcio

Os pedaços são imersos, por 5 a 10 minutos, em uma solução de cloreto de cálcio (200 mg de cloreto de cálcio por quilograma de fruta) em volume suficiente para cobrir os pedaços.

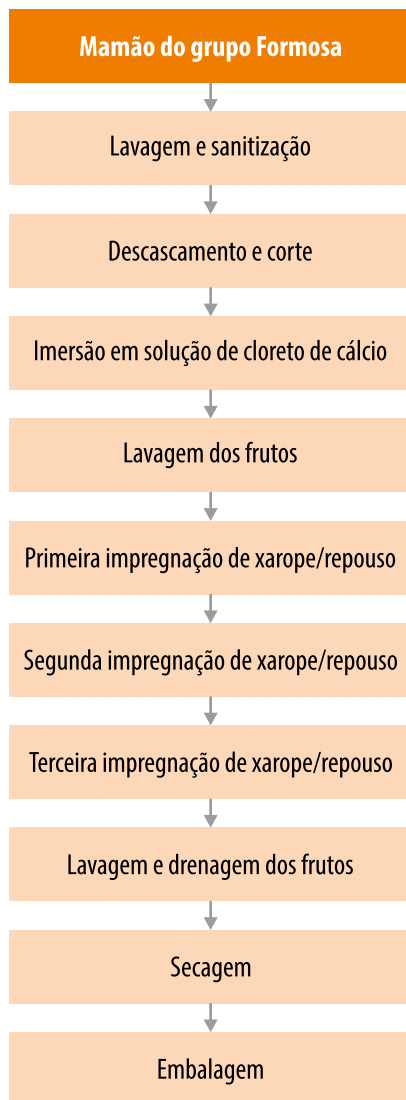


Figura 4. Fluxograma com as etapas do processo de obtenção de passas de mamão do grupo Formosa.

Lavagem

Após o tratamento com o cloreto de cálcio, os pedaços de mamão devem ser lavados em água corrente.

Primeira impregnação de xarope e repouso

Na primeira impregnação, prepara-se um xarope de açúcares a 30 °Brix, em volume suficiente para cobrir os pedaços de mamão. Recomenda-se substituir parte da sacarose por glicose (18%), cuja função é melhorar a aparência dos frutos, principalmente no que se refere

ao brilho, além de evitar a cristalização durante o armazenamento.

O xarope é aquecido até entrar em ebulição. Em seguida, os pedaços de mamão são imersos nessa calda, onde permanecerão sob aquecimento durante 30 minutos. Após esse período, interrompe-se o aquecimento e os pedaços são mantidos em repouso no xarope por 24 horas.

Segunda impregnação de xarope e repouso

Os pedaços de mamão são retirados do xarope e drenados. A quantidade de açúcares da calda é ajustada para 50 °Brix. Nessa segunda solução, deve-se substituir 14% do total de açúcares por glicose. Quando o xarope entrar em ebulição, os pedaços são imersos na calda, onde devem permanecer sob aquecimento por 30 minutos. Após esse período, o aquecimento é interrompido e os pedaços são mantidos em repouso no xarope por 24 horas.

Terceira impregnação de xarope e repouso

Os pedaços de mamão são retirados do xarope e drenados. A quantidade de açúcares na calda deve ser elevada para 70 °Brix. Deve-se adicionar 10% de glicose a essa solução.

Quando o xarope entrar em ebulição, os pedaços são imersos na calda, na qual devem permanecer sob aquecimento por 30 minutos. Após esse período, interrompe-se o aquecimento, e os pedaços são mantidos em repouso no xarope por 24 horas.

Lavagem e drenagem dos frutos

Os pedaços de mamão são retirados cuidadosamente da calda, pois, devido à alta concentração do xarope, os pedaços ficam pegajosos. Eles deverão ser lavados por duas

vezes em água quente (temperatura média de 70 °C).

Para a drenar o excesso de água proveniente da lavagem, os pedaços de mamão devem ser colocados sobre peneiras metálicas.

Secagem

Os produtos são levados a um secador com circulação de ar forçado, no qual a temperatura deve estar em 65 °C. Esse processo deve perdurar até que a umidade final do produto seja de 25%. Nessas condições, a secagem leva em média 12,5 horas.

