

Alex Guimarães Sanches  
Maryelle Barros da Silva  
Carlos Alberto Martins Cordeiro  
(Orgs.)



**TECNOLOGIAS APLICADAS AO**  
**MANEJO PÓS-COLHEITA**  
**DE FRUTAS, FLORES, HORTALIÇAS E GRÃOS**



científica digital



## EDITORA CIENTÍFICA DIGITAL LTDA

Guarujá - São Paulo - Brasil

www.editoracientifica.com.br - contato@editoracientifica.com.br

**Diagramação e Arte** Edição © 2024 Editora Científica Digital  
**Equipe Editorial** Texto © 2024 Os Autores  
**Imagens da Capa** 1ª Edição - 2024  
**Adobe Stock - 2024** Acesso Livre - Open Access

© COPYRIGHT - TODOS OS DIREITOS RESERVADOS. A editora detém os direitos autorais sobre a edição e o projeto gráfico, enquanto os autores mantêm os direitos autorais de seus respectivos textos. Esta obra está licenciada sob a Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional, permitindo o download e compartilhamento integral ou parcial, desde que a fonte seja devidamente citada e os créditos atribuídos aos autores. É obrigatório que a obra permaneça em formato de Acesso Livre (Open Access), sem qualquer alteração. A catalogação em plataformas de acesso restrito ou com fins comerciais é estritamente proibida.



### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

T255 Tecnologias aplicadas ao manejo pós-colheita de frutas, flores, hortaliças e grãos / Organização de Alex Guimarães Sanches, Maryelle Barros da Silva, Carlos Alberto Martins Cordeiro. – Guarujá-SP: Científica Digital, 2024.

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
Inclui Bibliografia  
ISBN 978-65-5360-758-3  
DOI 10.37885/978-65-5360-758-3

1. Agricultura. I. Sanches, Alex Guimarães (Organizador). II. Silva, Maryelle Barros da (Organizadora). III. Cordeiro, Carlos Alberto Martins (Organizador). IV. Título.

CDD 630

Elaborado por Janaína Ramos – CRB-8/9166

Índice para catálogo sistemático:  
I. Agricultura

E-BOOK

ACESSO LIVRE ON LINE - IMPRESSÃO PROIBIDA

2024

Alex Guimarães Sanches  
Maryelle Barros da Silva  
Carlos Alberto Martins Cordeiro  
(Orgs.)

# **Tecnologias Aplicadas ao Manejo Pós- Colheita de Frutas, Flores, Hortaliças e Grãos**

1ª EDIÇÃO



científica digital

**2024 - GUARUJÁ - SP**

## CONSELHO EDITORIAL

Prof. Dr. André Cutrim Carvalho  
Prof. Dr. Antônio Marcos Mota Miranda  
Prof<sup>a</sup>. Ma. Auristela Correa Castro  
Prof. Dr. Carlos Alberto Martins Cordeiro  
Prof. Dr. Carlos Alexandre Oelke  
Prof<sup>a</sup>. Dra. Caroline Nóbrega de Almeida  
Prof<sup>a</sup>. Dra. Clara Mockdece Neves  
Prof<sup>a</sup>. Dra. Claudia Maria Rinhel-Silva  
Prof<sup>a</sup>. Dra. Clecia Simone Gonçalves Rosa Pacheco  
Prof. Dr. Cristiano Marins  
Prof<sup>a</sup>. Dra. Cristina Berger Fadel  
Prof. Dr. Daniel Luciano Gevehr  
Prof. Dr. Diogo da Silva Cardoso  
Prof. Dr. Ernane Rosa Martins  
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes  
Prof. Dr. Fabricio Gomes Gonçalves  
Prof<sup>a</sup>. Dra. Fernanda Rezende  
Prof. Dr. Flávio Aparecido de Almeida  
Prof<sup>a</sup>. Dra. Francine Náthalie Ferraresi Queluz  
Prof<sup>a</sup>. Dra. Geuciane Felipe Guerim Fernandes

Prof. Dr. Humberto Costa  
Prof. Dr. Joachin Melo Azevedo Neto  
Prof. Dr. Jónata Ferreira de Moura  
Prof. Dr. José Aderval Aragão  
Prof. Me. Julianno Pizzano Ayoub  
Prof. Dr. Leonardo Augusto Couto Finelli  
Prof. Dr. Luiz Gonzaga Lapa Junior  
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva  
Prof<sup>a</sup>. Dra. Maria Cristina Zago  
Prof<sup>a</sup>. Dra. Maria Otília Zangão  
Prof. Dr. Mário Henrique Gomes  
Prof. Dr. Nelson J. Almeida  
Prof. Dr. Octávio Barbosa Neto  
Prof. Dr. Pedro Afonso Cortez  
Prof. Dr. Reinaldo Pacheco dos Santos  
Prof. Dr. Rogério de Melo Grillo  
Prof<sup>a</sup>. Dra. Rosenery Pimentel Nascimento  
Prof. Dr. Rossano Sartori Dal Molin  
Prof. Me. Silvio Almeida Junior  
Prof<sup>a</sup>. Dra. Thays Gigante Furlan Ribeiro  
Prof. Dr. Wesceley Viana Evangelista  
Prof. Dr. Willian Carboni Viana  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme

Acesse a lista completa dos Membros do Conselho Editorial em [www.editoracientifica.com.br/conselho](http://www.editoracientifica.com.br/conselho)

### Parecer e revisão por pares

Os textos que compõem esta obra foram submetidos à avaliação do Conselho Editorial e Revisados por Pares Externos (Peer Review), recebendo a devida recomendação para publicação.

**Nota:** Esta obra é uma produção colaborativa, tornando-se uma coletânea com reservas de direitos autorais para os autores. Alguns capítulos podem ser derivados de outros trabalhos já apresentados em eventos acadêmicos, todavia, os autores foram instruídos ao cuidado com o autoplágio. A responsabilidade pelo conteúdo de cada capítulo, bem como por sua originalidade e pela integridade das informações publicadas, recai exclusivamente sobre os respectivos autores e autoras, não representando, necessariamente, a opinião da editora, dos organizadores ou dos membros do conselho editorial.

# APRESENTAÇÃO

Esta obra é fruto de um processo colaborativo envolvendo professores, estudantes e pesquisadores que se destacaram e enriqueceram as discussões neste espaço formativo. Ela também resulta de movimentos interinstitucionais e ações de incentivo à pesquisa, congregando especialistas de diversas áreas do conhecimento e de diferentes Instituições de Educação Superior, públicas e privadas, com abrangência nacional e internacional.

O objetivo principal desta obra é integrar ações interinstitucionais, tanto nacionais quanto internacionais, com redes de pesquisa dedicadas a fomentar a formação continuada de profissionais da educação. Isso é realizado por meio da produção e disseminação de conhecimentos em várias áreas do saber.

Expressamos nossa gratidão aos autores pelo empenho, disponibilidade e dedicação no desenvolvimento e conclusão desta obra. Esperamos que ela se torne um instrumento didático-pedagógico valioso para estudantes, professores de todos os níveis de ensino, e demais interessados na temática.

**Os organizadores**

# SUMÁRIO

## Capítulo 01

### **CONTAMINAÇÃO POR METAIS NÃO ESSENCIAIS EM CACAU: BIOACUMULAÇÃO E SEGURANÇA ALIMENTAR**

Veridiana de Almeida Flores de Oliveira; Carmem Torres Guedes; Amábile Mariano Marques; Clayton Mendonça Ferreira; Dulcicler Nelo Mariano; Isabela Milani de Souza; Larissa Rodrigues da Silva; Lyriel de Oliveira dos Santos; Tayane Siqueira Garcia Alves; Miguel Machinski Junior

**doi** 10.37885/240917640 ..... 8

## Capítulo 02

### **IMPACTO DAS CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO NA QUALIDADE TECNOLÓGICA DO ÓLEO BRUTO DE ARROZ: UMA ABORDAGEM COM *MACHINE LEARNING***

Bianca Pio Ávila; Layla Damé Macedo; Frederico Kramer; Márcia Arocha Gularte

**doi** 10.37885/240817516 ..... 20

## Capítulo 03

### **VITICULTURA BRASILEIRA - FISILOGIA DA MATURAÇÃO DA UVA E FATORES QUE INFLUENCIAM NA COLHEITA PARA VINIFICAÇÃO: UMA REVISÃO NARRATIVA**

Leonardo Silva Campos; Vítor Augusto dos Santos Garcia; Pedro Henrique Hortolani Cunha; Giuseppina Pace Pereira Lima; Marco Antonio Tecchio

**doi** 10.37885/240817569 ..... 31

## Capítulo 04

### **AVANÇOS E DESAFIOS NO CONTROLE DE DOENÇAS PÓS-COLHEITA DO MAMÃO**

João Aguaberto de Lima Junior; Ílari Soraia Brandão dos Santos Carmo; Alan Lennon Rocha Farias; Caroline Brandão dos Santos; Thainá Barreto Martins; Marluce Santana de Oliveira; Lorena da Paixão Oliveira; Maricelma Santana de Oliveira; Fernanda de Azevedo Souza; Rogério Cícero Martins da Conceição

**doi** 10.37885/240817524 ..... 47

## Capítulo 05

### **PERDA DE GRÃOS NA COLHEITA MECANIZADA DE MILHO (*ZEA MAYS L.*) EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE OPERACIONAL**

Francisco Faggion; Tiago Pereira da Silva Correia; Victoria Linhares; Haniel Carlos Gomes da Cruz; Marcos Dias Malheiros; Romério Nunes de Macedo; Emilly Oliveira Silva

**doi** 10.37885/240616832 ..... 60

## Capítulo 06

### **QUALIDADE PÓS-COLHEITA DA BANANA 'PRATA CATARINA' EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO**

Paulino Lucas Gomes; Ana Carolina da Silva Pereira; Virna Braga Marques; Mirele Germano Pedrosa; Thaylana Rodrigues Gomes; Kátia Karoline Costa Oliveira; Luís Gustavo Chaves da Silva; João Vícto Freitas da Silva

**doi** 10.37885/240416474 ..... 68

## Capítulo 07

### **SUPERÓXIDO DISMUTASE: DETERMINANDO A ATIVIDADE ENZIMÁTICA EM PRODUTOS HORTIFRUTÍCOLAS**

Alex Guimarães Sanches; Maryelle Barros da Silva; Gustavo Henrique de Almeida Teixeira

**doi** 10.37885/240416331 ..... 82

## Capítulo 08

### **DANO PELO FRIO EM MANGA: ASPECTOS FISIOLÓGICOS, BIOQUÍMICOS E TECNOLÓGICOS**

Alex Guimarães Sanches; Maryelle Barros da Silva; Gustavo Henrique de Almeida Teixeira

**doi** 10.37885/240115506 ..... 103

**SOBRE OS ORGANIZADORES** ..... 127

**ÍNDICE REMISSIVO** ..... 129

## **CONTAMINAÇÃO POR METAIS NÃO ESSENCIAIS EM CACAU: BIOACUMULAÇÃO E SEGURANÇA ALIMENTAR**

**Veridiana de Almeida Flores de Oliveira**  
Universidade Estadual de Maringá (UEM)

**Carmem Torres Guedes**  
Universidade Estadual de Maringá (UEM)

**Amábile Mariano Marques**  
Universidade Estadual de Maringá (UEM)

**Clayton Mendonça Ferreira**  
Universidade Estadual de Maringá (UEM)

**Dulcicler Nelo Mariano**  
Faculdade Venda Nova do Imigrante (FAVENI)

**Isabela Milani de Souza**  
Universidade Estadual de Maringá (UEM)

**Larissa Rodrigues da Silva**  
Universidade Estadual de Maringá (UEM)

**Lyriel de Oliveira dos Santos**  
Centro Universitário Ingá (Uningá)

**Tayane Siqueira Garcia Alves**  
Universidade Estadual de Maringá (UEM)

**Miguel Machinski Junior**  
Universidade Estadual de Maringá (UEM)

# RESUMO

O cacau em pó e os produtos de chocolate às vezes podem contêm cádmio (Cd) naturalmente presentes devido ao ambiente. O cádmio é um metal tóxico que pode contaminar diversos alimentos, incluindo o cacau, impactando a segurança alimentar e a saúde pública. O cádmio pode ser absorvido pelas plantas a partir de solos contaminados, e a alta concentração de cacau em certos produtos alimentares pode levar a uma maior exposição ao metal. O consumo excessivo de cádmio está associado a problemas renais, danos ao sistema esquelético e a um aumento no risco de câncer. A análise de dados de diferentes estudos revela que os produtos de cacau frequentemente contêm níveis preocupantes de cádmio, destacando a necessidade urgente de estratégias eficazes para reduzir a contaminação e proteger a saúde pública. O objetivo desta revisão é identificar e sintetizar as evidências disponíveis sobre os fatores que corroboram a bioacumulação por cádmio no cacau, avaliar os riscos para a saúde associados a legislação vigente.

**Palavras-chave:** contaminantes; metais não essenciais; cadmio; segurança alimentar; riscos à saúde.

## INTRODUÇÃO

O cacau (*Theobroma cacao L.*) é uma das principais commodities agrícolas do mundo, importante para a produção de chocolate e outros produtos alimentícios de chocolates (figura 1). É cultivado principalmente em regiões tropicais da África, América Latina e Ásia (FAO, 2021). É uma cultura vital para a indústria global de chocolate, mas a qualidade pode ser comprometida pela contaminação do solo com metais não essenciais como o cádmio (Cd), que pode afetar adversamente tanto a saúde humana quanto o ambiente (FAO, 2022).



Fonte: Pexel (2024).

Altas concentrações de cádmio em solos e grãos de cacau estão majoritariamente localizadas no norte do país, Como era de se esperar, a quantidade de Cd no solo foi o principal fator preditivo para a presença nos grãos de cacau. Além da tendência espacial de aumento dos níveis de cádmio de sudeste para noroeste, os principais fatores que influenciam essas variáveis em todo o país foram a geologia, a variação sazonal da precipitação, o pH do solo e a quantidade de chuva (Thomas *et al.*, 2023).

Existem duas maneiras pelas quais os metais não essenciais entram no solo, estas são; as atividades naturais e atividades antrópicas. As atividades naturais incluem processos de pedogênese (base alta), bem como vulcões e incêndios florestais, já as fontes antropogênicas incluem mineração, fundição, transporte

e atividades agrícolas, que são consideradas as principais causas da poluição por metais do solo (Wan *et al.*, 2024).

Segundo Ramos *et al.*, 2022, A mineração de ouro no Equador existe desde os tempos pré-colombianos e atualmente é feita em pequena escala, que pode variar entre a mineração artesanal relacionada a práticas ilegais e a mineração legalizada em pequena escala. Apesar de ser seja vista como uma fonte importante de receita econômica para as comunidades, mas é crucial priorizar a mitigação de seus impactos na qualidade da água e do solo, na biodiversidade (International Institute for Sustainable Development, 2019).

O cultivo de cacau (*Theobroma cacao L.*) ao longo da história tem sido uma das culturas de exportação de maior importância do Equador, mas a extração de ouro nessa região gera poluição, incluindo metais potencialmente tóxicos, como mercúrio (Hg), cádmio (Cd), arsênico (As), chumbo (Pb) (Ruales *et al.*, 2022).

Quando se trata do solo, a disponibilidade da maior parte dos micronutrientes para as plantas é superior em solos ácidos do que em solos neutros ou alcalinos. Contudo, o pH do solo também afeta a toxicidade dos metais. Em pH elevado, os metais tendem a formar fosfatos e carbonatos pouco solúveis, enquanto em pH baixo, eles geralmente estão na forma de íons livres, mais disponíveis (Szabela; Wolf, 2022).

O Peru é um dos principais exportadores mundiais de grãos de cacau orgânico. No entanto, o acúmulo de metais não essenciais, representa uma preocupação para a exportação e para a qualidade do chocolate. Além do Peru, o cacau produzido no Amazonas, Tumbes e Piura, apresentam altos níveis de Cd (Gardini, *et al.*, 2017). Em geral, os grãos de cacau latino-americanos contêm níveis mais elevados de metais, especialmente cádmio e chumbo (Bertoldi *et al.*, 2016).

O Equador com mais de 240 anos de experiência é um grande produtor no mercado global. Os grãos exportados têm uma contribuição muito importante para a economia do país, especialmente durante os primeiros e segundos "Boom do Cacau", ocupando a quarta posição mundial na produção, com uma produção anual de 300.000 toneladas (Ramos *et al.*, 2022). Na figura 2 uma produção de cacau no Equador.



Fonte: Chocoladefabriken Lindt & Sprüngli AG (2024).

O estudo mais antigo feito por Knezevic data 1979, encontrou concentrações de cádmio em grãos de cacau e no chocolate, este trabalho mostrou que as altas concentrações de cádmio no cacau estão frequentemente presentes em amostras da América Latina (Vanderschueren *et al.*, 2021). Portanto o objetivo dessa revisão é compreender quais fatores corroboram na bioacumulação de metais tóxicos no cacau e paralelo a isso quais medidas estipuladas pelos órgãos regulatórios destacando o cádmio como metal principal nessa revisão.

### Fatores que afetam a bioacumulação de Cádmio no cacau

A biodisponibilidade dos metais para as plantas está intimamente relacionada como a sua mobilidade no solo e também é controlado pelo pH do solo, que também é um fator importante na migração de metais nos tecidos vegetais. Em valores baixos de pH, os metais podem existir na forma catiônica e são menos facilmente adsorvidos pelas superfícies do solo (Neina, 2019). Estudo sobre a bioacumulação de Cd em cacau norteiam vertentes de pesquisas e uma delas é o perfil genético da planta. Por exemplo, a ampla plasticidade fenotípica nas respostas do cacau aos metais pesados (Galvis *et al.*, 2023).

No Peru (Arévalo-Gardini *et al.*, 2017) observaram uma tendência maior para o acúmulo de Cd em variedades como CCN51, ICS95 e alguns híbridos, em comparação com genótipos nativos. Lewis *et al.* (2018) também identificaram

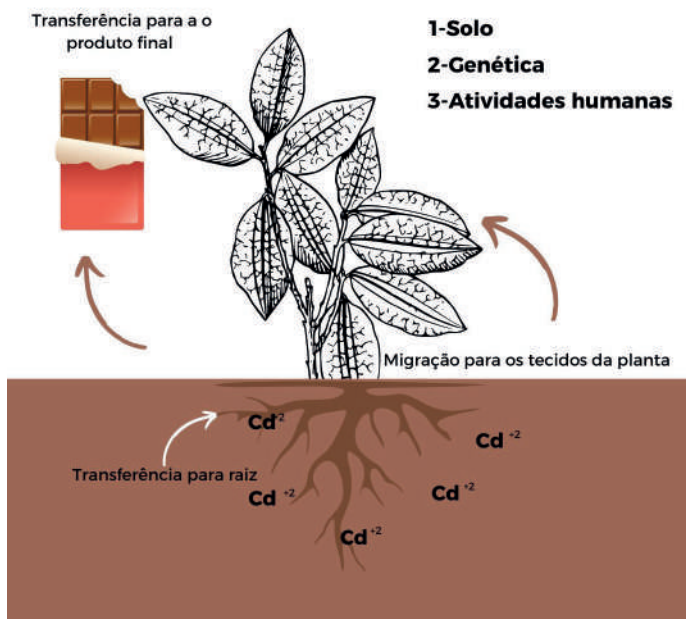
uma variação de até 13 vezes na concentração de Cd entre os 100 genótipos de cacau avaliados. Da mesma forma, Engbersen *et al.* (2019) também destacaram diferenças significativas na resposta dos genótipos ao cádmio.

A maioria das análises que correlacionam o cádmio do solo com o cádmio no cacau têm se concentrado em áreas específicas, o que limita a compreensão dos fatores mais amplos que influenciam o teor de Cd no cacau. De maneira semelhante a outras plantas, acredita-se que a absorção pelo cacau reflete não apenas o teor total de Cd presente no solo, mas também as interações com outras características do solo (Wade *et al.*, 2022).

De acordo com Barraza *et al.* (2017), no Equador, o cádmio pode estar presente no ambiente tanto por fontes naturais, como erupções vulcânicas frequentes na região dos Andes e a lixiviação de rochas vulcânicas, quanto por atividades humanas, como o processamento industrial e a exploração de petróleo.

A região amazônica equatoriana abriga uma grande rede de estradas, oleodutos e instalações de petróleo que estão localizadas perto das fazendas. Na costa do pacífico a Cidade de Esmeraldas está exposta a contaminação do ar por composto inorgânicos e orgânicos devido as emissões das refinarias de petróleo, e as fazendas de cacau são cultivadas próximas a essas áreas (Barraza *et al.*, 2017). Diante desses fatos, até o momento onde sabemos nenhum estudo investigou a ligação da bioacumulação de cádmio da planta de cacau e as proximidades com áreas industriais dessa região do Equador.

Em um espectro global, as principais fontes de Cd incluem a deposição atmosférica proveniente de atividades industriais, lodo de esgoto e fertilizantes fosfatados (Barraza *et al.*, 2017). Na figura 3 são apresentadas possíveis formas de migração do Cd para cacau até sua acumulação no produto final.



Fonte: Adaptado de Vanderschueren et al., 2021.

## Legislação para cádmio em cacau

O cádmio é um metal que pode ser extremamente tóxico e não desempenha nenhuma função biológica conhecida nos seres humanos. Quando o cádmio é introduzido no corpo, ele tende a se acumular e tem uma meia-vida biológica que varia de 10 a 35 anos. A exposição prolongada a esse metal tem sido associada a diversos problemas de saúde, como disfunção nos túbulos renais e osteomalácia, conforme relatado pela Organização Mundial da Saúde em 2010.

A dieta é a principal fonte de cádmio para a população não fumante, com alimentos básicos como arroz, trigo e batatas sendo grandes contribuintes para a exposição ao cádmio devido ao seu consumo frequente (Vanderschueren *et al.*, 2021).

Para proteger os consumidores a comissão do Codex Alimentarius recomendou novos limites para cádmio no chocolate, que define que a concentração máxima permitida de Cd em chocolates e cacau em pó fica entre 0,3 miligramas por quilograma (mg/kg) para chocolate contendo < 30% de sólidos totais de cacau e 0,3mg/kg para a categoria de ≥ 30% a < 50%. Chocolates e produtos de chocolate contendo ou declarando ≥ 30% a < 50% de sólidos totais de cacau

em base de matéria seca é de 0,6 – 0,7 mg/kg (oriundos do Equador),  $\geq 50\%$  e  $< 70\%$  total de sólidos 0.8 mg/kg e  $\geq 70\%$  total é 0.9 mg/kg (oriundos do Equador) (Codex Alimentarius Commission, 2021).

Mesmo com limites estabelecidos pelo Codex, a União Europeia estabeleceu limites inferiores aplicando regras mais rígidas com níveis máximos permitidos de cádmio que são de 0,1 mg/kg para chocolate ao leite com menos de 30% de sólidos totais de cacau e 0,3 mg/kg para chocolate na faixa de 30% a 50%.

O JFCA, (2021) em documento de sessão virtual relatou que embora conclua que a maioria das pessoas permaneçam em baixos níveis de níveis exposição da (Tolerable Monthly Intake) a avaliação de risco feita pela EFSA chega a conclusão oposta, pois na EU o valor estabelecido de referência toxicológica e 50% menor do estabelecido pela JFCA. Diante disso o JFCA declara que os produtos de cacau com altas concentrações de Cd podem corroborar para uma exposição maior de crianças de 3 a 9 anos no país europeu que consomem produtos elaborados com cacau da região.

Os limites recentemente implementados pela UE e as diretrizes do Codex Alimentarius são aplicáveis ao produto final destinado aos consumidores, e não aos grãos de cacau. A indústria de processamento de cacau adaptou os limites da UE para cádmio em produtos derivados do cacau para estabelecer requisitos relacionados às concentrações máximas de cádmio nos grãos de cacau fermentados adquiridos de seus fornecedores, com variações nos requisitos entre diferentes empresas (Vanderschueren *et al.*, 2021).

O cacau necessita atender a rigorosos padrões de qualidade e segurança, sendo a concentração de (Cd) um dos critérios mais importantes para sua comercialização. De fato, foi observada uma forte correlação entre a cultura do cacau e a presença desse metal, evidenciando uma maior propensão ao acúmulo de Cd. O chocolate finalizado pode, portanto, conter níveis de cádmio superiores aos encontrados em outros alimentos e bebidas (Galvis *et al.*, 2023).

A contaminação de produtos alimentícios que contêm cacau, como o chocolate amargo, com metais não essenciais, como cádmio (Cd) foi documentada por laboratórios independentes de teste. Essas descobertas podem influenciar significativamente os padrões alimentares dos consumidores, que podem optar por evitar produtos com cacau devido aos potenciais riscos à saúde associados à presença de metais. No entanto, as implicações e a veracidade clínica dessas

alegações ainda não foram adequadamente exploradas na literatura científica. Os estudos mostram a necessidade de um monitoramento e regulamentação mais rigorosos (Hands *et al.*, 2024).

As concentrações de metais não essenciais não foram relatadas por ultrapassem os limites de segurança, contudo a presença desses elementos potencialmente nocivos e a sua absorção pelo grão de cacau gera preocupações sobre a segurança humana a longo prazo (Ramos *et al.*, 2022).

### **Cádmio e riscos à saúde**

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS) em 2024, o cádmio é um metal que pode causar toxicidade nos rins, afetar o sistema esquelético e comprometer a função respiratória. É reconhecido como cancerígeno para os seres humanos. Embora as concentrações naturais no ambiente sejam geralmente baixas, as atividades humanas têm levado a um aumento significativo em níveis ambientais considerado relevante para a exposição humana. Esse aumento é especialmente preocupante no caso das crianças, que podem ser mais suscetíveis aos efeitos nocivos desse metal tóxico.

A preocupação decorre do fato de que a maioria das pessoas está exposta a esse metal através da alimentação e da sua tendência a se acumular no organismo ao longo da vida. Pois é reconhecido amplamente como um poluente ambiental com riscos significativos para a saúde humana. (Shaefer *et al.*, 2020).

É um elemento raro encontrado na natureza que, em sua forma pura, se apresenta como um metal maleável de cor azulada ou um pó branco acinzentado e reage rapidamente com outras substâncias (NTP, 2016). Além disso, o Cd é amplamente disperso no ambiente devido a diversas atividades humanas, incluindo mineração, fundição, fabricação de baterias de níquel-cádmio, revestimento de metais, produção de pigmentos, estabilizadores de plásticos, descarte de lodo de esgoto e aplicação de fertilizantes fosfatados e esterco (Shaefer *et al.*, 2020).

A ingestão dietética de Cd é estimada em cerca de 2,04 µg/kg de peso corporal por semana ao longo da vida, com base numa expectativa de vida média de 77 anos. Pelo sistema Foodex, vegetais e produtos de confeitaria correspondem a 11% e 3% da exposição ao cádmio, respectivamente. Especificamente, os grãos de cacau e o chocolate são responsáveis por contribuições que variam de 4 a

26% e de 15 a 92% da exposição ao cádmio, respectivamente, dependendo da faixa etária dos consumidores (Agência Europeia para a Segurança dos Alimentos EFSA, 2012). No entanto, a avaliação da proporção da concentração total de cádmio que pode potencialmente impactar a saúde humana por sua ingestão ao longo da vida ainda não foi investigada em produtos derivados do cacau.

A exposição pode ser proveniente da ingestão de alimentos, água potável ou solo e poeira contaminados, também por via inalatória da fumaça de tabaco ou material particulado do ar ambiente (ATSDR, 2012). Uma fonte significativa é o tabagismo. É importante observar que 90% da exposição ao Cd para a população não fumante provém de alimentos (EFSA, 2012).

A ingestão através dos alimentos pode resultar em acúmulo nos rins, que é o órgão mais suscetível à toxicidade desse metal. Com o tempo, isso pode levar a disfunções nos túbulos renais e a danos progressivos nos rins (Shaefer *et al.*, 2020). As crianças têm maior susceptibilidade de serem afetadas por metais devido seus sistemas orgânicos ainda estarem em desenvolvimento e por consumir uma maior quantidade de alimentos por quilograma de peso corporal (Capitão *et al.*, 2022).

Por este motivo o público infantil particularmente está mais vulnerável através do consumo de chocolates, tendo em vista que muitos produtos são destinados a crianças à base de cacau. Estudos, como o de Devi *et al.* (2016), mostram que doces à base de cacau apresentam concentrações mais elevadas de metais em comparação com aqueles elaborados com leite ou açúcar. Esse fato confirma as diretrizes estabelecidas pelo Codex Alimentarius em 2021, que indicam que quanto maior o teor de cacau, maior a presença de metais no produto.

## CONCLUSÃO

Para reduzir a presença de cádmio na dieta, é fundamental controlar sua absorção pelas plantas desde o início. Devido às complexas interações entre a química do solo, a genética das plantas e as práticas agrícolas, e considerando a proximidade de áreas industriais, são necessárias mais pesquisas para entender a bioacumulação de cádmio. Experimentos e testes em campo são cruciais para aprimorar a modelagem de risco e desenvolver estratégias de manejo adaptadas a condições específicas das propriedades agrícolas. Além disso, órgãos

reguladores desempenham um papel importante ao estabelecer limites de cádmio em alimentos, garantindo a segurança alimentar. A colaboração entre pesquisas e regulamentações é essencial para minimizar a migração de cádmio para produtos como o cacau e assegurar a qualidade e segurança do produto final.

## Agradecimentos

Ao CAPES e CNPQ pelo financiamento deste estudo.

## REFERÊNCIAS

ADAMCZYK-SZABELA, D.; WOLF, W. M. The impact of soil pH on heavy metals uptake and photosynthesis efficiency in *Melissa officinalis*, *Taraxacum officinalis*, *Ocimum basilicum*. *Molecules*, v. 27, n. 15, p. 4671, 22 jul. 2022. DOI: 10.3390/molecules27154671. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/27/15/4671>.

ARÉVALO-GARDINI, E., ARÉVALO-HERNÁNDEZ, C. O., BALIGAR, V. C., & HE, Z. L. (2017). Heavy metal accumulation in leaves and beans of cacao (*Theobroma cacao* L.) in major cacao growing regions in Peru. *Science of The Total Environment*, 605–606, 792–800. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.122>.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR). **Toxicological profile for cadmium**. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, 2012.

ARAZA, F. *et al.* Cadmium bioaccumulation and gastric bioaccessibility in cacao: A field study in areas impacted by oil activities in Ecuador. *Environmental Pollution*, v. 229, p. 950-963, out. 2017.

APRAEZ MUÑOZ, J. J. *et al.* Mitigation of Pb toxicity by Mn in seedling of the cacao clonal CCN 51 genotype grown in soil: physiological, biochemical, nutritional and molecular responses. *Ecotoxicology*, v. 30, n. 2, p. 240-256, mar. 2021. DOI: 10.1007/s10646-021-02348-y. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10646-021-02348-y>.

CHUPILLON-CUBAS, J. *et al.* Acumulación de cadmio en seis genotipos de cacao utilizados como patrón. *In: International Symposium on Cocoa Research (ISCR-2017)*, 2017, [local de realização]. Anais... [S.l.: s.n.], 2017. p. 1-3.

CODEX COMMITTEE ON CONTAMINANTS IN FOODS (CCCF). Establishment of maximum levels for cadmium in chocolates and cocoa-derived products. 2021. Disponível em: <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/meetings/detail/en/?meeting=CCCF&year=2021>.

Devi, P. *et al.* Heavy metal content in various types of candies and their daily dietary intake by children. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 188, p. 86, 2016.

ENGBERSEN, N. *et al.* Acúmulo e alocação de cádmio em diferentes cultivares de cacau. *Science of the Total Environment*, v. 678, p. 660–670, 2019. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.04.024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719308737>.

GALVIS, D. A. *et al.* Unveiling Cacao Rootstock-Genotypes with Potential Use in the Mitigation of Cadmium Bioaccumulation. *Plants (Basel)*, v. 12, n. 16, p. 2941, 14 ago. 2023. DOI: 10.3390/plants12162941.

HANDS, J. M. *et al.* A multi-year heavy metal analysis of 72 dark chocolate and cocoa products in the USA. **Frontiers in Nutrition**, v. 11, p. 1366231, 31 jul. 2024. DOI: 10.3389/fnut.2024.1366231. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnut.2024.1366231/full>.

INTERNATIONAL INSTITUTE FOR ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. 2019. Disponível em: <https://www.iisd.org>.

Lewis, c. *et al.* Genetic variation in bioaccumulation and partitioning of cadmium in *Theobroma cacao* L. **Science of the Total Environment**, v. 640-641, p. 696-703, 1 nov. 2018. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.05.365. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718306264>.

MITIGATING the level of cadmium in cacao products: reviewing the transfer of cadmium from soil to chocolate bar. **Science of the Total Environment**, v. 780, p. 146779, 2021. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.146779. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969721018477>. Acesso em: 17 set. 2024.

NATIONAL TOXICOLOGY PROGRAM. (2016). Report on carcinogens: Cadmium. U.S. Department of Health and Human Services, National Institutes of Health. <https://ntp.niehs.nih.gov/ntp/roc/content/pro>.

NEINA, d. The role of soil pH in plant nutrition and soil remediation. **Applied and Environmental Soil Science**, v. 2019, p. 5794869, 2019. Mitigating the level of cadmium in cacao products: Reviewing the transfer of cadmium from soil to chocolate bar. **Science of the Total Environment**, v. 780, p. 146779, 2021. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.146779. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969721018477>. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/jesa/2019/5794869/>.

