

Pós-colheita de frutas e hortaliças

Coletânea de Pesquisas

VOLUME 2

Andréa Nunes Moreira
Jéssica de Souza Lima

ORGANIZADORAS



Presidente da República
Luiz Inácio Lula da Silva
Ministro da Educação
Camilo Sobreira de Santana
Secretário de Educação Profissional e Tecnológica
Marcelo Bregagnoli



INSTITUTO FEDERAL
Sertão Pernambucano

Reitor do IFSERTAOPE
Jean Carlos Coelho de Alencar
Pró-Reitor de Pesquisa, Inovação e Pós-Graduação
Francisco de Assis de Lima Gama
Coordenadora da Editora IFSERTAOPE
Jane Oliveira Perez

Conselho Editorial da Editora IFSERTAOPE

Francisco de Assis de Lima Gama
Jane Oliveira Perez
Anne Rose Rodrigues Barboza
Tatiane Lemos Alves
André Ricardo Lucas Vieira
Andréa Nunes Moreira
Cheila Nataly Galindo Bedor
Domingos Diletieri Carvalho
Eriverton da Silva Rodrigues
Fabiana Soares Cariri Lopes

Fabício Oliveira da Silva
Hudson do Vale de Oliveira
José Ribamar Lopes Batista Júnior
Leilyane Conceição de Souza Coelho
Luciano Pereira dos Santos Junior
Paulo Gustavo Serafim de Carvalho
Rachel Perez Palha
Rafael Santos de Aquino
Ricardo Tavares Martins
Rosemary Barbosa de Melo

Projeto gráfico e arte da capa

Andréa Nunes Moreira
Mironaldo Borges de Araújo Filho

Revisão textual

Maria Marli de Melo Neto

Disponível para *download* em:
<https://releia.ifsertao-pe.edu.br>

Acesso: <https://ifsertaope.edu.br/livros/>



EDITORA
IFSertãoPE

Contato

Rua Aristarco Lopes, 240 - Centro
CEP: 56302-100 | Petrolina/PE – Brasil
E-mail: editora@ifsertaope.edu.br

Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças: Coletânea de Pesquisas Volume II

Organizadoras
Andréa Nunes Moreira
Jéssica de Souza Lima

Os capítulos assinados, no que diz respeito à linguagem e ao conteúdo, não refletem necessariamente o posicionamento da editora, sendo de inteira responsabilidade de seus autores.

Direito autoral da edição © 2025 Editora IFSertãoPE

Publicação de acesso aberto por Editora IFSertãoPE.

É permitida a reprodução total ou parcial desde que citada a fonte.

Esta obra está licenciada com uma Licença Atribuição –
Não Comercial – Sem Derivações 4.0 Brasil.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P842 Pós-colheita de frutas e hortaliças: coletânea de pesquisas / organizadoras Andréa Nunes Moreira, Jéssica de Souza Lima. – Petrolina, PE: Editora IFSertãoPE, 2025.

208 p. : il; e-book. – (Trabalhos Acadêmicos: Coleção em E-Book ; v. 2)

ISBN: 978-65-89380-55-9

1. Pós-colheita. 2. Frutas. 3. Hortaliças. 4. Ciências agrárias. 5. Pesquisa científica.
I. Moreira, Andréa Nunes, org. II. Lima, Jéssica de Souza, org. III. Trabalhos Acadêmicos: Coleção em E-book.

CDD 630

Ficha Catalográfica Elaborada pela Bibliotecária Ana Christina Bezerra CRB4-2311

Andréa Nunes Moreira
Jéssica de Souza Lima

Organizadoras

PÓS-COLHEITA DE FRUTAS E HORTALIÇAS: Coletânea de Pesquisas Volume 2

**Série: Trabalhos Acadêmicos Coleção em E-Book
Curso de Pós-Graduação Lato Sensu na modalidade EAD “Pós-Colheita de Produtos
Hortifrutícolas” do Campus Petrolina Zona Rural do IFSertãoPE
2ª Coletânea**

**PETROLINA – PE
2025**

Apresentação

Apresento este e-book como quem retorna ao espaço de pós-colheita, após a labuta no campo: com as mãos ainda marcadas pelo trabalho, os olhos atentos ao que foi produzido e o coração aberto para compartilhar os frutos. ***Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças: Coletânea de Pesquisas – Volume II*** não é apenas um conjunto de capítulos científicos; é o resultado de um tempo de maturação coletiva, de pesquisas que germinaram no curso de Especialização em Pós-colheita de Produtos Hortifrutícolas e que agora são reunidas, selecionadas e oferecidas à comunidade acadêmica e profissional.

Na pós-colheita, sabemos que o cuidado é decisivo. É o momento em que o fruto deixa o campo e passa a depender, quase integralmente, das escolhas humanas: como manusear, armazenar, conservar, transportar e apresentar. Este livro se inscreve exatamente nesse espaço simbólico e científico do “entre”: entre a produção e o consumo, entre o laboratório e o território, entre a tecnologia e a vida cotidiana. Os textos aqui reunidos mostram que a pós-colheita não é um detalhe final da cadeia produtiva, mas uma etapa estratégica, atravessada por ciência, inovação, sustentabilidade e compromisso social.

Ao longo dos capítulos, você, querido(a) leitor(a), encontrará pesquisas que dialogam com temas contemporâneos e urgentes: o uso da inteligência artificial e da visão computacional na avaliação da qualidade de frutas; o desenvolvimento de revestimentos biodegradáveis para hortaliças; a redução de perdas e desperdícios; a ampliação da vida útil dos alimentos sem comprometer sua segurança, qualidade nutricional e sensorial. São estudos que revelam uma ciência atenta aos desafios globais, segurança alimentar, sustentabilidade ambiental, eficiência produtiva, sem perder de vista as especificidades do contexto brasileiro.

Gosto de pensar este livro como um galpão de pós-colheita bem-organizado: cada trabalho tem seu lugar, sua função e seu tempo. Há capítulos que classificam, outros que

conservam, outros que prospectam o futuro tecnológico do setor. Em comum, todos partilham o rigor científico, o diálogo com a literatura especializada e a preocupação em produzir conhecimento aplicável, capaz de atravessar os muros da academia e alcançar produtores(as), técnicos(as), estudantes e formuladores(as) de políticas públicas.

Este volume também revela algo que considero essencial: a ciência é um trabalho coletivo. Assim como na colheita ninguém trabalha sozinho, aqui vemos autores(as) de diferentes áreas do conhecimento atuando em cooperação. O resultado é uma obra plural, interdisciplinar e viva, que expressa o estado da arte da pesquisa em pós-colheita e, ao mesmo tempo, aponta caminhos para novas investigações.

A seguir, apresento cada um dos textos que compõem o e-book como quem percorre, com cuidado e atenção, as diferentes etapas de um mesmo processo de pós-colheita. Procuro manter um tom fluido, cientificamente consistente e, ao mesmo tempo, humanizado, reconhecendo que por trás de cada técnica há escolhas, colaboradores(as), territórios e impactos concretos na vida social.

O texto ***“Pós-colheita de frutas com uso de inteligência artificial: o lado da visão computacional”*** inaugura a coletânea olhando para a pós-colheita a partir das lentes da transformação digital. Os(As) autores(as) constroem uma análise sobre como a inteligência artificial e, em especial, a visão computacional, têm sido incorporadas aos processos de avaliação, classificação, monitoramento e conservação de frutas. Ao realizar uma ampla prospecção científica e tecnológica, o capítulo evidencia que essas ferramentas não são apenas inovações de alto desempenho, mas respostas estratégicas a um problema histórico: as elevadas perdas pós-colheita. O texto articula dados, conceitos e tendências com clareza, mostrando como algoritmos, sensores e sistemas de imagem ampliam a precisão das decisões, reduzem desperdícios e reposicionam a fruticultura brasileira em um cenário global cada vez mais competitivo.

Em ***“Revestimentos biodegradáveis na conservação pós-colheita de alface”***, a discussão se desloca para o universo das hortaliças folhosas, trazendo à cena uma cultura sensível, de ciclo curto e alto índice de perdas. O capítulo apresenta uma revisão cuidadosa da literatura sobre o uso de filmes e revestimentos comestíveis, destacando seu papel na redução da desidratação, no controle microbiológico e na manutenção da qualidade visual e nutricional da alface. Ao mesmo tempo, o texto amplia o debate ao relacionar conservação pós-colheita, sustentabilidade ambiental e desperdício de

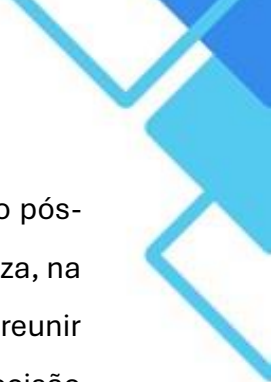
alimentos. A ciência aqui se mostra profundamente conectada ao cotidiano, evidenciando que tecnologias simples, biodegradáveis e acessíveis podem gerar impactos significativos na segurança alimentar e na preservação ambiental.

O capítulo **“Rastreabilidade na pós-colheita de frutas”** introduz uma dimensão fundamental da cadeia produtiva contemporânea: a transparência. Os(As) autores(as) discutem a rastreabilidade como ferramenta estratégica para garantir qualidade, segurança alimentar e confiança do consumidor. Mais do que um recurso tecnológico, a rastreabilidade é apresentada como um sistema de informação que conecta o campo ao mercado, permitindo identificar origens, práticas de manejo, condições de transporte e armazenamento. O texto evidencia que, em um cenário de mercados exigentes e consumidores atentos, rastrear é também cuidar, prevenir riscos e valorizar o produto agrícola, fortalecendo a responsabilidade social e sanitária da produção de frutas.

Já em **“Conservação pós-colheita do coentro: uma análise das principais técnicas e estratégias”**, o foco recai sobre uma hortaliça amplamente consumida, mas frequentemente negligenciada nos estudos pós-colheita. O capítulo analisa técnicas de conservação aplicáveis ao coentro, como controle de temperatura, uso de embalagens, atmosfera modificada e manejo hídrico. Ao tratar de uma cultura altamente perecível, o texto evidencia os desafios enfrentados por pequenos produtores e comerciantes, ao mesmo tempo em que aponta estratégias viáveis para ampliar a vida útil e preservar atributos sensoriais. Trata-se de um capítulo que aproxima a ciência das realidades locais, reconhecendo a importância econômica e cultural das hortaliças frescas.

O texto **“Reguladores vegetais na pré e pós-colheita de frutas e hortaliças: uma revisão sistemática”** amplia o olhar temporal da coletânea ao integrar práticas pré-colheita e seus efeitos na conservação pós-colheita. A partir de uma revisão sistemática, os(as) autores(as) discutem o papel dos reguladores vegetais no controle do amadurecimento, na redução de distúrbios fisiológicos e na manutenção da qualidade dos produtos agrícolas. O capítulo evidencia que a pós-colheita começa antes da colheita, nas decisões agronômicas que influenciam diretamente a fisiologia dos frutos e hortaliças. É um texto que articula rigor metodológico e profundidade teórica, contribuindo para práticas mais integradas e sustentáveis no manejo agrícola.

Em **“Aplicação de cálcio e a pós-colheita de maçãs: uma meta-análise”**, o(a) leitor(a) encontra um estudo de alta densidade científica, que utiliza a meta-análise




como ferramenta para sintetizar evidências sobre o uso do cálcio na conservação pós-colheita. O capítulo demonstra como esse nutriente atua na manutenção da firmeza, na redução de distúrbios fisiológicos e no prolongamento da vida útil das maçãs. Ao reunir resultados de diferentes estudos, o texto oferece uma base para a tomada de decisão técnica, reforçando a importância de práticas fundamentadas em evidências científicas consolidadas.