Embalagem

Depois de frio, o produto deve ser acondicionado em embalagens flexíveis de celofane ou em embalagens rígidas de poliestireno e polipropileno, e deve ser armazenado em locais ventilados. Nessas condições, o tempo de conservação das passas é de 28 dias.

Rendimento

O rendimento médio do processo é de 60%: para cada 10 kg de mamão, são obtidos 6 kg de passas de mamão.

Geleia de mamão

A geleia é um produto de umidade intermediária preparada com polpa de frutas, açúcar, pectina, ácido e outros ingredientes. Esse preparo permite sua conservação por um período prolongado (Basu et al., 2011) e possibilita até mesmo a mistura de frutas para criação de novos sabores.

O açúcar é o componente essencial na fabricação desses produtos, para a qual normalmente se utiliza a sacarose. A geleia pode ser adicionada de glicose ou açúcar invertido, mas não pode ser colorida nem aromatizada artificialmente. Acidulantes e pectina podem

ser adicionados para compensar qualquer deficiência no conteúdo natural de pectina ou na acidez da fruta (Jackix, 1988).

O processamento de geleia segue uma metodologia relativamente simples. Exige poucos equipamentos e traz a vantagem de possibilitar à indústria o aproveitamento de frutas que não são adequadas para o consumo in natura, transformando-as em um produto de qualidade (Lopes, 2007), além de constituir uma boa alternativa de conservação e renda.

Não existe um procedimento padrão para a elaboração de geleias. A combinação adequada dos ingredientes, tanto na quantidade, quanto na ordem de colocação durante o processamento, irá definir a qualidade do produto final. Geralmente, cada fábrica tem seu próprio processo de produção, com peculiaridades para seus produtos. No entanto, para o preparo de uma boa geleia, devem ser controlados os seguintes fatores: proporção entre açúcar invertido e sacarose, acidez e pH, e teor de sólidos solúveis.

Durante a cocção, devido à acidez e à alta temperatura, parte da sacarose transforma-se em açúcar invertido, ou seja, em glicose e frutose. O processo de inversão da sacarose é importante para evitar a cristalização do produto. A quantidade de açúcar invertido formada resulta do tempo e da temperatura de cocção, assim como do pH da formulação. A acidez total da geleia não deve exceder 0,8%, e o mínimo indicado é de 0,3%. O pH máximo é de 3,4, no entanto, abaixo de 3, ocorre uma tendência à sinérese, que é a liberação de líquido da geleia. O teor de sólidos solúveis na geleia pronta varia de 64% a 70%. Acima de 70%, há tendência de aparecimento de cristais de sacarose (Jackix, 1988).

O mamão é uma fruta que pode ser classificada como pobre em pectina e de baixa acidez. Em geral, a geleia deve conter de 0,5% a 1,5% de pectina e de 0,3% a 0,8 % de acidez. Por isso,

para a elaboração da geleia de mamão, faz-se necessária a adição de pectina e a acidificação da polpa para que ocorra a formação do gel. Outra opção é fazer a associação do mamão com frutas ácidas para que o equilíbrio necessário seja obtido. Algumas pesquisas relatam excelentes resultados na associação do mamão com frutas ácidas para a elaboração de geleias (Singh et al., 2009; Viana et al., 2012). A seguir será descrito o processo de obtenção de geleia de mamão com araçá-boi (*Eugenia stipitata*).

Obtenção de geleia de mamão com araçá-boi

Preparo da polpa e adição do açúcar

Para a produção de geleia de mamão com araçá-boi, devem-se utilizar mamões do grupo Formosa ou 'Sunrise Solo' no estágio 5 de maturação (casca com 76% a 100% da superfície amarela). O fluxograma de produção da geleia de mamão com araçá-boi está descrito na Figura 5. A polpa de mamão é obtida por meio de liquidificador industrial; e a polpa de araçá-boi, por meio de despulpadeira. A proporção das frutas é de 70% de polpa de mamão e 30% de polpa de araçá-boi. Na formulação, são utilizados 40% de açúcar e 60% da polpa mista de mamão e araçá-boi. Do total da sacarose a ser utilizada, 90% são adicionados à polpa no início do processo, e o restante (10%) é separado para ser homogeneizado junto com a pectina, para serem adicionados no final do processo (Viana et al., 2012).