Organização mundial da saúde (OMS). Segurança e saúde química: cadmium. Genebra, 2022. Disponível em: <https://www.who.int/chemicals/health-risks/cadmium/en/>.

RAMOS, C. *et al.* Sustainability of Cocoa (*Theobroma cacao*) Cultivation in the Mining District of Ponce Enríquez: A Trace Metal Approach. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 21, p. 14369, 3 nov. 2022. doi: 10.3390/ijerph192114369. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-4601/19/21/14369>.

RUALES, J., RIVERA-PARRA, J. L., SAKAKIBARA, M., & DÍAZ, X. (2022). Sustainability of cocoa (*Theobroma cacao*) cultivation in the mining district of Ponce Enríquez: A trace metal approach. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 19(21), 14369. <https://doi.org/10.3390/ijerph192114369>.

SCHAEFER, H. R.; DENNIS, S.; FITZPATRICK, S. Cadmium: Mitigation strategies to reduce dietary exposure. **Journal of Food Science**, v. 85, n. 2, p. 260-267, fev. 2020. DOI: 10.1111/1750-3841.14997.

THOMAS, E. *et al.* The distribution of cadmium in soil and cacao beans in Peru. **Science of the Total Environment**, v. 881, p. 163372, 10 jul. 2023. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.163372. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969723006313>.

VANDERSCHUEREN, R. *et al.* Mitigating the level of cadmium in cacao products: Reviewing the transfer of cadmium from soil to chocolate bar. **Science of The Total Environment**, v. 781, p. 146779, 10 ago. 2021. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.146779.

WAN, Y. *et al.* Heavy metals in agricultural soils: Sources, influencing factors, and remediation strategies. **Toxics**, v. 12, n. 1, p. 63, 12 jan. 2024. doi: 10.3390/toxics12010063. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2305-6304/12/1/63>.

WADE, J. *et al.* Drivers of cadmium accumulation in *Theobroma cacao* L. beans: A quantitative synthesis of soil-plant relationships across the Cacao Belt. **PLOS ONE**, v. 17, n. 2, p. e0261989, 2 fev. 2022. DOI: 10.1371/journal.pone.0261989.

# 02

---

## **IMPACTO DAS CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO NA QUALIDADE TECNOLÓGICA DO ÓLEO BRUTO DE ARROZ: UMA ABORDAGEM COM *MACHINE LEARNING***

Bianca Pio Ávila

Universidade Federal de Pelotas (UFPEL)

Layla Damé Macedo

Universidade Federal de Pelotas (UFPEL)

Frederico Kramer

Universidade Federal de Pelotas (UFPEL)

Márcia Arocha Gularte

Universidade Federal de Pelotas (UFPEL)

# RESUMO

Este estudo investigou o impacto das condições de armazenamento nos grãos de arroz, com ênfase na qualidade do óleo bruto extraído e no uso de técnicas de machine learning para analisar os dados. Os grãos foram armazenados por 12 meses em ambiente com alta umidade relativa e temperatura ambiente. Durante esse período, observou-se uma redução no teor de óleo e aumentos nos índices de peróxido e saponificação. Técnicas de machine learning foram aplicadas para identificar os parâmetros críticos que afetam a qualidade do óleo, permitindo prever mudanças na composição química ao longo do tempo. Os resultados demonstram que a integração de análises físico-químicas com machine learning pode otimizar o armazenamento, garantindo a manutenção da qualidade do óleo de arroz.

**Palavras-chave:** aprendizado de máquina; inteligência artificial; *Oryza sativa*.

## INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um dos cereais mais produzidos e consumidos no mundo, caracterizando-se como principal alimento para mais da metade da população mundial. É importante fonte de calorias na alimentação humana, além de contribuir significativamente no suprimento das necessidades de alguns minerais da dieta (Walter *et al.*, 2008).

Alguns fatores físicos (temperatura, umidade e danos mecânicos) e biológicos (insetos, ácaros e microrganismos) afetam a conservação dos grãos armazenados. Estes fatores podem promover a degradação dos grãos, e são afetados dependendo do tipo de tegumento, constituição química e arranjo celular (Lorini *et al.*, 2009; Elias, 2008).

As condições de pré-armazenamento, armazenamento, variedade e sistema de beneficiamento podem influenciar na composição química do arroz (Amato e Elias, 2005). O objetivo do armazenamento é a manutenção da qualidade do produto e isto é cada vez mais relevante devido à exigência do consumidor ser cada vez maior.

Fatores como temperatura e teor de água, no período de armazenamento, podem influenciar na qualidade do grão e do óleo extraído. A qualidade de um óleo vegetal e a qualidade tecnológica do grão está intimamente relacionada com a qualidade em que o grão é armazenado, por isso, é importante que se conheçam os efeitos das condições de armazenamento sobre a qualidade dos grãos e do óleo, de modo que estabeleçam metodologias apropriadas para a estocagem desses produtos.

Os óleos constituem-se em substâncias altamente instáveis, e por isso sujeitas a drásticas mudanças em sua qualidade e em suas propriedades funcionais e nutricionais, quando oriundos de grãos com um armazenamento incorreto. Quanto mais baixa a qualidade do óleo bruto maiores serão as perdas e os gastos no refino e menor será o rendimento industrial (Oetterer, 2006).

O uso de técnicas de machine learning (ML) tem se mostrado muito eficaz na previsão de alterações durante o armazenamento de grãos, como o arroz, oferecendo grandes benefícios para a indústria de alimentos. Durante o período de armazenamento, alguns fatores como temperatura, umidade e tempo podem afetar significativamente a qualidade dos grãos e do óleo extraído, causando a

perda econômica e a diminuição do valor nutricional e funcional do produto final. Através da aplicação de ML é possível analisar grandes volumes de dados que são gerados durante o armazenamento, permitindo assim identificar padrões complexos e relacionamentos entre variáveis que podem não ser evidentes nos métodos tradicionais (Coradi, 2022).

Ao determinar o impacto causado por esses parâmetros críticos, como o teor de óleo, acidez e peróxidos as técnicas de machine learning permitem à indústria a determinar as melhores formas de armazenamento, podendo assim incluir a otimização das condições de estocagem para minimizar a degradação do óleo e manter a qualidade tecnológica do grão. Além disso, o uso de ML pode auxiliar na criação de sistemas de monitoramento em tempo real, que alertam sobre possíveis alterações na qualidade, permitindo assim intervenções rápidas e eficazes (Jiang *et al.*, 2022).

A utilização de inteligência artificial no setor de arroz tem o potencial de transformar a cadeia produtiva, tornando-a mais eficiente e sustentável, ao mesmo tempo que diminui o desperdício e melhora o rendimento na refinação do óleo bruto. O uso dessas tecnologias avançadas pode reduzir os custos relacionados ao armazenamento inadequado e aumentar a competitividade do produto final no mercado, garantindo a entrega de produtos de alta qualidade ao consumidor (Hunaf *et al.*, 2023).

Objetivou-se, portanto, avaliar através de técnicas de machine learning, a influência das condições do armazenamento de grãos de arroz e suas consequências na qualidade tecnológica do óleo bruto.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

O experimento foi executado no laboratório de grãos (LABGRÃOS) da Universidade Federal de Pelotas - RS.

Foram utilizados grãos de arroz da classe longo fino produzido em sistema irrigado na região sul do Rio Grande do Sul. Os grãos foram limpos e secos a 13% de umidade e armazenados em casca por 1 e 12 meses, em sacos de rafia de 25Kg, acondicionadas em temperatura ambiente  $25\pm 1^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa do ar de 80%. O uso de uma umidade relativa alta tem como objetivo simular

situações que ocorrem no Estado do Rio Grande do Sul durante as estações de outono e inverno.

Os teores de óleo foram determinados em aparelho Soxhlet, de acordo com o método nº. 30.20 da AOCS (1998).

Para a determinação do índice de acidez, pesou-se 2 g de óleo bruto em um erlenmeyer, adicionou-se 25 mL de solução de éter-álcool (2:1) previamente neutralizada com uma solução de hidróxido de sódio 0,1 N. Em seguida, foram adicionadas 2 gotas de indicador fenolftaleína e titulou-se com solução de NaOH 0,01N até atingir a coloração rósea, conforme método do Instituto Adolfo Lutz (2008).

O índice de peróxidos foi realizado segundo a Metodologia oficial de American Oil Chemist's Society - Método AOCS Cd-8b-90 (1998), que consistiu na dissolução de 5g de amostra de óleo em solução de ácido acético e clorofórmio (3:2) e adição de 1mL de solução saturada de iodeto de potássio. Agitou-se e deixou-se o erlenmeyer em repouso, fechado e protegido da luz, durante 5 minutos. Adicionou-se 100mL de água destilada recentemente fervida e resfriada. Agitou-se vigorosamente, e em seguida titulou-se com tiossulfato de sódio 0,01N. O volume gasto após a adição da solução de amido a 1% indicou a concentração de peróxidos em meq.kg<sup>-1</sup> (AOCS, 1998).

Na determinação do índice de saponificação pesou-se 2 g de óleo bruto de arroz em um erlenmeyer e adicionou-se 20 mL de solução alcoólica de hidróxido de potássio a 4%. Em seguida, adaptou-se o erlenmeyer a um condensador de refluxo e aqueceu-se até ebulição branda, durante 30 minutos. Logo após adicionou-se 2 gotas de indicador fenolftaleína e em seguida titulou-se, a quente, com ácido clorídrico 0,5 mol.L<sup>-1</sup> até o desaparecimento da cor rosa (AOCS, 1998).

Foram realizadas análise de variância (ANOVA) e comparação de médias pelo teste t, ambas a 5% de significância. Foi criado o modelo de machine learning de Regressão Linear Múltipla, análise dos coeficientes e magnitude dos coeficientes e Análise de Sensibilidade. As técnicas de machine learning assim como os gráficos gerados foram feitos na linguagem de programação Python versão 3. Utilizou-se as bibliotecas Pandas, Numpy, Seaborn, Matplotlib e Scikit-learn.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nas análises podem ser observados na Tabela 1.

**Tabela 1 - Parâmetros tecnológicos de arroz armazenado por 1 e 12 meses.**

Parâmetros	Tempo de armazenamento ( meses)	
	1	12
Teor de óleo (%)	5,60±0,2	2,22±0,1
Acidez dos grãos (g de ácido oleico/100g <sup>-1</sup> )	0,08±0,02	0,39±0,3
Índice de peróxidos (meq.g/Kg <sup>-1</sup> )	0,00±0,01	10,02±1,0
Índice de saponificação (mg.KOH.g <sup>-1</sup> óleo)	104,9±0,4	129,8±1,1

\*média±desvio padrão. Teste t com significância de p<0,05. Todos os parâmetros apresentaram significância.

**Fonte:** Própria autora (2024).

O teor de óleo extraído para o arroz com um mês de armazenamento foi de 5,6% e no grão com doze meses de armazenamento foi de 2,22%, demonstrando um menor rendimento de extração.

A porcentagem de acidez apresentada nos grãos de arroz foi influenciada significativamente pelo tempo de armazenamento, pois o óleo obtido do arroz com maior tempo de armazenamento apresentou 0,39% de acidez em ácido oleico, enquanto que o óleo obtido do arroz com menor tempo de armazenamento apresentou 0,08% de acidez em ácido oleico. O armazenamento com alta umidade influencia na atividade enzimática e assim causa degradação no óleo, que é a parte mais reativa do grão. Estes resultados estão de acordo com os relatados por Silva (2006) e Park (2012).

Não foi detectado índice de peróxidos para o óleo extraído dos grãos com um mês de armazenagem estando, portanto, próximo de zero mEq.Kg<sup>-1</sup>, concordando com a literatura especializada para óleos recém refinados (Farhoosh; Einafshar; Sharayei, 2009). O óleo obtido do grão com 12 meses de armazenagem apresentou índice de peróxidos de 10 mEq.Kg<sup>-1</sup>. Ainda que este valor seja maior que o anteriormente calculado, está dentro dos limites estabelecidos pela RDC nº 270 de 2005 da ANVISA (ANVISA, 2005). A presença de peróxidos é um indício do início da deterioração de óleos e gorduras, limitando-se aos estágios iniciais da oxidação, quantificando produtos primários da reação. Quanto maior o índice de peróxido inicial do óleo, maior é a fragilidade da amostra das reações de oxidação (White, 2000).

O óleo com menor índice de saponificação foi o extraído do grão com menor tempo de armazenamento, apresentando um valor de 104,9 mg.KOH.g<sup>-1</sup> óleo, ao mesmo tempo que o óleo obtido do grão com maior tempo de armazenagem foi

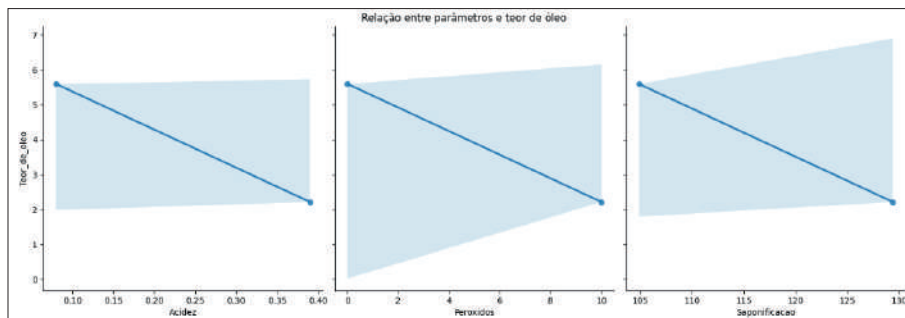
de 129,4 mg.KOH.g<sup>-1</sup> óleo. O índice de saponificação é um parâmetro importante que demonstra a presença de óleos e gorduras com alta proporção de ácidos graxos de baixo peso molecular (Dantas, 2006).

Segundo o modelo de Regressão Linear Múltipla, os valores dos coeficientes para cada um dos parâmetros foi: -0,00149 para o parâmetro Acidez. Para o parâmetro peróxidos, o coeficiente foi -0,04822 e para saponificação foi de -0,11827. A magnitude dos coeficientes indica a força da relação entre cada parâmetro e o teor de óleo. O coeficiente mais negativo foi -0,11827 (saponificação), sugerindo que a saponificação tem o maior impacto negativo sobre o teor de óleo. O sinal negativo significa que, à medida que o valor do parâmetro aumenta, o teor de óleo tende a diminuir. Com base nesses coeficientes, a saponificação é o parâmetro mais influente (tem o coeficiente de maior magnitude negativa) e a acidez é o parâmetro menos influente.

O R<sup>2</sup> (coeficiente de determinação) mediu a proporção da variância na variável dependente (teor de óleo) que é explicada pelas variáveis independentes (acidez, peróxidos, saponificação) e este apresentou o valor de 0,98 demonstrando que o modelo explicou 98% dos dados, indicando um ajuste significativo.

A Figura 1 representa os resultados obtidos a partir da regressão linear múltipla.

**Figura 1** - Gráficos de regressão linear múltipla dos parâmetros que influenciam no teor de óleo de arroz.

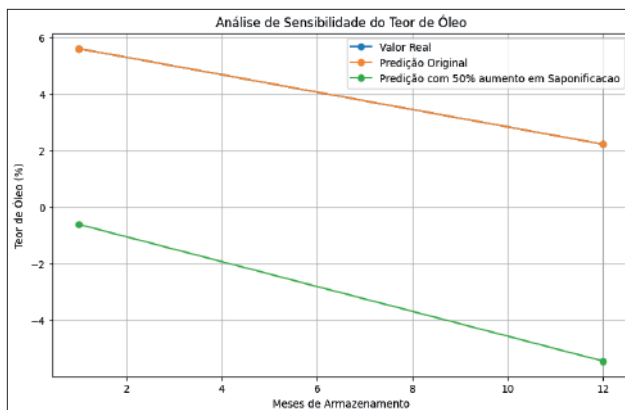


Fonte: Própria autora (2024).

A análise de sensibilidade examinou como a incerteza nos valores de entrada de um modelo (por exemplo, variáveis como temperatura, umidade, acidez) influenciam a incerteza na saída, que neste caso é a qualidade do óleo de arroz. Ela ajuda a identificar quais variáveis de entrada são mais influentes, permitindo aos analistas focar nos fatores críticos que têm o maior impacto no resultado.

Essa análise simulou um aumento de 50% do parâmetro mais influente, a fim de prever se sua influência continua atuando ao longo do tempo (Figura 2).

**Figura 2** - Análise de Sensibilidade na predição da influência do acréscimo do índice de saponificação ao longo do tempo no teor de óleo de arroz.



Fonte: Própria autora (2024).

Após o treinamento do modelo, a análise de sensibilidade foi capaz de indicar quais características (features) do modelo tiveram maior impacto nas previsões. Essa técnica é interessante, pois pode ser útil para melhorar a interpretação e a confiabilidade dos modelos de machine learning, especialmente em situações em que é crucial entender o papel de cada variável.

Este gráfico mostra a relação entre o índice de saponificação e o teor de óleo. A linha de tendência mostrou-se negativa, indicando que um aumento no índice de saponificação está associado a uma redução no teor de óleo. Um índice de saponificação mais alto pode refletir a presença de ácidos graxos de cadeia mais curta, que podem indicar degradação do óleo e, portanto, menor qualidade do óleo.

O índice de saponificação é a medida do peso molecular médio dos ácidos graxos presentes em uma substância, é definido como o número de miligramas de hidróxido de potássio necessários para saponificar uma quantidade de óleo ou gordura. Em termos práticos, ele é inversamente proporcional ao tamanho médio das moléculas de ácidos graxos presentes no óleo, ou seja, quando maior o índice de saponificação menor será a cadeia média dos ácidos graxos. Esse índice é crucial para avaliar a adequação de óleos para usos específicos, pois afeta diretamente sua estabilidade e vida útil. Os óleos com ácidos graxos de cadeia

longa, apresentam um menor índice de saponificação, tendem a ser mais estáveis e menos propensas a oxidação, o que é desejável para prolongar a vida útil. Se o índice de saponificação aumenta devido à degradação, o óleo pode se tornar menos estável e mais suscetível a ranço (Mohammed; Hashem; Maksoud, 2024).

O processo de refino é determinado a partir do tipo de óleo e o índice de saponificação, já que o índice de saponificação pode influenciar no rendimento e na pureza do óleo final. A presença de ácidos graxos de cadeia curta e um índice de saponificação alto resulta em maior perda de óleo durante o refino (Arumughan, 2012). A exposição prolongada ao calor pode acelerar a quebra dos ácidos graxos de cadeia longa, resultando em um índice de saponificação mais alto devido à quebra dos triglicerídeos

Conforme o índice de saponificação aumenta, a qualidade do óleo pode diminuir, devido à maior suscetibilidade à oxidação e rancidez, tornando-se menos adequado para o consumo e processamento, o que causa também a redução da sua vida útil e valor comercial (Onyema; Ibe, 2016).

Gharb (2022) descreve que o armazenamento inadequado dos grãos são uma das principais responsáveis pela degradação da qualidade do óleo extraído, em seu estudo com óleos vegetais pode-se observar que o índice de saponificação aumentou com o tempo devido à degradação dos triglicerídeos, principalmente sob condições adversas. No estudo pode-se observar a deterioração oxidativa aumentando o índice de saponificação dos óleos de palma e de soja, correlacionando-se com a redução da qualidade sensorial e funcional do óleo.

As mudanças no índice de saponificação impactam tanto a quantidade de óleo quanto sua qualidade, ressaltando a relevância de manter condições apropriadas para o armazenamento dos grãos, a fim de preservar a integridade do óleo extraído, como no caso do arroz.

## CONCLUSÃO

Nos grãos armazenados em casca por 12 meses, sob temperatura ambiente e alta umidade relativa do ar houve diminuição no teor de óleo extraído e aumentos nos índices de peróxido e de saponificação, evidenciando que o prolongamento do tempo de armazenamento em altos valores de umidade combinadas

com temperatura inadequada de armazenagem, diminui a qualidade do óleo dos grãos de arroz.

O uso de técnicas de machine learning mostraram-se eficazes para indicar o parâmetro que influencia no teor e qualidade do óleo extraído, assim como foi capaz de prever os resultados de alterações nos teores de saponificação ao longo do tempo em relação ao teor de óleo de arroz.

O uso de análises físico-químicas combinadas com o uso da inteligência artificial auxilia na tomada de decisão das indústrias em relação ao armazenamento e processamento de grãos para manter a qualidade do óleo, garantindo que a produção seja eficiente e de alta qualidade.

## Agradecimentos

Apoio Estado do Rio Grande do Sul, FAPERGS e CNPQ no projeto 421630/2022-1.

## REFERÊNCIAS

- AMATO, G. W.; & ELIAS, M. C. **A Parboilização do Arroz**. 1. ed. Porto Alegre: Ricardo Lenz Editor, V,1,160p, 2005.
- ANVISA - Agência Nacional da Vigilância Sanitária, Resolução nº. 270, de 22 de setembro de 2005, Regulamento técnico parafixação de identidade e qualidade de óleos e gorduras vegetais, **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, p. 82 - 87, 2005.
- AOCS – American Oil Chemists’ Society. Official and tentative methods of the American Oils Chemists’ Society, **Chapaign**, II., 1998.
- CORADI, P. C., LUTZ, É., DOS SANTOS BILHALVA, N., JAQUES, L. B. A., LEAL, M. M., & TEODORO, L. P. R. Prototype wireless sensor network and Internet of Things platform for real-time monitoring of intergranular equilibrium moisture content and predict the quality corn stored in silos bags. **Expert Systems with Applications**, v. 208, p. 118242, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.118242>.
- DANTAS, M. B. Obtenção, caracterização e estudo termoanalítico de biodiesel de milho (Dissertação de Mestrado), Universidade da Paraíba, João Pessoa, 2006.
- ELIAS, M. C. Manejo tecnológico da secagem e do armazenamento de grãos. Pelotas: Ed. Santa Cruz, 2008. 367p.
- FARHOOSH, R.; EINAFFSHAR, S.; SHARAYEI, P. The effect of commercial refining steps on the rancidity measures of soybean and canola oils. **Food Chemistry, Mashhad**, n. 115, p.933-938, 08 jan. 2009.
- GHARBY, S. Refining vegetable oils: Chemical and physical refining. **The Scientific World Journal**, v. 2022, n. 1, p. 6627013, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2022/6627013>.

HUANG, F., PENG, Y., LI, L., YE, S., & HONG, S. Near-Infrared spectroscopy combined with machine learning methods for distinguishment of the storage years of rice. **Infrared Physics & Technology**, v. 133, p. 104835, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2023.104835>.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análises de alimentos**. São Paulo. 4º. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz. 2008. 533p.

JIANG, Y., LUO, J., HUANG, D., LIU, Y., & LI, D. D. Machine learning advances in microbiology: A review of methods and applications. **Frontiers in Microbiology**, v. 13, p. 925454, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.925454>.

LORINI, I.; KRZYŻANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A. Principais pragas e métodos de controle em sementes durante o armazenamento. **Informativo Abrates**, v.19, p.21-28, 2009.

LS, A. D., & ARUMUGHAN, C. Effect of saponification on composition of unsaponifiable matter in rice bran oil. **Journal of Oleo Science**, v. 61, n. 5, p. 241-247, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.5650/jos.61.241>.

MOHAMMED, A. S., HASHEM, H. A. A., & ABDEL MAKSOUD, B. S. Improving the quality properties of soybean oil by using rice bran oil. **Scientific Reports**, v. 14, n. 1, p. 2723, 2024. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-024-53059-3>.

OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M.; SPOTO, M. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos**. Barueri (SP): Manole, 2006, p.196-351.

'ONYEMA, C., & IBE, K. Effects of refining processes on the physicochemical properties of some selected vegetable oils. **American Chemical Science Journal**, v. 12, n. 4, p. 1-7, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.9734/ACSJ/2016/23290>.

PARK, C. E.; KIM, Y. S.; PARK, K. J.; KIM, B. K. Changes in physicochemical characteristics of Rice during storage at different temperatures. **Journal of Stored Products Research**. V.48, p.25-29, 2012.

SILVA, M.A.; SANCHES,C.; AMANTE, E.R. "Prevention of hydrolytic rancidity in Rice bran". **Journal of Food Engineering**. v. 75.n. 4:p.487-491, 2006.

WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L. A. Arroz: composição e características nutricionais. **Ciência Rural**, v. 38, n. 4, p. 1184-1192, 2008.

WHITE, P.J. Flavor quality of fats and oils. *In*: O'BRIEN, R.D., FARR, W. C., WAN, P. J. **Introduction to fats and oils technology**. 2. ed. Champaign: AOCS Press, 2000.

## **VITICULTURA BRASILEIRA - FISIOLOGIA DA MATURAÇÃO DA UVA E FATORES QUE INFLUENCIAM NA COLHEITA PARA VINIFICAÇÃO: UMA REVISÃO NARRATIVA**

Leonardo Silva Campos  
Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Vitor Augusto dos Santos Garcia  
Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Pedro Henrique Hortolani Cunha  
Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Giuseppina Pace Pereira Lima  
Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Marco Antonio Tecchio  
Universidade Estadual Paulista (UNESP)

# RESUMO

O processo de pós-colheita e a elaboração do vinho estão intimamente ligadas. O manuseio, processamento e a transformação das uvas após a colheita podem acentuar ou minimizar as características varietais, o terroir e o estilo do vinho desejado. O sucesso de um vinho de qualidade começa no vinhedo, mas é durante a pós-colheita e a vinificação que ele é refinado e transformado em uma bebida única e apreciada mundialmente. As uvas utilizadas na produção de vinho são fontes de compostos bioativos, substâncias que desempenham um papel importante na promoção da saúde humana. Os compostos bioativos são responsáveis por diversas propriedades benéficas associadas ao consumo de vinho, especialmente o vinho tinto, e também influenciam nas características sensoriais e a qualidade final da bebida. Entre os principais compostos bioativos encontrados nas uvas estão os polifenóis, antocianinas, taninos e flavonoides. Os compostos bioativos presentes nas uvas para vinho têm sido objeto de numerosos estudos científicos, especialmente no contexto da dieta mediterrânea e do consumo moderado de vinho. Neste capítulo apresentaremos alguns aspectos da viticultura brasileira, as principais cultivares usadas, bem como a sua composição polifenólica.

**Palavras-chave:** cultivares; compostos bioativos; sustentabilidade; vitivinicultura.

## INTRODUÇÃO

A viticultura tem importante relevância para o desenvolvimento socioeconômico do Brasil. No ano de 2020, o país apresentava mais de 75.000 ha de vinhedos, com destaque para o Estado do Rio Grande do Sul, responsável por 90% da produção nacional de uva para vinho e 85% da uva para vinhos espumantes. Na região Sudeste, o Estado de São Paulo é um dos maiores produtores de uva de mesa para consumo *in natura*, com mais de 11.100 ha, representando mais de 10% da área nacional, seguido de Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro. A região Nordeste concentra o cultivo no Vale do São Francisco, com destaque para os Estados de Pernambuco e Bahia (Pereira *et al.*, 2020; Mello; Machado, 2021).

A produção total de uva do Brasil, em 2021 foi de 1.600.000 t (Mello; Machado, 2021), com destaque para o Rio Grande do Sul, responsável pela produção de 616,12 milhões de litros de bebidas, como vinho, suco de uva, entre outros derivados. Dentre os vinhos finos, os elaborados com *Vitis vinífera*, representam mais de 43 milhões de litros. Na viticultura tropical, com grande potencial para produção de vinhos espumantes, a produção anual foi de 4 milhões de litros de vinho (Galaz *et al.*, 2020; Pereira *et al.*, 2020b).

Devido a extensão territorial do Brasil, com mais que 8.5 milhões km<sup>2</sup>, há uma grande variação de condições edafoclimáticas e tipos de viticultura, como os vinhos tropicais, inverno e tradicionais, todas com diferentes *terroir*, conceito francês essencial na enologia e na viticultura, que representa a combinação do tríplice clima, solo e manejo (homem). A viticultura tradicional, apresenta apenas um ciclo produtivo por ano (uma poda e uma colheita), resultando em vinhos provenientes de regiões de clima temperado e subtropical, dos estados do Sul (Pereira *et al.*, 2020b). A viticultura tropical, com duas podas e duas colheitas por ano, origina os vinhos tropicais das regiões semiáridas do Brasil e a viticultura de inverno com a poda dupla e uma colheita por ano, do sudeste do Brasil, em regiões subtropicais e tropicais de altitude (600 até 1.200 m), apresentam condições que alteram o amadurecimento e conseqüentemente, a época de colheita do verão para o inverno (Regina, 2009; Galaz *et al.*, 2020; Pereira *et al.*, 2020b).

## PRINCIPAIS UVAS UTILIZADAS PARA PRODUÇÃO DE VINHOS FINOS NAS DIFERENTES REGIÕES BRASILEIRAS

De acordo com a legislação brasileira (Lei nº 7.678), que dispõe sobre a produção, circulação e comercialização do vinho e derivados da uva e do vinho (BRASIL, 1988), vinho fino e/ou nobre é considerada como bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto simples de uvas sãs, frescas e maduras, exclusivamente de cultivares *Vitis vinífera*. Diferentes cultivares de uvas *viníferas* podem ser utilizadas na produção de uma gama de estilos de vinhos. As principais cultivares *viníferas* empregadas na elaboração de vinhos finos nas principais regiões produtoras do Brasil serão apresentadas de acordo com suas respectivas regiões vitivinícolas.

Em relação a produção de espumantes, vinhos que apresentam carbonatação, a viticultura tradicional, as cultivares mais utilizadas e adaptadas à Serra Gaúcha, são: 'Chardonnay', 'Pinot Noir', 'Trebiano', 'Riesling Itálico' e 'Glera'. Porém, em Minas Gerais, existe uma elevada produção das cultivares Chardonnay, Pinot Noir e Riesling, utilizadas principalmente para a produção de espumantes. Já na viticultura tropical, destacam-se 'Moscato', 'Chenin Blanc', 'Sauvignon Blanc', 'Viognier', entre outras (Pereira *et al.*, 2020a).

Na produção de vinhos finos tranquilos, vinhos que não apresentam carbonatação, no Sudeste brasileiro, com o manejo de dupla poda, destacam-se 'Sauvignon Blanc', 'Viognier' e 'Chardonnay' para as castas brancas e para os vinhos tintos: 'Syrah', 'Cabernet Sauvignon', 'Cabernet Franc', 'Merlot', entre outros autorizados para produção de Vinhos de Colheita de Inverno (Pereira *et al.*, 2020). Na viticultura tradicional no Sul do país para produzir vinhos tintos destacam-se 'Merlot', principal uva tinta na Denominação de Origem Vale dos Vinhedos, 'Tannat', 'Cabernet Sauvignon', 'Cabernet Franc' e 'Pinot Noir' e para vinhos brancos destaque para 'Chardonnay', 'Riesling Itálico', 'Sauvignon Blanc' e 'Moscato Branco' (Mello; Silva, 2014; Tonietto *et al.*, 2022).

## FISIOLOGIA DA MATURAÇÃO DAS UVAS

A pós-colheita das uvas é uma etapa importante no processo de elaboração de vinhos, pois as decisões tomadas durante esse período influenciam diretamente

a qualidade final da bebida. Esse estágio envolve uma série de práticas que têm como objetivo preservar e, em alguns casos, intensificar as características desejadas nas uvas, preparando-as adequadamente para a vinificação. Para garantir a boa aceitação do vinho no mercado consumidor, fatores pré-colheita devem ser levados em consideração, pois vão influenciar a qualidade do vinho.

Por não ser classificado como fruto climatérico, durante a maturação fisiológica, ocorrem diversas alterações no metabolismo da uva, como o aumento do diâmetro das bagas, oscilação hormonal influenciada pela presença de ácido abscísico e etileno, acúmulo de açúcar, diminuição da acidez, aumento do pH, degradação da clorofila, síntese de compostos fenólicos e síntese de precursores aromáticos (Irland *et al.*, 2011; Gómez *et al.*, 2024).

De acordo com Mota *et al.* (2020), as alterações no tamanho da uva são devido ao aumento do teor de açúcar e água em sua composição e no final da maturação, o fruto pode apresentar leve desidratação, pois o transporte de seiva é reduzido. Durante esta etapa também ocorre degradação de ácidos orgânicos, principalmente ácido málico, paralelamente ao aumento do pH. A perda de água é um dos fatores cruciais, podendo influenciar significativamente a qualidade final do vinho, tanto para melhor quanto para pior. O processo físico da perda de água ocorre de maneira natural, mas é fortemente influenciado pelas condições climáticas específicas, quando os cachos de uva são deixados para desidratar. Com o avanço da ciência e da tecnologia, é possível garantir a perda controlada de água nas uvas, o que pode ser extremamente benéfico para a qualidade do vinho, sem comprometer suas características aromáticas e químicas (Sanmartin *et al.*, 2021).

A maturação da uva é um processo fisiológico que inicia após a baga atingir o seu pleno desenvolvimento e compreende o período de mudança de cor (*veraison* em francês, ou pintor em português) até à colheita (Mota *et al.*, 2020). Nas uvas tintas, a coloração da película da baga muda do verde opaco para o vermelho, devido a degradação da clorofila, enquanto nas variedades brancas a coloração muda do verde opaco para tons de verde a verde-amarelado translúcido (Figura 1). A coloração da baga se deve principalmente à formação de (poli)fenóis. Nas uvas brancas as flavonas são responsáveis pela cor amarelada e nas uvas tintas, a cor vermelha se deve às antocianinas (Irland *et al.*, 2011; Mota *et al.*, 2020).