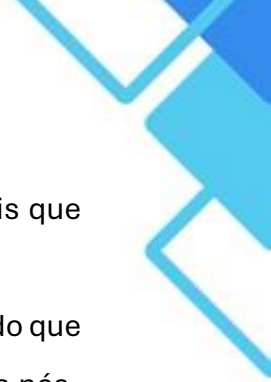
O capítulo ***“Embalagens ativas, uma opção para auxiliar a pós-colheita de frutas e hortaliças”*** apresenta uma abordagem inovadora ao discutir embalagens que interagem com o produto e o ambiente. As autoras exploram conceitos, materiais e aplicações das embalagens ativas, destacando seu potencial no controle microbiológico, na absorção de gases e na liberação controlada de substâncias conservantes. O texto revela como a embalagem deixa de ser um elemento passivo e passa a atuar como agente de conservação, contribuindo para a redução de perdas e para a oferta de alimentos mais seguros e duráveis.

Em ***“Aplicação de revestimentos comestíveis na preservação pós-colheita da qualidade do tomate”***, a coletânea retorna aos revestimentos, agora voltados a uma das hortaliças-fruto mais consumidas no mundo. O capítulo discute diferentes formulações de revestimentos comestíveis e seus efeitos na respiração, na perda de massa, na firmeza e na qualidade sensorial do tomate. O texto evidencia que tais tecnologias podem ser alternativas eficientes e sustentáveis frente ao uso excessivo de embalagens plásticas, aproximando inovação tecnológica e responsabilidade ambiental.

Por fim, ***“Métodos de controle da antracnose na pós-colheita do mamão”*** encerra a coletânea enfrentando diretamente um dos principais desafios fitossanitários da pós-colheita. O capítulo analisa estratégias químicas, físicas e biológicas para o controle da antracnose, doença que compromete severamente a qualidade e a comercialização do mamão. Ao discutir métodos alternativos e integrados, o texto aponta caminhos para uma pós-colheita mais segura, eficiente e alinhada aos princípios da sustentabilidade e da redução de resíduos químicos.

Conjuntamente, esses textos formam um mosaico coerente e complementar. Cada capítulo, a seu modo, revela que a pós-colheita é um campo vivo, interdisciplinar e estratégico, no qual ciência, tecnologia e cuidado caminham juntos. O e-book convida a você, querido(a) leitor(a), a compreender que conservar não é apenas prolongar o tempo





de prateleira, mas respeitar o alimento, o trabalho humano e os recursos naturais que tornam possível cada colheita.

Nas considerações finais deste percurso, afirmo que esta coletânea é mais do que um registro do que já foi feito; ela é um convite ao cuidado contínuo. Na lógica da pós-colheita, não basta produzir bem, é preciso saber preservar, interpretar dados, inovar com responsabilidade e respeitar os limites da natureza. Este e-book nos lembra que o conhecimento científico também precisa ser bem manejado para não se perder: deve ser compartilhado, lido, debatido e transformado em ação.

Convido, portanto, você leitor e leitora, a percorrer estas páginas com o mesmo olhar atento de quem avalia frutos após a colheita: observando detalhes, reconhecendo qualidades, aprendendo com as imperfeições e valorizando o trabalho que há por trás de cada resultado apresentado. Que esta leitura seja fértil, provoque reflexões e inspire novas semeaduras no campo da pesquisa, da inovação e da educação científica.

Boa leitura!

Prof. Dr. André Ricardo Lucas Vieira
Coordenador da Pós-graduação do IFSertaoPE

Sumário

01	Pós-colheita de frutas com uso de inteligência artificial: o lado da visão computacional	11
02	Revestimentos biodegradáveis na conservação pós-colheita de alface	36
03	Rastreabilidade na pós-colheita de frutas	73
04	Conservação pós-colheita do coentro: uma análise das principais técnicas e estratégias	86
05	Reguladores vegetais na pré e pós-colheita de frutas e hortaliças: uma revisão sistemática	103

Sumário

06	Aplicação de cálcio e a pós-colheita de maçãs: uma meta-análise	124
07	Embalagens ativas, uma opção para auxiliar a pós-colheita de frutas e hortaliças	148
08	Aplicação de revestimentos comestíveis na preservação pós-colheita da qualidade do tomateiro	168
09	Métodos de controle da antracnose em pós-colheita de mamão	184

Pós-colheita de frutas com uso de inteligência artificial: o lado da visão computacional

*Airan Miguel dos Santos Pant
Luciana Souza de Oliveira*



Pós-Colheita de frutas com uso de inteligência artificial: o lado da visão computacional

Airan Miguel dos Santos Panta¹

Luciana Souza de Oliveira²

¹Universidade Estadual de Campinas, São Paulo-SP, Brasil. E-mail: airanmiguel@gmail.com

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Petrolina-PE, Brasil. E-mail: luciana.oliveira@ifsertao-pe.edu.br

Introdução

A produção de frutas no Brasil se destaca pela sua magnitude e diversidade, tornando o país um dos maiores produtores mundiais. Em 2023 ocupava o terceiro lugar no ranking de maiores produtores de frutas do mundo, com 58 milhões de toneladas (BRASIL, 2024). Em 2023, foram cerca de US\$ 1,35 bilhão movimentados pelo setor, o maior número da série histórica. Desde 2019, as vendas externas de frutas superam a cifra de US\$ 1 bilhão (ABRAFRUTAS, 2024).

As condições climáticas favoráveis e a vasta extensão territorial permitem uma ampla variedade de frutas, desde as tropicais até as temperadas. Este setor é fundamental para a economia nacional, gerando empregos e renda em diversas regiões do país (FERREIRA; OLIVEIRA, 2021).

A pós-colheita de frutas é uma etapa crucial que influencia diretamente a qualidade final dos produtos. Esta fase abrange desde a colheita até o momento em que os frutos chegam ao consumidor, incluindo processos de seleção, embalagem, transporte e armazenamento. Conforme Silva e Ribeiro (2019), a manipulação adequada durante a pós-colheita é essencial para reduzir perdas e manter as características sensoriais e nutricionais das frutas.

A tecnologia de pós-colheita desempenha um papel vital na conservação e agregação de valor às frutas. O monitoramento de parâmetros como temperatura, umidade e pH é fundamental para prolongar a vida útil dos produtos (SILVA; COSTA, 2021). Essas tecnologias permitem o transporte de frutas para mercados mais distantes, agregando valor e aumentando a competitividade no mercado global.

A visão computacional está cada vez mais presente no ambiente agrícola, oferecendo soluções inovadoras para diversos desafios. No contexto da pós-colheita, a Inteligência Artificial, ou simplesmente IA, pode ser utilizada para otimizar processos, prever a demanda e ajustar parâmetros de armazenamento em tempo real (BUAINAIN et. al. 2023).

Segundo Oliveira e Santos (2021), sistemas de que usam visão computacional podem analisar grandes volumes de dados, permitindo uma tomada de decisão mais precisa e eficiente, reduzindo perdas e melhorando a qualidade final dos produtos. As ferramentas de visão computacional, por exemplo, podem ser utilizadas para identificar defeitos nos frutos e classificá-los de acordo com padrões de qualidade previamente estabelecidos (FERNANDES; SOUZA, 2020). Isso não só aumenta a eficiência, mas também reduz o desperdício e melhora a rastreabilidade dos produtos.

A transformação digital está remodelando todo o segmento agroindustrial, inclusive a fruticultura, o surgimento de novos dispositivos tem possibilitado a realização de projetos de pesquisa de forma mais acessível e econômica (CARVALHO et al., 2020; ARRUDA JUNIOR; SILVA; ANDRADE, 2023).

A prospecção tecnológica, segundo Ribeiro (2018), é uma técnica que possibilita identificar os inventores, os tipos de tecnologias e as referências a patentes e artigos anteriores. Tal levantamento ainda tem como vantagem a abrangência de todos os campos tecnológicos relacionados com o objeto de interesse. Traz, ainda, conhecimento sobre o estado atual da tecnologia em questão, onde e quem detém essa tecnologia, a visão dos gargalos tecnológicos, como também ocorrências de inovações, tendências, diversidades de soluções e oportunidades (LIMA et al., 2019).

Além disso, a prospecção tecnológica permite mapear tendências e inovações, possibilitando acessar detalhes técnicos de invenções existentes. Essas informações auxiliam no desenvolvimento de produtos mais eficientes, diferenciados e alinhados às demandas do mercado, otimizando os investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D).

Diante do exposto, o objetivo desta revisão foi realizar uma prospecção científica e tecnológica nos últimos dez anos (2015 a 2024) buscando identificar o estado da arte e da técnica para as soluções em pós-colheita de frutas que implementam visão computacional, em base de dados nacionais e internacionais. A revisão bibliográfica foi realizada com base no Banco de dados do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), no European Patent Office (Espacenet) e no World Intellectual Property Organization (WIPO). Quanto ao

rastreamento de teses e artigos foi realizado no Periódicos CAPES e no Scientific Eletronic Library Online (Scielo). As palavras-chaves utilizadas foram: visão computacional, pós-colheita de frutas.

A produção de frutas no Brasil

O Brasil é o terceiro maior produtor de frutas, atrás de China e Índia. Somado a isso, as exportações de frutas em 2023 foram de US\$ 1,35 bilhão, o maior da série histórica. Desde 2019 as vendas externas brasileiras de frutas suplantam a cifra de US\$ 1 bilhão, com um aumento de 24,5% no ano passado. O principal destino da fruticultura brasileira é a União Europeia (BRASIL, 2024).

As maiores áreas cultivadas com frutas no Brasil estão no Nordeste, aproximadamente 52,4%. Os cultivos de cacau, laranja, banana, caju e coco ocupam as maiores áreas com fruticultura. As frutas de maior valor de produção no Brasil são a laranja com destaque para o Estado de São Paulo, a banana que é cultivada em todo o País, a uva em Pernambuco e Rio Grande do Sul e o cacau no Pará e Bahia (BANCO DO NORDESTE DO BRASIL, 2023).

As principais frutas exportadas pelo Brasil em 2023 foram: **Mangas:** 266 mil toneladas, **Melões:** 228 mil toneladas, **Uvas:** 73 mil toneladas, **Limões e limas:** 166 mil toneladas. A União Europeia (Países Baixos, Espanha, Alemanha, Portugal, França e Itália) e os Estados Unidos são os principais destinos das exportações provenientes do Brasil (BRASIL, 2024).

Em atenção ao cenário nacional, observa-se que o comércio brasileiro de produtos de origem vegetal, apresentou crescimento de 56,62% entre o início e o fim do período investigado (2010-2017), revelando a participação crescente do país no mercado de bens agrícolas. Pelo fato de apresentar baixos custos de produção, terras adequadas para o cultivo e recursos hídricos disponíveis, combinados com contínuos avanços tecnológicos na agricultura, o país ocupa posição de potência internacional no agrobusiness (MARTINS; SILVA, 2019).

Uma pesquisa da Revista Hortifruti Brasil (2020) - publicação do CEPEA - aponta mudanças nos hábitos de consumo dos brasileiros ocasionadas pelo contexto da pandemia do coronavírus. No que diz respeito ao hortifrúti, o destaque diz respeito ao aumento do consumo no varejo em razão da busca por alimentos saudáveis e aumento das refeições no lar.

Pós-colheita de frutas

A ciência pós-colheita se refere ao estudo da fisiologia e do manejo de produtos vegetais, logo após a colheita até o seu destino, tendo como objetivos principais a manutenção da qualidade e minimização de perdas. Estima-se que as perdas pós-colheita no Brasil, ocorridas entre a colheita e a chegada ao consumidor, estão em torno de 40% (PEREZ; MOREIRA; SANTOS, 2024).

A produtividade é aumentada no campo por meio de tecnologias de fertilidade, combate a doenças e pragas e tecnologias de melhoramento. Além disso, técnicas apropriadas para preservação pós-colheita de produtos agrícolas são imprescindíveis para manter a qualidade e segurança de frutas e hortaliças (CAVALLARI; BRITO; LEITE, 2018). Várias tecnologias pós-colheita emergentes estão sendo exploradas na indústria como o uso de ozônio, luz pulsada, irradiação, tratamento com água resfriada, agentes de controle biológico e atmosfera controlada, que demonstraram eficácia na preservação da qualidade de frutas (BAMBALELE et al., 2021).

Um dos fatores mais importantes na preservação de frutos pós-colheita é o controle da temperatura (REES; FARRELL; ORCHARD, 2012). O controle da umidade e a conservação de produtos agrícolas em baixa temperatura contribuem para preservação de suas características nutricionais e sensoriais.