Adição de pectina e de ácido

Para elaborar uma geleia convencional de araçá-boi com mamão, deve-se usar 0,5% de pectina cítrica de alta metoxilação. A adição da pectina compreende uma etapa importante. É necessário dissolvê-la completamente em água quente (60 °C), a fim de aproveitar toda a

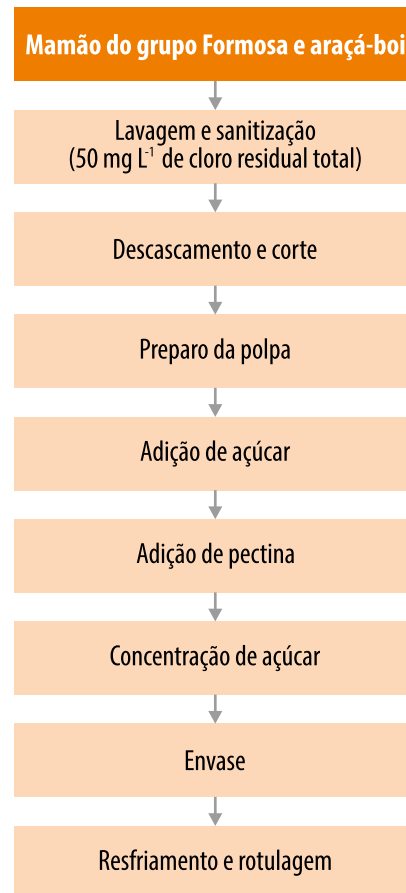


Figura 5. Etapas da produção de geleia de mamão com araçá-boi.

sua capacidade de formação do gel. Deve-se ter o cuidado de adicioná-la ao final do processo de cocção quando realizado em recipientes abertos, para evitar riscos de degradação por cocção excessiva.

O uso de 30% de polpa de araçá-boi na formulação proporciona teor de acidez titulável de aproximadamente 0,7% de ácido cítrico, não sendo necessária a acidificação do produto (Viana et al., 2012).

Concentração de açúcar

A cocção é uma das etapas mais importantes no processo de fabricação de geleias, pois, nessa fase, ocorre dissolução da sacarose, mistura da sacarose com o ácido e a pectina, coagulação de certos compostos orgânicos e destruição de leveduras, esporos de fungos e enzimas. A cocção da geleia pode ser feita em tacho aberto ou

em tacho a vácuo. Essa operação deve ser feita o mais rápido possível, pois a cocção prolongada provoca perda de sabor, alteração de cor, hidrólise da pectina e excessiva inversão da sacarose. A cocção deve ser interrompida quando a geleia atingir 65 °Brix, e o tempo de cocção não deve ser superior a 15 minutos.

Envase

O envase do produto deve ser feito em temperaturas entre 85 °C e 94 °C para obtenção da geleificação satisfatória, bem como para minimização das variações de peso, de quebras dos vidros, de escurecimento do produto e de hidrólise da pectina. Em seguida, os recipientes devem ser hermeticamente fechados para promover o tratamento térmico da embalagem. É necessário deixar um espaço livre nas embalagens (em torno de 1 cm), para que ocorra a formação do vácuo. Os recipientes fechados com temperaturas acima de 85 °C não precisam receber tratamento térmico, porque a própria geleia promove a esterilização da embalagem (Jackix, 1988).

Resfriamento e rotulagem

O resfriamento do produto é feito pela imersão dos vidros de geleia em água fria, com subsequentes trocas até que se atinja temperatura inferior a 40 °C.

As embalagens devem ser rotuladas com as especificações do produto elaborado e acondicionadas em recipientes apropriados para a sua comercialização. A vida de prateleira das geleias varia de 4 a 6 meses, a depender das condições de processamento.

Doces artesanais elaborados com mamão

Observa-se que, nos estabelecimentos comerciais brasileiros, existe a disponibilidade de uma grande diversidade de doces elaborados

com mamão verde e maduro. Esses doces geralmente são produzidos por agroindústrias artesanais. Os ingredientes básicos utilizados nas formulações são os seguintes: açúcar, água, cravo-da-índia, canela e coco. No entanto, eles variam de acordo com a formulação adotada por cada agroindústria.