Figura 1 - Fase de pintor ('veraison') na maturação de variedades tintas (A) e variedades brancas (B).



Foto: Leonardo Silva Campos, 2021.

Além dos compostos fenólicos relacionados a coloração da uva e do vinho, compostos como polissacarídeos estão relacionados mesmo que de forma indireta na coloração dos vinhos. Torna-se importante salientar que a cor dos vinhos está ligada também as características físico-químicas dos pigmentos e do meio onde se encontram (Torres-Rochera *et al.*, 2023).

Outros compostos atuam como precursores aromáticos, podendo ser de origem genética da cultivar, chamados aromas varietais, que podem ser encontrados na forma livre ou combinados a moléculas de açúcares, que incluem compostos como terpenos, metoxipirazinas e alguns tiois, que ocorrem com a maturação e podem ser influenciados pelo terroir, como mudança nos fatores edafoclimáticos e manejo do vinhedo, afetando diretamente na degradação ou na síntese dos precursores aromáticos (Mota *et al.*, 2020; Gómez *et al.*, 2024).

## COMPOSTOS FENÓLICOS E SUA INFLUÊNCIA NA COMPOSIÇÃO DO VINHO

Os compostos fenólicos são importantes na qualidade das uvas e estão concentrados principalmente nas sementes e cascas (Hornedo-Ortega *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2022). Essas moléculas contribuem para propriedades sensoriais como cor, sabor, sensação na boca, adstringência e amargor do vinho. Os (poli)fenóis têm sido estudados principalmente devido aos efeitos benéficos à saúde, pois apresentam propriedades fitoterápicas, farmacológicas e nutricionais (Vinha *et al.*, 2023).

Os principais polifenóis presentes na uva e no vinho são os flavonoides, classificados de acordo com sua estrutura molecular básica como não flavonóides e flavonóides, e incluem os ácidos fenólicos como ácido caftárico (Hornedo-Ortega *et al.*, 2020).

### **Taninos**

Os taninos são encontrados nas uvas e são responsáveis pela estrutura e adstringência dos vinhos tintos, bem como pela sensação de amargor e adstringência. Acredita-se que são formados para evitar que pássaros e outros predadores retirem os frutos das plantas. Esses compostos fenólicos originam-se nas sementes e película no início da fase de formação da baga, onde são encontrados em níveis mais elevados na forma monomérica. Sua presença confere amargor, entretanto, com a maturação ocorre a oxidação e formação de estruturas condensadas, apresentando adstringência, porém com menor amargor e se tornam mais difíceis de extrair devido à aderência às paredes celulares (Irland *et al.*, 2011; Hornedo-Ortega *et al.*, 2020).

### **Antocianinas**

A antocianina é um flavonóide e um pigmento natural, responsável principalmente pela coloração dos vinhos, desde a nuance roxa até o marrom avermelhado (Hornedo-Ortega *et al.*, 2020). É mais encontrada nas cascas das uvas tintas e apresenta aumento durante a maturação. Entretanto, algumas variedades conhecidas como tintureiras também apresentam antocianinas na polpa. O mercado

consumidor tem preferência pelas uvas bem coloridas. Deve-se levar em conta que alguns fatores podem afetar a formação desses pigmentos (antocianinas), incluindo genótipos, disponibilidade de água, temperatura, maturidade da uva ou intensidade e exposição à luz (Oliveira *et al.*, 2019; Hornedo-Ortega *et al.*, 2020).

De acordo com Oliveira *et al.* (2020), as antocianinas monoméricas não são muito estáveis e são facilmente oxidadas com o passar do tempo do vinho na garrafa. No entanto, as formações de derivados estáveis de antocianinas são importantes durante o envelhecimento do vinho (Zhang *et al.*, 2020). Nas reações de estabilização ocorrem mudanças estruturais, assim as antocianinas, instáveis em sua forma livre, reagem com outros compostos, por exemplo a taninos monoméricos e taninos condensados, por meio de ligações químicas, formando os co-pigmentos mais estáveis e não tão sensíveis a mudanças de pH e SO<sub>2</sub> (Hornedo-Ortega *et al.*, 2020).

Além de sua importância na aparência do vinho, as antocianinas também possuem propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias. Elas ajudam a proteger as células contra o estresse oxidativo, podendo reduzir o risco de doenças crônicas, como doenças cardiovasculares e neurodegenerativas. As antocianinas em uvas e vinhos têm atividade antioxidante e anticancerígena, e combatem doenças coronárias, diabetes tipo II e degeneração da retina (Martin *et al.*, 2011).

## COMPOSTOS NÃO FLAVONÓIDE

### Estilbenos

Os estilbenos são moléculas encontradas principalmente em vinhos tintos. O resveratrol (trans-3,5,4'-tri-hidroxiestilbeno) é o estilbeno mais conhecido e estudado devido as suas propriedades benéficas para a saúde. Na planta ele pode atuar como fitoalexina, ou seja, pode ser sintetizado pela videira em resposta a um estresse biótico ou abiótico, como microrganismos, pragas, salinidade, luminosidade, radiação, entre outros (Vaccari; Soccol; Ide, 2009; Guerra, 2012). O resveratrol pode ser encontrado tanto em vinhos, como em sucos de uvas vermelhas e tem sido relacionado com diversos benefícios, como diminuição dos fatores de risco de doenças cardiovasculares (DCVs), melhorando a função endotelial, inibir a agregação plaquetária, atuar como antioxidante, isto é, tem

papel de eliminar espécies reativas de oxigênio (ROS), reduzindo a inflamação (Chedea *et al.*, 2021). Dessa forma, vinhos com maior quantidade de resveratrol tem sido objeto de estudo no Brasil.

Entretanto, diversas pesquisas demonstram que os níveis de resveratrol em uvas brasileiras ainda é menor comparado com vinhos oriundos do Chile, França, Itália, entre outros países. De acordo com Silva *et al.* (2022), os níveis de resveratrol variam com o genótipo, como encontrado em 'BRS Carmem' e 'IAC 138-22 Máximo' (média de 1,52 mg kg<sup>-1</sup>) e em 'Isabel Precoce' e 'BRS Cora', que apresentaram média de 0,52 mg kg<sup>-1</sup>.

### Ácido Caftárico

O ácido caftárico é um ácido hidroxicinâmico (ácido fenólico) e um dos principais compostos presente nas variedades de vinho branco, contribuindo para a cor. Estes ácidos nas cultivares tintas podem atuam como co-pigmentos, implicando a formação de pigmentos mais estáveis chamados fenil-piranoantocianinas e são considerados estabilizadores de cor devido à co-pigmentação com antocianinas, resultando em pigmentos mais estáveis a variação de pH, e que variam da cor malva ao laranja (Hornedo-Ortega *et al.*, 2020).

O ácido caftárico possui propriedades antioxidantes benéficas a saúde humana e que ajudam a diminuir o risco de doenças crônicas, incluindo câncer, doenças cardíacas e diabetes, apresenta efeitos anti-inflamatórios e também propriedades neuroprotetoras, capazes de retardar ou até mesmo prevenir a progressão de doenças neurodegenerativas, como Alzheimer e Parkinson (Korien, 2020; Newair *et al.*, 2023).

## FATORES QUE IMPACTAM A QUALIDADE DOS VINHOS

Vários fatores interferem na qualidade final do vinho, podendo destacar a composição fenólica das uvas que entregam a tipicidade ao produto, de acordo com a região de produção das uvas. Sabendo-se como manejar estes fatores relacionados ao terroir, há um ganho significativo na sanidade da uva e consequentemente, no perfil enológico do vinho (Regina, 2009).

A sanidade das uvas também é considerada um fator importante, pois está relacionada com a presença de patógenos, principalmente fúngicos, os quais atacam a videira como um todo, desde os ramos até as inflorescências e frutos. Esses organismos podem causar perdas de até 100% na produtividade, em condições favoráveis como alta umidade, sendo necessário o controle fitossanitário com pulverizações (Pereira *et al.*, 2010).

As condições climáticas durante o período de maturação são essenciais para definir o potencial enológico das uvas e, conseqüentemente, a qualidade final do vinho. Chuvas intensas e altas temperaturas durante a maturação podem levar à antecipação da colheita devido ao aumento do risco de ocorrência de rachaduras nas bagas e ataque de fitopatógenos, causando perda de qualidade (Alves; Tonietto; Zanus, 2020; Junges *et al.*, 2021).

Outro problema que deve ser levado em consideração durante a maturação são ataques de insetos e pássaros, importantes para o ambiente natural. Na falta de alimento, esses animais podem atacar as uvas em maturação levando a porta de entrada também para doenças fúngicas. A utilização de telas protetoras (Figura 2) é uma alternativa para evitar ataques de pássaros e insetos, beneficiando a maturação de uvas brancas e tintas, reduzindo o ataque de aves em 95%, de vespas em 86% e de abelhas em 64% (Schumacher *et al.*, 2013, Souza; Menezes-Neto, 2017).

**Figura 2** - Cachos protegidos com telas de proteção contra-ataques de insetos e pássaros durante a maturação.



**Foto:** Leonardo Silva Campos, 2022.

Além das questões culturais, o fator humano influencia a qualidade do vinho, isto é, a vindima, que deve ser realizada com o máximo cuidado para não danificar as bagas, o que resulta no início precoce da fermentação alcoólica (Costa Neto *et al.*, 2017).

## **PARÂMETROS DE COLHEITA PARA VINIFICAÇÃO**

O acompanhamento da maturação da uva é fundamental. Para atingir os parâmetros desejados para cada estilo de vinho, devem ser feitas amostragens de bagas representativas do vinhedo, a partir do início da maturação das uvas, visando as avaliações dos teores de sólidos solúveis (SS), acidez total (AT), pH e índice de maturação. As bagas coletadas devem ser colocadas em sacos plásticos limpos e encaminhadas para laboratório para as análises químicas (Jones *et al.*, 2014; Mota *et al.*, 2020).

## **COLHEITA E PÓS-COLHEITA PARA VINIFICAÇÃO**

Decidido o ponto ideal, as uvas devem ser colhidas nas horas mais frias do dia, em caixas de até 20Kg, selecionadas e eliminando bagas podres ou rachadas, preferencialmente quando não houver orvalho sobre as bagas, até o momento que a temperatura não for superior a 20 °C. Caso a colheita ocorra em temperaturas superiores, deve ser realizada a refrigeração das uvas em câmaras frias, para que o calor do campo não inicie o processo fermentativo. As temperaturas mais baixas reduzem a velocidades das reações de oxidação dos compostos aromáticos, e a retirada de bagas danificadas reduzem o início da fermentação sem controle. O excesso de manuseio deve ser evitado, mantendo as uvas na sombra durante a colheita (Peregrino; Mota; Câmara, 2020).

Estudos recentes demonstram que técnicas de pós-colheita como desidratação, resfriamento controlado pós-colheita, aplicação de etileno e utilização de dióxido de carbono (maceração carbônica) e ozônio podem favorecer principalmente a manutenção da característica aromática dos vinhos (Mencarelli; Bellincontro, 2020).

Ao chegar na vinícola, a uva deve ser recebida e pesada, para fundamentação de cálculos de sulfitação (adição de SO<sub>2</sub>) ou correção com insumos enológicos

e após se inicia o processo de vinificação segundo protocolo do enólogo responsável (Peregrino; Mota; Câmara, 2020).

## **ALTERNATIVAS PARA RESÍDUOS DA VINIFICAÇÃO**

Com a expansão crescente da viticultura no Brasil e reconhecimento internacional, surge também os resíduos de vinificação, que podem representar até 30% do volume de uvas utilizadas. Estes resíduos são predominantemente compostos por engaço, casca e sementes, podendo representar até 9 milhões de toneladas de resíduos produzidos anualmente em todo o mundo (Silveira *et al.*, 2020; Contreras *et al.*, 2022).

A busca por processos que geram cada vez menos resíduos, ou que proporcionem seu reaproveitamento é uma forma de reduzir o impacto ambiental causado pelos resíduos. Por ser produzido sazonalmente em grandes volumes, esses resíduos podem se tornar fonte de poluição quando não destinado corretamente para solo e fluxos de água.

Uma das possíveis aplicações destes resíduos é a compostagem, que além de proporcionar a diminuição do gasto com insumos, pode colaborar na redução das perdas econômicas, bem como a sustentabilidade da vinícola. Diversos estudos estão reportados na literatura sobre a utilização de resíduos da vinificação em biorefinarias, podendo gerar energia e combustível, como o bioetanol e até mesmo bioprodutos (Silveira *et al.*, 2020; Contreras *et al.*, 2022; Vinha *et al.*, 2023).

Estudos também reportam os benefícios destes resíduos na saúde humana, pois geralmente o bagaço apresenta qualidade higiênico-sanitárias para serem utilizados na indústria de alimentos, como a elaboração de farinhas como fonte de compostos fitoquímicos e atividade antioxidante (Monteiro *et al.*, 2021). Assim, a farinha do bagaço de uva pode ser usada na produção de barra de cereais, massas, sucos, vitaminas, pães, dentre outros, oferecendo maior valor agregado ao produto, redução de custos e alterações nutricionais que pode enriquecer a dieta humana (Vinha *et al.*, 2023; Silveira *et al.*, 2020). Adicionalmente o resíduo também pode ser utilizado como fertilizante, devido a presença de minerais como fósforo e potássio.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de pós-colheita e a vinificação são fundamentais para transformar uvas em vinhos de qualidade. Embora a escolha das cultivares e o técnicas de manejo sejam importantes, as práticas adotadas durante a pós-colheita e a vinificação refinam e moldam o produto final. Os compostos bioativos nas uvas, como polifenóis, antocianinas, taninos e flavonoides, são cruciais não apenas para a qualidade sensorial do vinho e contribuição a estabilidade e longevidade do vinho, mas também para seus benefícios à saúde, podendo auxiliar a prevenir doenças.

A viticultura brasileira se destaca pela diversidade de práticas e cultivares adaptadas a diferentes condições edafoclimáticas, desde o Sul, com vinhos de clima temperado, até a viticultura tropical e de inverno. Cada região e cultivar influencia diretamente a composição fenólica das uvas e a qualidade dos vinhos.

Fica evidente a expansão dos polos vitivinícolas por novas fronteiras no Brasil, mostrando avanços tecnológicos relacionados principalmente a adaptação de cultivares copa e porta-enxertos, sistemas de condução e tratamentos culturais, com a obtenção de uvas de qualidade. Salienta-se que, os vinhos brasileiros estão sendo premiados no mercado internacional, o que impulsiona ainda mais sua produção, além de agregar o enoturismo, movimentando o comércio local, aumentando a taxa de empregabilidade e renda da comunidade.

A decisão para o ponto ideal da colheita está relacionada a fatores edafoclimáticos e principalmente atrelada ao estilo de vinho que se deseja produzir. Para vinhos de guarda, deve-se optar por uva com maior teor de açúcar no mosto, o que resulta em maior teor alcoólico no vinho produzido, bem como, maior pH e menor acidez, fatores importantes para conservação em garrafa. Além disso, a gestão dos resíduos da vinificação é importante. Com o aumento da produção, é essencial adotar soluções sustentáveis, como compostagem e produção de bioprodutos, para reduzir o impacto ambiental e valorizar os subprodutos da vinificação.

Em suma, a produção de vinhos de qualidade envolve múltiplos fatores, desde o cultivo das videiras até a vinificação e o manejo dos resíduos. Compreender e aplicar práticas adequadas é crucial para criar vinhos que atendem às expectativas dos consumidores e contribuem para a saúde e o meio ambiente.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa PQ (Processo: 311719/2023-6).

## REFERÊNCIAS

ALVES, M. E. B.; TONIETTO, J.; ZANUS, M. C. Condições meteorológicas e sua influência na safra vitícola de 2020 em regiões produtoras de vinhos finos do Sul do Brasil. **Documentos Embrapa Uva e Vinho**, Bento Gonçalves, 2020.

BRASIL. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. LEI Nº 7.678, DE 8 DE NOVEMBRO DE 1988. Dispõe sobre a produção, circulação e comercialização do vinho e derivados da uva e do vinho, e dá outras providências. . **Diário Oficial de República Federativa do Brasil**, Brasília, 8 nov. 1988. Disponível em: [https://www. https://www. https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/1980-1988/17678.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1980-1988/17678.htm). Acesso em: 08 mai. 2023.

CHEDEA, V.S. *et al.* Antioxidant/Pro-Oxidant Actions of Polyphenols From Grapevine and Wine By-Products-Base for Complementary Therapy in Ischemic Heart Diseases. **Frontiers in Cardiovascular Medicine**, v, 3, n, 8, 2021.

CONTRERAS, M. del. M. *et al.* Residues from grapevine and wine production as feedstock for a biorefinery. **Food and Bioproducts Processing**, v, 134, p. 56-79, 2022.

COSTA NETO, W. V. C. *et al.* First steps in the grape mechanization process in Brazil: quantitative features. **Agricultural Engineering International: CIGR Journal**, v. 19, n. 2, p. 110-119, 2017.

SILVA, M. J. R. da. *et al.* Phytochemical profile of Brazilian grapes (*Vitis labrusca* and hybrids) grown on different rootstocks. **PLoS ONE**, v. 17, n. 10, 2022.

GALAZ, B. *et al.* Histórico e situação atual da produção de vinhos de inverno no Brasil. **Informe Agropecuário. Vinhos de colheita de inverno**, v.41, n.312, p.7-13, 2020.

GÓMEZ, H. A. G. *et al.* Wine metabolome and sensory analyses demonstrate the oenological potential of novel grapevine genotypes for sustainable viticulture in warm climates. **The Journal of the Science of Food and Agriculture**, 2024.

GUERRA, C, C. Polifenóis da uva e do vinho. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, n. 4, p. 90-100, 2012.

HORNEDO-ORTEGA, R. *et al.* Phenolic Compounds of Grapes and Wines: Key Compounds and Implications in Sensory Perception. In book: **Winemaking - Stabilization, Aging Chemistry and Biochemistry**. 2020.

IRLAND, P. *et al.* The grapevine: from the science to the practice of growing vines for wines. **Patrick Iland Wine Promotions Pty Ltd**. Australia, 2011.

JONES, J. E. *et al.* Viticulture for Sparkling Wine Production: A Review. **American Journal of Enology and Viticulture**, v .65, n. 4, p. 407-416. 2014.

JUNGES, A. H. *et al.* Edição abril 2021: condições meteorológicas de janeiro a março de 2021, prognóstico climático para o trimestre abril-maio-junho e recomendações filotécnicas para vinhedos. **Folhetos Embrapa Uva e Vinho**, Bento Gonçalves, 2021.

KORIEN, K. M. M. Caftaric acid: an overview on its structure, daily consumption, bioavailability and pharmacological effects. **Biointerface Research in Applied Chemistry**, v. 10, n. 3, p. 5616 – 5623, 2020.

MARTIN, C. *et al.* How Can Research on Plants Contribute to Promoting Human Health?. **The Plant Cell**, v. 23, p. 1685–1699, 2011.

MELLO, L. M. R. de; SILVA, G. A. da. Disponibilidade e características de resíduos provenientes da agroindústria de processamento de uva do Rio Grande do Sul. **Comunicado Técnico/Recomendações Técnicas Embrapa Uva e Vinho**, p. 1-6, 2014.

MELLO, L., M., R., de.; MACHADO, C., A., E. Viticultura brasileira: panorama 2020. **Comunicado Técnico Embrapa Uva e Vinho**, Bento Gonçalves. n. 223, p. 1-18, 2021.

MENCARELLI, F.; BELLINCONTRO, A. Recent advances in postharvest technology of the wine grape to improve the wine aroma. **The Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 100, n. 14, p. 5046–5055, 2020.

MONTEIRO, G. C. *et al.* Bioactive compounds and antioxidant capacity of grape pomace flours. **LWT-Food Science and Technology**, v. 135, 2021.

MOTA, R. V. da. *et al.* Qualidade da uva para elaboração de vinhos de inverno. **Vinhos de colheita de inverno. Informe Agropecuário**, Belo Horizonte. v. 41, n. 312, p. 63 - 71, 2020.

NEWAIR, E. F. *et al.* Caftaric acid oxidation in the presence of cell signaling regulator glutathione: Electrochemical and chromatographic analyses. **Microchemical Journal**, v. 193, 2023.

OLIVEIRA, J. B. de. *et al.* Climate effects on physicochemical composition of Syrah grapes at low and high altitude sites from tropical grown regions of Brazil. **Food Research International**, v. 121, p. 870-879, 2019.

PEREGRINO, I.; MOTA, R.V.da.; CÂMARA, F. M. de. M. Elaboração de vinhos de inverno: da colheita a garrafa. **Vinhos de colheita de inverno. Informe Agropecuário**, Belo Horizonte. v. 41, n. 312, p. 72 - 778, 2020.

PEREIRA, G. E. *et al.* de. Vinhos no Brasil: contrastes na geografia e no manejo das videiras nas três viticulturas do país. **Documentos Embrapa Uva e Vinho**, Bento Gonçalves, n. 121, 2020(a).

PEREIRA, G. E. *et al.* Panorama da produção e mercado nacional de vinhos espumantes. **Produção de vinhos espumantes na Serra da Mantiqueira. Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.41, n.310, p.7-18, 2020(b).

PEREIRA, V. F. *et al.* Produtos alternativos na proteção da videira contra o míldio. **Fitopatologia, Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 1, p. 25-31, 2010.

REGINA, M. de A. *et al.* Implantação e manejo do vinhedo para produção de vinhos de qualidade. **Vinhos finos: novos horizontes em Minas Gerais. Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 234, p. 16-31, 2009.

SANMARTIN, C. *et al.* Postharvest Water Loss of Wine Grape: When, What and Why. **Metabolites**, v. 11, n. 318, 2021.

SCHUMACHER, R. L. *et al.* Controle de pássaros e insetos frugívoros e manutenção da qualidade da uva com uso de tela. **Anais Encontro nacional sobre fruticultura de clima temperado**, 13., 2013, Fraiburgo. pag.117. Caçador: EPAGRI-SC, 2013.

SILVEIRA, M. A. G. da. *et al.* The Sustainability of Destination of the winemaking pomace in Brazil. **Research, Society and Development**, v.9, n. 9. 2020.

SOUZA, A. L. K.; MENEZES-NETTO, A. C. Telas de proteção fitossanitária para uvas viníferas: Barreira física contra insetos e pássaros. **Folder técnico EPAGRI-SC**. 2017. Disponível em: <https://www.epagri.sc.gov.br/index.php/solucoes/tecnologias/telas-de-protecao-fitossanitaria-para-uvas-viniferas/> Acesso em: 21 mar. 2024.

TONIETTO, J. *et al.* As Indicações Geográficas de vinhos do Rio Grande do Sul. **Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Indicações Geográficas do Rio Grande do Sul registradas até março de 2021**. MAPA/AECS, p. 1-136, 2022.

TORRES-ROCHERA, B. *et al.* Chemical and colorimetric study of the influence of grape soluble polysaccharides on the color and stability of malvidin 3-O-glucoside solutions. **LWT-Food Science and Technology**, v. 188. 2023.

VACCARI, N, F, de S.; SOCCOL, M, C, H.; IDE, G, M. Compostos fenólicos em vinhos e seus efeitos antioxidantes na prevenção de doenças. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.8, n.1, p. 71-83, 2009.

VINHA, A. F. *et al.* Nutraceuticals based on Portuguese grape pomaces as a potential additive in food products. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 26, 2023.

ZHANG, X. *et al.* Targeted metabolomics of anthocyanin derivatives during prolonged wine aging: Evolution, color contribution and aging prediction. **Food Chemistry**, v, 339. 2020.

## **AVANÇOS E DESAFIOS NO CONTROLE DE DOENÇAS PÓS-COLHEITA DO MAMÃO**

**João Auguaberto de Lima Junior**

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB)

**Ílari Soraia Brandão dos Santos Carmo**

Universidade Federal de Viçosa (UFV)

**Alan Lennon Rocha Farias**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia baiano (IF Baiano)

**Caroline Brandão dos Santos**

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB)

**Thainá Barreto Martins**

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB)

**Marluce Santana de Oliveira**

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB)

**Lorena da Paixão Oliveira**

Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP)

**Maricelma Santana de Oliveira**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia baiano (IF Baiano)

**Fernanda de Azevedo Souza**

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB)

**Rogério Cícero Martins da Conceição**

Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)

# RESUMO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma cultura importante no Brasil. Sendo o terceiro maior produtor mundial, concentrado principalmente nas regiões Nordeste e Sudeste. O mamão é uma fruta altamente perecível, enfrentando grandes desafios relacionados ao controle de doenças pós-colheita, como a antracnose e a podridão peduncular, causadas por fungos que comprometem a qualidade e a vida útil do fruto. Para enfrentar esses desafios, estudos como o melhoramento genético do mamoeiro é fundamental. Este processo busca desenvolver variedades mais resistentes a doenças e que produzam frutos de maior qualidade, atendendo assim às demandas do mercado. Técnicas biotecnológicas, preservação de recursos genéticos e a introdução de novos híbridos são estratégias essenciais para melhorar a competitividade dessa cultura. Além do melhoramento genético, é crucial o manejo adequado das doenças, desde o cultivo até a fase pós-colheita, para diminuir as perdas e garantir a qualidade dos frutos, tanto para o consumo interno quanto para a exportação.

**palavras-chave:** *Colletotrichum*; fungos; mamão; mercado.

## INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.), originário das Américas, ocupa uma posição de destaque na agricultura mundial devido ao seu elevado valor nutritivo e à sua ampla aceitação nos mercados interno e externo. A produção mundial de mamão atingiu aproximadamente 13,8 milhões de toneladas em 2020, sendo o Brasil o terceiro maior produtor global, contribuindo com 8,5% dessa produção (Faostat, 2022). No Brasil, o mamão se consolidou como uma das principais culturas frutíferas, principalmente nas regiões Nordeste e Sudeste, que juntas respondem por mais de 90% da produção brasileira (IBGE, 2022).

Além da relevância econômica, o mamão é reconhecido por suas propriedades nutricionais, sendo uma excelente fonte de vitaminas A, C e do complexo B, além de minerais como potássio e magnésio. No entanto, a cultura do mamoeiro diversos e a alta perecibilidade do fruto, fatores que limitam sua vida útil e a qualidade dos frutos destinados ao consumo in natura e à exportação (Dantas *et al.*, 2012).

Diante desse cenário, o melhoramento genético do mamoeiro surgiu como uma estratégia essencial para a manutenção da cultura. O desenvolvimento de cultivares resistente a doenças, maior produtividade e qualidade dos frutos, é fundamental para atender às exigências dos mercados consumidores, que exigem produtos de alta qualidade com o uso reduzido de insumos químicos (Costa & Pacova, 2003). Nesse contexto, o presente estudo aborda as principais características da cultura do mamoeiro, avanços e desafios no melhoramento genético, e as principais doenças que afetam a pós-colheita dos frutos.

## DESENVOLVIMENTO

### A cultura do mamão

Com origem na América tropical, o mamoeiro (*Carica papaya* L.), é cultivado em mais de 40 países. O mamão, uma das frutas mais consumidas no mundo, teve uma produção mundial estimada em 13,8 milhões de toneladas em 2020 (Fao, 2022). O mamão ocupa 11º lugar na produção de frutíferas em escala mundial e 18º lugar em área colhida. A Ásia destaca-se com a maior produção,

56,2%, seguida pelas Américas em segundo lugar com 32%. A África é o terceiro maior produtor com 10,6% da produção mundial (Fao, 2022).

Entre os países, Índia, Brasil, Indonésia, República Dominicana e México aparecem como os principais produtores. O Brasil é responsável por 8,5% da produção mundial (1,1 milhões de toneladas), ficando em terceiro lugar entre os maiores produtores (Fao, 2022). Entre os estados, a Bahia e o Espírito Santo destacam-se, sendo responsáveis por 78% da produção Nacional (IBGE, 2021). A cultura do mamão está amplamente distribuída no mundo com áreas de produção localizadas na sua maioria em países tropicais e subtropicais. A exportação brasileira vem crescendo nos últimos anos, sendo impulsionada pela abertura do mercado americano, o que assegurou estabilidade e maior rentabilidade para a cultura (Faria *et al.*, 2009; Barbieri *et al.*, 2019).

Apesar da importância do mamão para a fruticultura brasileira, toda a produção nacional se concentra basicamente no cultivo de quatro cultivares, classificadas em dois grupos heteróticos, os grupos Solo e Formosa. As cultivares do grupo Solo, 'Golden' e 'Sunrise Solo', comercialmente conhecidas como mamão papaya ou Havaí, possuem frutos pequenos com peso médio de 0,5 kg, destinados ao mercado interno e, principalmente, ao mercado externo. Do grupo 'Formosa', os híbridos 'Tainung nº 01 (o mais cultivado no Brasil) e o 50Calimosa são os mais plantados, sendo este grupo o que produz frutos de maior tamanho (>1,0 kg) e que são destinados, principalmente, ao mercado interno. O material 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 Brasil, enquanto o do grupo Formosa (Tainung nº 1) por ser um híbrido comercial necessita da aquisição de sementes que são importadas (US\$ 3,5 mil a US\$ 4 mil por quilograma), o que eleva consideravelmente o custo de produção (Dantas; Oliveira, 2009; Serrano; Cattaneo, 2010; Luz *et al.*, 2015).

Nutricionalmente, o mamão apresenta diversas características importantes, como uma boa fonte de cálcio e uma excelente fonte de betacaroteno, vitaminas A, C e do complexo B e fonte de sais minerais como potássio e magnésio. O mamoeiro também apresenta vários usos industriais, suas folhas e frutos são usados em indústrias farmacêuticas pois produzem diversas proteínas e alcalóides. Entretanto, uma enzima proteolítica chamada papaína, é particularmente importante (Martins, 2003).

A papaína é produzida no látex leitoso de frutos de mamão verde, essa substância pode ser associada com proteção contra ataques de predadores herbívoros, porém, comercialmente, a papaína apresenta diversos usos em indústrias de bebidas, alimentos e farmacêutica, e pode ser incluída na produção de gomas de mascar, amaciante de carnes, formulações de drogas para tratamento de inúmeras doenças digestivas e no tratamento de feridas gangrenosas. Outra utilização relatada para essa enzima é na indústria têxtil, sendo importante nos processos de gomagem e amolecimento de seda e lã e na indústria de cosméticos, em sabonetes e xampus (Faria *et al.*, 2009).

O mamão é um fruto climatérico, por isso, suas alterações resultantes do amadurecimento ocorrem rapidamente, logo após a colheita, desencadeadas pela produção do etileno e a elevação da taxa respiratória. Por esses fatores, o mamão é caracterizado como um fruto bastante perecível em pós-colheita. Devido a essa alta perecibilidade, o controle do amadurecimento é fundamental para aumentar o tempo de vida útil após a colheita, vislumbrando adequação ao mercado interno e exportação de frutas. Os principais fatores que depreciam a qualidade pós-colheita do mamão são o rápido amolecimento e a elevada incidência de podridões causadas por microrganismos (Dantas *et al.*, 2012).

Com relação aos problemas fitossanitários, muitas são as doenças que afetam a cultura. Sendo consideradas as principais, as de origem virótica; o vírus da mancha anelar e o da meleira e as de origem fúngica; pinta preta ou varíola, podridão-do-pé e antracnose. Segundo Dantas *et al.* (2001), o melhoramento genético do mamoeiro realizado no Brasil tem como objeto desenvolver variedades e híbridos resistentes a doenças com características agrônomicas desejáveis. No entanto, a utilização de manejos alternativos como o controle biológico e a utilização de extratos vegetais, pode ser uma estratégia viável para o controle de doenças do mamoeiro, principalmente as fúngicas.

## **Melhoramento do mamoeiro**

Apesar da facilidade de cultivo e do amplo consumo do mamão, vários problemas são detectados para sua expansão, podendo ser citada a reduzida oferta de material melhorado para utilização dos produtores (Foltran *et al.*, 1993). O desenvolvimento de cultivares resistentes a doenças apresenta-se como

uma medida estratégica para a conservação e aumento da competitividade na produção de mamão, visualizando sempre as grandes exigências dos mercados europeu e americano, em relação à qualidade dos frutos e requerimento de concentrações cada vez mais reduzidas de princípios ativos de fungicidas e inseticidas (Costa & Pacova, 2003).

O desenvolvimento das diversas técnicas modernas de biotecnologia, como ferramentas importantes em programas de melhoramento e propagação do mamoeiro, reduzirá o tempo de obtenção de novas variedades. Os primeiros resultados desses trabalhos estão sendo obtidos (Chien, 2007). Em um futuro próximo, é esperado que inúmeras cultivares que apresentem características agrônomicas desejáveis, produtivas e tolerantes a diferentes estresses bióticos e abióticos, sejam obtidos e propagados maciçamente *in vitro*, facilitando assim o cultivo do mamoeiro. O melhoramento genético do mamoeiro no Brasil vem sendo executado por várias instituições, entretanto, a dependência externa por variedades comerciais melhoradas ainda é um problema (Chien, 2007).

A preservação dos recursos genéticos de mamão é de fundamental importância para a sustentabilidade da cultura. A introdução, caracterização e avaliação de novos híbridos de mamoeiro podem proporcionar a identificação de genótipos superiores, além de ofertar materiais adequados para programas de melhoramento genético. Existem aproximadamente 30 coleções de *Carica* spp. em todo o mundo, com o intuito de preservar, caracterizar e avaliar o germoplasma existente, tendo em vista que a degradação genética constitui uma das maiores preocupações do mundo atualmente (Dantas *et al.*, 2012).