Cada fruto tem sua temperatura mínima limite, temperaturas abaixo das toleradas, prejudicam os frutos. Essa alteração fisiológica é denominada *chilling*, causando amadurecimento deficiente, alterações sensoriais e escurecimento da epiderme e da polpa. Fatores como estágio de maturação, cultivar e tempo de exposição do fruto a temperatura são variáveis que interferem na intensidade do dano para cada fruta e hortaliça. Os frutos imaturos são mais susceptíveis às injúrias pelo frio do que aqueles parcialmente ou total maduros (ROSA et al., 2018).

A atmosfera modificada e controlada compreende o armazenamento de frutas e hortaliças em atmosferas cujas concentrações de gás carbônico (CO_2) oxigênio (O_2) e nitrogênio (N_2) sejam diferentes daquelas encontradas em concentrações normais do ar ambiente.

A qualidade, durante o período de comercialização e armazenamento, dos produtos alimentícios pode ser prejudicada por danos ambientais, fisiológicos e microbiológicos como

calor, oxidação, umidade, atividade enzimática, bem como ataques de fungos, leveduras e bactérias.

Visão computacional na agricultura

A inteligência artificial (IA) na agricultura, também chamada de “Inteligência Agrícola, “Agricultura Inteligente” (*Smart Farm*) ou “Agricultura 4.0”, é parte da revolução tecnológica da indústria agropecuária (PATHAN et al., 2020). IA é a capacidade do sistema de interpretar corretamente dados externos, aprender a partir desses dados e utilizar dessa aprendizagem para atingir objetivos e tarefas específicas por meio de adaptação flexível (KAPLAN; HAENLEIN, 2019).

Inserido nessa temática temos a Visão Computacional, um campo da inteligência artificial que busca desenvolver técnicas para representar formas tridimensionais utilizando imagens. Ela busca descrever o mundo que nós vemos em uma ou mais imagens, reconstruindo sua forma, iluminação e distribuição de cor. É basicamente fazer com que computadores consigam enxergar da mesma maneira que nós, seres humanos (SZELISKI, 2022).

Existem produtos tecnológicos com capacidade de avaliar características biométricas dos frutos, com a aplicação de técnicas de visão computacional monocromática e a utilização de equações para estimar a massa a partir das medidas de comprimento e largura, além do uso de aplicativos de *smartphones* dedicados a realizar tais estimativas (PATEL et al., 2020; AMARAL; SILVA, 2022).

Problemas muito complexos para serem resolvidos por humanos são enfrentados por aprendizado de máquina, deslocando a carga da tomada de decisão para o algoritmo (PATEL et al., 2020; PANCHIWALA; SHAH, 2020; TALAVIYA et al., 2020).

A necessidade dos setores da agroindústria em desenvolverem novos métodos que permitam uma avaliação mais rápida da qualidade e composição destas tem sido alvo de pesquisa sobre os métodos rápidos e não destrutivos, especialmente técnicas ópticas, espectrais e de imagem (ELMASRY et al., 2020).

A possibilidade de estudar os detalhes estruturais de elementos biológicos, como organismos e suas partes internas e externas, pode ter um impacto profundo na pesquisa biológica (LODDO et al., 2021) e agrárias. As abordagens baseadas em imagens, que usam

visão computacional, oferecem soluções para medir automaticamente uma variedade de recursos de tamanho e forma a partir de alta resolução em um modo de alto rendimento (LIU et al., 2020). Graças à sua ampla gama de aplicações, a análise de imagens desempenha um papel importante no campo das Ciências Agrárias, sendo primordial nos processos de pós-colheita.

Prospecção científica (artigos científicos)

A publicação de artigos científicos revela os resultados dos investimentos em educação e pesquisa científica e tecnológica, além de permitir a divulgação das fronteiras do conhecimento. Assim, acabam por contribuir para o desenvolvimento de inovações em temas de relevância dos pontos de vista econômico, social e humano (PEREIRA JUNIOR, 2007).

Os pesquisadores acessam e utilizam o conhecimento científico durante todo o processo de pesquisa, ou seja, ele é a fonte de produção de novos saberes. Isso é o mesmo que dizer que pesquisadores e cientistas consomem conhecimentos à medida que os produzem (MARTINS, 2015).

Nas bases pesquisadas foram levantados 1.474 teses e artigos (Tabela 1), sendo a base SciELO com 0,46% e a base Elsevier com tendo 15,07%. A base CAPES é responsável por comportar a maior parte deles, 84,46% (Figura 1). É relevante mencionar que as bases não dispõem dos mesmos mecanismos para descrição técnica e comparação direta entre elas, assim algumas informações não poderão ser comparadas, apenas apresentadas.

Tabela 1 - Número de artigos científicos encontrados nos bancos de dados da CAPES, Elsevier e Scielo nos últimos dez anos (2015 a 2024).

BASE	PALAVRA-CHAVE 1	CONECTIVO	PALAVRA-CHAVE 2	RESULTADO
CAPES	visão computacional	and	pós-colheita	59
CAPES	visão computacional	and	fruta	1.181
ELSEVIER	visão computacional	and	pós-colheita	24
ELSEVIER	visão computacional	and	fruta	203
SCIELO	visão computacional	and	pós-colheita	3
SCIELO	visão computacional	and	fruta	4
Total				1.474

Fonte: O autor (2025).

De acordo com Oliveira et. al. (2020), a plataforma CAPES proporciona acesso a uma vasta quantidade de publicações internacionais e nacionais, sendo considerada uma das maiores do mundo em termos de cobertura de periódicos. Em comparação com outras bases de dados, como SciELO e Elsevier, observa-se uma predominância nas publicações disponíveis na CAPES, principalmente devido à sua abrangência e ao apoio governamental que recebe.

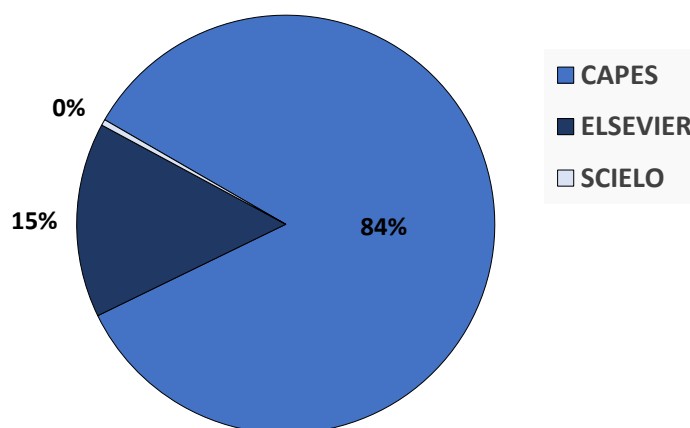
Souza, Costa e Martins (2022) observaram que a CAPES oferece um portfólio mais completo para os pesquisadores, tornando-se um ponto de convergência para diversas áreas do conhecimento. Tal fator fortalece seu papel como principal fonte de consulta para cientistas no Brasil.

Por outro lado, a Elsevier, uma das maiores editoras acadêmicas do mundo, apresenta uma vasta coleção de periódicos internacionais de alta relevância científica. No entanto, seu modelo comercial, baseado na assinatura paga de suas revistas, limita o acesso para muitas instituições, especialmente em países em desenvolvimento (FERNANDES, 2019).

No contexto brasileiro, a SciELO também tem um papel relevante, especialmente no que tange à disseminação de pesquisas produzidas na América Latina. Contudo, como destacam Silva e Pereira (2021), a SciELO foca principalmente em revistas de livre acesso, o que limita seu escopo em relação a áreas de alta demanda internacional.

Em atenção especial à base CAPES (Figura 1), que detém a maior porção das produções científicas, observamos algumas informações pertinentes a serem apresentadas neste trabalho.

Figura 1 – Produção científica presente nas bases CAPES, Elsevier e SciELO apresentados em pontos percentuais (%) período de 2015-2024.



Fonte: O autor (2025).

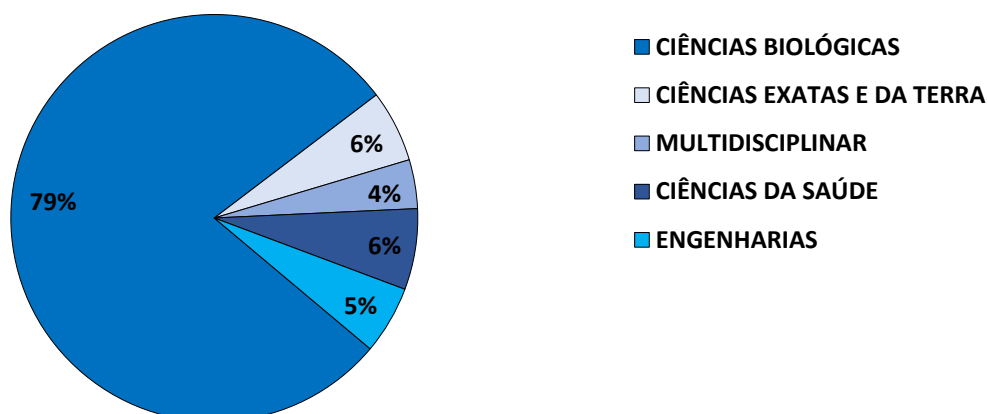
Sobre o acesso aos dados da base CAPES, 56,87% dos dados estão abertos aos usuários. O acesso aberto é crucial para democratizar o conhecimento científico, permitindo que pesquisadores, estudantes e profissionais de países com menos recursos tenham acesso à produção acadêmica de ponta. Conforme discutido por Borges e Silva (2021), a ciência aberta não só amplia o impacto das pesquisas, como também promove a inclusão, uma vez que rompe barreiras financeiras e institucionais que limitam o acesso a informações científicas relevantes.

Os trabalhos foram publicados em sua maioria, 75,4%, com revisão por pares. A revisão por pares é um dos pilares da credibilidade científica, sendo essencial para garantir a qualidade e a validade das pesquisas publicadas. Esse processo envolve a avaliação do artigo por especialistas independentes da área antes de sua aceitação para publicação.

Segundo Rodrigues (2021), a revisão por pares ajuda a manter os padrões acadêmicos, filtrando erros metodológicos e garantindo que as descobertas apresentadas contribuam efetivamente para o avanço do conhecimento, essa interação entre autores e revisores é crucial para o refinamento das ideias e para o aprimoramento contínuo da ciência.

Durante o levantamento na plataforma CAPES, observa-se um predomínio de publicações nas áreas de Ciências Biológicas (79%), seguidos por Ciências da Saúde (6%), Ciências Exatas e da Terra (6%), Engenharias (5%) e Multidisciplinar (4%) conforme pode ser visto na Figura 2.

Figura 2 – Distribuição das publicações da base de periódicos CAPES nas grandes áreas de conhecimentos, apresentados em pontos percentuais (%) período de 2015-2024.



Fonte: O autor (2025).

A produção bibliográfica foi organizada considerando as 9 Grandes Áreas do Conhecimento: Ciências Exatas e da Terra, Ciências Biológicas, Engenharias, Ciências da Saúde, Ciências Agrárias, Ciências Sociais Aplicadas, Ciências Humanas, Linguística, Letras e Artes e Multidisciplinar. Cada uma dessas áreas possui características específicas que influenciam a maneira como os artigos científicos são estruturados e publicados, conforme apontado por CAPES.

Essas áreas são subdivididas em especializações que facilitam a orientação dos pesquisadores no momento da produção bibliográfica. Conforme Santos e Oliveira (2020), as orientações para a escrita de artigos científicos dentro dessas áreas exigem uma adaptação de linguagem, método e estrutura, variando de acordo com as peculiaridades de cada campo do saber.

É possível identificar certos padrões nas áreas de avaliação pertencentes às Grandes Áreas Ciências Exatas e da Terra e Ciências Biológicas. Biologia 1, 2 e 3 possuem percentual de publicações indexadas acima de 85%. Estudos recentes demonstram de maneira convincente que a análise bibliométrica oferece informações importantes sobre as tendências no desenvolvimento de um campo científico específico (RANA, 2020; KIM; JEONG; CHUNG, 2021).