Para a elaboração de doces com frutos verdes, os frutos são utilizados com ou sem casca, a depender do produto que se deseja obter. No caso de doce de mamão elaborado com frutos verdes, são realizados cortes superficiais na casca para retirada do látex. Em seguida, os frutos são divididos ao meio e as sementes são retiradas. A depender do produto que se deseja obter – doce cremoso, doce em calda, doce cristalizado, entre outros, – o mamão pode ser ralado ou cortado em cubos, lascas ou fatias finas.

No caso dos doces elaborados com mamão ralado, geralmente se utiliza coco na formulação. Em algumas formulações, o mamão cortado é submetido a um tratamento com bicarbonato de sódio por 8 até 24 horas, para que ocorra o enrijecimento da superfície dos cortes. Em outras formulações, o mamão é submetido a cocção com água pura antes da cocção em calda de açúcar. A concentração de açúcar a ser utilizada na calda é muito variável, mas muitas formulações empregam entre 30% a 50% de açúcar em relação ao peso da polpa. Na etapa de cocção em calda de açúcar, podem ser acrescentados condimentos como cravo e canela. Geralmente, os produtos são envasados em embalagens de vidro.

Considerações finais

A industrialização do mamão, embora seja ainda incipiente, é uma das melhores opções para minimizar as perdas pós-colheita e as perdas que ocorrem por ocasião das grandes safras, quando o excesso de produção faz com que os frutos alcancem preços muito baixos no

mercado. As tecnologias apresentadas neste capítulo podem ser empregadas por agroindústrias de diferentes portes e não só agregam valor ao mamão, como também possibilitam que essa fruta, tão rica em nutrientes, seja incorporada à rotina alimentar das pessoas de todas as idades.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). Instrução Normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019. Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**, 26 dez. 2019.

AGUIRRE, J. M. de; GASPARINO FILHO, J. (coord.). **Desidratação de frutas e hortaliças**: manual técnico. Campinas: Itai, 2002.

ANDRADE, S. R. R. de. **Processamento mínimo de mamão (*Carica papaya* L.)**: efeitos de aditivos químicos e atmosfera modificada na qualidade do produto. 2006. 180 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI&FRUTI 2019. Santa Cruz do Sul: Editora Santa Cruz, 2018. 96 p.

AZOUBEL, P. M.; EL-AOUAR, Â. A.; TONON, R. V.; KUROZAWA, L. E.; ANTONIO, G. C.; MURR, F. E. X.; PARK, K. J. Effect of osmotic dehydration on the drying kinetics and quality of cashew apple. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 44, n. 5, p. 980-986, 2009. DOI: [10.1111/j.1365-2621.2008.01783.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2008.01783.x).

BASU, S.; SHIVHARE, U. S.; SINGH, T. V.; BENIWAL, V. S. Rheological, textural and spectral characteristics of sorbitol substituted mango jam. **Journal of Food Engineering**, v. 105, n. 3, p. 503-512, Aug. 2011. DOI: [10.1016/j.jfoodeng.2011.03.014](https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.03.014).

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 01, de 7 de janeiro de 2000. **Regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de fruta**. Disponível em: http://www2.agricultura.rs.gov.br/uploads/126989581629.03_enol_in_1_00_mapa.doc#:~:text=REGULAMENTO%20T%C3%89CNICO%20GERAL%20PARA%20FIXA%C3%87%C3%83O,QUALIDADE%20PARA%20POLPA%20DE%20FRUTA.&text=A%20presente%20Norma%20tem%20o,destinado%20ao%20consumo%20como%20bebida. Acesso em: 16 nov. 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 37, de 1 de outubro de 2018. Estabelece os parâmetros analíticos de suco e de polpa de frutas e a listagem das frutas

e demais quesitos complementares aos padrões de identidade e qualidade já fixados pelo Ministro da Agricultura, Pecuária e Abastecimento através da IN MAPA nº 49, de 26 de setembro de 2018. **Diário Oficial da União**: seção 1, n. 194, p. 23, 8 out. 2018a. Disponível em: http://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/44304943/do1-2018-10-08-instrucao-normativa-n-37-de-1-de-outubro-de-2018-44304612. Acesso em: 13 jun. 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 49, de setembro de 2018. em todo o território nacional a complementação dos Padrões de Identidade e Qualidade de Suco e Polpa de Fruta, na forma desta Instrução Normativa. **Diário Oficial da União**: seção 1, n. 187, p. 4, 27 set. 2018b. Disponível em: http://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/44304943/do1-2018-10-08-instrucao-normativa-n-37-de-1-de-outubro-de-2018-44304612. Acesso em: 13 jun. 2017.