Os programas de melhoramento genético visam desenvolver variedades e/ou híbridos resistentes a doenças, agregando características agrônomicas desejáveis, como ausência de flores hermafroditas estéreis e de flores hermafroditas carpelóides 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, necessita-se também aumentar a variabilidade genética e, conseqüentemente, elevar a base genética da espécie (Giacometti & Ferreira, 1988). Os trabalhos de melhoramento genético do mamoeiro iniciaram-se nos anos 30 com os estudos de herança do sexo (Hofmeyr, 1938). De forma

diferente da grande diversidade existente para diversas características desejáveis nos programas de melhoramento (Storey, 1953; Horovitz, 1954), existem poucas linhagens melhoradas ou mesmo consideradas como variedades definidas, em função da propagação de plantas por sementes, durante sucessivas gerações, sem o devido controle das polinizações.

Nesse caso, o melhoramento genético poderá contribuir substancialmente para aumentar a disponibilidade de híbridos com menor custo de aquisição de sementes, maior produtividade, melhoria na qualidade e no aspecto do mamão, permitindo a obtenção de um produto final de melhor qualidade, com características físico-químicas e sensoriais superiores, com redução dos custos de produção e garantia de maior competitividade, além de frutos com maior durabilidade (Dantas, 2015). Logo se faz necessário a busca de novas variedades que supram tais demandas do mercado para um produto com excelência.

Em 2017, a EMBRAPA mandioca e fruticultura lançou um plano estratégico para a cultura do mamoeiro, que tem como objetivo desenvolver e recomendar linhagens ou híbridos de mamoeiro que sejam adaptados às condições edafoclimáticas das principais regiões produtoras do país e que apresentem resistência à fitopatógenos causadores de podridões pós-colheita (De Padua, 2019).

Essas novas variedades devem possuir maior vida útil pós-colheita em comparação com as variedades tradicionais, além de apresentar características agrônômicas superiores às atualmente comercializadas, considerando aspectos fitossanitários, sensoriais e de vida útil, focadas na identificação de acessos do banco de germoplasma de mamão menos suscetíveis a patógenos como *Colletotrichum* sp. e *Lasiodiplodia* sp., visando ao desenvolvimento de novas variedades (De Padua, 2019).

## **Doenças pós-colheita do mamoeiro**

Pomares comerciais e pomares domésticos de mamão apresentam a ocorrência de fungos em frutos. Hoje, as doenças fúngicas se constituem nas doenças mais importantes da cultura, pela depreciação do aspecto comercial da fruta e pelo aumento nos custos da produção devido à exigência de muitas aplicações de pesticidas, em grande parte das vezes, com base em um cronograma de aplicações com recomendação ao longo do ano. O fruto manchado

por doenças fúngicas não é comercializado para o mercado externo ou para o mercado interno mais exigente e, quando comercializado para o consumidor menos exigente, sofre grande desvalorização comercial (Costa & Pacova, 2003).

Existe uma enorme importância na identificação das doenças de pós-colheita, pois são as principais causas de perdas da produção e qualidade dos frutos. 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. Na exportação do mamão brasileiro, para fins quarentenários, o tratamento fitossanitário pós-colheita visa à limpeza dos frutos e ao controle da antracnose e de outras doenças que ocorrem nesta fase. Esses procedimentos dependem das exigências fitossanitárias impostas pelos países importadores dessas frutas (Barbosa, 2012).

As perdas pós-colheita, caracterizam uma situação que acompanha às frutas que continuam vivas após sua colheita, pois os seus processos biológicos vitais continuam em funcionamento. A longevidade do fruto pós-colhido pode ser encurtada por motivos de pré e pós-colheita, como patógenos e fatores abióticos, os quais dão início a perdas quantitativas e qualitativas (Folegatti & Matsura, 2002). Além dos fatores que reduzem a vida pós-colheita, o mamão apresenta padrão respiratório climatérico, sendo assim, sua maturação continua depois da colheita do fruto, o que o que proporciona uma pré-disposição a um grande número de doenças que se manifestam apenas na pós-colheita, apesar das infecções ocorrerem na pré-colheita (Fontes *et al.*, 2008). Isso ocorre, pois após a colheita, os frutos passam por inúmeras transformações resultantes do seu metabolismo, que se reflete em diversas mudanças nas suas características, como, textura, cor, sabor e aroma, essas mudanças indicam o processo de amadurecimento e posterior senescência. Ao longo desses processos, os frutos tornam-se mais suscetíveis a fitopatógenos, devido, principalmente, ao decréscimo de compostos fenólicos e ao aumento da predisposição às injúrias mecânicas, servindo como porta de entrada e disponibilizando substrato para o rápido desenvolvimento de microrganismos (Chitarra & Chitarra, 2005).

Uma das principais doenças pós-colheita do mamão é a antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*). A antracnose, do grego "carvão" é uma doença limitante para os frutos de mamão, afetando a sua vida útil, é causada principalmente por *Colletotrichum gloeosporioides*, porém é possível encontrar outras

espécies de *Colletotrichum* causando doenças em um mesmo cultivo. Por exemplo em Yucatán, foram encontradas pelo menos duas espécies de *Colletotrichum*, que causam antracnose no mamão, estas são identificadas como *Colletotrichum gloeosporioides* e *Colletotrichum dematium* (Ramos, 2024).

O fungo *C. gloeosporioides*, agente causador da antracnose, é um dos patógenos mais importantes de frutos de mamão no período de pós-colheita, causando perdas de até 90% de frutos em estações favoráveis à doença (Tatagiba *et al.*, 2002). Sua infecção inicia-se ainda na floração, mas permanece latente até o amadurecimento e colheita do fruto, quando então coloniza os tecidos desenvolvendo os subseqüentes sintomas da antracnose, que geralmente aparecem durante o transporte e comercialização. Em adição, as infecções no período pós-colheita se tornam mais fáceis devido à presença de inóculos do fungo no ambiente de armazenamento como também pela considerável quantidade de ferimentos provocados no fruto após a colheita (Capdeville *et al.*, 2007).

O *C. gloeosporioides* se caracteriza por ter estruturas reprodutivas ou esporos, chamados conídios, dispostos em acérvulos, os quais participam no processo de infecção da planta. Durante a colonização da planta se apresenta a fase inicial ou biotrófica na qual o fungo se alimenta das células vivas da planta e o patógeno se estabelece na planta, e a segunda fase necrotrófica onde os recursos se obtêm das células mortas da planta devido ao ataque do patógeno, observando-se os primeiros sintomas da doença (Ramos, 2024).

Outra doença pós-colheita de grande importância é a podridão peduncular, causada por um complexo de fungos, com destaque para *Lasiodiplodia theobromae*. Essa doença, assim como o *Colletotrichum* ocorre em quase todos os pomares produtores de mamão e pode provocar grandes perdas na pós-colheita (Silva *et al.*, 2007). Os sintomas característicos dessa enfermidade são a desfolha e a seca progressiva dos ramos em direção ao caule, podendo ser observado às vezes no tronco da planta, podendo leva-la a morte em infecções mais severas. Além disso, pode ocorrer a exsudação de goma na casca, nos ramos e caule, Inflorescências e frutos podem ser facilmente infectados, principalmente no período chuvoso (Freire *et al.*, 2004).

No campo, a penetração de *Lasiodiplodia theobromae* nos frutos ocorre por meio do pedúnculo ou por ferimentos. Formam lesões escuras que são possíveis observar no pedúnculo, apresentando bordos bem definidos. Em seguida, os tecidos lesionados podem externar rachaduras, expondo a polpa da fruta. Quando os frutos se encontram em condições de temperatura e umidade elevadas, é

possível observar na parte central das lesões, grande quantidade de minúsculas pontuações escuras, que são as estruturas de reprodução do fungo os picnídios. Os mesmos sintomas podem ser observados em pós-colheita, em frutas armazenadas (Junqueira *et al.*, 1996; Cardoso *et al.*, 2002). O controle da doença é dificultado em razão da variada gama de hospedeiros do fungo. O controle químico não tem demonstrado eficiência, sendo então indicada a utilização de uma série de medidas adicionais de controle (Pereira *et al.*, 2006, Tavares, 1995).

O manejo dessas doenças em pós-colheita começa no campo, onde a infecção nos frutos geralmente ocorre após a floração, como resultado da penetração do patógeno diretamente via epiderme, pela cutícula intacta, ou por aberturas naturais e injúrias ou ainda por danos mecânicos causados durante a colheita, transporte e armazenamento (Zambolim *et al.*, 2002).

Existem atualmente dez ingredientes ativos registrados no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento liberados para o manejo de doenças em mamoeiro, mas nenhum desses é autorizado para ser empregado na fase de pós-colheita (Agrofit, 2022). Porém, esta prática não é incomum, com alguns produtores aplicando os fungicidas que são autorizados para a utilização durante a fase de produção, na fase de pós-colheita. Na literatura, existem diversos estudos utilizando diferentes tipos de produtos no controle de doenças fúngicas pós colheita do mamão (Tabela 1), com esses produtos demonstrando eficácia no controle dos fitopatógenos.

**Tabela 1 - Produtos registrado no AGROFIT para uso na pós-colheita.**

Substância	Produto	Classificação	Autores
Mancozebe	Dithane®	Fungicida	Nascimento <i>et al.</i> , 2008
Chlorotalonil	Chlorotalonil®	Fungicida	Tavares & Souza, 2005
Acibenzolar-S-metilico	Bion®	Indutor de resistência	Nascimento <i>et al.</i> , 2008
Trichoderma harzianum	Trichodermil®	Biológico	Dantas <i>et al.</i> , 2018
Imazalil	Imazacure®	Indutor de resistência	Dantas <i>et al.</i> , 2018
Azoxistrobina	Azoxistrobin®	Fungicida	Alves <i>et al.</i> , 2020
Bacillus subtilis	Erenade®	Biológico	Alves <i>et al.</i> , 2020
Bacillus amyloliquefaciens	Eficaz®	Biológico	Alves <i>et al.</i> , 2020

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cultivo de mamão é de grande importância econômica, especialmente em países como no Brasil, onde a produção contribui significativamente para o mercado interno e externo. No entanto, desafios como a rápida perecibilidade do

fruto, a susceptibilidade a doenças pós-colheita e a necessidade de melhoramento genético demandam atenção constante dos produtores. Avanços em pesquisa, práticas agrícolas aprimoradas e o desenvolvimento de genótipos resistentes são essenciais para garantir a sustentabilidade da produção e a competitividade do mamão no mercado global.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, H. T., SÃO JOSÉ, A. R., DOS ANJOS, D. N., BOMFIM, M. P., DE NOVAIS, Q. S., JESUS NOLASCO, D. S. Controle alternativo da antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz) em frutos de mamão 'Sunrise solo'. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 30331-30346, 2020.
- BARBOSA, J. Q. **Conservação pós-colheita de mamão 'Sunrise Solo' com uso de quitosana**. 48f. Dissertação (Mestre em Agronomia) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco-AC. 2012.
- BARRETO, L. F.; SAVAN, P. A. L.; LIMA, L. L.; LODO, B. N. Avaliação de fungicidas no controle de *Asperisporium caricae* na cultura do mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Volume especial, 33:399-403, 2011.
- CAPDEVILLE, G.; SOUZA, M. T.; SANTOS, J. R. P.; MIRANDA, S., CAETANO, A. R.; TORRES, F. A. G. Selection and testing of epiphytic yeasts to control anthracnose in post-harvest of papaya fruit. **Scientia horticultrae**, 111(2), 2007, p.179-185.
- CARDOSO, J. E.; FREIRE, F. C. O.; MELO, Q. M. S. Identificação e manejo das principais doenças. Caju-Fitossanidade. Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**, 41-51, 2002.
- CHIEN, P. J.; SHEU, F.; LIN, H. R. Coating citrus (Murcott tangor) fruit with low molecular weight chitosan increases postharvest quality and shelf life. **Food Chemistry**, 100(3), 1160-1164, 2007.
- CHITARRA, M.; CHITARRA, A. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: Fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA. 785 p. Área temática: Engenharia e Tecnologia de Alimentos EMBRAPA CLIMA TEMPERADO, ISSN, 9207, 2005.
- COSTA, A. F. S.; PACOVA, B. E. V. Caracterização de cultivares, estratégias e perspectivas do melhoramento genético do mamoeiro. In: Martins, D. S., Costa, A. F. S. **A cultura do mamão: tecnologia e produção**. Vitória-ES: INCAPER, cap. 3, 2003, p. 59-102.
- DANTAS, J. L. L.; LIMA, J. D. Seleção e recomendação de variedades de mamoeiro-avaliação de linhagens e híbridos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 23(3), 617-621, 2001.
- DANTAS, J. L. L.; OLIVEIRA, E. J. O melhoramento genético do mamoeiro: avanços, desafios e perspectivas. I **Simpósio Nordestino de Genética e Melhoramento de Plantas**, 2009, 151-180.
- DANTAS, J. L. L.; SOUZA, J. S.; PINTO, R. M. S.; LIMA, J. F. Variabilidade genética e melhoramento do mamoeiro. In: **Recursos genéticos e Melhoramento de plantas para o Nordeste Brasileiro**. 2012.
- DANTAS, J.; LUCENA, R.; VILAS BOAS, S. A. Avaliação agrônômica de linhagens e híbridos de mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 37, 138-148, 2015.
- DANTAS, A. M. D. M., NASCIMENTO, S. R. D. C., CRUZ, B. L. S. D., SILVA, F. H. A. D., AMBRÓSIO, M. M. D. Q., SENHOR, R. F. Controle alternativo de doenças pós-colheita em mamão Tainung 1. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, p. 29-35, 2018.

DE PADUA, T. R. P. **Plano estratégico para a cultura do mamoeiro 2017-2021**. 2019. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/197271/1/Documento228-MarcioCanto-Ainfo.pdf>. Acesso em: 26 agosto 2024.

FAOSTAT. (2022). **Papayas: U.S. import-eligible countries; world production and exports**. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. Acesso em: 12 de outubro de 2022.

FARIA, A. R. N.; NORONHA, A. D. S.; OLIVEIRA, A. A.; OLIVEIRA, A. M. G.; CARDOSO, C. E. L.; RITZINGER, C. H. S. P.; DE OLIVEIRA, J. R. P. **A cultura do mamão**. Área de Informação da Sede-Colec Criar, Plantar, ABC, 500P/500R. 2009.

FOLTRAN, D. E.; GONÇALVES, P. D. S.; SABINO, J. C.; IGUE, T.; VILELA, R. C. F. **Estimates of genetic and phenotypic parameters in papaya**. *Bragantia*, 52(1), 7-15, 1993.

FONTES, R. V.; SANTOS, M. P.; FALQUETO, A. R.; SILVA, D. M. Atividade da pectinametilesterase e sua relação com a perda de firmeza da polpa de mamão cv. Sunrise Solo e Tainung. **Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal**, 30(1), 54-58, 2008.

FREIRE, F.; VIANA, F. M. P.; CARDOSO, J. E.; SANTOS, A. A. Novos hospedeiros do fungo *Lasiodiplodia theobromae* no Estado do Ceará. **Embrapa Agroindústria Tropical-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**. 2004.

GIACOMETTI, D. C.; FERREIRA, F. R. Melhoria genética do mamão no Brasil e perspectivas. **Mamão. Jaboticabal, SP**, 377-388, 1988.

HOFMEYR, J. D. J. Genetical studies of *Carica papaya*. **South African Journal of Science**, v.35, p.300-304, 1938.

HOROVITZ, S. Determinacion del sexo en *Carica papaya* L.: estructura hipotética de los cromosomas sexuales. **Agron. Trop**, 3(4), 229-249, 1954.

IBGE. (2021). **Produção Agrícola Municipal**. Disponível em: de <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisas/calendario.php#1>. Acesso: 21 de outubro de 2022

JUNQUEIRA, N. T. V.; CUNHA, M. M.; OLIVEIRA, M. A. S.; PINTO, A. C. Q. Graviola para exportação: Aspectos fitossanitários. Brasília. **Embrapa**, p.67, 1996.

JUNQUEIRA, N. T. V.; GASPAROTTO, L. Controle biológico de fungos estromáticos causadores de doenças foliares em seringueira. In: BETTIOL, W. (Org.). **Controle biológico de doenças de plantas**. Jaguariúna: Embrapa-CNPDA, 1991. p. 307-331.

LIBERATO, J. R.; ZAMBOLIM, L. Controle das doenças causadas por fungos, bactérias e nematóides em mamoeiro. In: ZAMBOLIM, L.; VALE, F.X.R. DO; MONTEIRO, A.J.A.; COSTA, H. (Ed.). **Controle de doenças de plantas: fruteiras**. Viçosa: Suprema Gráfica e Editora, 2002. v.2, p.1023-1138.

LUZ, L. N., PEREIRA, M. G.; BARROS, F. B.; BARROS, G. B.; FERRETTI, G. A. Novos híbridos de mamoeiro avaliados nas condições de cultivo tradicional e no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 37(1), 159-171, 2015.

MARTINS, D. D. S.; COSTA, A. D. A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção. Vitória: **Incaper**, 497, 2003.

NASCIMENTO, L. C., NERY, A. R.; RODRIGUES, L. N. Controle de *Colletotrichum gloeosporioides* em mamoeiro, utilizando extratos vegetais, indutores de resistência 25 e fungicida. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 3, p. 313-319, 2008.

NISHIJIMA, W.T., DICKMAN, M.B., KO, W.H.; OOKA, J.J. Papaya diseases caused by fungi. In: Ploetz, R.C., Zentmyer, G.A., Nishijima, W.T., Rohrbach, K.G. & Ohr, H.D. (Eds.) **Compendium of tropical fruit diseases**. **St. Paul. APS Press**. 1994. p.58-64.

NOGUEIRA, E. M. C.; FERRARI, J. T.; DOMINGUES, R. J.; TÖFOLI J. G. A ação do fungicida Flutriafol no controle da Varíola na cultura do mamão. *Biológico*, São Paulo, 73(1):39-42, 2011.

OLIVEIRA, A. A. R. **Developing disease resistance in carica papaya L. against fungal diseases.** EMBRAPA/CNPMP. Postdoctoral Report. 2005. 47p.

PEREIRA, A. L.; SILVA, G. S.; RIBEIRO, V. Q. Caracterização fisiológica, cultural e patogênica de diferentes isolados de *Lasiodiplodia theobromae*. **Fitopatologia Brasileira**, 31(6), 572-578, 2006.

RAMOS, I. A. Q. A Antracnose, uma doença limitante para a produção de mamão. Disponível em: <http://www.croplifela.org/pt/protecao-de-cultivos/a-praga-do-mes-pt/antracnose-uma-doenca-limitante-para-a-producao-de-mamao.html>. Acessado em: 15 de junho 2024.

SANTOS FILHO, H. P.; OLIVEIRA, A. A. R.; NORONHA, A. D. S.; SANCHES, N. F.; LOPES, F. F.; ANDRADE, P. R. O.; SANTOS, M. D. J. Monitoramento e controle da pinta preta do mamoeiro. **Embrapa Mandioca e Fruticultura-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2007. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/654863/1/Comunicado125Monitoramentoecontroladapintapretadomamoeiro.pdf>>. Acesso em: 17 de junho de 2024.

SERRANO, L. A. L.; CATTANEO, L. F. O cultivo do mamoeiro no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 32(3), 657-959, 2010.

SILVA, F. A. N.; MACHADO, J. C.; RESENDE, M. L. V.; LIMA, L. C. O. Metodologia de inoculação de fungos causadores da podridão peduncular em mamão. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, p. 1374-1379, 2007.

STOREY, W. B. Genetics of papaya. **Journal of Heredity**, v.44, n.2, p.70-78, 1953.

TATAGIBA, J. S.; LIBERATO, J. R.; ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J. A.; COSTA, H. É. L. C. I. O. Controle e condições climáticas favoráveis à antracnose do mamoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, 27(2), 186-192, 2002.

TAVARES, S. C. C. H. Principais doenças da mangueira e alternativas de controle. Informações técnicas sobre a cultura da manga no Semi-Árido Brasileiro. DF. **EMBRAPA-CPATSA**. 1995.

TAVARES, G. M., & SOUZA, P. E. D. Efeito de fungicidas no controle in vitro de *Colletotrichum gloeosporioides*, agente etiológico da antracnose do mamoeiro (*Carica papaya* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, p. 52-59, 2005.

VENTURA, J. A.; COSTA, H.; TATAGIBA, J. S. Manejo das doenças do mamoeiro. In: MARTINS, D. S.; COSTA, A. F. S. Cultura do mamoeiro: tecnologias de produção. Vitória: **Incapar**, 2003. p. 229-308.

VIVAS, J. M. S.; VIVAS, M.; DA SILVEIRA, S. F. Efeito da temperatura sobre o crescimento e esporulação in vitro de fungos hiperparasitas de *Asperisporium caricae*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 1, 2015.

ZAMBOLIM, L.; CISTA, H.; VENTURA, J. A.; VALE, F. X. R. Controle de doenças em pós-colheita de frutas tropicais. Manejo integrado: fruteiras tropicais-doenças e pragas. Viçosa: **Universidade Federal de Viçosa**, 443-512, 2002.

ZAMBOLIM, L.; JUNQUEIRA, N. T. V.; ZAMBOLIM, E. M. Manejo integrado de doenças de fruteiras. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA**, 19., 2006, Cabo Frio, RJ. Frutas do Brasil: saúde para o mundo. Cabo Frio: SBF/UENF/ UFRuralRJ, 2006. p. 19-35.

## **PERDA DE GRÃOS NA COLHEITA MECANIZADA DE MILHO (*ZEA MAYS L.*) EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE OPERACIONAL**

**Francisco Faggion**  
Universidade de Brasília (UNB)

**Tiago Pereira da Silva Correia**  
Universidade de Brasília (UNB)

**Victoria Linhares**  
Universidade de Brasília (UNB)

**Haniel Carlos Gomes da Cruz**  
Universidade de Brasília (UNB)

**Marcos Dias Malheiros**  
Universidade de Brasília (UNB)

**Romério Nunes de Macedo**  
Universidade de Brasília (UNB)

**Emilly Oliveira Silva**  
Universidade de Brasília (UNB)

# RESUMO

A velocidade de colheita da cultura do milho é importante para que a operação alcance bom rendimento e as perdas de grãos sejam reduzidas. O objetivo deste trabalho foi avaliar as perdas de grãos na colheita mecanizada de milho em função da velocidade operacional. Para realizar o presente trabalho foram selecionadas cinco velocidades de deslocamento da máquina (4,0; 4,5; 5,0; 5,5 e 6,0 km h<sup>-1</sup>). O experimento foi realizado na Fazenda Querência, situada no município de Cristalina, GO. Foi utilizada uma colhedora de grãos automotriz da marca Case, modelo Axial-Flow 7230, ano 2016, equipada com plataforma de corte para colheita de milho modelo Bocuda 8170 da Vence Tudo, com oito metros (16 linhas afastadas em 0,5 m). A área da lavoura foi dividida em parcelas, com delineamento inteiramente casualizado. Antes de iniciar a coleta das amostras foram realizadas amostragens em toda a área para determinar as perdas de grãos em pré colheita (perda natural), sem a interferência da máquina. Posteriormente foram coletadas as amostras das perdas de grãos na plataforma de corte e total (após sistema de trilha e limpeza) nos diferentes tratamentos. Para cada velocidade foram realizadas 4 repetições, totalizando 20 parcelas experimentais. As perdas na plataforma não variaram com a velocidade de colheita. As perdas nos mecanismos internos aumentaram para limites fora dos toleráveis após a velocidade de deslocamento ultrapassar 5,5 km h<sup>-1</sup>. A velocidade de 6,0 km h<sup>-1</sup> ocasionou maiores perdas econômicas. De acordo com os resultados, para minimizar as perdas de grãos de milho durante o processo de colheita, é recomendado colher em velocidades de até 5,5 km h<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** colhedora de grãos; colheitadeira; eficiência.

## INTRODUÇÃO

No Brasil a produção de milho ocorre em duas safras: a safra de verão e a safra de inverno, ou safrinha, que acontece após a primeira safra. Assim, a primeira safra corresponde por cerca de 26,2%, e a segunda por cerca de 73,8%, da produção nacional (safra 18/19) e os principais estados produtores são Rio Grande do Sul, Paraná e Minas Gerais na primeira safra e Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Paraná na segunda safra (CONAB, 2019).

A expansão da agricultura para o centro-oeste brasileiro proporcionou diversas oportunidades aos produtores, impulsionada pelas ações e políticas públicas, levou a uma nova etapa de desenvolvimento na produção de alimentos no país (FARIAS e ZAMBERLAN, 2013).

O centro-oeste, no geral, possui relevo favorável à mecanização, sendo mais um fator que colaborou para o sucesso do cultivo de grãos. Atualmente a região é responsável por 52,9% da produção anual de grãos de milho do país e por 44,6% da produção nacional de cereais, leguminosas e oleaginosas, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística relativos à safra de 2018 (IBGE, 2019).

Contudo, diversos fatores interferem na eficiência produtiva tanto na esfera local, como as perdas durante a colheita, quanto na esfera nacional, como os elevados impostos e as más condições de infraestrutura e logística, baseada principalmente no modal rodoviário. Esses fatores fazem com que o Brasil perca competitividade no cultivo de grãos em relação a outros grandes países exportadores como os EUA (TYBUSCH, 2003).

A operação realizada por uma colhedora combinada automotriz durante a colheita pode ser dividida em diversas etapas, sendo as principais corte, alimentação, trilha, separação, limpeza, elevação, armazenamento e descarga de grãos, todas ocorrendo simultaneamente na máquina durante o processo. Às colhedoras são acopladas plataformas de corte, as quais tem a função de realizar o corte e recolhimento das plantas e conduzi-las para a esteira alimentadora. A partir daí as colhedoras realizam o que chamamos de processo industrial, onde praticamente tudo ocorre em ambiente fechado.

As plataformas de corte para colheita de milho são específicas e diferentes das usadas nos demais cereais. Um dos tipos utiliza separadores para cada linha de plantas da cultura e o outro permite a colheita de lavouras adensadas, sem

definição de linha de colheita. Embaixo dos separadores se encontram correntes dentadas, cuja função é levar as espigas colhidas até o condutor helicoidal e deste são levadas até o mecanismo de trilha.

Os mecanismos de trilha podem ser do tipo radial, axial ou híbridos. O mecanismo de trilha do tipo radial possui cilindro e côncavo posicionados perpendicularmente ao deslocamento da massa colhida (comprimento da máquina). Já o axial consiste em cilindro com dentes (orelhas) posicionado dentro do côncavo formado por uma chapa perfurada cilíndrica. Ao final do mecanismo há um cilindro batedor, cuja função é remover a palha que eventualmente fique retida. As colhedoras de fluxo axial tendem a apresentar menores perdas em relação às de fluxo radial, devido a maior eficiência de trilha.

A etapa de separação tem a função de separar os grãos debulhados, os grãos não debulhados, a palha e sabugos. Os grãos debulhados são separados passando pelas barras do côncavo e pela grelha do cilindro batedor e, também, no saca-palhas, que tem a função de conduzir a palha para o picador enquanto os grãos debulhados são dirigidos a uma bandeja que fica sob esse mecanismo.

A limpeza ocorre pela ação combinada da peneira superior, da peneira inferior e do ventilador. A peneira superior é composta de chapas retangulares dentadas e superpostas, podendo ter a inclinação da chapa ajustada em relação as outras para a regulação da abertura por onde passam os grãos. A peneira inferior possui uma composição similar à peneira superior, porém com aberturas menores.

A velocidade ideal de colheita irá variar de acordo com a produtividade da cultura, principalmente devido à quantidade de massa vegetal que é colhida junto às espigas em culturas como a do milho (MESQUITA *et al.*, 1998). Segundo os mesmos autores, a faixa adequada de velocidade de trabalho varia de 4,0 a 6,0 km h<sup>-1</sup> para cultura do milho. Já Balastreire (1987) indica a velocidade de colheita para a cultura do milho de aproximadamente 4,8 km h<sup>-1</sup>.

Ao estudarem as perdas na colheita de milho, Bertonha *et al.* (2012) concluíram que a velocidade de deslocamento da máquina influenciou significativamente as perdas, constatando que as velocidades de 4,4 e 4,7 Km h<sup>-1</sup> apresentaram os menores resultados e que tanto a menor quanto a maior velocidade estudada (4,1 e 6,7 Km h<sup>-1</sup>) apresentaram perdas elevadas devido às condições inadequadas de alimentação da máquina. O presente trabalho teve como objetivo geral

avaliar as perdas de grãos na colheita mecanizada de milho em função da velocidade operacional.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi realizado em julho de 2019, período de colheita da safrinha, em uma gleba de 83 hectares localizada na Fazenda Querência, coordenadas 16° 3' 6,12" Sul; 47° 32' 21,84" Oeste, situada no município de Cristalina – GO. A área experimental apresenta relevo suave ondulado. O híbrido de milho foi o NS90, da empresa Nidera Sementes, cultivado sob sistema plantio direto, com espaçamento de 0,5 m entre linhas e três plantas por metro linear, totalizando 60.000 plantas por hectare.

Para a realização deste trabalho foram utilizadas cinco velocidades de deslocamento da máquina (4,0; 4,5; 5,0; 5,5 e 6,0 km h<sup>-1</sup>), no delineamento experimental inteiramente casualizado. Para a colheita foi utilizada uma colhedora de grãos automotriz da marca Case, modelo Axial-Flow 7230, com rotor axial único com uma plataforma de corte de milho Bocuda 8170 da Vence Tudo, com condutor helicoidal (caracol) de oito metros (16 linhas afastadas em 0,5 m), ambas fabricadas no ano 2016.

Com o auxílio de uma fita métrica, foi montada uma armação com estacas de madeira e barbante de modo a coletar uma área de 4,0 m<sup>2</sup> por amostra, colocadas na área após a passagem de cada parte da máquina a ser avaliada. Dessa forma, para uma plataforma de corte de oito metros de largura a estrutura formou um retângulo de 8,0 x 0,5 metros.

Foram avaliadas a perda natural na área antes de entrar com a máquina na lavoura e as perdas na plataforma de corte e total, estimada a perda nos mecanismos internos da máquina e a avaliada a produtividade final da lavoura.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A produtividade média da área foi de 7.646,54 kg ha<sup>-1</sup> ou 127,44 sacos por hectare e os resultados relativos ao grau de umidade resultaram em uma média de 19,8%. O clima nos dias da colheita foi ensolarado, sem ocorrência de chuvas ou ventos fortes. Após a amostragem feita na área antes do início da colheita,

foi constatado que não ocorreram perdas relativas à pré-colheita e nem havia plantas caídas na área do experimento.

Os resultados de perdas de grãos na plataforma de corte, mecanismos internos e total, em função da velocidade de avanço da colhedora são apresentados na Tabela 1 a seguir.

**Tabela 1** - Perda total de grãos de milho por hectare e em cada seção da máquina de acordo com a velocidade de trabalho utilizada.

Velocidade km h <sup>-1</sup>	Plataforma de corte Kg ha <sup>-1</sup>	Mecanismos internos Kg ha <sup>-1</sup>	Total Kg ha <sup>-1</sup>
4,0	2,71 a	20,49 b	23,20 b
4,5	3,36 a	30,70 ab	34,05 ab
5,0	2,50 a	29,89 ab	32,39 ab
5,5	3,10 a	24,09 b	27,19 b
6,0	2,04 a	90,51 a	92,54 a
CV	55,94	94,43	88,82

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey. C.V.: Coeficiente de Variação.

O coeficiente de variação das perdas avaliadas é muito alto de acordo com a classificação apresentada por (PIMENTEL GOMES e GARCIA, 2002). Contudo, essa variação ocorre nos experimentos com colheita e está dentro da esperada conforme Bertonha *et al.* (2012).

Os resultados de perdas de grãos na plataforma de corte, mecanismos internos da máquina e total apresentados na Tabela 1, mostram que houve influência da velocidade da colhedora sobre as perdas de grãos de milho. As médias de perdas na plataforma de corte não diferiram significativamente entre as velocidades de deslocamento da colhedora, mostrando que esta plataforma tem potencial de colheita em velocidades altas, podendo até ultrapassar a velocidade máxima estudada neste trabalho de 6,0 km h<sup>-1</sup>.

Para os mecanismos internos, a velocidade de 6,0 km h<sup>-1</sup> apresentou a maior perda de grãos. O mesmo pode ser dito para a perda total, onde a velocidade de 6,0 km h<sup>-1</sup> diferiu das demais em termos de perdas, muito influenciada pelas perdas nos mecanismos internos. A menor velocidade estudada (4,0 km h<sup>-1</sup>) não apresentou perdas superiores às velocidades médias, contrariamente aos dados obtidos por Bertonha *et al.* (2012). Apenas a velocidade de 6,0 km h<sup>-1</sup>

excedeu o limite tolerável de 1,5 saca por hectare, sugerido por Mesquita *et al.* (1998) para cultura do milho.

Com relação aos prejuízos econômicos por perdas na colheita, tendo por base o preço de R\$36,00 pela saca de 60 kg praticado na região na época da realização deste trabalho, a Tabela 2 apresenta os valores correspondentes as perdas em cada local da máquina de acordo com a velocidade.

**Tabela 2** - Perdas por hectare observadas em cada seção da máquina colhedora convertidas para o valor em moeda (Reais).