Segundo Souza, Costa e Martins (2022) durante a análise das publicações disponíveis na plataforma CAPES, constatou-se um predomínio significativo de artigos nas Ciências Biológicas, que representam 79% do total de publicações. A relevância das Ciências Biológicas no contexto da pós-colheita de frutas pode ser explicada pela necessidade de compreender as interações biológicas e fisiológicas que ocorrem após a colheita.

As Ciências da Saúde e as Ciências Exatas e da Terra também desempenham um papel significativo, representando cada uma 6% das publicações. Estudos na área da Saúde são essenciais para garantir que as frutas não apenas mantenham sua qualidade nutricional, mas também sejam seguras para o consumo. Martins e Oliveira (2023) ressaltam que a aplicação de tecnologias de IA pode auxiliar na detecção precoce de doenças e na análise de contaminantes, promovendo uma abordagem mais eficaz na segurança alimentar.

As Engenharias, com 5% das publicações, refletem a contribuição de disciplinas técnicas no desenvolvimento de equipamentos e sistemas que utilizam IA para melhorar os processos de pós-colheita. Ferreira e Oliveira (2023) destacam que inovações em engenharia, como sensores e sistemas automatizados, têm sido fundamentais para a implementação de tecnologias de IA na agricultura, promovendo maior eficiência e redução de perdas.

Na base da CAPES, maior quantidade de resultados, as principais revistas escolhidas para publicação dos artigos com a temática de visão computacional, pós-colheita de frutas são: Elsevier BV; Multidisciplinary Digit, Springer Science Busnes, Springer Nature, Institute of Electrical, Wiley-Blackwell, Springer International, Institution of Engineer, Wiley, Frontiers Media, IOP Publishing, Hindawi Publishing Corp, International Journal Taylor & Francis.

A escolha da revista científica adequada para a publicação de artigos é uma etapa crucial no processo de produção científica e tecnológica. As revistas são classificadas de acordo com critérios estabelecidos por sistemas como o Qualis-CAPES, que organiza periódicos em estratos que variam de A1 (máxima qualidade) a C (mínima qualidade) (AMARAL; SILVA, 2022).

Outro critério importante na escolha da revista é o **fator de impacto**. Medido pelo **Journal Citation Reports (JCR)**, esse índice reflete o número médio de citações recebidas por artigos publicados na revista em um determinado período. Publicar em revistas de estratos superiores pode aumentar significativamente a repercussão do artigo e a reputação do autor no campo (COSTA; FERREIRA, 2021).

Observando a base de periódicos Elsevier, as principais publicações foram nas revistas científicas: Computers and Electronics in Agriculture, Postharvest Biology and Technology, Biosystems Engineering, Scientia Horticulturae, Trends in Food Science & Technology, Smart Agricultural Technology, Journal of Food Engineering, Journal of Agriculture and Food Research e Information Processing in Agriculture. A base Elsevier retornou 227 publicações.

A Base Scielo retornou 7 publicações, distribuídas entre as revistas: Scientia Agrícola, Brazilian Journal of Food Technology, Computación y Sistemas, Revista chilena de ingeniería, Ciência e Agrotecnologia, Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental e a Revista Ciência Agronômica.

Por fim, a produção bibliográfica exige que os autores façam escolhas estratégicas quanto à revista científica para publicação, equilibrando o rigor e o alcance pretendidos. A correta avaliação de fatores como classificação, fator de impacto e adequação temática garante que o artigo tenha o máximo de visibilidade e impacto, contribuindo de forma mais eficaz para o avanço científico e tecnológico.

Prospecção tecnológica (patentes)

Uma prospecção tecnológica visa identificar todas as tecnologias existentes e descrever como elas se inserem na sociedade (SANTOS; OLIVEIRA, 2023). Isso se mostra importante para a indústria, pois Califa et al. (2023) esclarece que a indústria é profícua para criar produtos e tecnologias inovadoras. Conforme Ribeiro (2018), métodos de busca e prospecção de tecnologias auxiliam o pesquisador a entender como uma tecnologia em desenvolvimento se relaciona com outras existentes no mercado, o que evita conflitos e reduz os riscos de perda do investimento e de tempo com a pesquisa.

A base da WIPO apresentou a maior quantidade de patentes com 35.098 patentes, seguido do Espacenet com 200 patentes e com menor quantidade ficou a base INPI com 4 patentes (Tabela 02). Ao todo, observou-se 35.302 registros correlacionados aos temas propostos: visão computacional, pós-colheita de frutas.

Tabela 02 - Número de patentes encontradas usando as palavras-chave nos bancos de dados período de 2015-2024.

BASE	PALAVRA-CHAVE 1	CONECTIVO	PALAVRA-CHAVE 2	RESULTADO
WIPO	visão computacional	and	pós-colheita	23.920
WIPO	visão computacional	and	fruta	11.178
INPI	visão computacional	and	pós-colheita	4
INPI	visão computacional	and	fruta	0
Espacenet	visão computacional	and	pós-colheita	24
Espacenet	visão computacional	and	fruta	176
Total				35.302

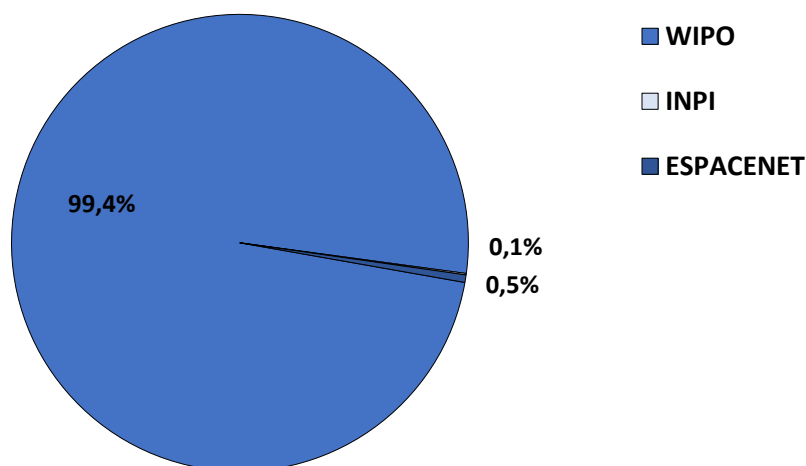
Fonte: O autor (2025).

Como as bases de patentes não dispõe dos mesmos mecanismos para descrição técnica e comparação direta entre elas, foi realizada uma pesquisa bibliográfica para complementar os estudos, conforme apontam Califa et al. (2023), França et al. (2023) e Jenuino et al. (2023).

A WIPO, principal entidade de registro de patentes relacionadas a visão computacional, pós-colheita de frutas, desempenha um papel crucial na proteção da propriedade intelectual (Figura 3). É uma das maiores bases de patentes do mundo, reunindo dados de mais de 190 países. Destaca-se pela abrangência e pela acessibilidade, sendo uma

referência global para a busca de patentes em diversas áreas tecnológicas (SOUZA; COSTA; MARTINS, 2020).

Figura 3 - Produção tecnológica das bases WIPO, INPI e ESPACENET em pontos percentuais (%) período de 2015-2024.



Fonte: O autor (2025).

Diversas patentes cadastradas na WIPO revelam inovações no desenvolvimento de sensores óticos e sistemas automáticos que identificam características como cor, textura e formato, possibilitando uma triagem mais precisa e rápida de frutas. Um exemplo é o uso de câmeras multiespectrais para identificar imperfeições em maçãs, promovendo uma análise em tempo real sem a necessidade de intervenção manual (LEE; PARK; KIM, 2021).

Além disso, os algoritmos de inteligência artificial, em especial os baseados em aprendizado de máquina, para prever a deterioração de frutas. Com base em dados históricos de temperatura e umidade durante o transporte, o sistema é capaz de oferecer recomendações para otimizar as condições de armazenamento, prolongando assim a vida útil dos produtos (ZHANG; YU; CHEN, 2020).

Patentes nessa área descrevem sistemas que integram sensores de umidade e temperatura com algoritmos preditivos, permitindo ajustar as condições de armazenamento automaticamente. Tais inovações são essenciais para minimizar perdas e garantir que os produtos cheguem ao mercado com qualidade superior.

Em patentes recentes, tecnologias combinadas de IA e robótica foram desenvolvidas para manusear frutas de maneira delicada, evitando danos físicos, um dos maiores desafios na automação do setor agrícola (GUO; WANG; LI, 2022). Essas soluções, além de melhorarem a eficiência operacional, reduzem custos e aumentam a competitividade dos produtores no mercado internacional.

Patentes sobre um dispositivo de inspeção multiespectral projetado para avaliar a qualidade das frutas durante o armazenamento. Este dispositivo combina tecnologia de imagem multiespectral com IA permitindo a detecção de níveis de açúcar e firmeza nas frutas, o que é crucial para o controle rigoroso da qualidade antes da comercialização (LEE; PARK; KIM, 2021).

Com o uso de redes neurais convolucionais, o sistema é capaz de detectar padrões que indicam deterioração, permitindo intervenções precoces para evitar perdas substanciais, contribuindo assim para a segurança alimentar e a sustentabilidade na cadeia de suprimentos (LI; ZHANG; YU, 2020).

Por último, observamos patentes que fazem uso de drones equipados com câmeras e algoritmos de IA para inspecionar pomares e monitorar a saúde das frutas. Os drones realizam voos programados sobre as plantações, coletando dados que são analisados em tempo real para identificar áreas que precisam de manejo hídrico, pragas ou nutricional. Essa abordagem não apenas melhora a eficiência das operações agrícolas, mas também contribui para práticas mais sustentáveis, permitindo um manejo mais preciso dos recursos (GUO; WANG; LI, 2022).

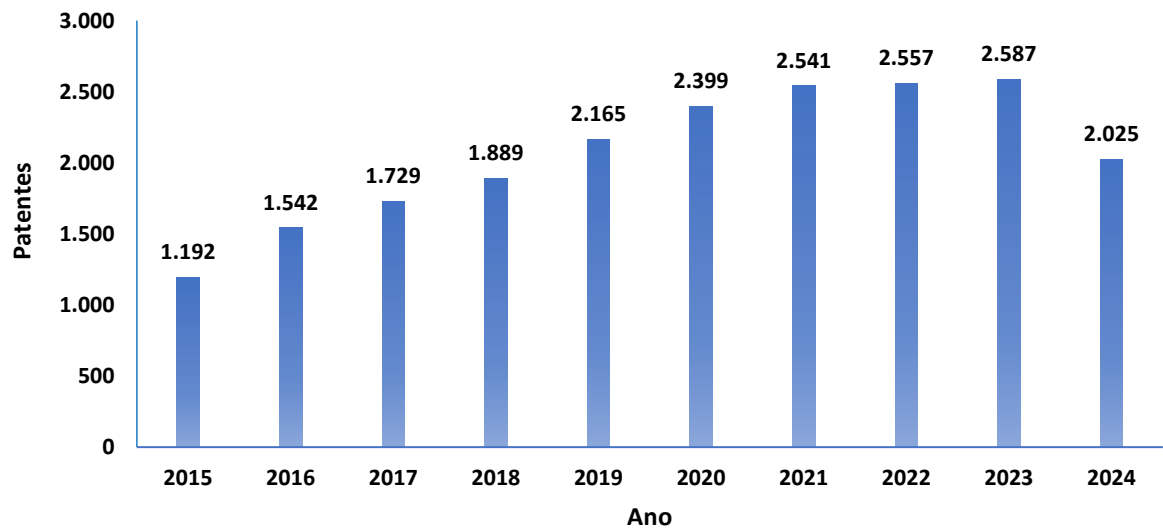
Com a expansão de tecnologias de IA para a otimização de processos pós-colheita, como a classificação automatizada e o monitoramento de qualidade, a necessidade de proteger essas inovações em múltiplos mercados se torna essencial.