CANTWELL, M. I.; SUSLOW, T. V. Postharvest handling systems: fresh-cut fruits and vegetables. In: KADER, A. A. (ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. 3. ed. University of California, Agriculture and Natural Resources, 2002. p. 445-463. (Publication, v. 3311).

CHANG, L. W. S.; MORITA, L. L.; YAMAMOTO, H. Y. Papaya pectinesterase inhibition by Sucrose. **Journal of Food Science**, v. 30, n. 2, p. 218-222, Mar. 1965. DOI: [10.1111/j.1365-2621.1965.tb00292.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1965.tb00292.x).

CHAVAN, U. D.; AMAROWICZ, R. Osmotic dehydration process for preservation of fruits and vegetables. **Journal of Food Research**, v. 1, n. 2, p. 202-209, 2012. DOI: [10.5539/jfr.v1n2p202](https://doi.org/10.5539/jfr.v1n2p202).

DIONELLO, R. G.; BERBERT, P. A.; MOLINA, M. A. B.; PEREIRA, R. C.; VIANA, A. P.; CARLESSO, V. O. Secagem de fatias de abacaxi in natura e pré-desidratadas por imersão-impregnação: cinética e avaliação de modelos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 1, p. 232-240, 2009. DOI: [10.1590/S0101-20612009000100036](https://doi.org/10.1590/S0101-20612009000100036).

DURIGAN, M. F. B.; DURIGAN, J. F. **Tecnologia pós-colheita e processamento de mamão**: qualidade e renda aos produtos roraimenses. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2014. 27 p. (Embrapa Roraima. Documentos, 55).

EL-AOUAR, A. A.; AZOUBEL, P. M.; MURR, F. E. X. Drying kinetics of fresh and osmotically pre-treated papaya (*Carica papaya* L.). **Journal of Food Engineering**, v. 59, n. 1, p. 85-91, Aug. 2003. DOI: [10.1016/S0260-8774\(02\)00434-X](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00434-X).

EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA. **Mamão**. 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura/cultivos/mamao>. Acesso em: 29 maio 2016.