Velocidade km h <sup>-1</sup>	Plataforma de corte R\$ ha <sup>-1</sup>	Mecanismos internos R\$ ha <sup>-1</sup>	Total R\$ ha <sup>-1</sup>
4,0	1,63	12,29	13,92
4,5	2,02	18,42	20,44
5,0	1,50	17,93	19,43
5,5	1,86	14,45	16,31
6,0	1,22	54,31	55,53

Considerando os valores das perdas financeiras e os demais dados, baseado nos resultados obtidos nesse experimento, podemos verificar que a velocidade mais adequada para operação, dentre as estudadas é a de 5,5 km h<sup>-1</sup>. Devido a velocidade de 5,5 km h<sup>-1</sup> não ter apresentado diferença estatística em relação as demais velocidades inferiores a ela e dentre estas ser a que proporciona maior rendimento operacional da máquina, esta é a velocidade recomendada para a operação normal de colheita de milho nas condições em que este experimento foi realizado.

## CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos neste trabalho podemos concluir que há influência da velocidade da colhedora sobre as perdas de grãos de milho. A maior perda de grãos de milho ocorre nos mecanismos internos da máquina. Para minimizar as perdas de grãos, nas condições em que foi realizado este trabalho, recomenda-se que a colheita seja feita em velocidades até 5,5 km h<sup>-1</sup>. A perda total a partir de 5,5 km h<sup>-1</sup> passa a ser superior ao limite tolerado indicado por Mesquita *et al.* (1998) que é de 1,5 saca ha<sup>-1</sup>. Transformando a perda total de grãos em Reais, utilizando o preço médio praticado na região na época em que foi feito

este trabalho, verifica-se que a velocidade de 6,0 km h<sup>-1</sup> ocasiona a maior perda econômica, não sendo recomendada a sua utilização.

## REFERÊNCIAS

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas Agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987.

BERTONHA, R. S.; PEREIRA, D.; SILVA, D. A.; BARROZO, L. M.; CAVICHIOLO, F. A.; CASSIA, T. Losses and performance of maize in two tillage systems and different speeds of the harvester. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.11, n.3, p. 243-253, 2012.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira 2018/2019. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2018/2019, p. 1-29, 2019.

FARIAS, G. M.; ZAMBERLAN, C. O. Expansão da Fronteira Agrícola: Impacto das Políticas de Desenvolvimento Regional no Centro-Oeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento**, v. 2, n. 2, p. 58-68, 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola** - Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA, 2019.

MESQUITA, C. DE M.; DA COSTA, N. P.; MANTOVANI, E. C.; DE ANDRADE, J. G. M.; NETO, J. B. F.; DA SILVA, J. G.; FONSECA, J. R.; PORTUGAL, F. A. F.; GUIMARÃES, J. B. Manual do produtor. Como evitar desperdícios nas colheitas de soja, do milho e do arroz. **Embrapa**, p. 31, 1998.

PIMENTEL GOMES, F.; GARCIA, C. H. Estatística aplicada à experimentos agronômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. FEALQ, p. 309, 2002.

TYBUSCH, T. M. As Estratégias de Comercialização no Mercado da Soja. O Caso da Cotrijuí - RS. **Dissertação**. Programa de Pós Graduação em Agronegócios. Porto Alegre: UFRGS, 2003.

## **QUALIDADE PÓS-COLHEITA DA BANANA 'PRATA CATARINA' EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO**

**Paulino Lucas Gomes**

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia  
Afro-Brasileira (UNILAB)

**Ana Carolina da Silva Pereira**

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia  
Afro-Brasileira (UNILAB)

**Virna Braga Marques**

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia  
Afro-Brasileira (UNILAB)

**Mirele Germano Pedrosa**

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia  
Afro-Brasileira (UNILAB)

**Thaylana Rodrigues Gomes**

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia  
Afro-Brasileira (UNILAB)

**Kátia Karoline Costa Oliveira**

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia  
Afro-Brasileira (UNILAB)

**Luís Gustavo Chaves da Silva**

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia  
Afro-Brasileira (UNILAB)

**João Victo Freitas da Silva**

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia  
Afro-Brasileira (UNILAB)

# RESUMO

**Objetivo:** Avaliar a qualidade pós-colheita da banana cultivar 'Prata Catarina' pelos atributos físicos e físico-químicos em diferentes estádios de maturação.

**Métodos:** Os frutos foram adquiridos na Unidade de Produção de Mudanças das Auroras (UPMA). O experimento foi realizado no Laboratório de Pós-colheita, as análises foram feitas a cada dois dias, até 10 dias de armazenamento. Para os atributos físicos, Peso do Fruto (PF), Diâmetro Inicial (DI), Diâmetro Calibre (DC), Diâmetro Final (DF) e Comprimento Externo (CE), foram utilizados 60 frutos, em 6 tratamentos (T0, T1, T2, T3, T4 e T5) tempos de armazenamento. As análises físico-químicas foram realizadas em 4 repetições e em 4 tempos de armazenamento (T0, T1, T2 e T3), para cada tempo foram avaliados 3 frutos por repetição. Foram determinados o teor de Sólidos Solúveis (SS), a Acidez Total Titulável (ATT), o pH e a relação SS/ATT. A análise estatística dos dados foi realizada utilizando Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), aplicou-se análise de variância (ANOVA) seguido do teste de Tukey (5%). **Resultados:** Houve diferença estatística significativa para todas as características físicas e físico-químicas avaliadas, influenciadas conforme o grau de amadurecimento dos frutos. Foi observado de forma geral um aumento dos SS, acidez e SS/ATT e uma redução do pH. **Conclusão:** A banana cultivar 'Prata Carina', apresentou boas qualidade pós-colheita, tanto para os atributos físicos como físico-químicos, estando dentro dos padrões estabelecidos para a classificação e comercialização de bananas do grupo prata.

**Palavras-chave:** *Musa ssp.*, conservação, parâmetros físico-químicos.

## INTRODUÇÃO

A banana (*Musa ssp*) é um fruto simples, carnoso, do tipo baga alongada e tricolor, proveniente da bananeira, planta herbácea (Ceagesp, 2006). Por conta das suas características, qualidades nutricionais e baixo custo de aquisição tornou-se uma das frutas mais produzidas e consumidas em todo mundo (Completo *et al.*, 2020). De acordo com Couto *et al.* (2019), este fruto é apreciado por pessoas de qualquer classe social e de todas as idades, é fonte de renda de muitas famílias agricultoras e matéria prima industrial para grandes e pequenas empresas.

O Brasil é um dos maiores produtores de frutas do mundo, junto da China e da Índia, que nos últimos anos se encontram nas primeiros classificações respectivamente, no cenário de produção de diversas cultivares de frutas como maçã, citros, pera, melancia, banana, manga e laranja (Vidal, 2023; Sebrae, 2023).

As maiores áreas cultivadas com fruticultura no Brasil estão no Nordeste, aproximadamente 52,4%, seguido pelo Sudeste onde estão quase 26% da área plantada no país. O cultivo da banana é realizado em todo o país e ocupa uma das maiores áreas de fruticultura no Brasil (Vidal, 2023).

De acordo com o Levantamento Sistemático da Produção Agrícola de outubro de 2023, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a área colhida de banana no ano de 2023 correspondeu a 459.926 hectares, com a produção total de 7.015.532 toneladas da fruta (IBGE, 2023).

O cultivo da bananeira no Maciço de Baturité é favorecido pelo fato da região ter um clima tropical sub-úmido que beneficia o cultivo de várias culturas permanentes, sendo a bananicultura a que apresenta maior destaque desta produção (Completo *et al.*, 2020). O clima da região serrana tem características próprias em função da sua localização geomorfológica apresentar temperatura média dos meses mais frio (entre junho e agosto) sempre superior a 18°C, apresentando uma estação seca de pequena duração que é compensada pelos totais elevados de precipitação (Freire; Lima, 2014; Santos; Madeira; Sousa, 2012).

Segundo os padrões da atividade respiratória, as bananas são consideradas frutas climatéricas, o amadurecimento por sua vez reflete elevadas taxas da síntese de produção do etileno, e apresenta rápido aumento na intensidade do custo respiratório, ou seja, as reações relacionadas com o amadurecimento

e senescência ocorrem rapidamente e com grande demanda de energia (Costa; Ribeiro; Koblitz, 2011).

Von Loesecke estabeleceu a escala de maturação da banana em sete (7) estádios de amadurecimento, onde, a principal referência para observação da mesma é a cor da casca da fruta, totalmente verde (1º estádio), verde com traços amarelos (2º estádio), mais verde do que amarelo (3º estádio), mais amarelo do que verde (4º estádio), amarelo com pontas verdes (5º estádio), amarelo (6º estádio), amarelo com áreas marrons (7º estádio) (Ceagesp, 2006).

Nos estágios 1 a 3, a banana é considerada verde com consistência mais dura, sabor adstringente e com alto teor de amido, não sendo ainda consumível in natura, e pode ser utilizada na linha de produtos panificáveis, na produção de farinha, amido e chips (Silva, 2020). A banana madura, pode corresponder aos estágios 4 a 7, onde a fruta pode ser consumida in natura, podendo ainda ser obtidas a banana em calda, a banana desidratada, o catchup, a banana chips, congelados, doces em massa, essenciais, farinhas, flocos, granulados, geleias, néctares, purês, sucos, vinagre e vinhos (Lima; Silva; Ferreira, 2012).

São muitos os fatores que influenciam na qualidade da fruta. As condições edafoclimáticas, constituição genética, época de colheita, tratamentos culturais, estádio de maturação e tratamento pós-colheita são entre outras características fatores que determinam a qualidade físico-química dos frutos. Os parâmetros de qualidade da banana são determinados pelos seus estádios de maturação e pelos seus atributos físicos (cor, peso, diâmetro, firmeza etc.) e químicos como pH, acidez titulável, sólidos solúveis e relação entre acidez e sólidos solúveis (Chitarra; Chitarra, 2005; Diniz *et al.*, 2014).

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade pós-colheita da banana cultivar 'Prata Catarina' pelos atributos físicos e físico-químicos em diferentes estádios de maturação.

## **MÉTODOS**

### **Realização dos experimentos**

Os experimentos foram conduzidos nos Laboratórios de Pós-colheita e Tecnologia de Produtos de Origem Vegetal e Animal, do Instituto de Desenvolvimento

Rural (IDR), *Campus* das Auroras da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), no município de Redenção, estado do Ceará.

### **Obtenção da matéria prima**

Os frutos de bananas cv. Prata Catarina foram adquiridos na Área experimental da Unidade de Produção de Mudanças das Auroras (UPMA), coordenadas geográficas latitude  $-4^{\circ}13.106'S$  e longitude  $-38^{\circ}42.787' W$ . Os frutos foram colhidos no estádio 1 de maturação (totalmente verde), determinado pela coloração da casca.

### **Caracterização das análises físicas e físico-químicas**

As análises foram feitas a cada dois dias, até 10 dias de armazenamento. Para os atributos físicos, Cor da Casca, Peso do Fruto (PF), Diâmetro Inicial (DI), Diâmetro Calibre (DC), Diâmetro Final (DF) e Comprimento Externo sem o pedúnculo (CE), foram utilizados 60 frutos, em 6 tratamentos (T0, T1, T2, T3, T4 e T5) tempos de armazenamento. As análises físico-químicas foram realizadas em 4 repetições e em 4 tempos de armazenamento (T0, T1, T2 e T3), para cada tempo foram avaliados 3 frutos por repetição, totalizando 12 frutos por repetição.

### **Peso do Fruto (PF)**

Determinou-se o peso total dos frutos, utilizando-se balança semianalítica de marca Marte Científica, modelo AD3300, de precisão 0,01g, obtido em cada período de armazenamento, os resultados foram expressos em gramas(g).

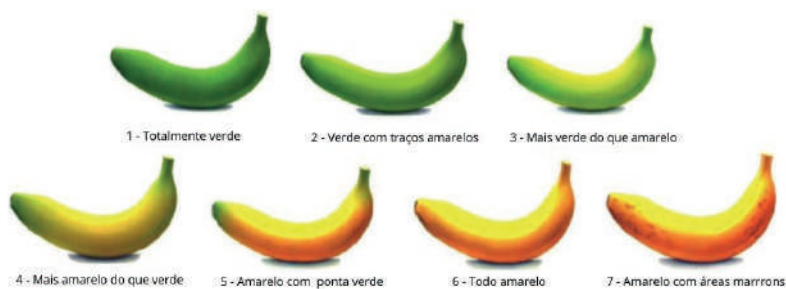
### **Dimensões**

Foram realizadas medições de diâmetro e de comprimento utilizando o paquímetro digital marca (MTX). Para o diâmetro foram medidas diâmetro inicial (DI), diâmetro calibre (DC) e diâmetro final do fruto (DF), já para o comprimento foi medido comprimento externo sem o pedúnculo (Ceagesp, 2006).

## Cor da casca

As avaliações de amadurecimento dos frutos foram realizadas sensorialmente por meio de observações visuais da cor da casca, seguindo os padrões estabelecidos pela escala diagramática de Von Loesecke (Ceagesp, 2006), que descreve as mudanças de coloração da casca da banana em 7 estádios de maturação (Figura 1).

Figura 1 - Coloração da casca da banana.



Fonte: GEAGESP (2006).

## Sólidos solúveis (SS)

De acordo com a metodologia recomendada pela AOAC, (1992), após obtenção da polpa por trituração dos frutos em liquidificador industrial, as amostras foram envoltas em algodão e/ou papel toalha e comprimidas manualmente até a obtenção do filtrado, e em seguida efetuou-se a leitura direta (°Brix) em um refratômetro óptico de bancada, modelo ABBE/AR1000 da MEGABRIX. As leituras foram feitas em duplicatas, para cada repetição sendo a média destes valores utilizada para análise estatística dos dados.

## Acidez Total Titulável (ATT)

Para este processo adotou-se a metodologia utilizada pela IAL, (1985). Diluiu-se 1 g de polpa da banana em 50 mL de água destilada, em seguida adicionou-se três gotas de indicador ácido-base de fenolftaleína e posteriormente titulado com a solução de hidróxido de sódio (NaOH, 0,1 M), até a obtenção de

coloração levemente rósea. Os resultados foram expressos em percentagem de ácido málico.

## **pH**

Nesta etapa utilizou-se as soluções padrões com pH 7,0; 4,0 e 9,0 para calibrar o medidor de pH de bancada fabricado pela IONLAB. Diluiu-se a polpa da banana na proporção 10 g da amostra da banana para 10 g de água, mediu-se o pH das amostras instantaneamente no aparelho em duplicata para cada repetição, nos diferentes tempos.

## **Relação SS/ATT**

Foi obtida pelo quociente entre os resultados das duas análises, supracitadas.

## **Análise estatística**

A análise estatística dos dados foi realizada utilizando Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), com sessenta (60) repetições em seis tempos para as análises físicas e quatro repetições em quatro tempos para as físico-químicas. Aplicou-se análise de variância (ANOVA) seguido do teste de Tukey (5%) considerado estatisticamente significativo o  $P < 0,05$ .

# **RESULTADOS**

## **Características físicas**

O amadurecimento da banana cultivar 'Prata Catarina' mantida sob condições ambientais ( $25 \pm 3$  °C e UR  $85 \pm 5\%$ ) atingiu o ponto de maturação 2 de maneira lenta, sendo o estágio mais demorado observado no presente estudo, após quatro dias de armazenamento (Tabela 1), seguida de transição a cada 2 dias aproximadamente, para os demais estádios, com exceção dos dois últimos 6 e 7, que foram atingidos no mesmo período.

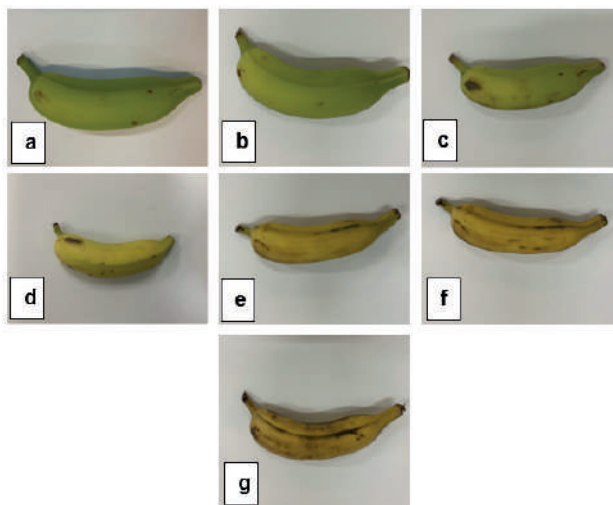
**Tabela 1** - Grau de maturação, da banana da cultivar 'Prata Catarina' ao longo dos 12 dias de armazenamento.

Grau de Maturação	Dias de Armazenamento
1 - Totalmente verde	1
2 - Verde com traços amarelos	4
3 - Mais verde do que amarelo	6
4 - Mais amarelo do que verde	8
5 - Amarelo com pontas verde	10
6 - Amarelo	12
7 - Amarelo com áreas marrons	12

Fonte: os autores (2023).

Na Figura 2 é apresentada a mudança de coloração da casca obtida para a banana cultivar 'Prata Catarina' Durante o período de armazenamento, distribuída em 7 pontos, de acordo com a escala diagramática de Von Loesecke.

**Figura 2** - Bananas cultivar 'prata catarina' em diferentes estádios de maturação, (a) 1. estágio de maturação, (b) 2. estágio de maturação, (c) 3. estágio de maturação, (d) 4. estágio de maturação, (e) 5. estágio de maturação (f) 6. estágio de maturação, (g) 7. estágio de maturação.



Fonte: os autores (2023).

Os resultados para os parâmetros físicos de Comprimento Externo sem o pedúnculo (CE), Diâmetro Inicial (DI), Diâmetro Calibre (DC), Diâmetro Final (DF) Peso do Fruto (PF), analisados, são apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2** - Média dos atributos físicos da banana cultivar 'Prata Catarina', em diferentes tempos de armazenamento.

Tempo	CE (mm)	DI (mm)	DC (mm)	DF (mm)	PF (g)
1	133,83 a	35,14 a	36,75 a	31,38 a	100,57 a
2	132,48 ab	34,32 ab	35,72 ab	30,30 bc	93,35 b
3	132,05 abc	33,62 bc	35,31 bc	30,66 ab	92,21 bc
4	131,40 abc	32,71 c	34,46 c	29,41 c	88,70 c
5	129,33 bc	31,37 d	32,57 d	27,08 d	83,78 d
6	127,79 c	30,34 d	31,43 e	26,84 d	79,22 e
CV%	6,50	6,70	5,95	1,01	7,58

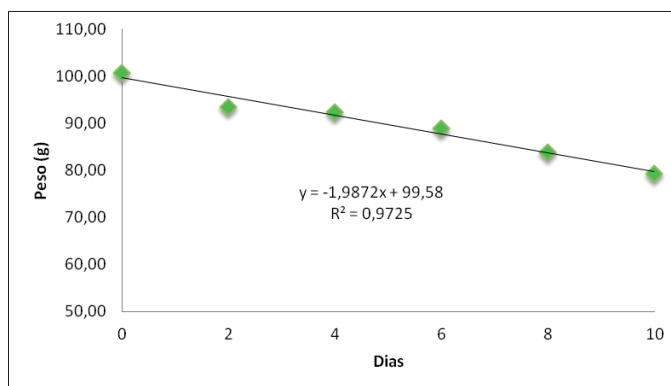
Fonte: Gomes (2023).

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Os resultados médios observados nos parâmetros físicos ao longo tempo de armazenamento dos frutos, mostram uma redução do comprimento da banana, bem como, do diâmetro inicial, diâmetro do calibre, diâmetro final e do peso da fruta.

À medida que o fruto vai amadurecendo ocorre uma perda de água por transpiração o que resulta em significativa perda de peso do fruto durante seu amadurecimento, resultando na diminuição do peso (Figura 3).

**Figura 3** - Perda de peso da banana cultivar 'Prata Catarina' ao longo dos dias de armazenamento.



Fonte: Gomes (2023).

As bananas avaliadas no presente trabalho são classificadas entre as categorias I (32 mm) e Extra (34mm), quanto ao diâmetro do calibre e fazem parte da classe 12 comprimento (maior que 12 cm até 15 cm). A classe da banana é

determinada pelo comprimento do fruto, este agrupamento em classes garante a homogeneidade de tamanho entre frutos de um mesmo lote. Seguindo estas normas de classificação a banana cultivar 'Prata Catarina' avaliada neste estudo pertence à classe 12, e está entre as categorias I e Extra, portando dentro dos padrões de qualidade e classificação para comercialização da banana de acordo com o Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura e Produção Integrada de Frutas (PBMH; PIF, 2006).

### Características físico-químicas

Observou-se diferença estatística para todas as características físico-química avaliadas, influenciadas conforme o grau de amadurecimento dos frutos, sendo observado de forma geral um aumento dos SS, acidez e SS/ATT e uma redução do pH (Tabela 3).

**Tabela 3** - Parâmetros físico-químicos: Sólidos Solúveis (SS), Acidez Total Titulável (ATT) e potencial hidrogeniônico (pH) da banana cultivar 'Prata Catarina' em diferentes tempos de maturação.

Tempo	SS	ATT	SST/ATT	pH
T0	2,38 c	0,26 b	9,35 c	5,52 a
T1	19,19 b	0,71 a	27,10 b	4,42 c
T2	21,41 ab	0,64 a	33,97 a	4,45 c
T3	23,88 a	0,65 a	36,74 a	4,70 b
CV%	7,18	10,35	11,68	1,27

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Fonte: Gomes (2023).

O menor teor de sólidos solúveis (SS) da banana foi observado no T0, enquanto que o T3 teve o maior teor de sólidos solúveis, medido em °Brix. Já para ATT, o T0 se diferenciou dos demais tempos, apresentando menor acidez total, e T1 apresentou a maior elevação, não diferindo estatisticamente dos demais tempos (T2 e T3).

Na relação SS/ATT houve um aumento ao longo do amadurecimento da banana em todos os tempos de armazenamento, comportamento similar foi observado por Barbosa *et al.* (2019), ao observarem este parâmetro na banana 'Pacovan'.

Observou-se uma redução no índice de pH ao longo do tempo de armazenamento, conseqüente ao decorrer do amadurecimento do fruto. Os valores referentes ao último tempo foram próximos aos encontrados por Barbosa *et al.*,

(2019), que obtiveram pH de 4,6 e por Sarmiento *et al.* (2015), com pH de 5,7 para a fruta verde correspondente e 4,8 no último estágio de maturação.

## DISCUSSÃO

As análises de variância mostraram diferença significativa para a CE, sendo que expressaram maior valor no primeiro tempo, ou seja, quando o fruto ainda estava verde, no estágio inicial de maturação. O mesmo comportamento foi observado nos demais atributos físicos como DI, DC, DF e o PF. Este comportamento nos DI, DC e DF pode ser explicado de forma que, quando os frutos foram colhidos (totalmente verdes), as quininas ainda não tinham sumido, fator relacionado à época de colheita, ou seja, ponto ótimo de maturação fisiológica.

Santos e Chitarra (1998), ao estudarem a relação entre a idade do cacho de banana 'Prata' a colheita e a qualidade dos frutos após a colheita, observaram que os cachos colhidos aos 90 dias após a antese já tinham atingido seu ponto de maturação fisiológica, à medida que se esperou mais o momento da colheita, verificou-se um aumento linear do diâmetro do fruto. O comprimento teve uma tendência de aumento de 90 a 105 dias, estabilizando se, a partir daí, até os 150 dias.

Silva e colaboradores (2014), ao avaliarem as características pós-colheita de banana 'Prata Anã' armazenada sob temperatura ambiente observaram que o peso do fruto decresceu ao longo do amadurecimento de 107,64 g a 92,13g (Embrapa, 2010; Silva *et al.*, 2014). Segundo Chitarra e Chitarra (2005), o peso, diâmetro longitudinal e transversal são importantes critérios para distinção de diferentes cultivares de uma mesma espécie.

Segundo a Embrapa (2010), a intensidade da perda do peso pelo processo transpiratório tem importância substancial durante a comercialização da fruta, pois, em alguns casos, altas perdas de peso podem resultar no murchamento e perda de consistência, com redução da qualidade.

Segundo Chitarra e Chitarra (2005), quanto maior for o estágio de maturação para diversas variedades de frutas maiores serão os valores de sólidos solúveis totais. O valor encontrado é semelhante ao dos autores Hansen *et al.* (2010), que ao estudarem a banana prata variedade Maranhão, observaram um teor de SS em torno de 28,7 °Brix, valor este próximo ao encontrado no presente trabalho. Comportamento semelhante foi observado por Sarmiento *et al.* (2015),

ao estudarem da qualidade pós colheita da banana cultivar 'Prata Catarina' submetida a diferentes danos mecânicos e armazenamento refrigerado, onde observaram que os frutos que foram armazenados aos 21 dias apresentaram maiores teores de sólidos solúveis.

Os frutos com elevados valores de SS são desejáveis e proporcionam melhor sabor tanto para o consumo in natura, como beneficiamento (Hansen *et al.*, 2010), o que significa que quando estas características são obedecidas se está perante resultados satisfatórios. De acordo com as recomendações do Mapa (2016), no regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de banana, o teor de sólidos solúveis deve ser de no mínimo 18 °Brix.

Neris *et al.* (2018), observaram uma elevação da acidez total titulável ao longo do amadurecimento, por sua vez, está associada ao aumento de ácido málico. Segundo Chitarra e Chitarra (2005), a acidez em produtos hortícolas é atribuída, principalmente, aos ácidos orgânicos, que contribuem não só para acidez, como também, para aroma característico porque alguns componentes são voláteis.

O mesmo comportamento foi constatado por Barbosa *et al.* (2019), quando avaliando a qualidade pós-colheita de banana 'Pacovan' sob diferentes condições de armazenamento, observaram que os tratamentos permitiram a elevação da acidez ao longo do tempo e, posterior decréscimo da acidez titulável quando próximo da senescência do fruto. A pesquisa de Sarmento *et al.*, (2015), corroboram com este estudo verificando aumento nos teores de acidez total ao longo do tempo de armazenamento em todos tratamentos. Fernandes *et al.* (2010), constataram um decréscimo do ATT ao longo do amadurecimento da banana da variedade 'Nanicão' armazenados a 13°C e 25°C, obtendo um resultado diferente ao do presente estudo.

Sarmento *et al.* (2015), no estudo sobre qualidade pós-colheita da banana 'Prata Catarina' submetida a diferentes danos mecânicos e armazenamento refrigerado, observaram valores superiores comparados ao presente trabalho, sendo valor médio encontrado para a relação SS/AT (52,9) e da testemunha (42,6). Essa diferença pode ser justificada pelas condições edafoclimáticas, tratos culturais, bem como as condições em que foram submetidos os experimentos. A relação SS/ATT é um importante indicador, pois está diretamente relacionada à percepção do sabor doce do fruto (Chitarra; Chitarra, 2005; Cerqueira *et al.*, 2015).

Segundo as observações feitas na literatura por Neris *et al.* (2018), o pH pode continuar diminuindo com o amadurecimento, incluindo na senescência, devido a acidificação da casca pela presença dos micro-organismos e dos compostos excretados no meio.

## CONCLUSÃO

Nas condições específicas deste trabalho a banana cultivar “Prata Carina”, apresentou boas características de qualidade pós-colheita, tanto para os atributos físicos como físico-químicos, estando dentro dos padrões estabelecidos para a classificação e comercialização de bananas do grupo prata.

## Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsas de iniciação científica.

## REFERÊNCIAS

- BARBOSA, L. F. S. *et al.* Qualidade pós-colheita de banana ‘Pacovan’ sob diferentes condições de armazenamento. **Magistra**, v. 30, p. 28-36, 2019.
- CERQUEIRA, T. S. *et al.* Alterações de açúcares e amido em Banana ‘Grande Naine’ durante o amadurecimento. **Congresso Brasileiro de Processamento Mínimo e Pós-Colheita de Frutas, Flores e Hortaliças**, 1; **Simpósio Brasileiro de Pós-Colheita, Frutas, Hortaliças e Flores**, 5; **Encontro Nacional sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças**, 8., 2015, Aracaju, SE. Avanço na conservação e qualidade de frutas, flores e hortaliças: [anais]. Aracaju: Universidade Federal de Sergipe, 2015. 1 CD-ROM.
- COSTA, A. S.; RIBEIRO, L. R.; KOBLITZ, M. G. B. Uso de atmosfera controlada e modificada em frutos climatéricos e não-climatéricos. **Sitientibus série Ciências Biológicas**, v. 11, n. 1, p. 1-7, 2011.
- COUTO, L. A., *et al.* Análise microbiológica e físico-química de banana desidratada submetida a diferentes tratamentos. **Global Science & Technology**, v. 12, n. 3, 2019.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. (2005). **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA, 2005. p. 785.
- SILVA, M E. C., *et al.* Caracterização e aceitação sensorial de banana prata (musa paradisiaca) produzida em sistemas orgânico e convencional. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 65623-65640, 2020.
- SANTOS, J. E. S.; CHITARRA, M. I. F. Relação entre a idade do cacho de banana ‘Prata’ à colheita e a qualidade dos frutos após a colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 9, p. 1475-1480, 1998.

SILVA, S. H. N. D. *et al.* **Características pós-colheita de banana Prata Anã armazenada sob temperatura ambiente**, 2014 Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1011047/1/10414.pdf>>. Acesso em: 20 nov. 2023.

SANTOS, F. L. A.; MEDEIROS, E. M.; SOUZA, M. J. N. Contexto Hidroclimático do Enclave Úmido do Maciço de Baturité-Ceará: Potencialidades e Limitações ao Uso da Terra. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 9, p. 1056-1065, 2012.

HANSEN, O. A de S., *et al.* Caracterização física e química de banana tipo terra da variedade Maranhão em três estádios de maturação. **Anais Congresso Brasileiro de Fruticultura**, 21., 2010, Natal. Frutas: saúde, inovação e responsabilidade.

DINIZ, T. T. *et al.* Subprodutos para utilização na alimentação animal da cultura da banana. **Revista Colombiana de Ciência Animal**, v. 1, p. 194-212, 2014.

FERNANDES, E. G.; LEAL, P. A. M.; SANCHES, J. Climatização e armazenamento refrigerado na qualidade pós-colheita de bananas 'nanicão'. **Bragantia**, 69 (3), p.735-744, 2010.

FREIRE, L. M.; LIMA, J. S. Caracterização Geomorfológica da Serra de Baturité – Ceará. **Anais X Simpósio Nacional de Geomorfologia: Geomorfologia, ambiente e sustentabilidade**, 2014, Manaus.

IBGE — Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/busca.html?searchword=banana>>. Acesso em: 20 nov. 2023.

LIMA, M. B.; SILVA, S. de O.; FERREIRA, C. F. **Banana: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. 2 ed. Revisada e ampliada, Brasília: Embrapa, 2012. p. 214.

MAPA — Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Banana**. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/aceso-a-informacao/participacao-social/consultas-publicas/documentos/01\\_09-seciao-1-portaria-58.pdf](http://www.agricultura.gov.br/aceso-a-informacao/participacao-social/consultas-publicas/documentos/01_09-seciao-1-portaria-58.pdf)>. Acesso em: 23 nov. 2023.

PBMH & PIF - Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura & Produção Integrada de Frutas. **Normas de Classificação de Banana**. São Paulo: CEAGESP, 2006. (Documentos, 29).

RINALDI, M. M.; CARMO, N. R.; SALES, R. N. **Conservação pós-colheita de banana Nanicão e Prata**. Embrapa Cerrados, 2010.

SARMENTO, D. H. A. *et al.* Armazenamento de banana 'Prata Catarina' sob temperatura ambiente recobertas com fécula de mandioca e PVC. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 2, p. 235-241, 2015.

SEBRAE. **Produtor Mundial de Banana**. Disponível em: <<https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/brasil-e-o-4-produtor-mundial-de-banana,1f00286bf0837810VgnVCM1000001b00320aRCRD>>. Acesso em: 8 dez. 2023.

VIDAL, M. F. Agropecuária: Fruticultura. **Caderno Setorial Etene**, Fortaleza: BNB, ano 8, n. 308, out. 2023.

## **SUPERÓXIDO DISMUTASE: DETERMINANDO A ATIVIDADE ENZIMÁTICA EM PRODUTOS HORTIFRUTÍCOLAS**

Alex Guimarães Sanches

Escola de Educação Tecnológica do Estado do Pará (EETEPA)

Maryelle Barros da Silva

Escola de Educação Tecnológica do Estado do Pará (EETEPA)

Gustavo Henrique de Almeida Teixeira

University of Idaho (USA)

# RESUMO

A superóxido dismutase (SOD) é uma enzima antioxidante funcional para estratégias de defesa fisiológica das plantas contra espécies reativas de oxigênio (ERO) geradas a partir de estresse biótico e abiótico. No contexto da pós-colheita, a respiração é o principal evento fisiológico relacionado a produção de ERO, especialmente no amadurecimento e senescência do vegetal. Considerando que o ânion superóxido ( $O_2^-$ ) é um radical livre e que em altas concentrações pode causar danos as estruturas celulares e gerar espécies reativas mais tóxicas ao metabolismo celular, o monitoramento da atividade da SOD, torna-se fundamental, pois essa enzima atua dismutando o  $O_2^-$  formando peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) que pode ser eliminado por outras enzimas antioxidantes e água ( $H_2O$ ). Assim, este protocolo de práticas visa disseminar informações técnicas sobre os procedimentos para extração e quantificação da SOD em produtos hortifrutícolas. Aqui são apresentados os materiais necessários (vidrarias, utensílios), regentes (preparo de soluções), ensaio de atividade e cálculo para quantificação da atividade enzimática. Esperamos que este protocolo contribua na pesquisa científica servindo de base para a reprodução e ou adequação do método analítico para determinar a atividade da SOD.