Quanto à evolução temporal dos registros das patentes, A figura 4 evidencia um recorte temporal de 10 anos. De 2015 a 2024, houve uma constante de crescimento das patentes por ano. Em 2015 houve 1.192 patentes registradas, já em 2023 (último ano completo) houve 2.587 patentes registradas, evolução de 217%. O ano de 2024 ainda não foi finalizado, mas já apresenta 2.025 patentes, número que está dentro do esperado.

De acordo com Santos e Oliveira (2023), a crescente proteção da propriedade intelectual é um indicativo de que as empresas e pesquisadores estão investindo em inovação. Esse ambiente favorável não apenas estimula o desenvolvimento de novas soluções, mas também atrai investimentos, criando um ciclo virtuoso de pesquisa e inovação no setor. Na

Tabela 3 é apresentado de forma tabulada as patentes presentes no órgão de patentes brasileiro (INPI), facilitando as comparações.

Figura 4 – Distribuição das patentes depositadas na base WIPO ao longo dos anos de 2015 e 2024.



Fonte: O autor (2025).

Tabela 3 - Caracterização das patentes depositadas no INPI período de 2015-2024 correlacionados aos temas propostos: visão computacional, pós-colheita de frutas.

PEDIDO	DEPÓSITO	TÍTULO	IPC
BR 102023 0206182	05/10/2023	Sistemas e métodos de visão computadorizada para uma plataforma agrícola	A01D
BR 112023 0005426	15/07/2021	Mapeamento de rendimento de área de colheita baseado em visão computacional para produto hortícola	A01D
BR 102020 0264729	22/12/2020	Dispositivo de visão computacional aplicado a sistemas de pulverização seletiva	A01M
BR 102018 0103598	22/05/2018	Sistema de visão estéreo para identificação e localização de hortícolas	G01B

Fonte: O autor (2025).

As patentes relacionadas à aplicação de visão computacional em sistemas agrícolas destacam a importância dessa tecnologia no aprimoramento da automação e da eficiência

agrícola. A patente BR 102023 0206182, depositada em 5 de outubro de 2023, descreve sistemas e métodos de visão computadorizada para uma plataforma agrícola, focada na automação de processos de colheita.

Essa solução utiliza câmeras e algoritmos de processamento de imagens para identificar e classificar os frutos prontos para colheita, melhorando a precisão e reduzindo a dependência de mão de obra manual. Com isso, a tecnologia busca otimizar o tempo e os recursos investidos na operação agrícola, oferecendo um sistema mais inteligente para a tomada de decisões em campo.

A patente BR 112023 0005426, registrada em 15 de julho de 2021, propõe uma solução voltada para o mapeamento de rendimento de áreas de colheita, usando visão computacional. Esse sistema é projetado para monitorar e medir, em tempo real, o volume de hortícolas colhidos em uma determinada área, com base em imagens capturadas por sensores instalados em máquinas agrícolas.

Dessa forma, o mapeamento permite uma análise detalhada da produtividade, identificando áreas mais e menos produtivas. Essa informação é crucial para o gerenciamento agrícola, possibilitando uma intervenção precisa, como ajuste no plantio ou uso direcionado de fertilizantes.

Já a patente BR 102020 0264729, depositada em 22 de dezembro de 2020, introduz um dispositivo de visão computacional aplicado a sistemas de pulverização seletiva. O sistema combina sensores de imagem com algoritmos de reconhecimento para identificar plantas específicas que precisam de pulverização, evitando a aplicação desnecessária de agroquímicos em áreas saudáveis.

Com isso, o dispositivo não só otimiza o uso de pesticidas, como também contribui para práticas agrícolas mais sustentáveis, reduzindo o impacto ambiental e os custos operacionais. Essa tecnologia é especialmente importante em grandes áreas agrícolas, onde a pulverização tradicional pode resultar em desperdício de insumos.

A patente BR 102018 0103598, de 22 de maio de 2018, descreve um sistema de visão estéreo para identificação e localização de hortícolas. Ao utilizar câmeras que capturam imagens em duas perspectivas, o sistema consegue criar uma representação tridimensional das plantas, o que é essencial para identificar com precisão a posição e a maturidade dos frutos.

Essa solução é usada principalmente em sistemas automatizados de colheita, permitindo que máquinas ajustem suas operações de acordo com a localização exata das plantas. O uso de visão estéreo melhora a eficiência e a precisão da colheita, reduzindo danos aos vegetais e aumentando a qualidade do produto.

As inovações demonstram como a visão computacional tem sido aplicada para melhorar processos agrícolas, desde a colheita automatizada e mapeamento de produtividade, até a pulverização seletiva e identificação de hortícolas. Esses avanços contribuem para a sustentabilidade e competitividade do setor agrícola, trazendo maior controle, automação e eficiência para as operações de campo.

Um dos principais eventos globais que influenciaram esse aumento foi a ascensão da Indústria 4.0, que promoveu a digitalização e automação dos processos produtivos. De acordo com Buainain et al. (2023), a integração de tecnologias como IoT (Internet das Coisas) e big data nas práticas agrícolas gerou um ambiente propício para a inovação.

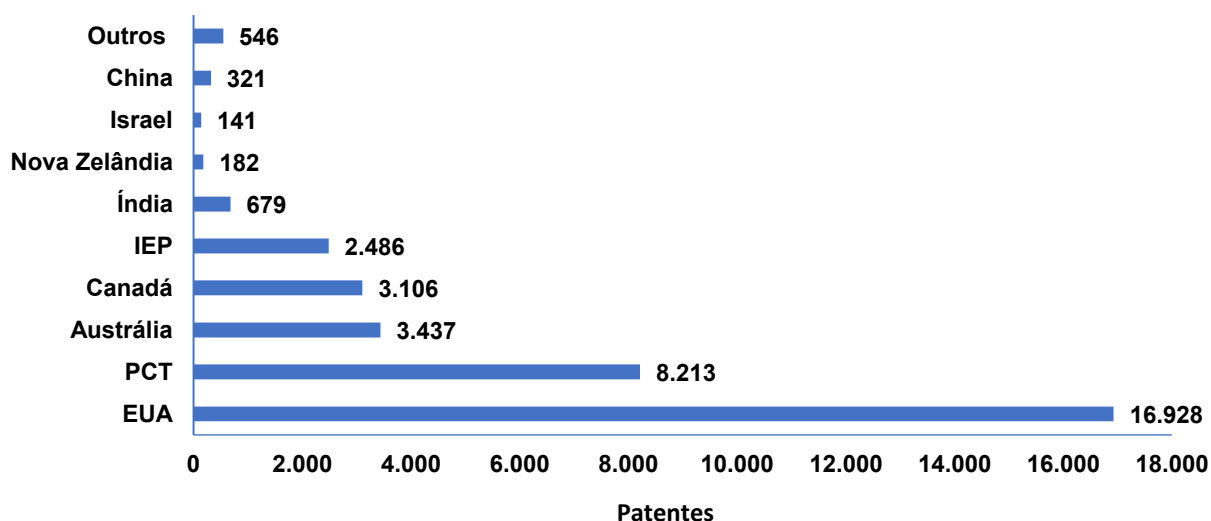
A pandemia de COVID-19 também teve um impacto significativo, acelerando a adoção de tecnologias digitais em diversos setores, incluindo a agricultura. Silva e Costa (2023) apontam que a necessidade de garantir a segurança alimentar e a eficiência nos processos produtivos levou muitas empresas a investirem em tecnologias de IA resultando em um aumento no registro de patentes.

A produção patentária (Figura 5) apresentou maior expressividade em países que com as maiores economias mundiais, de acordo com o Fundo Monetário Internacional (FMI): Austrália, Canadá, China, EUA, Índia, Israel, Nova Zelândia, além dos países signatários do PCT (Tratado de Cooperação de Patentes) e do IEP (Instituto Europeu de Patentes) (FUNAG, 2021).

A relação entre a riqueza desses países e o aumento da produção de patentes é evidente em vários aspectos. De acordo com Souza; Costa e Martins (2022), países como Estados Unidos demonstram uma expressiva quantidade de registros tecnológicos. Essa tendência não apenas reflete a capacidade inovadora desses países, mas também o impacto positivo que a riqueza econômica pode ter sobre a produção de patentes.

A relação entre a IA e a produção de patentes é especialmente evidente em países como os Estados Unidos, Canadá, Austrália e China, que lideram em pesquisa e desenvolvimento. De acordo com Lima, Ferreira e Carvalho (2024), esses países têm investido pesadamente em tecnologias que aplicam IA para otimizar a colheita, armazenamento e transporte de frutas.

Figura 5 – Distribuição das patentes baseada nos países depositantes correlacionados aos temas propostos: visão computacional, pós-colheita de frutas no período de 2015-2024.



Fonte: O autor (2025).

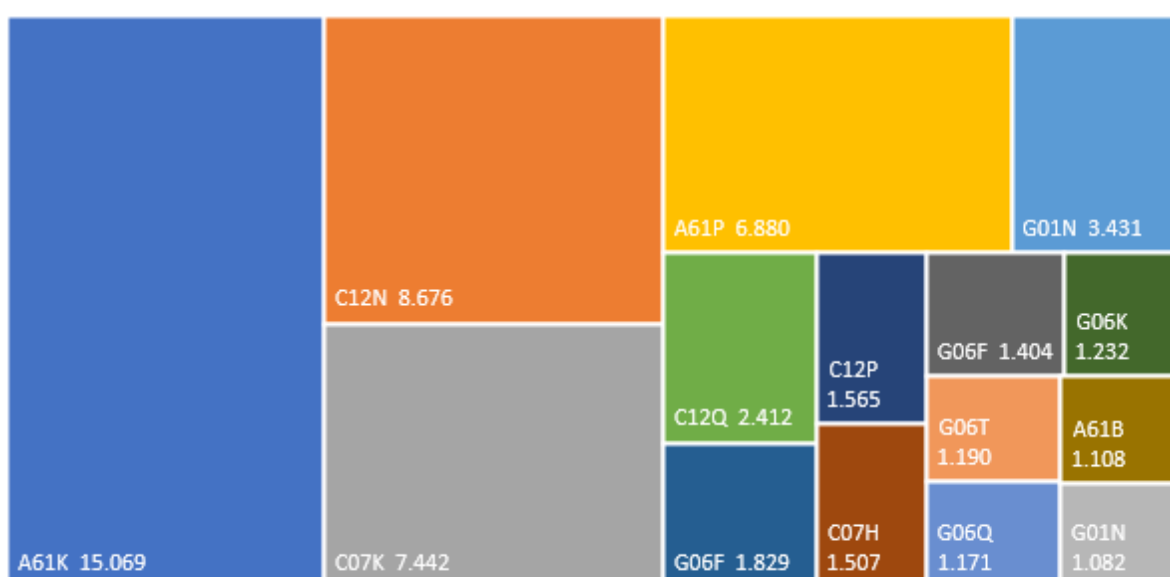
A produção de patentes também reflete a dinâmica de colaboração internacional. Países membros do PCT têm promovido parcerias estratégicas para o intercâmbio de tecnologia e conhecimento. Santos e Oliveira (2023) apontam que as parcerias estratégicas entre universidades, centros de pesquisa e o setor privado são essenciais para a criação de tecnologias que atendam às necessidades específicas do mercado agrícola.

No contexto de patentes, CIP significa Classificação Internacional de Patentes, também conhecida pela sigla em inglês, IPC, de *International Patent Classification*). É um sistema hierárquico que organiza patentes por áreas técnicas de acordo com a natureza da invenção. A CIP é gerida pela Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI ou WIPO, em inglês) e é utilizada globalmente para categorizar e organizar documentos de patentes, facilitando a busca, análise e comparação de invenções em diferentes países.

A CIP divide o conhecimento tecnológico em oito grandes áreas, denominadas Seções: Seção A - Necessidades Humanas; Seção B - Operações de Processamento e Transporte; Seção C - Química e Metalurgia; Seção D - Têxteis e Papel; Seção E - Construções Fixas; Seção F - Engenharia Mecânica, Iluminação, Aquecimento, Armas e Explosão; Seção G - Física; e Seção H – Eletricidade (INPI, 2023).