- FAO. Faostat. 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 23 de ago. 2021.
- FAYYAZ, A.; ASBI, B. A.; GHAZALI, Y. B.; CHE MAN, Y. M.; JINAP, S. Stability studies of papaya pectinesterase. **Food Chemistry**, v. 53, n. 4, p. 391-396, 1995. DOI: [10.1016/0308-8146\(95\)99833-L](https://doi.org/10.1016/0308-8146(95)99833-L).
- FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602 p.
- FRANCO, M. R. B.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.; DAMASIO, M. H.; LLANOS CARRILLO, J. L. Compostos voláteis e sabor de mamão (*Carica papaya*): uma reavaliação. **Alimentos e Nutrição**, v. 5, p. 99-107, 1994.
- FURTADO, A. A. L.; DUTRA, A. S.; PACHECO, S.; OIANO NETO, J.; GODOY, R. L. O. Avaliação do efeito do tratamento térmico sobre a concentração de beta-caroteno em pimenta (*Capsicum*) *In natura* e processada. In: CONGRESSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 20., 2006, Curitiba. **Anais eletrônicos [...]** Curitiba: SBCTA, 2006. CD-ROM.
- FURTUNATO, A. A. **Estudo da cinética da inativação térmica da pectinesterase e peroxidase presentes na polpa de cajá**. 2002. 85 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- IBRAF. Instituto Brasileiro de Frutas. **Exportações de mamão crescem 17,9% em 2014**. Disponível em: <http://blogdoibraf.blogspot.com.br/2015/01/exportacoes-de-mamao-crescem-179-em-2014.html>. Acesso em: 15 maio 2015.
- JACKIX, M. H. **Doces, geleias e frutas em calda: teórico e prático**. Campinas: Ed. UNICAMP, 1988. 172 p. (Série tecnologia de alimentos).
- JAIN, S. K.; VERMA, R. C.; MURDIA, L. K.; JAIN, H. K.; SHARMA, G. P. Optimization of process parameters for osmotic dehydration of papaya cubes. **Journal of Food Science and Technology**, v. 48, n. 2, p. 211-217, 2011. DOI: [10.1007/s13197-010-0161-7](https://doi.org/10.1007/s13197-010-0161-7).
- JIANG, C.-M.; WU, M.-C.; WU, C.-L.; CHANG, H.-M. Pectinesterase and polygalacturonase activities and textural properties of Rubbery Papaya (*Carica papaya* Linn.). **Journal of Food Science**, v. 68, n. 5, p. 1590-1594, 2003. DOI: [10.1111/j.1365-2621.2003.tb12296.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb12296.x).
- KELEBEK, H.; SELLI, S.; GUBBUK, H.; GUNES, E. Comparative evaluation of volatiles, phenolics, sugars, organic acids and antioxidant properties of Sel-42 and Tainung papaya varieties. **Food Chemistry**, v. 173, p. 912-919, 2015. DOI: [10.1016/j.foodchem.2014.10.116](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.116).
- KOWALSKA, H.; LENART, A. Mass exchange during osmotic pretreatment of vegetables. **Journal of Food Engineering**, v. 49, n. 2-3, p. 137-140, Aug. 2001. DOI: [10.1016/S0260-8774\(00\)00214-4](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00214-4).
- KUROZAWA, L. E.; TERNG, I.; HUBINGER, M. D.; PARK, K. J. Ascorbic acid degradation of papaya during drying: Effect of process conditions and glass transition phenomenon. **Journal of Food Engineering**, v. 123, p. 157-164, Feb. 2014. DOI: [10.1016/j.jfoodeng.2013.08.039](https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.08.039).
- LAKO, J.; TRENERRY, V. C.; WAHLQVIST, M.; WATTANAPENPAIBOON, N.; SOTHEESWARAN, S.; PREMIER, R. Phytochemical flavonols, carotenoids and the antioxidant properties of a wide selection of Fijian fruit, vegetables and other readily available foods. **Food Chemistry**, v. 101, n. 4, p. 1727-1741, 2007. DOI: [10.1016/j.foodchem.2006.01.031](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.01.031).
- LIMA, D. M.; PADOVANI, R. M.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; FÁRFAN, J. A. NONATO, C. T.; LIMA, M. T.; SALAY, E.; COLUGNATI, F. A. B.; GALEAZZI, M. A. M. **Tabela brasileira de composição de alimentos – TACO**. 4. ed. rev. atual. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação, 2011. 161 p.
- LOPES, R. L. T. **Dossiê técnico: fabricação de geléias**. [S.l.]: Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas, 2007.
- MAGALHÃES, M. M. dos A. **Estudo cinético da inativação térmica de enzimas termorresistentes, com e sem adição de sacarose, na polpa de mamão Formosa (*Carica papaya* L.) acidificada e o estabelecimento do processamento térmico requerido**. 1992. 156 f. Tese (Doutorado em Ciências de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M.; LIMA, A. S. **Processamento de sucos de frutas tropicais**. Fortaleza: Ed. UFC, 2007a. 320 p.
- MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M.; SANTOS, G. M.; SILVA, D. S.; FERNANDES, A. G.; PRADO, G. M. Efeito do processamento sobre componentes do suco de acerola. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 1, p. 787-792, jan./mar. 2007b. DOI: [10.1590/S0101-20612007000100023](https://doi.org/10.1590/S0101-20612007000100023).
- MATSUURA, F. C. A. U.; FOLEGATTI, M. I. da S. Processamento de mamão. In: MARTINS, D. dos S.; COSTA, A. de F. S. da. (ed.). **A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção**. Vitória: Incaper, 2003. p. 467-492. Disponível em: <http://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/924/1/Livro-A-Cultura-do-Mamoeiro-1.pdf>. Acesso em: 24 maio 2015.
- MEDINA, J. C.; SALOMÓN, E. A. G.; VIEIRA, L. F.; RENESTO, O. V.; FIGUEIREDO, N. M. S.; CANTO, W. L. **Mamão: da cultura ao processamento e comercialização**. Campinas: ITAL, 1980. 244 p. (Série frutas tropicais, 7).