**Palavras-chave:** protocolo; ânion superóxido; estresse oxidativo; pós-colheita.

## INTRODUÇÃO

As espécies reativas de oxigênio (ERO), também chamadas de espécies ativas de oxigênio ou mesmo intermediários ativos de oxigênio são formas reduzidas de oxigênio que são energeticamente mais reativas que o oxigênio molecular, ou seja, são compostos que tem maior facilidade em reagir com outras substâncias podendo gerar uma cascata de reações. As formas mais comuns de ERO encontrados nas células são: radicais superóxido ( $O_2^-$ ), hidroxila ( $OH^-$ ), peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) e oxigênio singlete ( $^1O_2$ ).

As ERO são normalmente geradas nos ambientes extracelulares e intracelulares durante processos metabólicos comuns e reações de transferência de elétrons (Kumari *et al.*, 2018). Em linhas gerais, as ERO funcionam como uma molécula sinalizadora em plantas sob condições de estresses bióticos e abióticos, estando envolvido no fechamento estomático, gravitropismo radicular, tolerância à deficiência de oxigênio, fortalecimento da parede celular, senescência, produção de fitoalexinas, fotossíntese, abertura estomática e no controle do ciclo celular (Xu *et al.*, 2023). No entanto, quando a concentração das ERO excede o equilíbrio normal, elas começam a roubar elétrons da parte mais vulnerável da célula que é a membrana lipídica (Sies, 2017; Mittler *et al.*, 2022), esse aumento repentino na concentração de ERO é uma condição chamada de estresse oxidativo. Na pós-colheita a respiração é o evento fisiológico que mais gera a formação de ERO sendo o principal fator relacionado ao estresse oxidativo nos vegetais. Esse estresse desencadeia uma reação em cadeia, que acaba destruindo a estrutura da membrana celular junto com outras proteínas e DNA, levando à morte celular (Mu; Liu, 2017).

Assim, é importante manter um equilíbrio nas concentrações de ERO intracelulares e extracelulares. A quantidade de ERO produzida e eliminada é controlada por vários fatores no ambiente celular, sendo conhecidos como antioxidantes (enzimáticos e não enzimáticos). Uma molécula ou composto normal torna-se instável quando perde um elétron, que por sua vez encontra elétrons livres para se tornarem estáveis novamente (Czarnocka; Karpiński, 2018). Ao contrário das moléculas normais, os antioxidantes têm a tendência de doar elétrons sem perder o equilíbrio em sua estrutura, formando uma ligação entre si (Mittler *et al.*, 2022).

As enzimas antioxidantes são um conjunto de proteínas que estão presentes no ambiente celular para regular os antioxidantes na eliminação dos radicais livres. A função básica das enzimas antioxidantes é facilitar o mecanismo de doação de elétrons dos antioxidantes e reciclar os antioxidantes oxidados de volta à sua forma reduzida, como em uma reação reversa (Lei *et al.*, 2016). Existem poucas enzimas antioxidantes no sistema biológico e as mais comuns com papéis importantes na eliminação de radicais livres são a superóxido dismutase (SOD), glutatona peroxidase (GPX), catalase (CAT) e a ascorbato peroxidase (APX) (Cecerska-Heryć *et al.*, 2021). Coletivamente, essas enzimas trabalham juntas para defender as células contra o estresse oxidativo. Neste protocolo será abordado informações técnicas sobre a primeira enzima de defesa antioxidante, a superóxido dismutase (SOD).

A superóxido dismutase desempenha um papel importante na defesa contra a toxicidade mediada por radicais de oxigênio em organismos aeróbicos. Nas plantas, adversidades ambientais como secas, altas ou baixas temperaturas, inundações, presença de metais pesados, déficit de macronutrientes e o próprio amadurecimento (respiração) muitas vezes levam ao aumento da geração de espécies com redução de oxigênio e, conseqüentemente, sugere-se que a SOD desempenhe um papel importante na tolerância das plantas ao estresse (Mu; Liu, 2017).

O radical superóxido ( $O_2^-$ ) é instável, por isso muitas vezes se dismuta espontaneamente e é suscetível de ser degradado por íons de metais de transição que podem estar presentes no meio de reação. Os métodos até agora usados para medir a atividade da SOD em materiais vegetais são a xantina/xantina oxidase (X-XOD), o Nitro Blue Tetrazólio/Riboflavina (NBT/RF) e o método de auto oxidação do pirogalol (Stephenie *et al.*, 2020). Uma unidade de atividade enzimática é geralmente definida como a quantidade de enzima que inibe a reação do  $O_2^-$  com um indicador em 50%. Estes são métodos indiretos que envolvem a inibição pela SOD de um produto resultante da reação entre um indicador e o  $O_2^-$ . O radical superóxido é produzido enzimaticamente ou não enzimaticamente durante a auto oxidação de um composto. Ele atua como a espécie propagadora da cadeia e o produto final é geralmente mensurável espectroscopicamente (Stephenie *et al.*, 2020).

A pesquisa sobre superóxido dismutase vegetal concentra-se principalmente em compreender como a enzima antioxidante atua sozinha ou em combinação com outros fatores que são afetados pelo estresse ambiental ou pelo genótipo nas plantas (Dias *et al.*, 2019; Ju *et al.*, 2018). As plantas superiores apresentam três isoformas de SOD, que são a isoforma cloroplástica e citosólica Cu/Zn-SOD a isoforma cloroplástica Fe-SOD e isoforma Mn-SOD encontrada nas mitocôndrias (Jamdhade *et al.*, 2017). A SOD elimina radicais livres de oxigênio por meio de um ciclo de oxidação/redução pelo íon do metal de transição presente em seu sítio ativo (Cu, Zn, Fe e Mn) a uma taxa de reação extremamente alta (Bafana *et al.*, 2011).

Todas as isoformas de SOD ligam-se apenas a ânions com carga única, como fluoreto e azida. No entanto, existem variações discretas entre as afinidades das três isoformas, por exemplo, Cu/Zn-SOD é inibido competitivamente por ânions como  $F^-$ ,  $CN^-$  e  $N_3^-$ , porém essa isoforma exerce um papel importante na defesa antioxidante de primeira linha. A isoforma Mn-SOD contém um átomo de manganês por subunidade, onde a dismutação em duas etapas dos ânions superóxido faz o ciclo de Mn (III) para Mn (II) e de volta para Mn (III). Como o Mn-SOD é baseado em mitocôndrias, os radicais de oxigênio são amplamente fornecidos pelas reações em cadeia respiratória. A isoforma Mn-SOD é caracterizada por ser levemente influenciada por oxidantes, mas principalmente regulada por citocinas (Holley *et al.*, 2011). Por sua vez, a isoforma Fe-SOD pode contribuir como um potencial mediador de eliminação de radicais livres devido à sua capacidade de reter múltiplos doadores de átomos. No entanto, o excesso de Fe-SOD exógeno poderia perturbar o equilíbrio do Mn-SOD endógeno essencial ao metabolismo celular, que se torna um evento ameaçador ao estresse oxidativo (Miller, 2012).

Considerando a importância que a SOD exerce em plantas, objetiva-se neste protocolo de práticas expor o processo de extração e quantificação da atividade enzimática da SOD com foco para a determinação da atenuação do estresse oxidativo na pós-colheita de produtos hortifrutícolas.

# APRESENTAÇÃO

## Superóxido dismutase

A SOD atua na primeira linha de defesa antioxidante dismutando os ânions superóxido ( $O_2^-$ ) em peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) com a liberação de oxigênio molecular  $O_2$ . Considerando que a alta concentração do ânion superóxido pode causar danos a estruturas celulares e originar outras espécies reativas de oxigênio, a exemplo do radical hidroxila ( $OH^-$ ) que é extremamente deletério e uma vez formado não pode ser eliminado do organismo celular, torna-se fundamental compreender como a atividade da SOD atua na eliminação deste radical ( $O_2^-$ ) afim de evitar a formação da hidroxila ( $OH^-$ ).

Esse protocolo de práticas tem como finalidade a disseminação do conhecimento científico para determinar da atividade enzimática da SOD, especificamente em produtos hortifrutícolas. Sabemos que na literatura existem vários métodos para a extração e quantificação da SOD em plantas e normalmente os laboratórios cuja linha de pesquisa está atrelado ao metabolismo vegetal tem esses protocolos muito bem definidos, todavia essas informações estão restritas aquele conjunto de pesquisadores, pois nos trabalhos científicos a descrição dessas práticas é apresentada de forma resumida na seção "material e métodos". De modo geral, informações sobre o uso de vidrarias e materiais, preparo de soluções, o ensaio de atividade e principalmente o cálculo para expressar a atividade enzimática não são apresentados limitando a reprodução pelo pesquisador que não tem acesso a esses protocolos na sua íntegra. Neste sentido, consideramos relevante apresentar um protocolo de prática que auxilie o pesquisador a reproduzir o ensaio de atividade da SOD em plantas, especificamente na pesquisa pós-colheita de produtos hortifrutícolas, foco de estudo deste grupo de trabalho. Todavia, esse protocolo pode ser aplicado a outras partes vegetativas de plantas (raízes, folhas, flores, entre outros).

## APLICAÇÃO

### Obtenção do extrato

O extrato obtido com o método a seguir será utilizado para determinar a atividade enzimática da Superóxido dismutase (SOD) e outras enzimas do metabolismo oxidativo.

### Material necessário (vidrarias, utensílios, equipamentos e soluções)

- Balão volumétrico, centrífuga refrigerada, micropipetas (5000  $\mu\text{L}$ ), almofariz e pistilo, banho de gelo, espátula de metal, tubos tipo eppendorf (3000 e 250  $\mu\text{L}$ );
- Água deionizada, fosfato de potássio monobásico e dibásico, ácido etilenodiaminotetraacético (EDTA) e polivinilpolipirrolidona (PVPP).

### Método de extração

- Pesar o material vegetal (1 g, exemplo) e macerar em almofariz com nitrogênio líquido  $\text{N}_2$ , em seguida adicionar 2,5 ml de tampão fosfato de potássio 100 mM (pH 7,0), contendo ácido etilenodiamino tetra-ácetico (EDTA) 0,1mM e 20% (0,08 g) de PVPP (uma pitada);
- Homogeneizar por 1 minuto, transferir o material para tubos tipo eppendorf (OBS.: Para casca e polpa fibrosa recomenda-se a filtragem em malha fina);
- Centrifugar a 10.000 rpm (12.096  $\times g$ ) por 30 minutos a 4 °C;
- Após centrifugação, retirar do sobrenadante alíquotas de 100  $\mu\text{l}$  (proteínas), 200  $\mu\text{l}$  (enzimas) e adicionar em tubos eppendorf (triplicata, no mínimo) devidamente identificados;
- Congelar o extrato a -18 °C até o momento das análises enzimáticas.

## Preparo das soluções e cálculos

**Nota:** É importante padronizar a unidade das soluções antes de realizar os cálculos: Milimolar (mM) para molar (M) divide por 1000. Molar (M) para Milimolar (mM) multiplica por 1000.

- Solução tampão fosfato de potássio 100 mM (pH 7,0) contendo EDTA 0,1 mM
- Pesar 6,8045 g de fosfato de potássio monobásico para 500 mL de água deionizada;
- Pesar 8,709 g de fosfato de potássio dibásico para 500 mL de água deionizada;
- Após pesar e dissolver, passa-se a medir o pH da solução dibásica ajustando com a solução monobásica até o pH desejado (7,0).
- Fosfato de potássio monobásico (PM = 136,09)

$$136,09\text{g} - 1000\text{ mM} - 1000\text{ mL}$$

$$X - 100\text{ mM} - 1000\text{ mL}$$

$$X = 13,609\text{ g para 1 L de solução}$$

- Fosfato de potássio dibásico (PM=174,18)

$$174,18\text{ g} - 1000\text{ mM} - 1000\text{ mL}$$

$$X - 100\text{ mM} - 1000\text{ mL}$$

$$X = 17,418\text{ g para 1 L de solução}$$

**OBS.:** A solução tampão deve ser preparada com antecedência a análise e armazenada sob refrigeração. Na maioria das vezes a solução monobásica sobra e para economizar em reagente diminua o volume para 500 mL.

- Ácido etilenodiaminotetraacético 0,1 mM (EDTA - Sal disódico) EDTA (PM= 372,24)

372,24 g – 1000 mM – 1000 mL

X – 0,1 mM – 1000 mL

X = 0,0372 g para 1 L de solução

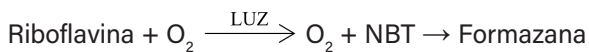
**OBS:** O EDTA é dissolvido dentro do tampão fosfato pH 7,0 e deve ser preparado no dia da análise. O volume de EDTA a ser utilizado deve ser proporcional à quantidade de amostras (triplicata).

### Considerações

- O volume de tampão descrito neste método (2,5 ml) é utilizado para centrifugas com rotor de eppendorf, assim faz-se necessário adaptar para centrifugas cujos sistema de extração seja maior.
- É importante realizar teste preliminar com a amostra para quantificar o teor de proteína e, com base nesse quantitativo, ajustar a massa e o volume de tampão na extração;
- Na ausência do nitrogênio líquido recomenda-se usar o banho de gelo sob o almofariz;
- O tempo de centrifugação pode ser ajustado conforme a amostra a ser avaliada.

### ATIVIDADE ENZIMÁTICA DA SUPERÓXIDO DISMUTASE (SOD, EC 1.15.1.1)

#### Informações gerais



A determinação da SOD considera a capacidade da enzima em inibir a formação do composto azul (formazana) gerado pela fotorredução do nitro-azul-tetrazólio (NBT) capaz de ser quantificado em espectrofotômetro a 560 nm.

## Material necessário (vidrarias, utensílios, equipamentos e soluções)

Balão volumétrico, tubos de ensaio, agitador de tubos de ensaio (vórtex), banho-maria, espectrofotômetro, cubetas de poliestireno, micropipetas (100, 200 e 1000), cronômetro, caixa de madeira revestida com papel alumínio, contendo duas lâmpadas fluorescentes de 20 W.

- Água deionizada, fosfato de potássio monobásico e dibásico, ácido etilenodiaminotetraacético (EDTA), L-metionina, Nitro blue Tetrazolium (NBT) e riboflavina.

### Preparo das soluções e cálculos:

- Solução tampão fosfato de potássio 0,05 M (pH 7,8) contendo EDTA 0,1 mM e metionina (19,5 mM)
- Pesar 6,8045 g de fosfato de potássio monobásico para 1000 mL (1L) de água deionizada;
- Pesar 8,709 g de fosfato de potássio dibásico para 1000 mL (1L) de água deionizada;
- Após pesar cada um e dissolver, passa-se a medir o pH da solução dibásica ajustando com a solução monobásica até o pH desejado (7,8).
- Fosfato de potássio monobásico (PM=136,09)

$$136,09\text{g} - 1000\text{ mM} - 1000\text{ mL}$$

$$X - 50\text{ mM} - 1000\text{ mL}$$

$$X = 6,8045\text{ g para 1 L de solução}$$

- Fosfato de potássio dibásico (PM=174,18)

$$174,18\text{ g} - 1000\text{ mM} - 1000\text{ mL}$$

$$X - 50\text{ mM} - 1000\text{ mL}$$

$$X = 8,709\text{ g para 1 L de solução}$$

**OBS.:** A solução tampão deve ser preparada com antecedência a análise e armazenada sob refrigeração. Na maioria das vezes a solução monobásica sobra e para economizar em reagente diminua o volume de 1 L para 500 mL, neste caso, ajustar o volume no cálculo.

- Ácido etilenodiaminotetraacético 0,1 mM (EDTA – Sal disódico) EDTA (PM=372,24)

$$\begin{aligned} 372,24\text{g} & - 1000 \text{ mM} - 1000 \text{ mL} \\ X & - 0,1 \text{ mM} - 1000 \text{ mL} \\ X & = 0,037224 \text{ g para 1 L de solução} \end{aligned}$$

**OBS.:** O EDTA é dissolvido dentro do tampão fosfato pH 7,8 e deve ser preparado no dia da análise. O volume de EDTA a ser utilizado deve ser proporcional à quantidade de amostras (triplicata), geralmente 500 mL de solução no dia é suficiente, neste caso, ajustar o volume no cálculo.

- Metionina 19,5 mM (PM= 149,21)

$$\begin{aligned} 149,21\text{g} & - 1000 \text{ mM} - 1000 \text{ mL} \\ X & - 19,5 \text{ mM} - 1000 \text{ mL} \\ X & = 2,909 \text{ g para 1 L de solução} \end{aligned}$$

Para fazer 500 mL basta dividir 2,909 por 2 = 1,4547 g

**OBS.:** A metionina é dissolvida dentro do tampão fosfato pH 7,8 e deve ser preparada no dia da análise. O volume de metionina a ser utilizado deve ser proporcional à quantidade de amostras (triplicata), geralmente 250 mL de solução no dia é suficiente, neste caso, ajustar o volume no cálculo.

- Nitro Blue Tetrazolium 750 μM (NBT) (PM= 817,65):

$$\begin{aligned} 817,65\text{g} & - 1000 \text{ mM} - 1000 \text{ mL} \\ X & - 0,75 \text{ mM} - 50 \text{ mL} \\ X & = 0,6133 \text{ g para 1 L de solução} \end{aligned}$$

Por dia, o volume necessário para esta solução é de 25 mL, logo multiplicar 0,6133 por 25 e dividir por 1000, assim terá 0,015 g para 25 ml (*OBS: preparar em ambiente com baixa luminosidade e somente no dia da análise*).

- Riboflavina 10  $\mu$ M (PM= 376,37)

Transferir 0,5 mL (500  $\mu$ l) da solução estoque a 1 mM para balão volumétrico de 50 mL e completar o volume com água deionizada (*OBS.: preparar em ambiente com baixa luminosidade e somente no dia da análise*).

$$376,37\text{g} - 1000\text{ mM} - 1000\text{ mL}$$

$$X - 1\text{ mM} - 50\text{ mL}$$

$$X = 0,3764\text{ g para 1 L de solução}$$

O volume necessário para esta solução é de 50 mL, logo multiplicar 0,3764 por 50 e dividir por 1000, assim terá 0,0188 g para 50 mL

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$1\text{ mM} \times V_1 = 0,01\text{ mM} \times 50\text{ mL}$$

$$V_1 = 0,5\text{ mL ou }500\ \mu\text{l}$$

### Marcha analítica

- Descongelar os extratos enzimáticos e manter em banho de gelo a 4 °C;
- Adicionar 1000  $\mu$ L de tampão fosfato de potássio 0,05 M (pH 7,8) contendo EDTA 0,1 mM e metionina (19,5 mM) nos tubos de ensaio;
- Adicionar aos tubos de ensaio 50  $\mu$ l do extrato enzimático;
- Em ambiente com baixa luminosidade, adicionar 150  $\mu$ l de NBT e 300 $\mu$ l de riboflavina;

**OBS.:** Obedecer esta ordem na preparação da mistura de reação.

- Homogeneizar (vórtex) e transferir os tubos de ensaio para a câmara escura com lâmpadas fluorescentes de 20W;
- Ligar as lâmpadas, disparar imediatamente o cronômetro e desligar após 15 minutos;
- Fazer a leitura em espectrofotômetro à 560 nm, tendo como “branco” da reação a alíquota de água no lugar do extrato. O branco reage no escuro, isto é, não vai na câmara com luz fluorescente;
- De posse das leituras espectrofotométricas da amostra, proceder aos cálculos da atividade enzimática total, expressando os resultados em U SOD.mg proteína (P);

## Mistura de reação

Quadro 1 - Mistura reacional para determinação da atividade da SOD.

Reagente	Volume adicionado ( $\mu$ l)	Concentração final na cubeta ( $\mu$ M)
Tampão	1000	-
Extrato	50	-
NBT	150	75
Riboflavina	300	2
<b>Total</b>	<b>1.500</b>	-

Fonte: Autor, 2024.

**OBS.:** A concentração do extrato irá variar conforme a amostra, assim, testes serão necessários para determinar o volume ideal cujo valor de ABS deve variar de 0,01 a 0,999. Valores abaixo ou acima o extrato precisará ser concentrado ou diluído, respectivamente. Todavia, o volume final da mistura reacional não deve exceder 1500  $\mu$ L.

## Procedimento para o cálculo da atividade enzimática

Para calcular a atividade da SOD, seguir o exemplo disponível no quadro 2 a seguir, onde:

- P1. Identificação do tratamento, amostra, ensaio;

- P2. Identificação das repetições (mínimo 3), cada repetição é analisada em triplicata;
- P3. Absorbância do branco;
- P4. Absorbância da amostra;
- P5. Absorbância total é dada pela ABS branco (P3) dividido pela ABS amostra (P4) menos 1 (-1); O valor de - 1 corresponde a capacidade de fotoinibição do NBT, ou seja,  $P5 = (P3/P4) - 1$ ;
- P6. Massa fresca ou seca da amostra expressa em gramas (g);
- P7. Refere-se a absorbância total (P5) multiplicado pela massa fresca (P6) mais 1 (+1). O valor de + 1 corresponde ao fator de correção da fotoinibição do NBT, ou seja,  $P7 = (P5 \times P6) + 1$ ;
- P8. Alíquota de extrato utilizado expresso em microlitros ( $\mu\text{L}$ );
- P9. Valor de proteína da amostra (ver cálculo de proteína);
- P10. O volume total de amostra do ensaio equivalente a 1500  $\mu\text{L}$  (ver Quadro 1 da mistura reacional) dividido pela alíquota de extrato (P8), ou seja,  $P10 = 1.500/P8$ ;
- P11. É o resultado da atividade da SOD expresso em unidades de SOD por mg de proteína (U SOD.mg proteína<sup>-1</sup>) através da seguinte equação:  $P11 = P5 / (P9/P10)$ , onde P5 é a absorbância total, o P9 equivale ao valor de proteína e o P10 o resultado do volume de amostra pela alíquota de extrato;
- P12. Equivale a média das repetições e suas triplicatas e corresponde ao valor final da atividade da superóxido dismutase sendo este os valores a serem utilizados na análise estatística e posteriormente na composição de gráficos e tabelas (P13 e P14).

**Quadro 2 - Modelo de planilha para cálculo da atividade da superóxido dismutase.**

P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Tratamento	Repetição	ABS Branco	ABS amostra	ABS Total = (ABS B/ ABS A) - 1	Massa fresca (g)	ABS Total * Massa fresca +1
X	R1	0,643	0,142	3,445	0,3	2,033
		0,643	0,147	3,131	0,3	1,939
		0,643	0,145	2,929	0,3	1,879
	R2	0,643	0,159	3,465	0,3	2,040
		0,643	0,157	3,131	0,3	1,939
		0,643	0,151	2,929	0,3	1,879
	R3	0,643	0,163	3,465	0,3	2,040
		0,643	0,161	3,131	0,3	1,939
		0,643	0,167	2,929	0,3	1,879
P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14
Aliquota amostra (µl)	Proteína Bradford	Volume de amostra do ensaio	Resultado expresso em U SOD/ mg proteína	Média triplicata	Média final	Desvio padrão
50	0,816	30	74,774	70,04	70,66	1,14
50	0,810	30	71,833			
50	0,887	30	63,518			
50	0,816	30	75,001	70,13		
50	0,810	30	71,833			
50	0,887	30	63,571			
50	0,825	30	74,189	71,80		
50	0,801	30	72,635			
50	0,822	30	68,581			

Fonte: Autor, 2024.

## DETERMINAÇÃO DE PROTEÍNAS SOLÚVEIS TOTAIS (BRADFORD)

### Informações gerais

A metodologia descrita por Bradford (1976) é uma das mais utilizadas no meio científico para a quantificação de proteína solúvel de uma amostra vegetal, pois não permite que compostos fenólicos, carboidratos e cátions (Na e K) interfiram na medida de proteínas. O método é baseado na interação entre o corante *Coomassie Brilliant Blue G-250* (reativo de Bradford) e proteínas permitindo a absorção máxima a 595 nm (cor azul). A reação completa-se em aproximadamente

2 minutos e mantem-se estável por cerca de 1 hora, recomenda-se que as leituras sejam efetuadas após 15 minutos de incubação em ambiente com baixa luminosidade. A expressão da atividade enzimática em mg de proteína ( $P^{-1}$ ) representa a real atividade da enzima, pois reduz o efeito de interferentes da análise (água e substâncias ou compostos), além de ser um padrão na literatura internacional.

**OBS.:** *Este protocolo abordará o método de preparo da solução de Bradford, para posterior quantificação das proteínas, porém já existem no mercado kits prontos para essa solução, assim, convém decidir o que fica mais prático para uso na pesquisa.*

### **Material necessário (vidrarias, utensílios, equipamentos e soluções)**

- Béquer, balão volumétrico, espectrofotômetro, balança analítica, micropipetas (10 e 1000  $\mu$ l), cubetas de poliestireno, tubos tipo eppendorf (3000  $\mu$ l);
- Água deionizada, *coomassie Brilliant Blue G-250*, etanol (álcool etílico), ácido fosfórico, cloreto de sódio (NaCl) e albumina de soro bovina (BSA).

### **Preparo das soluções e cálculos**

- Reagente de Bradford
- Dissolver 0,1 g (100 mg) de *coomassie Brilliant Blue G-250* em 50 mL de etanol a 95% com agitação constante, sem aquecimento durante 1 hora.
- Em seguida, transferir a solução para balão volumétrico de 1000 mL e adicionar 100 mL de ácido fosfórico 85% e completar o volume com água deionizada. Filtrar a solução (papel filtro analítico) duas vezes e após completa dissolução armazenar em frasco escuro e envolto com papel alumínio na geladeira.
- Solução de etanol 95%
- Medir, em uma proveta, 47,5 mL de etanol (álcool etílico PA) e em balão volumétrico (50 mL) completar o volume com água deionizada.

$$95 \% - 100 \%$$

$$X - 50 \text{ mL}$$

$$X = 47,5 \text{ mL de etanol}$$

- Solução de ácido fosfórico 85%
- Medir, em uma proveta, 85 mL de ácido fosfórico PA e em balão volumétrico (100 mL) completar o volume com água deionizada.

$$85 \% - 100 \%$$

$$X - 100 \text{ mL}$$

$$X = 85 \text{ mL de ácido fosfórico}$$

- Solução padrão de albumina de soro bovina - BSA ( $1.000 \mu\text{g.mL}^{-1}$ )
- Dissolver 0,88 g de NaCl (PM= 58,45) em 100 mL de água deionizada para obter a solução salina 0,15 M;
- Dissolver 0,1 g (100 mg) de BSA em 100 mL de solução salina (NaCl 0,15 M) e armazenar a  $-18 \text{ }^\circ\text{C}$ .

### Preparo da curva padrão de proteína

- A curva deve ser preparada em triplicata em concentrações de BSA variando de 0 a  $100 \mu\text{g}$  (Quadro 3).
- Após o preparo deixar 15 minutos em incubação até a leitura em espectrofotômetro a 595 nm;
- Iniciar a pipetagem pelo reativo de Bradford seguido de água deionizada e por último o BSA.

**Quadro 3 - Mistura reacional para obtenção da curva padrão e determinação do teor de proteína.**

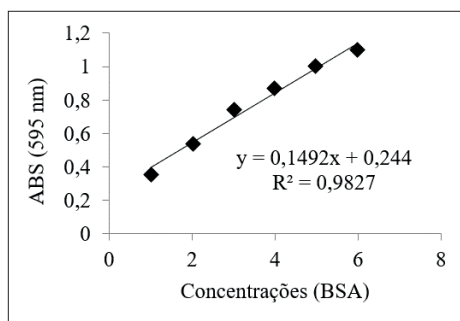
Tubo eppendorf	Bradford (μL)	Água deionizada (μL)	BSA (μL)	Concentração (μg)
1	1000	100	0	0
2	1000	90	10	10
3	1000	80	20	20
4	1000	70	30	30
5	1000	60	40	40
6	1000	50	50	50

*\*Mais pontos na curva podem ser adicionados caso haja necessidade.*

**Fonte:** Autor, 2024.

- Em uma planilha eletrônica (Excel) digitar as leituras das absorvâncias (triplicata), fazer a média e plotar esses valores no eixo X (proteína μg) e no eixo Y a absorvância (595 nm). Fazer o gráfico de dispersão, adicionar a linha de tendência e obter a equação da reta. O coeficiente R2 deve ser superior a 0,98. Essa equação será usada para se obter os valores de proteínas em mg de massa fresca<sup>-1</sup>.

Exemplo:



$Y = ax + b$  (equação da reta) /  $y = 0,14927x + 0,244$

y = absorvância;

x = massa equivalente de proteína (BSA);

Massa = 1,035 g;

Média da ABS (triplicata) = 0,427 nm

$$\text{Curva: } Y = 0,14927x + 0,244$$

$$X = (0,427 - 0,244) / 0,14927$$

$$X = 1,22 \mu\text{g proteína em } 1,035 \text{ g de amostra}$$

### Quantificação de proteína na amostra

- Em cubetas de plástico pipetar 1.000  $\mu\text{L}$  do reagente de Bradford e 20  $\mu\text{L}$  do extrato. O branco é preparo utilizando 20  $\mu\text{L}$  do tampão de extração;
- Os valores de ABS devem estar dentro da curva de calibração, preferencialmente na parte central (ex: 0,4 a 0,6  $\mu\text{g}$  proteína). Valores de proteína fora da curva (menor que 0,2 ou maior que 0,9) a relação massa da amostra (g) e volume do tampão de extração (mL) deverá ser ajustada.

### Procedimento para o cálculo do teor de proteína

Para calcular o teor de proteína na amostra, seguir o exemplo disponível no quadro 2 a seguir, onde:

- P1. Identificação do tratamento, amostra, ensaio;
- P2. Identificação das repetições (mínimo 3), cada repetição é analisada em triplicata;
- P3. Absorbância da amostra (triplicata);
- P4. Média das absorbâncias por repetição;
- P5. Refere-se ao resultado da aplicação das ABS na curva padrão de proteína, ou seja,  $P5 = (P4 - 0,244) / 0,14927$ ;
- P6. Refere-se a quantidade de mg proteína em 100 mL, ou seja,  $P6 = P5/100$ ;
- P7. Refere-se a quantidade de mg de proteína em 20  $\mu\text{L}$  de extrato, ou seja,  $P7 = P6*20$ ;
- P8. Refere-se a massa da amostra em gramas (g);

- P9. Refere-se ao teor em mg de proteína por grama de massa fresca ou seca, ou seja,  $P9 = P7/P8$ . Este valor será utilizado no cálculo para a determinação da atividade da SOD.

**Quadro 4** - Modelo de planilha para cálculo do teor de proteína na amostra.

P1	P2	P3			P4
Tratamento	Repetição	Bradford ABS			Média ABS
X	1	0,431	0,423	0,426	0,427
	2	0,423	0,427	0,426	0,425
	3	0,443	0,442	0,443	0,443
P5	P6	P7	P8	P9	
ABS na curva de Bradford ( $\mu\text{g P}/1000 \mu\text{L}$ ) $y = 0,14927x + 0,244$	mg P/mL (quanto de mg P em 100 mL)	mg P (Quanto de mg P em 20 $\mu\text{L}$ de extrato)	Peso da amostra (g)	mg P / g MF	
1,223	0,012	0,244	0,3	0,816	
1,214	0,012	0,242	0,3	0,810	
1,330	0,013	0,266	0,3	0,887	

Fonte. Autor, 2024.

## LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES FUTURAS

Sempre que possível utilize nas soluções reagentes do mais puro grau analítico. Esperamos que os procedimentos aqui descritos possam contribuir para uma melhor reprodução da atividade enzimática da SOD no contexto bioquímico do estudo das plantas, especificamente na área da pós-colheita. Consideramos a ciência fluída e mutável, assim este protocolo está sujeito a adaptações e melhorias por parte do pesquisador.

## REFERÊNCIAS

- BAFANA, A. *et al.* The basic and applied aspects of superoxide dismutase. **Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic**, v. 68, n. 2, p. 129-138, 2011.
- BRADFORD, M. M. Rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, p. 248-254, 1976.
- CECERSKA-HERYĆ, E. *et al.* Are antioxidant enzymes essential markers in the diagnosis and monitoring of cancer patients—a review. **Clinical Biochemistry**, v. 93, p. 1-8, 2021.