Na avaliação das patentes de acordo a Classificação Internacional de Patentes (CIP) se observa que as siglas: A61B, A61K, A61P, C07H, C07K, C07H, C12N, C12P, C12Q, G01N, G06F, G06K, G06Q e G06T foram as que mais apareceram (Figura 6). Além das questões de propriedade intelectual, a análise das patentes também serve como um indicador das tendências de mercado (WIPO, 2024).

Figura 6 - Distribuição das patentes, em mapa tipo árvore, baseada na CIP (Classificação Internacional de Patentes) correlacionados aos temas propostos: visão computacional, pós-colheita de frutas, no período de 2015-2024.



Fonte: O autor (2025).

A61K abrange composições para tratamento médico, incluindo produtos naturais. No setor de pós-colheita, essa CIP pode ser relevante em pesquisas relacionadas ao uso de compostos bioativos extraídos de frutas ou desenvolvidos para aumentar o tempo de prateleira dos produtos, melhorando sua durabilidade após a colheita. Esses compostos podem ser aplicados na conservação, garantindo a manutenção da qualidade ao longo do armazenamento (INPI, 2024).

A classificação A61B se refere a diagnósticos, cirurgia e dispositivos médicos. No contexto de pós-colheita de frutas, essa classe pode ser adaptada para o desenvolvimento de dispositivos não invasivos usados para avaliar a qualidade de frutas, detectando

contaminações ou danos internos, sem a necessidade de cortar ou danificar os produtos, otimizando a qualidade no transporte e comercialização.

Já A61P se refere ao uso terapêutico de compostos, o que inclui também antioxidantes e outros produtos que podem ser utilizados para a conservação de frutas durante o armazenamento e transporte. No contexto de frutas, esta classe pode abranger o desenvolvimento de tratamentos que prolonguem a vida útil e combatam doenças pós-colheita (INPI, 2024).

A classe C07H se refere à química orgânica, especificamente aos compostos contendo açúcares. Isso pode ser útil em pesquisas sobre o conteúdo nutricional das frutas após a colheita, permitindo desenvolver novos métodos para avaliar ou até melhorar os níveis de açúcares e outros componentes bioquímicos durante o armazenamento (INPI, 2024).

C07K trata de peptídeos e proteínas. Na pós-colheita, essa CIP pode ser aplicada na modificação de enzimas que controlam o amadurecimento e o envelhecimento das frutas. A manipulação enzimática tem o potencial de retardar o amadurecimento e reduzir o desperdício durante o processo de comercialização (INPI, 2024).

As classificações C12N e C12P lidam com biotecnologia e microbiologia, sendo altamente relevantes no desenvolvimento de bioprocessos para a conservação de frutas. Por exemplo, o uso de culturas microbianas para combater o crescimento de fungos ou a aplicação de tecnologia de DNA recombinante para deixar as frutas mais resistentes durante o transporte (INPI, 2024).

C12Q abrange métodos de medição ou testes que utilizam enzimas, ácidos nucleicos ou microrganismos. Isso pode incluir tecnologias baseadas em biossensores, capazes de detectar rapidamente a presença de patógenos ou resíduos de pesticidas nas frutas, garantindo sua segurança antes de serem comercializadas (INPI, 2024).

A classe G01N é voltada para a análise de materiais. Na pós-colheita, é aplicada no desenvolvimento de tecnologias de detecção e análise de qualidade das frutas, como sensores de maturação ou dispositivos que avaliem o nível de umidade, firmeza e outros parâmetros cruciais para garantir a qualidade do produto (INPI, 2024).

As classes G06F, G06K, G06Q e G06T estão relacionadas a tecnologias da informação, incluindo sistemas de processamento de dados e reconhecimento de padrões. Essas classificações são amplamente aplicáveis em sistemas de automação para o controle de qualidade de frutas pós-colheita, usando inteligência artificial para detectar defeitos,

classificar frutas por tamanho e cor, e otimizar cadeias logísticas. Além disso, sistemas de rastreamento baseados em blockchain ou outras tecnologias digitais para monitorar a origem e o transporte das frutas também se enquadram nessas categorias (INPI, 2024).

Considerações finais

A análise das publicações científicas nas bases de dados SciELO, Elsevier e CAPES revelou um total de 1.474 teses e artigos, com a CAPES sendo a principal fonte, concentrando 84,46% das produções. A predominância de publicações nas Ciências Biológicas (79%) destaca a importância desse campo no estudo da pós-colheita de frutas.

A análise das bases de dados de patentes revelou um total de 35.302 registros relacionados a visão computacional, pós-colheita de frutas, com a WIPO liderando com 35.098 patentes, seguida por Espacenet e INPI.

A evolução das patentes registradas na WIPO entre 2015 e 2024 mostra um crescimento constante, evidenciado por um aumento de 217% no número de registros.

A análise das patentes segundo a Classificação Internacional de Patentes (CIP) mostrou uma concentração nas áreas de biotecnologia e tecnologias da informação. Classificações como A61k, C12N e C07K se destacam por suas aplicações em diagnósticos e conservação de frutas, enquanto G06F e G06K estão ligadas a sistemas de automação e processamento de dados.

Referências bibliográficas

ABRAFRUTAS. Setor de fruticultura se destaca nas exportações brasileiras. 2024. Disponível em: <https://abrafrutas.org/2024/07/setor-de-fruticultura-se-destaca-nas-exportacoes-brasileiras/>. Acesso em: 05 jun. 2024.

AMARAL, S. C.; SILVA, J. P. O fator de impacto como indicador de qualidade em revistas científicas. **Revista Brasileira de Biblioteconomia e Documentação**, v. 11, n. 2, p. 35-45, 2022.

ARRUDA JUNIOR, A.; SILVA, T. J. A. da.; ANDRADE, S. P. Smart IoT lysimetry system by weighing with automatic cloud data storage. **Smart Agricultural Technology**, v. 4, p. 1-11, 2023.

BAMBALELE, N. L.; MDITSHWA, A.; MAGWAZA, L. S.; TESFAY, S. Z. Recent advances on postharvest technologies of mango fruit: a review. **International Journal of Fruit Science**, v. 21, n. 1, p. 565-586. 2021.

BANCO DO NORDESTE DO BRASIL. Análise da Classificação Internacional de Patentes (CIP). Fortaleza, 2023. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/1761/1/2023_CDS_280.pdf. Acesso em: 05 jun. 2024.

BORGES, A. P.; SILVA, M. R. **A inclusão digital através da ciência aberta**. São Paulo: Editora Acadêmica, 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Setor de fruticultura se destaca nas exportações brasileiras. Brasília, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/setor-de-fruticultura-se-destaca-nas-exportacoes-brasileiras>. Acesso em: 01 jun. 2024.

BUAINAIN, Antônio Márcio; VIEIRA, Adriana Carvalho de Pinto; SOUZA, Roney Fraga. *Propriedade intelectual, royalties e inovação na agricultura: Controvérsias sobre o papel da PI na agricultura*. Rio de Janeiro: Ideia D; INCT-PPED, 2023.

CALIFA, N., P.; SABINO, N. S. de, G.; KELSEN, O. F.; CARDOSO, V. A.; MAFRA, D. M. dos S. Estudo prospectivo de artigos, patentes e softwares voltados à alergia e intolerância alimentar no Brasil. **Revista Semiárido De Visu**, [S. l.], v. 11, n. 2, p. 436–456, 2023.

CARVALHO, A. A. D.; MONTENEGRO, A. A. D. A.; SILVA, H. P. D.; LOPES, I.; MORAIS, J. E. D.; SILVA, T. G. D. Trends of rainfall and temperature in Northeast Brazil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 1, p. 15-23, 2020.

CAVALLARI, L. G.; DE BRITO, P. R. O.; DE CAMPOS LEITE, V. Deficiências do manejo pós-colheita de frutas e hortaliças no Brasil. In: JORNACITEC - JORNADA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, 7., 2008, Botucatu. **Anais [...]**. Botucatu: Faculdade de Tecnologia de Botucatu, 2018. 7p. Disponível em: <http://www.jornacitec.fatecbt.edu.br/index.php/VIIJTC/VIIJTC/paper/view/1512>. Acesso em: 06 ago. 2025.

COSTA, R.; FERREIRA, M. Critérios para seleção de periódicos científicos: impacto e visibilidade na era digital. **Revista Brasileira de Pós-Graduação**, v. 18, n. 35, p. 45-62, 2021.

ELMASRY, G.; ELGAMAL, R.; MANDOUR, N.; GOU, P.; AL-REJAIE, S.; BELIN, E.; ROUSSEAU, D. Emerging thermal imaging techniques for seed quality evaluation: Principles and applications. **Food Research International**, v. 131, p. 1-16, 2020.

FERNANDES, A. O modelo de negócios da Elsevier e seus impactos no acesso à ciência. *Revista Brasileira de Biblioteconomia*, v. 25, n. 2, p. 45-63, 2019.

FERNANDES, J.; SOUZA, P. Visão computacional aplicada à classificação de frutos. **Revista Brasileira de Tecnologia Agropecuária**, v. 6, n. 3, p. 123-136, 2020.

FERREIRA, A.; OLIVEIRA, C. Produção de frutas no Brasil: um panorama atual. **Journal of Agricultural Economics**, v. 10, n. 2, p. 145-158, 2021.

FERREIRA, C. A.; OLIVEIRA, J. P. Inovações Tecnológicas na Engenharia Agrícola e seu Impacto na Pós-Colheita. **Journal of Agricultural Engineering**, v. 10, n. 2, p. 35-50, 2023.

FRANÇA, M. T.; SANTOS, A. T. dos; JESUS, I. D. C. de; TEIXEIRA, S. M.; ARAÚJO, W. A. G. de; PEREIRA, L. D. de L. A utilização da computação em nuvem como auxílio à escalabilidade e disponibilidade de serviços online. **Brazilian Journal of Production Engineering**, [S. l.], v. 9, n.

2, p. 79–87, 2023. Disponível <https://periodicos.ufes.br/bjpe/article/view/40518>. Acesso em: 25 jan. 2024.

FUNAG. As 15 maiores economias do mundo, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/funag/pt-br/ipri/publicacoes/estatisticas/as-15-maiores-economias-do-mundo>. Acesso em: 25 jan. 2024.

GUO, X.; WANG, Y.; LI, Z. Application of artificial intelligence in fruit post-harvest handling: Current trends and future perspectives. **Journal of Agricultural Engineering**, v. 38, n. 2, p. 210-225, 2022.

INPI. Classificação Internacional de Patentes: IPC. Brasília, 2024. Disponível em: <http://ipc.inpi.gov.br/classifications/ipc/ipcpub/?notion=scheme&version=20240101&symbol=none&menulang=pt&lang=pt&viewmode=f&fipcp=no&showdeleted=yes&indexes=no&headings=yes¬es=yes&direction=o2n&initial=A&cwid=none&tree=no&searchmode=smart>. Acesso em: 01 jun. 2024.

INPI. Relatório Executivo da Classificação Internacional de Patentes. Brasília, 2023. Disponível em: https://www.gov.br/inpi/pt-br/servicos/patentes/classificacao/relatorioexecutivo_classificacao2023_v0-1.pdf. Acesso em: 01 jun. 2024.

JENUINO, F.T.; BUSCARIOLO, L.; KUMANAYA, D. R. G.; BUENO M. J. C. A aplicação de sistema ERP em gestão de estoques: um estudo multicaso. **Revista Fatec Zona Sul**, [S. l.], v. 9, 2023, n. 4, p. 1–13, 2023.

KAPLAN, A.; HAENLEIN, M. Siri, Siri, in my hand: Who's the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence. **Business Horizons**, v. 2, n. 1, p. 15-27, 2019. Disponível em: [30<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007681318301393?via%3Dihub>](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007681318301393?via%3Dihub). Acesso em: 23 mai. 2024.

KIM, B. J.; JEONG, S.; CHUNG, J. B. Research trends in vulnerability studies from 2000 to 2019: Findings from a bibliometric analysis. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 56, p. 1-13, 2021.

LEE, J.; PARK, H.; KIM, S. Multispectral imaging for defect detection in apples: A patent review. **Postharvest Technology Journal**, v. 45, n. 3, p. 305-315, 2021.