- MEGÍAS-PÉREZ, R.; GAMBOA-SANTOS, J.; SORIA, A. C.; VILLAMIEL, M.; MONTILLA, A. Survey of quality indicators in commercial dehydrated fruits. **Food Chemistry**, v. 150, p. 41-48, 2014. DOI: [10.1016/j.foodchem.2013.10.141](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.141).
- MORENO, J.; BUGUEÑO, G.; VELASCO, V.; PETZOLD, G.; TABILO-MUNIZAGA, G. Osmotic dehydration and vacuum impregnation on physicochemical properties of Chilean papaya (*Carica candamarcensis*). **Journal of Food Science**, v. 69, n. 3, p. 102-106, 2004. DOI: [10.1111/j.1365-2621.2004.tb13361.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.tb13361.x).
- PAULL, R. E.; CHEN, W. Minimal processing of papaya (*Carica papaya* L.) and the physiology of halved fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 12, n. 1, p. 93-99, Aug. 1997. DOI: [10.1016/S0925-5214\(97\)00030-6](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(97)00030-6).
- PENTEADO, A. L. **Incidência e desenvolvimento de *Salmonella ssp.* e *Listeria ssp.* em frutas de baixa acidez**. 2003. 117 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- QUEIROZ, E. C.; MENEZES, H. C. Suco de laranja. In: VENTURINI FILHO, W. G. **Tecnologia de bebidas: matéria-prima, processamento, BPF/APPCC, legislação e mercado**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. p. 221-254.
- RAMOS, A. M.; QUINTERO, A. C. F.; FARAONI, A. S.; SOARES, N. F. F.; PEREIRA, J. A. M. Efeito do tipo de embalagem e do tempo de armazenamento nas qualidades físico-química e microbiológica de abacaxi desidratado. **Alimentos e Nutrição**, v. 19, n. 3, p.259-269, 2008.
- REIS, R. C.; RAMOS, A. M.; REGAZZI, A. J.; MINIM, V. P. R.; STRINGHETA, P. C. Almacenamiento de mango secado: análisis físicoquímico, microbiológico, color y sensorial. **Ciencia y Tecnología Alimentaria**, v. 5, n. 3, p. 214-225, 2006. DOI: [10.1080/11358120609487694](https://doi.org/10.1080/11358120609487694).
- REIS, R. C.; VIANA, E. de S.; JESUS, J. L. de; DANTAS, J. L. L.; LUCENA, R. S. Caracterização físico-química de frutos de novos híbridos e linhagens de mamoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 3, p. 210-217, mar. 2015. DOI: [10.1590/S0100-204X2015000300004](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2015000300004).
- RIBEIRO, M. L. **Efeito do processamento térmico nas características físico-químicas, nutricionais, microbiológicas e na atividade enzimática de polpa de mamão Formosa (*Carica papaya* L.)**. 2009. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Washington, DC: USAID- ILSI, 2001. 72 p.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; GODOY, H. T.; AMAYA-FARFAN, J. Updated Brazilian database on food carotenoids: factors affecting carotenoids composition. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 21, 2008, p. 445-463. DOI: [10.1016/j.jfca.2008.04.001](https://doi.org/10.1016/j.jfca.2008.04.001).
- ROSENTHAL, A.; MATTA, V. M.; CABRAL, L. M. C.; FURTADO, A. A. L. Polpa de frutas. In: INICIANDO um pequeno grande agronegócio agroindustrial: polpa e suco de frutas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica: Sebrae, 2003. p. 10-22. (Série agronegócios).
- SANTANA, L. R. R.; MATSUURA, F. C. A. U.; CARDOSO, R. L. Genótipos melhorados de mamão (*Carica papaya* L.): avaliação sensorial e físico-química dos frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 2, p. 217-222, abr./jun. 2004. DOI: [10.1590/S0101-20612004000200010](https://doi.org/10.1590/S0101-20612004000200010).
- SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; OLIVEIRA, L. M.; CANAVESI, E. **Requisitos de conservação de alimentos em embalagens flexíveis**. Campinas: Centro de Tecnologia de Embalagem, 2001. 215 p.
- SARZI, B. **Conservação de abacaxi e mamão minimamente processados: associação entre o preparo, a embalagem e a temperatura de armazenamento**. 2002. 100 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- SINGH, S.; JAIN, S.; SINGH, S. P.; SINGH, D. Quality changes in fruit jams from combinations of different fruit pulps. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 33, n. s1, p. 41-47, 2009. DOI: [10.1111/j.1745-4549.2008.00249.x](https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2008.00249.x).
- SLONGO, A. P. **Estudo da influência de diferentes fatores na termorresistência do fungo *Neosartorya fischeri* em sucos tropicais**. 2004. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- SOUZA, B. S. de; DURIGAN, J. F.; DONADON, J. R.; TEIXEIRA, G. H. de A. Conservação do mamão ‘Formosa’ minimamente processado armazenado sob refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 2, p. 271-276, ago. 2005. DOI: [10.1590/S0100-29452005000200021](https://doi.org/10.1590/S0100-29452005000200021).
- SOUZA, B. S.; DURIGAN, J. F. Processamento mínimo de mamão. In: MORETTI, C. L. (org.). **Manual de processamento mínimo de frutas e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças: Sebrae, 2007. p. 263-272.
- SOUZA, T. V.; COELHO, E. F.; PAZ, V. P. da S.; LEDO, C. A. da S. Avaliação física e química de frutos de mamoeiro ‘Tainung n°1’, fertirrigado com diferentes combinações de fontes nitrogenadas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 2, p. 179-184, abr./jun. 2009. DOI: [10.5039/agraria.v4i2a10](https://doi.org/10.5039/agraria.v4i2a10).
- TEIXEIRA, G. H. de A.; DURIGAN, J. F.; MATTIUZ, B.-H.; ROSSI JÚNIOR, O. D. Processamento mínimo de mamão ‘Formosa’. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.