- CZARNOCKA, W. *et al.* Friend or foe? Reactive oxygen species production, scavenging and signaling in plant response to environmental stresses. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 122, p. 4-20, 2018.
- DIAS, M. C. *et al.* Lead induces oxidative stress in *Pisum sativum* plants and changes the levels of phytohormones with antioxidant role. **Plant Physiology and Biochemistry**, 137, p. 121-129, 2019.
- HOLLEY, A. K. *et al.* Manganese superoxide dismutase: guardian of the powerhouse. **International Journal of Molecular Sciences**, v.12, n. 10, p. 7114-7162, 2011.
- JAMDHAD, A. R. *et al.* Zymographic method for distinguishing different classes of superoxide dismutases in plants. *Plant Stress Tolerance: Methods and Protocols*, p. 221-227, 2017.
- JU, Y. L. *et al.* Physiological, micro-morphological and metabolomic analysis of grapevine (*Vitis vinifera* L.) leaf of plants under water stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 130, p. 501-510, 2018.
- KUMARI, S. *et al.* Reactive oxygen species: a key constituent in cancer survival. **Biomarker Insights**, v. 13, n. 1177271918755391, 2018.
- LEI, X. G. *et al.* Paradoxical roles of antioxidant enzymes: basic mechanisms and health implications. **Physiological Reviews**, v. 96, n. 1, p. 307-364, 2016.
- MILLER, A. F. *et al.* Superoxide dismutases: ancient enzymes and new insights. *FEBS letters*, v. 586, n. 5, p. 585-595, 2012.
- MITTLER, R. *et al.* Reactive oxygen species signalling in plant stress responses. **Nature Reviews Molecular Cell Biology**, v. 23, n. 10, p. 663-679, 2022.
- MU, W. *et al.* Reactive oxygen species signaling in cancer development. **Reactive Oxygen Species**, v. 4, n. 10, p. 251-265, 2017.
- SIES, H. Hydrogen peroxide as a central redox signaling molecule in physiological oxidative stress: Oxidative eustress. **Redox Biology**, v. 11, p. 613-619, 2017.
- STEPHENIE, S. *et al.* An insight on superoxide dismutase (SOD) from plants for mammalian health enhancement. **Journal of Functional Foods**, v. 68, p. 103917, 2020.
- XU, W. *et al.* ROS signaling and its involvement in abiotic stress with emphasis on heat stress-driven anther sterility in plants. **Crop and Environment**, v. 76, p. 11045, 2023.

## **DANO PELO FRIO EM MANGA: ASPECTOS FISIOLÓGICOS, BIOQUÍMICOS E TECNOLÓGICOS**

**Alex Guimarães Sanches**

Escola de Educação Tecnológica do Estado do Pará  
(EETEPA) - Monte Alegre

**Maryelle Barros da Silva**

Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências  
Agrárias e Veterinárias (UNESP/FCAV)

**Gustavo Henrique de Almeida Teixeira**

University of Idaho (USA)

# RESUMO

O armazenamento a frio é considerado o método mais eficaz para prolongar o armazenamento de produtos frescos. No entanto, as frutas tropicais e subtropicais, a exemplo da manga (<13 °C) são sensíveis ao frio. Dano pelo frio (DF) é o termo usado para descrever o distúrbio fisiológico que ocorrem em vegetais armazenados como resultado de sua exposição a baixas temperaturas, mas sem congelamento. A essas temperaturas, os tecidos enfraquecem porque são incapazes de continuar os processos metabólicos normais desencadeando várias alterações fisiológicas e bioquímicas. A susceptibilidade dos produtos armazenados ao DF varia conforme a espécie (cultivar), estágio de maturação, tipo de tecido, fatores ambientais (temperatura, luz e umidade relativa) e o binômio tempo e temperatura de exposição a baixas temperaturas. Na manga os sintomas de DF são mais evidentes na casca e incluem manchas escurecidas semelhantes à queimadura e aprofundadas, o que limita seu potencial de comercialização e consumo. Nesse sentido, vários são os métodos que podem ser empregados para atenuar e até inibir o aparecimento de lesões por frio em mangas armazenadas, como a manipulação da temperatura de armazenamento (baixa temperatura, tratamento térmico, aquecimento intermitente), atmosfera controlada, produtos químicos, atmosfera modificada (embalagens, revestimentos), poliaminas, radiação (UV-B, UV-C) e mais recentemente aditivos alimentares (sorbitol). A eficácia de cada tratamento sobre o DF varia conforme a cultivar, maturidade da fruta, dosagem e do tempo de exposição. Assim, este trabalho tem por objetivo elucidar os mecanismos fisiológicos e bioquímicos que desencadeiam as lesões por frio ou DF em vegetais armazenados, com foco tecnológico nos frutos da mangueira.

**Palavras-chave:** *Mangifera indica* L., lesão por resfriamento, estresse oxidativo.

## INTRODUÇÃO

A mangueira (*Mangifera indica* L.) é uma frutífera originária da região Indo-Birmânia na Índia há pelo menos 4.000 anos (Candolle, 1884; Mukherjee; Litz, 2009) e é considerado um importante membro da família Anacardiaceae, cultivada comercialmente em regiões tropicais e subtropicais do mundo. Os principais países produtores são Índia, China, Tailândia, Indonésia e Paquistão. Em 2021, os cinco principais países exportadores foram México, Índia, Tailândia, Brasil e Paquistão, que exportaram 66% da produção mundial (Fao, 2022).

São conhecidas mais de 400 variedades de mangas, muitas das quais amadurecem no verão, enquanto algumas dão uma colheita dupla. A fruta é uma drupa carnosa indeiscente, com formato alongado, ovoide, oblongo ou arredondado, é composto por endocarpo (semente), exocarpo (casca), mesocarpo (polpa), de aparência exótica que leva de três a seis meses para amadurecer (Litz; Lavi, 1997). O endocarpo contém um ou mais embriões, dependendo da variedade ou tipo. A coloração do exocarpo no fruto imaturo é verde e varia do amarelo ao roxo quando está maduro. O mesocarpo é comestível (doce, semi-ácido e azedo), de espessura variável, suculento, geralmente fibroso com coloração que vai do amarelo ao alaranjado (Mukherjee; Litz, 2009)

A constituição físico-química da fruta é influenciada pela variabilidade genética, regiões de cultivo, condições ambientais (precipitação, temperatura, altitude), práticas culturais (manejo do solo, adubação, irrigação, ocorrência de pragas e doenças) (Lobo; Sidhu, 2017), que também afetam a qualidade pós-colheita. Assim, considerando a composição química do fruto maduro, cada 100 gramas apresentam 60 – 250 kcal de calorias, carboidratos (14,98 g), lipídios (0,38 g), proteínas (0,82 g) e fibras (1,6 g). Nutrientes minerais como potássio (168 mg), fósforo (14 mg), cálcio (11 mg) e magnésio (10 mg) aparecem como os mais abundantes, mas são encontrados em menor proporção Fe, Na, Zn, Cu, Mn e Se. Os principais açúcares são a sacarose (6,97 g), frutose (4,68 g) e glicose (2,01g) enquanto que nas vitaminas o destaque é para a vitamina C (36,4 mg), niacina (0,669 mg), riboflavina (0,038 mg) e tiamina (0,028 mg) (USDA, 2015). Dentre os compostos bioativos encontram-se: mangiferina (12,4 – 996 mg),  $\beta$ -Caroteno (640  $\mu$ g),  $\alpha$ -Carotene (9,0  $\mu$ g)  $\beta$ -Criptoxantina (10  $\mu$ g), licopeno (3,0  $\mu$ g) e  $\alpha$ -tocopherol (0,90 mg) (Ribeiro *et al.*, 2008; Manthey *et al.*, 2009; Usda, 2016).

No entanto, todo esse potencial nutricional fica limitado pela própria fisiologia pós-colheita do fruto, que classificado como climatérico é caracterizado pelo aumento da atividade respiratória (de 40 – 50 para 160-200 mg.kg.h<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub> a 20 °C) e da produção de etileno (de 0,2 – 0,4 para 2 a 4 µl.kg.h<sup>-1</sup> a 20 °C) (Brecht; Yahia, 2009; Singh; Singh, 2012) culminam com o rápido amadurecimento e senescência (cerca de 8 dias) quando mantidos em temperatura ambiente (Santos *et al.*, 2011), deste modo, o armazenamento a frio é a melhor alternativa para retardar os processos fisiológicos e bioquímicos decorrentes do amadurecimento. Acontece que o armazenamento sob refrigeração pode se tornar limitante para a vida útil por desenvolver nesses frutos um distúrbio fisiológico conhecido como dano por frio ou *chilling injury* resultando em perdas quantitativas e qualitativas pós-colheita (Wang *et al.*, 2008). Foi relatado que temperaturas de armazenamento abaixo de 10 – 13 °C, mas acima do congelamento (-1,4 °C), prejudicam mangas verdes maduras (Islam *et al.*, 2018). A lesão por refrigeração ocorre quando a fruta é exposta a uma temperatura prejudicial e baixa por tempo suficiente para iniciar uma lesão irreversível, de modo que os sintomas se desenvolvem principalmente durante o amadurecimento após o armazenamento a frio, isto é, quando são transferidos para temperatura ambiente (Lobo; Sidhu, 2017). Deste modo, o armazenamento de mangas a baixas temperaturas limita o transporte seguro e seu potencial de comercialização e consumo. Assim, o objetivo desta revisão é fazer um levantamento dos mecanismos fisiológicos e bioquímicos que desencadeiam o dano pelo frio (DF) em vegetais armazenados, com foco tecnológico nos frutos da mangueira.

## MÉTODOS

Para a elaboração desta revisão foi utilizado como método de pesquisa o levantamento bibliográfico através de buscas por artigos científicos nas seguintes bases de dados: Scientific Electronic Library Online (SciELO), Portal de Periódicos da Capes, Science Direct; Taylor e Francis e Google Scholar. Foram utilizadas combinações de palavras-chave em inglês de acordo com a proposta do tema, tais como: *chilling injury* AND mango; *chilling injury* AND vegetables; *chilling injury* AND oxidative stress; baixa temperatura AND fruits. Levou-se em consideração artigos publicados em qualquer idioma, com resumo inglês e/ou

português, publicados em periódicos com revisão por pares, que reportavam dados originais ou revisões publicadas nos últimos 10 anos (2013 – 2023), com exceção das literaturas clássicas sobre a temática. Após análise quanto à adequação do tema ao objetivo proposto, as pesquisas foram descritas e discutidas, de acordo com o que a literatura considera de mais relevante.

## DESENVOLVIMENTO

### Dano pelo frio (DF) causas e sintomas

O armazenamento a frio minimiza a taxa respiratória e outros processos metabólicos que levam ao amadurecimento e senescência de frutas e legumes durante o armazenamento (Yildiz; Wiley, 2017). Assim, para prolongar sua vida útil, a maioria dos vegetais é resfriado o mais rápido possível após a colheita e armazenadas a baixas temperaturas até serem consumidas. No entanto, o prazo de validade destes, especialmente os de origem tropical e subtropical (a exemplo da manga), é encurtado quando armazenados em baixas temperaturas (Miguel *et al.*, 2016).

O estresse causado pela refrigeração é chamado de dano pelo frio (CI) e ocorre quando produtos vegetais são armazenados a temperaturas abaixo de um valor crítico, mas acima do seu ponto de congelamento (Lyons, 1987). O DF é um problema economicamente importante na pós-colheita, pois compromete a qualidade geral e a comercialização de muitas frutas e legumes, especialmente porque é difícil prever um período de tempo seguro para armazenamento em uma temperatura de resfriamento específica, já que os sintomas são frequentemente desenvolvidos e aparecerão quando esses produtos são removidos do armazenamento a frio e transferidos para temperatura ambiente.

A susceptibilidade dos produtos armazenados ao CI varia conforme a espécie (cultivar), estágio de maturação, tipo de tecido, fatores ambientais (temperatura, luz e umidade relativa) e o binômio tempo e temperatura de exposição a baixas temperaturas (Kluge *et al.*, 2002; Lukatkin *et al.*, 2012). Por exemplo, a composição genética de uma espécie determina se esta apresenta sensibilidade ou resistência ao resfriamento, nesse sentido, frutos de mangueira são sensíveis à refrigeração em uma faixa de temperatura crítica (< 13 °C) (Patil *et al.*, 2019).

Contudo, essa sensibilidade pode variar conforme o estágio de maturação, haja vista que mangas colhidas “verdes” ou “de vez” (maturidade fisiológica) são mais susceptíveis ao CI em relação aos frutos maduros (Paull, 1990). Isso pode ser corroborado através da análise transcriptoma do fruto (Sivankalyani *et al.*, 2016) que, sob armazenamento abaixo da temperatura ideal (5 °C), a fruta aumenta sua biossíntese e osmolaridade de etileno ativando o metabolismo do açúcar, provavelmente reduzindo seu ponto de congelamento.

Da mesma forma, mangas maduras devido a maior concentração de açúcar são mais resistentes ao estresse do armazenamento a frio (Patil *et al.*, 2019). Durante 21 dias de armazenamento a (8, 10 e 12 °C) mangas ‘Amelie’, ‘Tommy Atkins’ e ‘Keitt’ apresentaram maior incidência de lesões por frio quando colhidas antes da maturidade fisiológica em relação aos frutos colhidos maduros (Medlicott, 1990). Na transferência para condição ambiente o amadurecimento também foi comprometido. Zhao *et al.* (2009) também verificaram que mangas ‘Zihua’ colhidas 100% verdes apresentavam índice de CI maior que nos frutos colhidos com 20 e 50% da casca amarela. Nos frutos verdes foi verificado ao longo 12 dias a 2 °C aumento no vazamento de íons, menor atividade de enzimas antioxidantes associado a teores mais altos de MDA.

A composição química e o status metabólico do tecido são afetados durante o resfriamento, tecidos resistentes ao armazenamento a frio tendem a ter maior grau de instauração de ácidos graxos nos lipídios da membrana do que os tecidos sensíveis à condição refrigerada (Hatton *et al.*, 1990). Por exemplo, mangas ‘Rad’ e ‘Okrong’ apresentaram menor incidência de danos por CI ao longo de 25 dias de armazenamento (4, 8 e 12 °C) em comparação com os cultivares: Kaew, Tongdum, Nam Dok Mai e Nungklangwun (Phakawatmongkol *et al.*, 2004).

Fatores ambientais como a temperatura, luz e umidade relativa também podem influenciar no desenvolvimento de CI. A temperatura por ser o principal elemento causador da lesão, especialmente quando estiver abaixo do ponto crítico de armazenamento. A luz pode promover danos quando a alta irradiância é combinada com a baixa temperatura provocando a inibição do metabolismo de carbono (Powles, 1984; Van Hasselt, 1989), outros efeitos incluem alterações estruturais em proteínas associadas ao fotossistema II decorrentes do resfriamento (Mitler, 2022).

Um estudo mostrou que mangas 'Shelly' expostas à luz solar no pomar ativou a via dos fenilpropanóides e acumulou flavonóis e antocianina. A acumulação desses compostos foi correlacionada com o aumento da atividade antioxidante e a redução de espécies reativas de oxigênio (ERO), levando à redução da peroxidação lipídica e aumentando a tolerância do fruto ao resfriamento, pois quando armazenada a 10 °C houve redução na lesão por resfriamento e menor taxa de deterioração (Sudheeran *et al.*, 2018). Esse resultado é um indicativo de que o acúmulo de antocianinas na casca dos frutos de manga pode favorecer frutos mais atraentes e tolerantes a estresses bióticos (luz) e abióticos como o dano pelo frio.

A umidade relativa no ambiente de armazenamento é outro fator que afeta a gravidade das lesões causadas pelo frio, principalmente sob baixa umidade relativa (Wang, 1995). Mas, é na relação tempo e temperatura durante o armazenamento os principais responsáveis pelo desenvolvimento de disfunções fisiológicas e metabólicas em células de plantas através do CI, isso porque, quanto mais baixa a temperatura de armazenamento, menor o tempo de exposição necessário para desencadear o desenvolvimento destes sintomas (Patil *et al.*, 2019).

O índice de DF em mangas 'Kensington Pride' aumentou à medida que a temperatura de armazenamento diminuiu de 10 para 0 °C e o período de armazenagem foi prolongado de 1 para 28 dias (Nair; Singh, 2004). Mangas 'Palmer' mantidas por 7 dias a 2 e a 5 °C precisaram de apenas 1 dia sob temperatura ambiente para desenvolver lesões por CI, por outro lado, quando armazenadas a 12 °C não houve desenvolvimento dos sintomas (Miguel *et al.*, 2016). O aparecimento de lesões por CI ocorreu em 7 dias em mangas 'Kent' e 'Apple' armazenadas a 10 °C por 21 dias (Ayele; Bayleyegn, 2017). O armazenamento na menor faixa de temperatura (5 a 12 °C) também provocaram maior índice de lesão por CI em mangas 'Kent' (DEA *et al.*, 2010), 'Tommy Atkins' (2 a 12 °C) (Miguel *et al.*, 2016), 'Carabao' (7 a 13 °C) (Rodeo; Esguerra, 2013) e em frutos do cv. Langra (entre 5, 10 e 15 °C) (Islam *et al.*, 2018).

Os sintomas visuais de lesão por frio em frutas e hortaliças caracterizam-se pelo aparecimento de manchas escuras na casca e descoloração vascular na polpa acompanhada de algumas disfunções fisiológicas, como amadurecimento irregular, perda de sabor e aceleração da senescência (Kluge *et al.*, 2002). Em mangas os sintomas visíveis mais comuns ocorrem principalmente na

casca e caracterizam-se pelo escurecimento (descoloração semelhante a queimaduras e aprofundadas), começando em torno de lenticelas e se espalhando para fora produzindo de maneira circular (Figura 1) (Nair *et al.*, 2004; Sanches *et al.*, 2021), essas lesões são prejudiciais a comercialização da fruta *in natura* já que esses defeitos podem tornar o produto inaceitável, dependendo dos padrões estabelecidos pelo mercado. Outros sintomas como enrijecimento da polpa, ausência de sabor aroma característico e amadurecimento desuniforme também são evidenciados (Yuwana; Silvia, 2015).

**Figura 1** - Desenvolvimento de injúrias pelo frio em mangas.



Fonte: Autores, 2023.

## **Respostas fisiológicas e bioquímicas da ocorrência do DF**

As temperaturas de resfriamento induzem várias mudanças estruturais (físicas e fisiológicas) a nível celular interrompendo vários processos metabólicos. Conseqüentemente vários mecanismos para explicação do DF foram propostos. As alterações induzidas pelo DF podem ser consideradas como lesões primárias ou secundárias (Raison, 1974).

A lesão primária é a resposta rápida inicial a baixas temperaturas capaz de causar disfunções na célula vegetal e no processo metabólico podendo ser prontamente reversível se a temperatura for elevada a condições de não resfriamento. Por sua vez, as lesões secundárias surgem em decorrência das lesões secundárias, mas são irreversíveis levando danos permanentes e morte celular independente do manuseio subsequente do produto (Lyons; Breidenbach, 1987). No entanto, ainda há grande dificuldade de estabelecer os processos e mecanismos envolvidos no CI, assim como, a distinção entre lesões primárias e

secundárias, deste modo, algumas teorias foram propostas para explicar como as temperaturas de resfriamento induzem várias respostas e causam efeitos prejudiciais em vegetais armazenados.

A primeira hipótese sugere que há uma única resposta primária unificadora à temperatura de refrigeração para todas as espécies sensíveis ao resfriamento. Essa resposta primária levaria a eventos secundários e, em seguida, evoluiria para uma variedade de sintomas de lesão por frio (RAISON, 1974). Vários eventos foram propostos como prováveis indicadores à resposta primária, incluindo a transição de fase e fluidez nos lipídeos da membrana afetando particularmente enzimas a ela associada envolvidas na produção de energia, síntese proteica e no gradiente de cálcio citosólico.

Após exposição prolongada de vegetais sensíveis ao resfriamento, essa resposta primária levaria a uma série de eventos secundários que incluem perda de integridade da membrana, vazamento de solutos, perda de compartimentação, diminuição da taxa de atividade oxidativa mitocondrial, aumento da energia de ativação das membranas associadas à membrana, interrupção do fluxo protoplasmático, redução no fornecimento e utilização de energia, diminuição da taxa fotossintética, desorganização da estrutura celular, disfunção e desequilíbrio do metabolismo, acúmulo de substâncias tóxicas, estimulação da produção de etileno, aumento da taxa de respiração, alterações no metabolismo de poliaminas, além da manifestação de uma variedade de sintomas por frio no tecido injuriado (casca e polpa) (Lyons; Raison, 1970).

Já o segundo conceito propõe que a desordem pelo frio é originada a partir de respostas múltiplas à baixa temperatura, numa larga variedade de condições, pois a diversidade de frutas e vegetais com diferentes estruturas e centros de origens (tropicais, subtropicais, temperados) expressam lesões causadas pelo frio particulares, deste modo, não poderia uma única resposta universal desencadear uma cadeia de eventos e se transformar em uma ampla gama de sintomas fisiológicos e bioquímicos (Lyons; Breidenbach, 1987).

A seguir são discutidos de maneira mais aprofundada os principais mecanismos fisiológicos e bioquímicos envolvidos ou desenvolvidos durante o armazenamento de vegetais sob baixas temperaturas (DF).

## **Transição de fase e fluidez nos lipídeos da membrana**

A estrutura das membranas da bicamada lipídica é instável a baixas temperaturas e há muito tempo é considerada uma possível causa de lesão por frio. A bicamada lipídica da membrana celular é composta por misturas de vários tipos de lipídios e proteínas, e nem todos os lipídios formarão naturalmente bicamadas na forma pura a temperaturas fisiológicas (Lyons; Raison, 1970).

À medida que a temperatura diminui os lipídios da membrana mudam de seu estado líquido cristalino e funcional flexível (móvel) para uma estrutura semelhante a gel mais sólida tornando-se imóveis. Esta solidificação das membranas resulta em uma diminuição de sua flexibilidade levando a formação de rachaduras e canais na interface cristal líquido e gel. Essas rachaduras e canais levam ao vazamento da membrana, perda da integridade, de gradiente, solutos ou íons através da membrana. Além disso, durante a transição da fase líquido cristalina para gel alterações na estabilidade membrana líquido-cristalina são produzidas através da mistura de lipídeos (Lyons; Raison, 1970).

Sob baixas temperaturas a região da membrana em fase de gel formam cristais que podem conter apenas uma espécie lipídica, assim, a fase líquida cristalina restante será enriquecida com outros tipos de lipídeos e proteínas que estão deficientes na região cristalizada promovendo mudanças estruturais e físicas da mistura lipídica original. É essa transição de fase lipídica da membrana líquida e flexível para cristal sólida que sustenta a primeira hipótese de desenvolvimento do DF em vegetais, pois é a partir dessa solidificação e separação de fases que os desequilíbrios metabólicos já supracitados decorrem (Lyons; Raison, 1970).

## **Estresse oxidativo**

O estresse oxidativo ocorre quando a homeostase celular é perturbada e há um aumento desproporcional na produção de espécies reativas de oxigênio (ERO), como o radical superóxido, peróxido de hidrogênio e radical hidroxila (Mittler, 2002; Del Río e López-Huertas, 2016). As ERO são um dos principais problemas durante o armazenamento de frutas e hortaliças a baixas temperaturas, pois o acúmulo dessas espécies reativas na situação de estresse leva a inativação de enzimas, peroxidação lipídica (acúmulo de MDA), vazamento de

eletrólitos, degradação de proteínas, danos ao DNA, resultando em quebra da membrana celular e aparição de sintomas de lesões por frio visíveis (Toivonen, 2004; Choudhury, 2016).

Para combater os efeitos nocivos do acúmulo de ERO os vegetais desenvolveram estratégias como a produção de metabólitos antioxidantes: ascorbato, glutatona,  $\alpha$ -tocoferol e  $\beta$ -caroteno e enzimas antioxidantes: superóxido dismutase (SOD, EC1.15.1.1), catalase (CAT, EC 1.11.1.6), ascorbato peroxidase (APX, EC 1.11.1.11) e glutatona redutase (GR, EC1.8.1.7) (Asada, 2006; Choudhury, 2016). O estresse oxidativo é estimulado pela inibição da atividade das enzimas antioxidantes responsáveis pela remoção da ERO, como observado em mangas 'Nam Dok Mai No' (Fung *et al.*, 2004), que foram armazenadas em baixas temperaturas e sofreram injúrias pelo frio. As enzimas antioxidantes cuja atividade parece ter uma influência importante no grau de sensibilidade ou tolerância ao CI são catalase, peroxidases e superóxido dismutase (Sala; Lafuente, 2000; Sevillano *et al.*, 2009). A CAT parece ser a primeira enzima do sistema antioxidante que é ativada como resposta ao estresse oxidativo causado por CI (Wang, 1995). Um aumento na produção de ERO juntamente com redução na atividade enzimática da SOD, CAT e APX e maior índice na lesão por CI foram relatados em mangas 'Alphonso' (Niranjana *et al.*, 2009) e 'Cogshall' (Rosalie *et al.*, 2018) armazenadas a 5 e a 7 °C, respectivamente. Mangas 'Nam Dok Mai No' armazenadas a 5 °C por 42 dias, mostraram um aumento de  $O_2^-$ ,  $H_2O_2$  e HO- juntamente com uma diminuição no conteúdo de glutatona total, ácido ascórbico e na atividade e expressão gênica das enzimas SOD, CAT, APX, resultando em aumento nos sintomas de DF (Junmatong *et al.*, 2015).

### **Tecnologias pós-colheita para redução do DF em mangas**

O início dos sintomas de DF determina o potencial de armazenamento e transporte dos produtos vegetais, pois seu desenvolvimento reduz a aceitação do consumidor, especialmente em mangas cujos sintomas mais característicos são evidenciados na casca. Nos frutos da mangueira a redução das lesões causadas pelo DF pode ser alcançada aumentando tolerância destes ao estresse de resfriamento ou retardando o desenvolvimento dos sintomas. Vários são as tecnologias pós-colheita para retardar e limitar o desenvolvimento de DF durante

o armazenamento de mangas, como ácido salicílico (Junmatong *et al.*, 2015), óxido nítrico (Barman *et al.*, 2014), radiação UV-B e UV-C (Jiang *et al.*, 2015; Miguel *et al.*, 2016), jasmonato de metila (González-Aguilar *et al.*, 2000), atmosfera modificada + choque frio (Tarabih *et al.*, 2020), poliaminas (putrescina) (Wannabussapawich; Seraypheap, 2018), revestimentos comestíveis (Khaliq *et al.*, 2016), ácido oxálico (Li *et al.*, 2014), ácido salicílico + ácido oxálico (Ding *et al.*, 2007), ácido 2,4-diclorofenoxiacético (Wang *et al.*, 2008), sorbitol + atmosfera controlada (Sanches *et al.*, 2021, 2022), entre outros (Tabela 1) cujas respostas estão associadas ao metabolismo oxidativo.

**Tabela 1** - Tecnologias pós-colheita associadas à atenuação do dano pelo frio (DF) e respostas bioquímicas durante o armazenamento de mangas.

Tratamentos pós-colheita	Cultivar	Temperatura e tempo de armazenamento	Efeitos sobre o CI e variáveis bioquímicas	Referências
Jasmonato de metila (MJ) (10 - 4 M) por 24 h a 25 °C	Tommy Atkins	7 °C - 21 dias + 5 dias a 20 °C	↑ Tolerância a lesão por frio; ↓ Extravazamento de íons; Alta correlação entre o índice de CI e o vazamento de íons.	González-Aguilar <i>et al.</i> (2000)
Ácido oxálico (5 mmol <sup>-1</sup> ) e Ácido salicílico (2 mmol <sup>-1</sup> )	Zill	14 e a 5 °C - 30 dias + 5 dias a 25 °C	Redução da lesão por frio; ↑ Atividades enzimáticas (SOD, CAT, G-POD, APX e GR) e menor (LOX); ↓ Conteúdo de ânion superóxido, e maior de ascorbato e glutathiona.	Ding <i>et al.</i> (2007)
Ácido 2,4-diclorofenoxiacético (150 mg L <sup>-1</sup> 2,4-D)	Tainong	4 °C - 7 dias + 14 dias a 20 °C	Redução da lesão por frio; ↑ Atividades enzimáticas (SOD, CAT, APX e GR) Alteração no equilíbrio nos níveis de ABA e GA3 endógenos, regulando a resistência ao resfriamento.	Wang <i>et al.</i> (2008)
Ácido oxálico (5 mm por 10 min a 25 °C)	Zill	10 °C - 49 dias + 4 dias a 25 °C	Inibição da lesão por frio; ↑ Acúmulo de prolina > Estímulo a enzima de síntese de prolina e < da enzima de degradação; ↑ Alto nível de ATP e energia na casca durante o armazenamento.	Li <i>et al.</i> (2014)
Óxido nítrico (1,5 mM)	Chausa	8 °C - 30 dias	Redução da lesão por frio; ↓ Extravazamento de eletrólitos; ↓ Atividade da pectina metil esterase e poligalacturonase (> firmeza); Alta correlação entre o índice de CI e o vazamento de eletrólitos.	Barman <i>et al.</i> (2014)

Tratamentos pós-colheita	Cultivar	Temperatura e tempo de armazenamento	Efeitos sobre o CI e variáveis bioquímicas	Referências
Ácido salicílico (1,0 mM)	Nam Dok Mai No.4	5 °C - 42 dias	Redução da lesão por frio; ↑ Sistema de defesa antioxidante (SOD, CAT e APX, ácido ascórbico, glutatona total, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante total) em relação ao dos frutos controle; Alta correlação da enzimas antioxidantes com a redução do CI.	Junmatong et al. (2015)
Radiação UV-B (5 KJ.m <sup>-2</sup> )	Tainong	6 °C - 10 dias + 4 dias a 30 °C	Redução da lesão por frio; ↑ Compostos antioxidantes (fenólicos, ascorbato) e enzimas antioxidantes (SOD, CAT); ↓ Níveis de ERO (ânion superóxido, peróxido de hidrogênio) e malondialdeído (MDA)	Jiang et al. (2015)
Revestimento (Goma arábica 10% + cloreto de cálcio 3%)	Choke Anan	6 °C - 28 dias + 5 dias a 25 °C	Redução da lesão por frio; ↓ Conteúdo de MDA, vazamento de eletrólitos, peróxido de hidrogênio, anion superóxido > Atividade de eliminação de radicais DPPH, preservação de compostos fenólicos e ácido ascórbico; > Integridade da membrana celular.	Khalique et al. (2016)
Radiação UV-C (2,28 kJ m <sup>-2</sup> ) + Tratamento térmico (46,1 °C/90 min; 55 °C/5 min)	Tommy Atkins	5 e a 12 °C - 14 dias + 7 dias a 21,9 °C	Redução da lesão por frio; ↑ Atividade antioxidante.	Miguel et al. (2016)
Putrescina (2 mmol.L <sup>-1</sup> )	Nam Dok Mai N°.4	14 °C - 9 dias + 9 dias a 25 °C	Redução da lesão por frio; Retardo do amadurecimento; ↓ Atividade enzimática (SOD, CAT, GPOX, APX e GR); ↑ Conteúdo antioxidante total.	Wannabussapawich e Seraypheap (2018)
Sorbitol (2,5 %) + Atmosfera controlada (5Kpa O <sub>2</sub> + 5 Kpa CO <sub>2</sub> )	Palmer	28 dias a 1 e 8 °C + 7 dias a ~26 °C	Redução da lesão pelo frio; Proteção do sistema antioxidante (enzimático e não enzimático); Redução no teor de peróxido de hidrogênio, malondialdeído e extravasamento de eletrólitos	Sanches et al. (2021; 2022)
Revestimento (alginato de sódio 3% + embalagem de espuma (EPE) + choque frio (4 h a 0 °C + 20 h a 20 °C)	Naomi	2 °C - 15 dias + 7 dias a 20 °C	Redução da lesão por frio; ↑ Conteúdo de vitamina C, fenólicos, atividade antioxidante, flavonoides e índice de estabilidade da membrana.	Tarabih et al. (2020)

Fonte: Autor, 2023.

Além, destas, a seguir são descritas as tecnologias mais difundidas do ponto de vista comercial no controle ao DF em mangas.

## Manipulação da temperatura

Existem três tipos de tratamentos de temperatura que podem ser empregados para reduzir os danos causados pelo frio em mangas: (i) condicionamento a baixa temperatura, (ii) condicionamento a alta temperatura e (iii) aquecimento intermitente durante o armazenamento.

O condicionamento de mangas a temperaturas ligeiramente acima da faixa crítica (10 – 13 °C) aumenta a tolerância dos frutos ao resfriamento durante o armazenamento subsequente a baixa temperatura e atrasa o desenvolvimento de lesões por frio. De modo geral, o condicionamento a baixa temperatura induz uma resposta adaptativa a temperaturas mais baixas resultado de modificações biológicas e bioquímicas induzidas pelo tratamento condicionador (Hatton, 1990).

Foi observado que mangas 'Wacheng' houve inibição dos sintomas por DF. Além disso, os frutos apresentaram menor teor de malondialdeído e incremento na atividade das enzimas CAT, APX e o conteúdo de compostos fenólicos e glutathione foram aprimorados quando submetidos a choque térmico por 4 horas a 0 °C, depois transferidos para 20 °C por 20 horas antes de serem armazenados a 2 °C por 12 dias (Zhao *et al.*, 2006). A lesão por refrigeração (CI) foi evitada em mangas 'Alphonso' pré-condicionadas a 10 °C por 7 dias e amadurecidas a 27 °C durante 14 dias com alterações mínimas na textura, cor da casca, carotenoides, sólidos solúveis totais, ácidos tituláveis e ácido ascórbico (Thomas; Joshi, 1988). Também em mangas 'Alphonso' pré-condicionadas (12, 15 e 18 °C) foi observado menor perda de peso, e índices de enrugamento da casca e deterioração ao longo de 21 dias de armazenamento a 12 °C em relação ao seu controle (Kanade *et al.*, 2017), essas respostas contribuem para o aumento da tolerância ao resfriamento.