LIMA, G. de M.; FERREIRA, G. M. dos S.; CARVALHO, J. de S. Automação na educação: Caminhos da discussão sobre a inteligência artificial. **Educação e Pesquisa**, 50, p. 1-18, 2024.

LIMA, J. A. da C.; FREITAS, J. R.; SILVA, J. de F.; CUNHA FILHO, M.; FREITAS, J. C. R. O estado da técnica do eugenol: uma prospecção tecnológica fundamentada em base de dados de patentes e periódicos. **Revista Virtual de Química**, v. 11, n. 3, 2019.

LIU, W.; LIU, C.; JIN, J.; LI, D.; FU, Y.; YUAN, X. High-throughput phenotyping of morphological seed and fruit characteristics using X-ray computed tomography. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, p. 1-11, 2020.

LODDO, A.; LODDO, M.; DI RUBERTO, C. A novel deep learning based approach for seed image classification and retrieval. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 187, 1-11, 2021.

MARTINS, P. R.; OLIVEIRA, L. F. Segurança alimentar e tecnologias de IA na agricultura. **Revista de Saúde Pública e Nutrição**, v. 14, n. 3, p. 75-90, 2023.

MARTINS, R. R. Gestão do conhecimento: práticas adotadas para a divulgação e a utilização do conhecimento científico na Pró-Reitoria de Extensão da UFMG. 2015. 138f. Dissertação (Mestrado Profissional em Administração) – Fundação Cultural Dr. Pedro Leopoldo, Pedro Leopoldo, 2015.

MARTINS, G.; SILVA, L. H. Agronegócio brasileiro: potência internacional e desafios contemporâneos. **Revista de Economia e Agronegócio**, v. 17, n. 1, p. 115-138, 2019.

OLIVEIRA, R. L.; SILVA, M. C.; PEREIRA, A. D. Periódicos CAPES: uma análise de sua relevância para a pesquisa no Brasil. *Ciência e Tecnologia em Foco*, v. 8, n. 1, p. 102-120, 2020.

OLIVEIRA, T. A.; SANTOS, M. A. Visão Computacional na Pós-Colheita: Um Caminho para a Sustentabilidade. **Journal of Agricultural Science**, v. 20, n. 2, p. 100-110, 2021.

PANCHIWALA, S.; SHAH, M. A comprehensive study on critical security issues and challenges of the IoT world. **Journal of Data, Information and Management**, v. 2, p. 257-278, 2020.

PATEL, H.; PRAJAPATI, D.; MAHIDA, D.; SHAH, M. Transforming petroleum downstream sector through big data: a holistic review. **Journal of Petroleum Exploration and Production Technology**, v. 10, p. 2601-2611, 2020.

PATHAN, M.; PATEL, N.; YAGNIK, H.; SHAH, M. Artificial cognition for applications in smart agriculture: A comprehensive review. **Artificial Intelligence in Agriculture**, v. 4, p. 81-95, 2020.

PEREIRA JUNIOR, A. A publicação científica na atualidade. **Jornal Vascular Brasileiro**, v. 6, p. 307-308, 2007.

PEREZ J. O.; MOREIRA, A. N.; SANTOS, A. E. O. (Orgs.). **Pós-colheita de frutas e hortaliças: coletânea de pesquisas**. Petrolina: IFSertãoPE, 2024. 143p.

RANA, I. A. Disaster and climate change resilience: a bibliometric analysis. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 50, p. 1-16, 2020.

REES, D.; FARRELL, G.; ORCHARD, J. **Crop post-harvest: science and technology**. Perishables. Vol. 3. Oxford: Wiley-Blackwell, 2012. 1328p.

RIBEIRO, N. M. Prospecção tecnológica [Recurso eletrônico on-line]. Salvador (BA): IFBA, 2018. Disponível em: <https://profnit.org.br/wp-content/uploads/2018/08/PROFNIT-Serie-Prospeccao-Tecnologica-Volume-1-1.pdf>. Acesso em: 15 set. 2022.

RODRIGUES, Paulo. **A ciência e os processos de validação: desafios do século XXI**. Rio de Janeiro: Editora da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2021.

ROSA, C. I. L. F., MORIBE, A. M., YAMAMOTO, L. Y., SPERANDIO, D. **Pós-colheita e comercialização**. Hortaliças-fruto. EDUEM, p. 489-526. 2018.

SANTOS, M. A.; OLIVEIRA, T. A. Colaboração Internacional e Inovação na Agricultura: O Papel das Patentes. **Journal of Agricultural Science**, v. 20, n. 2, p. 100-110, 2023.

SILVA, J. B.; PEREIRA, C. G. O papel da SciELO na disseminação da produção científica latino-americana. *Revista de Bibliometria*, v. 15, n. 3, p. 89-101, 2021.

SILVA, J. R.; COSTA, L. F. Políticas Públicas e Inovação Tecnológica: O Papel das Patentes na Agricultura. **Revista de Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 19, n. 4, p. 55-70, 2023.

SILVA, P.; COSTA, R. Monitoramento de parâmetros pós-colheita. **Journal of Postharvest Technology**, v. 11, n. 2, p. 88-99, 2021.

SILVA, T.; RIBEIRO, F. Qualidade pós-colheita de frutas. **Revista de Fruticultura**, v. 13, n. 1, p. 110-122, 2019.

SOUZA, L. A.; COSTA, E. F.; MARTINS, T. R. A integração de bases de dados na plataforma Periódicos CAPES. *Revista Brasileira de Educação Superior*, v. 13, n. 2, p. 34-50, 2022.

SOUZA, T. A.; ALMEIDA, F. R. O sistema Qualis-CAPES e sua influência na produção científica brasileira. **Revista de Educação e Pesquisa**, v. 27, n. 3, p. 65-72, 2020.

SZELISKI, R. **Computer vision: algorithms and applications** 2nd Edition. [S.l.]: Springer Science Business Media, 2022.

TALAVIYA, T.; SHAH, D.; PATEL, N.; YAGNIK, H.; SHAH, M. Implementation of artificial intelligence in agriculture for optimisation of irrigation and application of pesticides and herbicides. **Artificial Intelligence in Agriculture**, v. 4, p. 58-73, 2020.

WIPO. A importância da propriedade intelectual para o desenvolvimento sustentável. **WIPO Magazine**, [S.l.], n. 8, p. 1-5, 2024. Disponível em: https://www.wipo.int/wipo_magazine_digital/pt/2024/article_0008.html. Acesso em: 01 nov. 2024.

ZHANG, L.; YU, F.; CHEN, W. Predictive models for fruit storage based on artificial intelligence algorithms: A review of recent patents. **Postharvest Biology and Technology**, v. 55, n. 7, p. 345-360, 2020.

Revestimentos biodegradáveis na conservação pós-colheita de alface

*Raimara Reis do Rosário
Luiza Helena da Silva Martins
Bruno Emanuel Souza Coelho
Maria do Socorro Conceição
de Freitas
Laiane Torres Silva*



Revestimentos biodegradáveis na conservação pós-colheita de alface

Raimara Reis do Rosário¹

Luiza Helena da Silva Martins²

Bruno Emanuel Souza Coelho³

Maria do Socorro Conceição de Freitas⁴

Laiane Torres Silva⁵

¹Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém-PA, Brasil. E-mail: raimara.reis.rr@gmail.com

²Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém-PA, Brasil. E-mail: luiza.martins@ufra.edu.br

³Universidade Anhanguera, Juazeiro-BA, Brasil. E-mail: souza.coelho18@gmail.com

⁴Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sertão Pernambucano, Ouricuri-PE, Brasil. E-mail: maria.freitas@ifsertao-pe.edu.br

⁵Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sertão Pernambucano, Santa Maria da Boa Vista-PE, Brasil. E-mail: laiane.torres@ifsertao-pe.edu.br

Introdução

O gênero *Lactuca* spp. possui aproximadamente cerca de 100 espécies que são atrativas em função de suas folhas comestíveis, a exemplo da alface (*Lactuca sativa* L.) que é uma olerícola folhosa pertencente à família Asteraceae. Esta cultura é consumida mundialmente e cultivada de forma ampla, ocorrendo em praticamente todas as regiões do Brasil, devido ser uma espécie herbácea de ciclo curto (40 a 70 dias do plantio a colheita), sendo possível seu cultivo em ambientes protegidos ou abertos (campo) (VRIES, 1997), desde que sejam respeitados os aspectos de adaptação da cultivar (CARVALHO et al., 2009; BARBOSA et al., 2018).

A prática de utilizar filmes e revestimentos comestíveis para alimentos remete à década de 1950 (MD NOR; DING, 2020; TAVASSOLI-KAFRANI, SHEKARCHIZADEH E MASOUDPOUR-BEHABADI, 2016). Atualmente, os revestimentos são amplamente difundidos com o intuito de conservar a qualidade e aumentar o tempo de prateleira de diversos produtos hortícolas, promovendo a proteção do produto contra danos mecânicos e microbianos, reduzindo a perda de compostos voláteis benéficos e os processos de senescência, mantendo uma aparência mais natural e preservando o frescor. Os compostos utilizados são derivados, principalmente, de materiais alimentícios geralmente reconhecidos como seguros (GRAS) e incluem celulose, proteínas, amidos e outros polissacarídeos (GALINDEZ et al., 2019).

É notório que as perdas começam na colheita e permanecem durante o processo de embalagem, transporte, armazenamento, comercialização (atacado e varejo) até alcançar a mesa do consumidor (SEGASPINI, 2014). Em 2024, o Relatório do Índice de Desperdício de Alimentos (*Food Waste Index Report*) do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), apresentou uma estimativa global mais precisa à respeito do desperdício de alimentos, relatando que em 2022, cerca de 1,05 bilhão de toneladas de resíduos alimentares (considerando também partes não comestíveis) foram gerados, alcançando o total de 132 quilos per capita e quase um quinto de todos os alimentos disponíveis para os consumidores. Da quantidade de alimentos sem aproveitamento em 2022, 60% ocorreram no ambiente doméstico, 28% na indústria de foodservice ou catering (empresas e instituições que preparam refeições fora do domicílio) e 12% no mercado varejista.

A economia global é afetada com a perda e desperdício de alimentos, custando um valor em torno de US\$ 1 trilhão. Os dados obtidos demonstram que essa problemática não ocorre somente em “países ricos”, tendo em vista, que o desperdício de alimentos em âmbito doméstico difere dos níveis médios observados para países de renda alta, média-alta e média-baixa em apenas 7 kg per capita. Ainda nesse âmbito, nota-se que os países de clima mais quente descartam mais alimentos, em função do consumo elevado de alimentos frescos, que apresentam partes não indicadas para consumo, além da ausência de cadeias de refrigeração robustas (PNUMA, 2024).

Diante disso, a necessidade de fornecer produtos *in natura* de ótima qualidade, durante todo o ano, torna crescente a procura por inovações tecnológicas efetivas, de baixo custo e sustentáveis para o manejo da cultura (MAGGI et al., 2006; BARBOSA et al., 2018), por esse motivo os processos de fabricação nas indústrias buscam acompanhar as atuais exigências do mercado consumidor, sendo a principal delas o desenvolvimento de produtos de qualidade associado ao aumento de vida útil, influenciando assim o desenvolvimento de embalagens biodegradáveis, principalmente, comestíveis. Este método reduz as possibilidades de remoção da cobertura do produto durante o consumo, contribuindo com a conservação ambiental através de tecnologias protetoras de natureza sustentável e biodegradável (CHERMAN et al., 2022; TURQUETT et al., 2021).

Desse modo, o presente trabalho teve como principal objetivo, analisar e compilar informações presentes na literatura no período de 1972 a 2022 sobre a aplicação de revestimentos biodegradáveis na conservação pós-colheita de alface, destacando suas

vantagens, formulações e eficácia na manutenção da qualidade do produto. A pesquisa foi realizada com o auxílio do Google Acadêmico, utilizando bases de dados Scielo, com as seguintes palavras-chave: Biopolímero. Hortaliças. Sustentabilidade. Folhosas.