21, n. 1, p. 47-50, jan./abr. 2001. DOI: [10.1590/S0101-20612001000100011](https://doi.org/10.1590/S0101-20612001000100011).

UDOMKUN, P.; NAGLE, M.; MAHAYOTHEE, B.; NOHR, D.; KOZA, A.; MÜLLER, J. Influence of air drying properties on non-enzymatic browning, major bio-active compounds and antioxidant capacity of osmotically pretreated papaya. **LWT - Food Science and Technology**, v. 60, n. 2, part 1, p. 914-922, Mar. 2015. DOI: [10.1016/j.lwt.2014.10.036](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.10.036).

VIANA, E. de S.; JESUS, J. L. de; REIS, R. C.; FONSECA, M. D.; SACRAMENTO, C. K. do. Caracterização físico-química e sensorial de geleia de mamão com araçá-boi. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 4, p. 1154-1164, 2012. DOI: [10.1590/S0100-29452012000400024](https://doi.org/10.1590/S0100-29452012000400024).

WALL, M. M. Ascorbic acid, vitamin A, and mineral composition of banana (*Musa sp.*) and papaya (*Carica papaya*) cultivars grown in Hawaii. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, n. 5, p. 434-445, Aug. 2006. DOI: [10.1016/j.jfca.2006.01.002](https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.01.002).

ZIELINSKI, A. A.; ÁVILA, S.; ITO, V.; NOGUEIRA, A.; WOSIACKI, G.; HAMINIUK, C. W. The association between chromaticity, phenolics, carotenoids, and in vitro antioxidant activity of frozen fruit pulp in Brazil: an application of chemometrics. **Journal of Food Science**, v. 79, n. 4, p. 510-516, 2014. DOI: [10.1111/1750-3841.12389](https://doi.org/10.1111/1750-3841.12389).



O Brasil é um grande produtor e exportador de mamão. A fruta é bastante consumida no País sendo uma excelente fonte de nutrientes. O mamoeiro é cultivado em quase todo o Brasil, especialmente no Espírito Santo, na Bahia e no Ceará.

O livro trata de forma atualizada e detalhada todas as etapas do cultivo do mamoeiro, sua colheita e processamento pós-colheita. Em cada capítulo, são descritas tecnologias e informações direcionadas para produtores, técnicos extensionistas, pesquisadores, professores, estudantes e órgãos agropecuários públicos e privados.

Ele é o resultado do trabalho de uma equipe com experiência prática e qualificação acadêmica, que desenvolve atividades de pesquisa e extensão rural no agronegócio do mamoeiro desde 1995, reunindo profissionais da Embrapa, de universidades, de agências de defesa agropecuária, de institutos estaduais de pesquisa e de centrais de comercialização. Espera-se que os temas abordados possam disponibilizar para o público interessado um conteúdo de consulta que lhes possibilite ganhos econômicos, sociais e ambientais em atividades na cadeia produtiva do mamoeiro.