O tratamento em curto prazo sob altas temperaturas (> 35 °C) também pode reduzir as lesões por refrigeração em frutos de manga, pois de acordo com Klein e Lurie (1991) a exposição de um produto a um tipo de estresse pode induzir alguns fatores de proteção contra outro tipo de estresse. Assim sendo, o tratamento térmico pode ser aplicado como imersão em água quente, ar forçado quente ou calor de vapor para reduzir a ocorrência de DF em mangas. Altas temperaturas promovem a cicatrização de cortes e aumentam os compostos antifúngicos protegendo contra a invasão de patógenos. O tratamento térmico também induz a formação de proteínas de choque térmico de 70 KD, estas são

capazes de reduzir a condensação da cromatina e a quebra do DNA, além de suprimir a atividade oxidativa induzida pelo DF (Wang *et al.*, 2001; Freitas *et al.*, 2012). A exposição de mangas 'Tommy Atkins' a 46,1 °C por 90 minutos e a 55 °C por 5 minutos foram eficazes na minimização dos sintomas de resfriamento ao longo de 14 dias de armazenamento a 5 °C (Miguel *et al.*, 2016).

O condicionamento de mangas 'Keitt' por 48 horas a 38 °C reduziu os sintomas de lesão por frio em relação ao controle (0 horas) e o tempo de 24 horas durante 11 dias a 5 °C sem comprometimento com a qualidade e o amadurecimento dos frutos após transferência para temperatura ambiente (21 °C) (Mccollum *et al.*, 1993). O tratamento térmico (38 °C por 3 dias) em mangas 'Non Do Kai' melhorou as lesões por resfriamento durante 3 semanas de armazenamento a 4 °C em relação aos 7 dias observados para o aparecimento das lesões nos frutos controle (Ketsa, *et al.*, 2000). A imersão de mangas 'Marfim' por 1 minuto a 60 °C reduziu as lesões de DF e diminuiu o estresse oxidativo através do menor conteúdo de malondialdeído (MDA) e menor atividade das enzimas polifenoloxidase e peroxidase (Wang *et al.*, 2016).

O aquecimento intermitente é a interrupção da exposição ao frio com breves períodos de temperaturas quentes (Jacobi *et al.*, 2001). O aumento da temperatura acima do ponto crítico da lesão por resfriamento permite que o tecido se recupere da condição estressada ou acelere processos degradativos, dependendo do estágio da lesão por resfriamento. Em um estágio reversível, o aumento da temperatura geralmente induz atividades metabólicas mais altas e permite que o tecido metabolize o excesso de intermediários acumulados durante o resfriamento ou reabasteça as substâncias que ora tenham esgotadas ou que não foram sintetizadas durante o resfriamento. Essa mudança de temperatura (frio – quente – quente – frio) induz um rápido reajuste do metabolismo que também pode incluir uma síntese aumentada de ácidos graxos insaturados (Lyons; Breidenbach, 1987).

Quando a lesão por resfriamento progride para o estágio irreversível, a exposição dos produtos refrigerados a temperaturas mais altas aprimora os processos degradativos e acelera o desenvolvimento dos sintomas da lesão por DF. Por outro lado, se o aquecimento intermitente for aplicado com muita frequência ou por muito tempo, os tecidos podem ficar excessivamente moles e vulneráveis a danos fisiológicos (DF) e deterioração (Lyons; Breidenbach, 1987).

Logo, o momento e a duração do tratamento de aquecimento são críticos. O aquecimento intermitente a 13 °C por quatro dias seguido de armazenamento a 3 °C por três dias demonstrou ser eficaz na redução de lesões causadas pelo frio em mangas 'Keitt' em até quatro semanas quando comparado aos frutos não tratados (Gad *et al.*, 2014).

### **Atmosfera controlada (AC)**

A atmosfera controlada (AC) é uma importante tecnologia utilizada para complementar à refrigeração ou o armazenamento a frio através de modificações nas concentrações de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> que circundam frutos e hortaliças durante o armazenamento (Kader, 2005). Várias vantagens do armazenamento sob AC foram relatadas para reduzir a taxa de respiração, a produção de etileno, retardar o amadurecimento das frutas, prolongar a vida útil, atrasar a decomposição da clorofila, retardar o amolecimento das frutas e o desenvolvimento de doenças em mangas (Hailu, 2016).

No entanto, a eficácia da AC na redução de lesões por resfriamento em mangas depende do centro de origem, cultivar, do grau de maturidade, das concentrações de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>, da duração do tratamento e da temperatura de armazenamento. Em função disso, existe uma grande diversidade de respostas associadas ao DF em mangas quando armazenadas sob AC, por exemplo, constatou-se que a redução de O<sub>2</sub> e o aumento de CO<sub>2</sub> na atmosfera de armazenamento atrasavam ou impediam o aparecimento de lesões pelo frio nos frutos 'Haden' (Spalding; Reeder, 1974), 'Kensington Pride' (O'hare; Prasad, 1993), 'Manila' (Leon *et al.*, 1996), 'Haden', 'Keitt', 'Kent' e 'Tommy Atkins' (Bender *et al.*, 2000), 'Caraboa' (Izumi *et al.*, 2003).

Foi relatado que a exposição a 3% de O<sub>2</sub> e 6% de CO<sub>2</sub> por 3 semanas evita o CI em mangas 'Alphonso' armazenadas a 10 °C (Ullah *et al.*, 2010). Nessas mesmas concentrações Ullah *et al.* (2010) afirmaram que o fruto da manga madura 'Chaunsa' pode ser armazenado por duas semanas a 10 °C sem o desenvolvimento de lesões pelo frio. Uma combinação de 6% de O<sub>2</sub> e 10% de CO<sub>2</sub> permitiu o armazenamento de mangas 'Keitt' a 13 °C até 35 dias sem o aparecimento de lesões por frio, cerca de 20 dias a mais que o tratamento controle (Hailu, 2016), além de preservar a qualidade físico-química dos frutos.

Por outro lado, mangas 'Tommy Atkins' e 'Keitt' armazenadas a 12 °C apresentaram redução dos sintomas de CI quando tratadas com maior concentração de O<sub>2</sub> (10 %) e menor de CO<sub>2</sub> (5 %) (Pesis *et al.*, 2000). O armazenamento a 13 °C em AC (3% de O<sub>2</sub> + 5% CO<sub>2</sub>) em mangas 'Alphonso' e (3% de O<sub>2</sub> + 3% CO<sub>2</sub>) em 'Banganapalli' resultou em respiração anormal e aumento na produção de etileno, porém quando aumentou para 5% o nível de O<sub>2</sub> em ambas cultivares houve prolongamento da vida útil em 4 e 5 semanas, respectivamente. Nessas condições de AC os frutos amadureceram normalmente quando transferidos para temperatura ambiente sem comprometimento com a qualidade físico-química e o aparecimento de lesões por frio (Rao; Rao, 2008).

### **Atmosfera modificada (embalagens)**

O uso de embalagens como barreira artificial para conservação de frutas e hortaliças preserva a qualidade e aumenta de vida útil durante o armazenamento (Luengo; Calbo, 2009). A depender de sua natureza (espessura e interação com a temperatura e umidade relativa) as embalagens levam à modificação na atmosfera através do aumento de resistência à passagem do vapor de água, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, produzindo um ambiente com umidade relativa maior que a externa, alterando, assim, processos ligados ao amadurecimento como menor atividade respiratória e perda de água, mudanças relacionadas ao metabolismo de carboidratos, cor, textura, além de diminuir a atividade enzimática envolvidas em vários processos metabólicos (Chitarra; Chitarra, 2005). A prevenção a lesões por frio por embalagens possivelmente esteja relacionada a estes fatores.

Vários são os estudos que demonstram o efeito benéfico do uso de embalagens plásticas na preservação da qualidade em frutos de mangueira (Neves *et al.*, 2009; Ilesanmi *et al.*, 2011; Malik *et al.*, 2017). Uma embalagem capaz de modificar a atmosfera interna de condicionamento (MAP) foi utilizada em mangas 'Kent' armazenadas a 10 °C (Kelany *et al.*, 2010) e 'Alphonso' a 12 °C (Ramaya *et al.*, 2012) resultando em aumento da vida útil dos frutos, preservação da qualidade e baixo índice de lesão pelo frio em relação aos frutos não embalados. Essa mesma embalagem (MAP) quando utilizada em mangas 'Apple' prolongou em 5 dias a vida útil dos frutos armazenados a 10 °C em relação aos frutos sem embalagem, além da ausência de lesões por frio também foi observado menores taxas de

respiração, amolecimento, mudança de cor, acúmulo de açúcares e níveis mais altos de vitamina C (Ambuko *et al.*, 2018). Um tratamento combinado com atmosfera modificada (sacos plásticos de polietileno perfurado), amadurecimento artificial (150 ppm de etileno) e condicionamento em baixa temperatura (2 °C) por 19 dias com subsequente armazenamento a 12 °C reduziu a ocorrência de danos pelo frio, a peroxidação lipídica e manteve a qualidade em níveis aceitáveis (sabor, aroma e textura) em mangas 'Keitt' e 'Shelly' durante 40 dias de armazenamento (Patil *et al.*, 2019).

### **Tecnologias emergentes**

Recentemente foi proposto que o sorbitol (0,1 e 2,5%), um aditivo com função umectante, texturizante e edulcorante, reconhecido como seguro e amplamente utilizado na indústria alimentícia foi capaz de aumentar a tolerância ao dano pelo frio em mangas 'Palmer' (Sanches *et al.*, 2021). No estudo, as frutas tratadas com sorbitol apresentaram menor perda de massa fresca e ativação dos mecanismos de defesa antioxidante. Na teoria, a função umectante e estabilizante do sorbitol preservaram a integridade da membrana restringindo a perda de água e retardando processos fisiológicos causados pelo estresse da baixa temperatura. No metabolismo oxidativo, o sorbitol como uma molécula de açúcar é um excelente osmólito e pode ter atuado como fonte de energia e ou sinalização ao acúmulo de ERO através da ativação dos mecanismos de defesa antioxidante (enzimático e não enzimático) reduzindo com isso a incidência de lesões pelo frio (Sanches *et al.*, 2022).

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As lesões causadas na casca de mangas armazenadas em baixas temperaturas (<13 °C) limita sua comercialização e consumo por conta da perda da qualidade visual. Sobre o dano pelo frio, não existe uma teoria unificadora capaz de explicar o mecanismo de lesões por frio que ocorrem em vegetais armazenados sob resfriamento.

De modo geral, sabe-se que vários eventos ocorrem instantaneamente nos tecidos sensíveis ao frio quando expostos a condições abaixo da temperatura

crítica de resfriamento. Esses eventos incluem alteração na estrutura lipídica e na permeabilidade da membrana, na conformidade de enzimas reguladoras e na estrutura citoesquelética levando a uma série de respostas secundárias (estruturais, fisiológicas e bioquímicas).

Nos frutos da mangueira o tempo de resposta ao dano pelo frio (DF) é variável em função de diversos fatores, como o centro de origem, cultivar, estágio de maturação, a temperatura e o tempo de exposição, e das próprias condições ambientais no cultivo influenciam na susceptibilidade do fruto ao resfriamento. Vários métodos têm se mostrado promissores no alívio do DF em mangas, especialmente no que se refere a melhoria/preservação do sistema antioxidante enzimático e não-enzimático de defesa.

Todavia, mais pesquisas são necessárias, especialmente envolvendo a pré-colheita (características do pomar e condições climáticas) cuja interação com vias metabólicas complexas pode aumentar a tolerância pós-colheita desses frutos quando armazenados a frio, principalmente quando associados aos estudos de proteômica e metabolômica. Deste modo, quanto mais entendermos os mecanismos de lesão por refrigeração, melhor podemos conceber um método eficaz para aliviar as perdas pós-colheita ocasionadas pelo DF em mangas.

## REFERÊNCIAS

- AGHDAM, M. S. Role of alternative oxidase in postharvest stress of fruit and vegetables, p. Chilling injury. *African Journal of Biotechnology*, 12(51), p. 7009-7016, 2013.
- AMBUKO, J. *et al.* Modified atmosphere packaging enhances the effectiveness of coolbot™ cold storage to preserve postharvest quality of mango fruits. *Journal of Food Research*, 7(5), 2018.
- ASADA, K. Produção e eliminação de espécies reativas de oxigênio em cloroplastos e suas funções. *Plant Physiology*, 141, p. 391-396, 2006.
- AYELE, L.; BAYLEYEGN, A. Effect of low temperature storage on ripening and quality of mango (*Mangifera indica* L.). *Acad. Res. J. Agri. Sci. Res.*, 5(7), p. 570-576, 2017.
- BARMAN, K. *et al.* Post-harvest nitric oxide treatment reduces chilling injury and enhances the shelf-life of mango (*Mangifera indica* L.) fruit during low-temperature storage. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 89(3), p. 253-260, 2014.
- BENDER, R. J. *et al.* Low temperature controlled atmosphere storage for tree ripe mangoes (*Mangifera indica* L.). *Acta Horticulture*, 509(1), p. 447-458, 2000.

BRECHT, J. K.; YAHIA, E. M. Postharvest physiology. *In*: LITZ, R. (Ed.). **The mango, p. Botany, production and uses**. 2. ed. Wallingford: CAB International, 2009. p. 484-528.

CANDOLLE, A. P. de. **Origin of Cultivated Plants**. London: Hafner, 1884.

CHOUDHURY, F. K. *et al.* Espécies reativas de oxigênio, estresse abiótico e combinação de estresse. **Plant Journal**, 90, p. 856-867, 2016.

DEA, S. *et al.* Occurrence of chilling injury in fresh-cut 'Kent' mangoes. **Postharvest Biology and Technology**, 57, p. 61-71, 2010.

DEL RÍO, L. A.; LÓPEZ-HUERTAS, E.; ROS generation in peroxisomes and its role in cell signaling. **Plant Cell Physiol**, 57, p. 1364-1376, 2016.

DING, Z. S. *et al.* Responses of reactive oxygen metabolism and quality in mango fruit to exogenous oxalic acid or salicylic acid under chilling temperature stress. **Physiology Plantarum**, 130, p. 112-121, 2007.

FAO — Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Crop Production Data [On-line]**, 2023. Available en: <<http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>>. Acesso em: 3 jun. 2021.

FREITAS, W. E. S. *et al.* **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, 8(4), p. 1-6, 2012.

FUNG, R. W. M. *et al.* MeSA and MeJA increase steady-state transcript levels of alternative oxidase and resistance against chilling injury in sweet peppers (*Capsicum annuum* L.). **Plant Science**, 166(7), p. 9-12, 2004.

GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A. *et al.* Methyl jasmonate reduces chilling injury and maintains postharvest quality of mango fruit. **J. Agric. Food Chem.**, 48(2), p. 515-519, 2000.

HAILU, Z. Effects of controlled atmosphere storage and temperature on quality attributes of mango. **J. Chem. Eng. Process. Technol.**, 7, p. 317-321, 2016.

HATTON, T. T. Reduction of chilling injury with temperature manipulation. *In*: WANG, C. Y. (Ed.). **Chilling Injury of Horticultural Crops**. Boca Raton: CRC Press, 1990. p. 269-280.

ILESANMI, F. F. *et al.* Effect of polythene packaging on the shelf life of mango fruits. **Journal of Stored Products and Postharvest Research**, 2(7), p. 148-150, 2011.

ISLAM, B.; RAB, A.; SHAH, F.; ALI, A. *Chilling injury* and physico-chemical attributes of mango fruit influenced by low temperature storage. **The Journal of Animal & Plant Sciences**, 28(3), p. 761-769, 2018.

IZUMI, H.; NAGATOMO, T.; TANAKA, C. Physiology and quality of fresh-cut mango is affected by low O<sub>2</sub> controlled atmosphere storage, maturity and storage period. **Acta Horticulture**, 600(2), p. 833-838, 2003.

JACOBI, K. K.; MACRAE, E. A.; HETHERINGTON, S. E. Review, p. Postharvest heat desinfestation treatments of mango fruit. **Scientia Horticulturae**, 89, p. 171-193, 2001.

JIANG, Z. *et al.* Exposure Stimulated Enzymatic and Nonenzymatic Antioxidants and Reduced Oxidative Stress of Cold-Stored Mangoes. **Food Chemistry**, 63(1), p. 10965-10972, 2015.

JUNMATONG, C. *et al.* Cold storage in salicylic acid increases enzymatic and non-enzymatic antioxidants of Nam Dok Mai n. 4 mango fruit. **Science Asia**, 41, p. 12-21, 2015.

KADER, A. A. Increasing food availability by reducing postharvest losses of fresh produce. **Proceeding of 5th International Postharvest Symposium**, p. 2169-2175, 2005.

- KANADE, N. M. *et al.* 2017. Effect of different precooling and storage temperatures on shelf life of mango cv. Alphonso. **Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.**, 6(11), p. 845-855, 2017.
- KELANY, A. E. *et al.* Using modified atmosphere and different temperatures for storing “Kent” mango fruit. **Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants.**, 2(1), p. 46-56, 2010.
- KETSA, S. *et al.* Prestorage heat treatment and poststorage quality of mango fruit. **Hortscience** 35(2), p. 247-249, 2000.
- KHALIQ, G. *et al.* Influence of gum arabic coating enriched with calcium chloride on physiological, biochemical and quality responses of mango (*Mangifera indica* L.) fruit stored under low temperature stress. **Postharvest Biology and Technology.**, 111, p. 362-369, 2016.
- KLUGE, R. A. *et al.* Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado. 2. ed. Campinas: Livraria e Editora Rural, 2002. p. 214.
- KLEIN, J. D.; LURIE, S. Postharvest heat treatment and fruit quality. **Postharvest News Inf.** 2, p. 15-19, 1991.
- LEON, D. M. *et al.* Effect of controlled atmospheres containing low O<sub>2</sub> and high CO<sub>2</sub> on chilling susceptibility on ‘Manila’ mangoes. **Acta Horticulture.**, 455(2), p. 635-642, 1996.
- LI, P. *et al.* Pre-storage application of oxalic acid alleviates chilling injury in mango fruit by modulating proline metabolism and energy status under chilling stress. **Food Chemistry.**, 142(1), p. 72-78, 2014.
- LITZ, R. E.; LAVI, U. *Biotechnology.* In: LITZ, R. E. (Ed.). **The Mango, Botany, Production and Uses.** Wallingford: CAB International, 1997. p. 401-423.
- LOBO, M. G.; SIDHU, J. S. **Biology, Postharvest Physiology, and Biochemistry of Mango.** Capítulo do Handbook ver citação de capítulo em livro.
- LUENGO, R. F. A.; CAIBO, A. G. **Embalagens para comercialização de hortaliças e frutas no Brasil.** Brasília: Embrapa Hortaliças, 2009. 256 p.
- LUKATKIN, A. S. *et al.* Chilling injury in chilling-sensitive plants, p. a review. **Agriculture.**, 99(2), p. 111-124, 2012.
- LURIE, S.; CRISOSTOB, C. H. Review, p. Chilling injury in peach and nectarine. **Postharvest Biology and Technology.**, 37, p. 195-208, 2005.
- LYONS, J. M.; RAISON, J. K. **Plant Physiol.**, 45, p. 386 (1970).
- LYONS, J. M.; BREIDENBACH, R. W. **Chilling injury.** In: WEICHMANN, J. (ed.). **Postharvest Physiology of Vegetables.** New York: Marcel Dekker, 1987. p; 205-326.
- MALIK, A.; SIDDIQ, F.; SIDDIK, M. **Packaging of fresh mangoes and processed mango product.** Handbook of mango fruit, p. 131-149. Production, Postharvest science, processing technology and nutrition.
- MANTHEY, J. A.; PERKINS-VEAZIE, P. Influences of harvest date and location on the levels of beta-carotene, ascorbic acid, total phenols, the in vitro antioxidant capacity, and phenolic profiles of five commercial varieties of mango (*Mangifera indica* L.). **Journal Agricultural Food Chemistry.**, 57, p. 10825-10830, 2009.
- MCCOLLUM, T. G.; D'AQUINO, S.; MCDONALD, R. E. Heat treatment inhibits mango *chilling injury.* **HortScience.**, 28(3), p. 197-198, 1993.

- MEDLICOTT, A. P.; SIGRIST, J. M. M.; SY, O. Ripening of mangoes following low temperature storage. **Journal Amer. Soc. Hort. Sci.**, 115(1), p. 430-434, 1990.
- MIGUEL, A. C. A. *et al.* Prevenção de lesões refrigerantes em mangas <tommy atkins> armazenadas anterior a 5 °C, usando tratamento de calor e radiação UV-C. **Rev. Bras. Frutic.**, 38(1), p. 53-63, 2016.
- MITTLER, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **Trends Plant Science.**, 7, p. 405-410, 2002.
- MUKHERJEE, S. K.; LITZ, R. E. Introduction, p. Botany and importance. *In*: LITZ, R. E. (Ed.). **The Mango - Botany, Production and Uses**. 2. ed. Wallingford: CAB International, 2009. p. 1-18.
- NAIR, S.; SINGH, Z. Chilling injury in mango fruit in relation to biosynthesis of free polyamines, **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology.**, 79(4), p. 515-522, 2004.
- NEVES, L. C. *et al.* Utilização de Diferentes embalagens plásticas para a conservação de produto minimamente processado de mangas 'Tommy Atkins'. **Rev. Bras. Frutic.**, 31(3), p. 856-864, 2009.
- NIRANJANA, P. *et al.* Effect of controlled atmosphere storage (CAS) on antioxidant enzymes and dpph- radical scavenging activity of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Alphonso. **African Journal Food Agriculture Nutrition and Development.**, 9(2), p. 779-792, 2009.
- O'HARE, T. J.; PRASAD, A. The effect of temperature and carbon dioxide on chilling symptoms in mango. **Acta Horticulture.**, 343, p. 244-250, 1993.
- PATIL, A. S.; MAURER, D.; FEYGENBERG, O. Exploring cold quarantine to mango fruit against fruit fly using artificial ripening. **Sci. Rep.**, 2019.
- PESIS, E. *et al.* Modified atmosphere and modified humidity packaging alleviates chilling injury symptoms in mango fruit. **Postharvest Biology and Technology.**, 19, p. 93-101, 2000.
- PHAKAWATMONGKOL, W.; KETSA, S.; VAN DOORN, W. G. Variation in fruit chilling injury among mango cultivars. **Postharvest Biology and Technology.**, 32(2), p. 115-118, 2004. DOI <10.1016/j.postharvbio.2003.11.011>.
- POWLES, S. B. **Ann. Rev. Plant Physiol.**, 35, p. 15, 1984.
- RAMAYYA, N.; NIRANJAN, K.; DUNCAN, E. Effects of modified atmosphere packaging on quality of "Alphonso" Mangoes. **Journal of Food Science and Technology.**, 49(6), p. 721-728, 2012.
- RAISON, J. K. **Mechanisms of Regulation of Plant Growth**. Eds. R. L. Bielski, A. R. Ferguson, and M. M. Cresswell. Wellington: Bulletin 12, Roy. Soc. New Zealand, 1974. p. 487.
- RAO, D. V. S.; RAO, K. P. G. Controlled atmosphere storage of mango cultivars Alphonso' and 'Banganapalli' to extend storage-life and maintain quality. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology.**, 83(3), p. 351-359, 2008.
- RIBEIRO, S. M. R. *et al.* Phenolic compounds and antioxidant capacity of Brazilian mango (*Mangifera indica* L.) varieties. **Food Chemistry.**, 110, 620-626, 2008.
- RODEO, A. J. D.; ESGUERRA, E. B. Low temperature conditioning alleviates chilling injury in mango (*Mangifera indica* L. cv. Carabao) fruit. **Philippine Journal of Crop Science.**, 38(1), p. 24-32, 2013.
- ROSALIE, R. *et al.* Antioxidant and enzymatic responses to oxidative stress induced by cold temperature storage and ripening in mango (*Mangifera indica* L. cv. 'Cogshall') in relation to carotenoid content. **Journal of Plant Physiology.**, 224, p. 72-85, 2018.

- SALA, J. M.; LAFUENTE, M. T. Catalase enzyme activity is related to tolerance of mandarin fruits to chilling. **Postharvest Biology and Technology**, 20, p. 81-89, 2000.
- SANCHES, A. G. *et al.* Polyols can alleviate chilling injury in 'Palmer'mangoes during cold storage. **Food Control**, 129, p. 108248, 2021.
- SANCHES, A. G. *et al.* Sorbitol immersion controls chilling injury in CA stored 'Palmer'mangoes. **Postharvest Biology and Technology**, 185, p. 111800, 2022.
- SANTOS, A. E. O. *et al.* Utilização de atmosfera modificada na conservação pós-colheita de mangas 'Tommy Atkins'. **Revista Semiárido de Visu.**, 1(1), p. 10-17, 2011.
- SEVILLANO, L. *et al.* Physiological, hormonal and molecular mechanisms regulating chilling injury in horticultural species. Postharvest technologies applied to reduce its impact. **J. Sci. FoodAgric.** 89, p. 555-573, 2009.
- SINGH, Z.; SINGH, S. P. Mango. *In*: REES, D.; FARREL, G.; ORCHARD, J. (Eds.). **Crop Post-harvest, p. Science and technology**. Oxford: Blackwell Publishing, Oxford, 2012. p. 108-142.
- SIVANKALYANI, V. *et al.* Transcriptome dynamics in mango fruit peel reveals mechanisms of chilling stress. **Front Plant Sci.**, 7, p. 1579, 2016.
- SUDHEERAN, P. K. *et al.* Improved cold tolerance of mango fruit with enhanced anthocyanin and flavonoid contents. **Molecules.**, 23(7), p. 18-32, 2018.
- TARABIH, M. Maintenance quality and reduce chilling injury of Naomi mango fruits during cold quarantine. **Pakistan Journal of Biological Sciences.**, 23, p. 190-205, 2020.
- THOMAS, P.; JOSHI, M.R. Reduction of chilling injury in ripe Alphonso mango fruit in cold storage by temperature conditioning. **International Journal of Food Science and Technology.** 23(5), p. 447-455, 1988.
- TOIVONEN, P. M. A. Postharvest storage procedures and oxidative stress. **HortScience.**, 39, p. 938-942, 2004.
- ULLAH, H. *et al.* Effect of oxygen and carbon-dioxide on the post-harvest management in tree-ripe mango storage. **J. Chem. Soc. Pakistan** (in press), 2010.
- ULLAH, H. *et al.* Storage of ripe mango (*Mangifera indica* L.) cv. Alphonso in controlled atmosphere with elevated CO<sub>2</sub>. **Pak. J. Bot.**, 42(3), p. 2077-2084, 2010.
- USDA [United States Department of Agriculture]. **National nutrient database for standard reference release 27**, 2015. Disponível em: <[http, p. //ndb.nal.usda.gov/ndb/foods](http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods)>.
- USDA [US Dept of Agriculture]. **USDA National Nutrient Database for Standard Reference Release 28**, 2016 [On-line]. Disponível em: <[https, p. //ndb.nal.usda.gov/ndb/search](https://ndb.nal.usda.gov/ndb/search)>. Acesso em: 21 oct. 2016.
- VAN HASSELT, P. R. **Chilling injury of Horticultural Crop**. Editora: C. Y. Wang. Boca Raton: CRC Press, 1989 (in press).
- WANG, C. Y. Effect of temperature preconditioning on catalase, peroxidase and superoxide dismutase in chilled zucchini squash. **Postharvest Biology and Technology**, 5, p. 67-76, 1995.
- WANG, C. Y. *et al.* Heat-induced protection against death of apple fruit cells exposed to low temperature. **Plant, Cell and Environment** (In Press), 2001.

WANG, B. *et al.* Reduced chilling injury in mango fruit by 2,4-dichlorophenoxyacetic acid and the antioxidant response. **Postharvest Biology and Technology**., 48, p. 172-181, 2008.

WANG, H. *et al.* Effects of heat treatment on changes of respiration rate and enzyme activity of ivory mangoes during storage. **Journal of Food Processing and Preservation**., 41(1), p. 1-8, 2016.

WANNABUSSAPAWICH, B.; SERAYPHEAP, K. Effects of putrescine treatment on the quality attributes and antioxidant activities of 'Nam Dok Mai n. 4' mango fruit during storage. **Scientia Horticulturae**,

YILDIZ, F.; WILEY, R. C. **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. 2. ed. London: Springer, 2017. p. 761.

YUWANA, Y.; SILVIA, E. **Physical damages of tropical fruits, p. case study of mangoes, 'Duku', avocado and banana fruits**. Proceeding International and Expo on "Promoting Local Resources for Food and Health" (ISEProlocal), Bengkulu, Indonesia, 2015. p. 106-111.

ZHAO, Z. *et al.* Effect of cold-shock treatment on chilling injury in mango (*Mangifera indica* L. cv. 'Wacheng') fruit. **Journal of the Science of Food and Agriculture**., 1(3), p. 2468-2462, 2006.

ZHAO, Z. *et al.* Maturity-related chilling tolerance in mango fruit and the antioxidant capacity involved. **Journal of the Science of Food and Agriculture**., 89(2), p. 304-309, 2009.

# **SOBRE OS ORGANIZADORES**

## **Alex Guimarães Sanches**

Engenheiro Agrônomo (Universidade Federal do Pará, PA). Mestre em Agronomia/ Fitotecnia (Universidade Federal do Ceará, CE). Doutor em Agronomia/Produção Vegetal (Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" FCAV/UNESP, *Campus* de Jaboticabal - SP). Atuando nas seguintes linhas: Fisiologia e bioquímica vegetal, Fisiologia de Pós-colheita (qualidade físico-química, processamento mínimo, metabolismo antioxidante e oxidativo, vitamina C, compostos fenólicos, manejo de pragas e doenças de grãos e frutas armazenadas), Tecnologia de Alimentos (carnes, vegetais, farinhas, leite e óleos), Fruticultura (produção de mudas, superação de dormência em sementes, estaquia, enxertia, alporquia, micropropagação). Experiência nas tecnologias: revestimento comestível, bloqueadores da síntese de etileno, criopreservação, atmosfera modificada e controlada, tratamentos térmicos (hidrorresfriamento, micro-ondas), radiação (UV-C, gama e luz pulsada), LED.

**Lattes:** <http://lattes.cnpq.br/2372153782028484>

## **Maryelle Barros da Silva**

Doutora em Agronomia (Produção Vegetal) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2024), Mestre em Produção Vegetal pela Universidade Estadual de Goiás (2020), Engenheira agrônoma pela Universidade Federal do Pará (2014), atuando principalmente nos seguintes temas: fruticultura (produção de mudas, estaquia, enxertia), manejo de culturas (sistemas de produção agrícola) e fisiologia pós-colheita (processamento mínimo, qualidade físico-química, metabolismo oxidativo e de vitamina C).

**Lattes:** <http://lattes.cnpq.br/6547087578308781>

## **Carlos Alberto Martins Cordeiro**

Possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Federal do Pará (1995), mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Viçosa (1999) e doutorado em Produção Vegetal pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (2002) com área de concentração em Ciência e tecnologia de alimentos. Professor Associado da Universidade Federal do Pará, locado no Instituto de Estudos Costeiros (IECOS), no Curso de Engenharia de Pesca, *Campus* de Bragança (PA), atua na área de Qualidade e Tecnologia do Pescado, onde realiza pesquisa com desenvolvimento de produtos à base de

## APRESENTAÇÃO

pescado e estudos com isolamento e uso de bactérias probióticas na aquicultura.

**Lattes:** <http://lattes.cnpq.br/5010139685215361>

# ÍNDICE REMISSIVO

## A

**Ânion Superóxido:** 83, 87, 114, 115

**Aprendizado de Máquina:** 21

## C

**Cadmio:** 9, 14, 18

**Colhedora de Grãos:** 61, 64

**Colheitadeira:** 61

**Colletotrichum:** 48, 53, 54, 55, 57, 58, 59

**Compostos Bioativos:** 32, 43, 105

**Conservação:** 22, 43, 52, 57, 69, 80, 81, 119, 124, 125

**Contaminantes:** 9

**Cultivares:** 18, 32, 34, 39, 43, 49, 50, 51, 52, 57, 70, 78, 108, 119

## E

**Eficiência:** 56, 61, 62, 63

**Estresse Oxidativo:** 38, 83, 84, 85, 86, 104, 112, 113, 117

## F

**Fungos:** 48, 53, 55, 58, 59

## I

**Inteligência Artificial:** 21, 23, 29

## L

**Lesão por Resfriamento:** 104, 109, 117

## M

**Mamão:** 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59

**Mangifera Indica I:** 104, 105, 121, 123, 124, 125, 126

**Mercado:** 11, 23, 35, 37, 43, 45, 48, 50, 51, 53, 54, 56, 57, 67, 97, 110

**Metais não Essenciais:** 8, 9, 10, 11, 15, 16

**Musa ssp:** 69, 70

## O

**Oryza Sativa:** 21, 22

## P

**Parâmetros Físico-Químicos:** 69, 77

**pós-Colheita:** 32, 34, 41, 43, 47, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 59, 68, 69, 71, 78, 79, 80, 81, 83, 84, 86, 87, 101, 105, 106, 107, 113, 114, 121, 123, 125

**Protocolo:** 42, 83, 85, 86, 87, 97, 101

## R

**Riscos à Saúde:** 9, 15, 16

## S

**Segurança Alimentar:** 8, 9, 18

**Sustentabilidade:** 32, 42, 52, 57, 81

## V

**Vitivinicultura:** 32



científica digital



VENDA PROIBIDA - ACESSO LIVRE - OPEN ACCESS