Aspectos gerais da alface

A alface é uma espécie da família Asteraceae, originária da Bacia Ocidental do Mediterrâneo (SEGASPINI, 2014; CAVASINI, 2017). De acordo com Jagguer et al. (1941), Vries (1997) e Suinaga et al. (2013) existem indícios que seu cultivo teve início desde 4500 a.C., em que a espécie silvestre *Lactuca serriola* L. passou por processos de seleção e mutações gênicas até alcançar o fenótipo atual, sendo introduzida na Europa Ocidental no começo do século XV, onde determinadas variedades de alface como lisa, batávia e romana haviam sido caracterizadas (SALA; COSTA, 2012). As expedições de Cristóvão Colombo em direção ao Novo Mundo, permitem refletir que a alface possivelmente foi inserida na América em 1494 (RYDER, 2002), enquanto no Brasil aconteceu em 1650 por meio dos portugueses (SALA; COSTA, 2012).

É uma planta de clima temperado, eudicotiledônea, herbácea, sendo uma espécie olerícola folhosa que pode apresentar formação ou não de cabeça. As folhas podem ser lisas ou crespas, dispostas em forma de roseta, partindo-se de um caule muito pequeno, não ramificado a qual se prendem folhas de coloração que variam do verde-claro ao verde-escuro. Algumas cultivares de alfaces têm pigmentação roxa nas bordas ou na folha como um todo (SEGASPINI, 2014; CAVASINI, 2017).

Segundo Henz e Suinaga (2009) os tipos de alface são importantes, devido às características morfológicas e fisiológicas entre os grupos serem diversas, influenciando na conservação pós-colheita e, conseqüentemente, nos aspectos de manuseio. Atualmente, o mercado brasileiro de sementes de alface, permite agrupá-las em cinco tipos morfológicos principais, baseado na formação de cabeça e tipo de folhas: repolhuda lisa, repolhuda crespa ou americana, solta lisa, solta crespa, solta crespa roxa, romana.

A alface também apresenta grande importância socioeconômica na América do Sul (SILVEIRA et al., 2019). O Brasil possui cerca de 108,4 mil estabelecimentos que cultivam alface, produzindo em média 671,5 mil toneladas, sendo 82,2% dos produtores classificados como agricultores familiares, tendo destaque as regiões Sudeste, Sul e Nordeste por concentrar, respectivamente, 64,1, 16,2 e 10,5 % da produção nacional. No Estado de Alagoas,

a produção é de 4.329 toneladas, onde o município de Arapiraca é responsável por 97,5% da produção (IBGE, 2020). A nível mundial a China, os Estados Unidos da América e a Índia são os maiores produtores, com 16,3, 3,7 e 1,3 milhões de toneladas, respectivamente, em 2019 (FAO, 2019).

As condições climáticas influenciam diretamente a produtividade durante a safra, especialmente na produção de folhosas, cuja demanda cresce no verão e diminui no inverno (HORTIFRUTI BRASIL 2023/2024). Segundo Filgueira (2000), a alface apresenta melhor desenvolvimento em regiões de clima tropical e subtropical, preferencialmente em estações com temperaturas mais amenas, variando entre 15°C e 20°C. No Brasil, na safra de verão 2022/2023, o clima quente elevou a procura por estes produtos, entretanto a quantidade produzida foi reduzida devido a ocorrência de chuvas, limitando assim a oferta. Diante disso, a partir de maio, os produtores de Teresópolis (RJ), Ibiúna (SP) e Mogi das Cruzes (SP), principais municípios produtores da região Sudeste, reduziram o tamanho de área, visando controlar a quantidade de pés de alface e minimizar desperdícios. No inverno de 2023 ficou abaixo do mesmo período de 2022, ocasionando um aumento nos valores (Tabela 1). Além da redução de área cultivada, o calor intenso em setembro e novembro provocaram grandes perdas nas lavouras, contribuindo para a alta dos preços de comercialização (HORTIFRUTI BRASIL 2023/2024).

Tabela 1 - Estatísticas de produção na safra de verão e inverno (ha).

ESTATÍSTICAS DE PRODUÇÃO				
MUNICÍPIO / ESTADO	SAFRA	ÁREA SAFRA DE VERÃO (ha)	SAFRA	ÁREA SAFRA DE INVERNO (ha)
TERESÓPOLIS (RJ)	2021/2022	1.446	2022	700
	2022/2023	1.400	2023	690
IBIÚNA (SP)	2021/2022	7.137	2022	5.220
	2022/2023	7.701	2023	5.000
MOGI DAS CRUZES (SP)	2021/2022	4.690	2022	4.180
	2022/2023	5.000	2023	4.000

Fonte: ANUÁRIO HF BRASIL (2023).

Pós-colheita da alface

Durante a etapa de pós-colheita, a hortaliça se torna mais suscetível a contaminações, principalmente, durante a lavagem, a higienização, o transporte e o armazenamento

(MALDONADE et al., 2014), por esse motivo a manipulação deve ser cuidadosa, seguindo o que determina a Resolução nº 216, de 15 de setembro de 2004, que dispõe sobre o Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação.

Perdas pós-colheita de hortaliças folhosas

A perda consiste na redução inconsciente de alimentos disponibilizados ao consumo humano, causado por problemas na cadeia de produção, enquanto o desperdício é definido como o descarte de modo intencional dos produtos próprios ao consumo, a partir de hábitos socioculturais da população (BELIK, 2018). A comercialização é uma das etapas onde ocorre a maior perda de frutas e hortaliças durante a pós-colheita no Brasil (SOARES; FREIRE JÚNIOR, 2018).

Existem atualmente valores estimados de perdas e desperdícios de alimentos em torno de US\$1 trilhão, sendo que US\$680 bilhões são nos países industrializados e US\$310 bilhões naqueles em desenvolvimento. Diversos prejuízos são ocasionados em decorrência destas perdas, desde o campo até o consumidor final, ocorrendo variações dependendo do nível tecnológico, de ações do consumidor e da região geográfica (SOARES; FREIRE JÚNIOR, 2018).

É importante destacar a escassez de informações na literatura sobre a quantificação de perdas de hortaliças no país (LANA, 2018), sendo encontrado com frequência pesquisas direcionadas a cadeia agroalimentar por meio de aplicação de questionários, sem mensurar *in loco* o descarte, interferindo na quantificação adequada do volume de hortaliças descartadas. Tal fato, não ocorre somente no Brasil, mas também em outros países (SHEANE; MCCOSKER; LILLYWHITE, 2017).

Com o avanço da ciência de alimentos, ocorreram diversas pesquisas com o intuito de ampliar a aplicação de métodos considerados satisfatórios na conservação pós-colheita de frutas e hortaliças, como a radiação gama, o ozônio (O₃) em sua fase gasosa ou diluído em meio aquoso e a radiação ultravioleta C (UV-C) (KAWANO et al., 2016), sendo importante frisar que cada método apresenta suas vantagens e desvantagens (Tabela 2), podendo a junção de diferentes métodos adequados se tornar a alternativa mais viável.

Tabela 2 - Vantagens e desvantagens dos métodos de tratamento pós-colheita de frutas e hortaliças.

MÉTODOS	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Térmico (aquecimento)	Controle consolidado e efetivo no combate a podridões em manga e mamão	Pode ocasionar alterações químicas, nutricionais, sensoriais e de textura do alimento. Exige alto consumo energético
Refrigeração	Amplamente utilizada, efetiva no controle de podridões. Aumenta a vida de prateleira	Alto consumo energético. Pode causar danos pelo frio na superfície do alimento
Radiação gama	Penetração uniforme no alimento. Não causa contaminação pós-tratamento	Elevados custos de manutenção e com segurança no manuseio do material fonte de radiação
Modificação de atmosfera	Sua utilização é eficiente no armazenamento de frutas de alto valor agregado, principalmente as voltadas para exportação	Exige investimento elevado em estrutura da câmara de armazenamento, no caso da atmosfera controlada, e tecnologia específica, no caso da modificação de atmosfera
Radiação ultravioleta C (UV – C)	Grande disponibilidade de lâmpadas de UV-C comerciais. Baixo custo de manutenção. Não contamina o alimento	Pode ocasionar alterações nos alimentos, como descoloração ou escurecimento
Ozônio (O3)	Não contamina o alimento. Efetivo em hortaliças. Pode ser aplicado diluído em água. Elimina alguns defensivos agrícolas residuais nos alimentos	Exige atenção ao controle e à segurança do ozônio armazenado

Fonte: Kawano et al. (2016).

Conceitos de revestimentos comestíveis

Os revestimentos comestíveis atuam como uma alternativa, mostrando benefícios em relação às sintéticas, considerando que na sua elaboração são usadas matérias-primas biodegradáveis de origem natural (Quadro 1). Um adequado revestimento dispõe para o fruto brilho, aparência atraente e diminui a perda de massa, através da redução da respiração dos frutos, sem ocasionar condições de anaerobiose (BALDWIN; HAGENMAIER; BAI, 2012). Os revestimentos são desenvolvidos a partir de elementos à base de polímeros naturais e biodegradáveis, configurando uma alternativa eficaz para o prolongamento da vida útil pós-colheita de frutos (RINALDI et al., 2011).

Os revestimentos comestíveis costumam apresentar uma permeabilidade e propriedades mecânicas menos eficientes quando comparados aos filmes sintéticos, limitando sua utilização a aplicações específicas. Dessa maneira é indispensável compreender que os mesmos não têm como objetivo substituir totalmente as embalagens convencionais, pois, acredita-se que a agregação de ambos fornecerá a proteção correta aos alimentos, havendo a possibilidade de ser aprimorada por meio da combinação de revestimentos comestíveis para a primeira camada (cascas) e revestimentos não comestíveis para evitar danos mecânicos, com as embalagens secundárias, por motivos higiênicos e de manuseio (SMANIOTTO et al., 2018; SHARIFIMEHR et al., 2019).

Entretanto, vale ressaltar que para serem definidos como comestíveis, os componentes utilizados, incluindo biopolímeros, plastificantes e outros aditivos, necessitam possuir grau alimentício e todo o processamento e equipamentos devem ser adequados para processar os alimentos, enquanto que o conceito de biodegradáveis, depende do nível de toxicidade e segurança ambiental dos revestimentos comestíveis devendo serem avaliadas por meio de protocolos analíticos padrão (TAVASSOLI-KAFRANI; SHEKARCHIZADEH; MASOUDPOUR-BEHABADI, 2016). O conceito de revestimentos comestíveis às vezes é confundido com o conceito de filmes comestíveis, pois possuem definições parecidas, porém existem diferenças entre eles (DEGHANI; HOSSEINI; REGENSTEIN, 2018).

Os revestimentos comestíveis são uma camada de espessura fina composta de material comestível, ocorrendo a formação de filmes diretamente na superfície do produto que visam proteger ou aprimorar, enquanto os filmes comestíveis possuem uma película fina

Quadro 1 - Sinopse dos principais revestimentos comestíveis e seus respectivos resultados.

REFERÊNCIA	REVESTIMENTO	MÉTODO DE APLICAÇÃO/ PRINCIPAIS PARÂMETROS ANALISADOS	RESULTADOS DOS PRINCIPAIS PARÂMETROS
Botrel et al. (2010)	Amido, lactato de cálcio e L-cisteína em pera Williams	Imersão: 3 minutos. Teor sólidos solúveis; acidez titulável e Ph; perda de massa	A ação da cisteína na inibição do escurecimento enzimático foi observada nos tratamentos 2 e 3, que apresentaram valores de deltaE significativamente menores em relação ao controle (C). Além disso, a contagem de psicrotrófilos e enterobactérias foi significativamente reduzida nos tratamentos 2 e T em comparação com o controle, indicando uma menor proliferação de microrganismos. Esses resultados sugerem que o revestimento à base de amido incorporado com lactato de cálcio e L-cisteína pode prolongar a vida de prateleira de peras minimamente processadas, contribuindo para a sua conservação por mais tempo.
Santos et al. (2011)	Biofilmes de fécula de mandioca e amido de milho em mangas 'Tommy Atkins	Imersão: 1 minuto. Perda de massa (%); sólidos solúveis (SS); acidez titulável; pH e firmeza da polpa	O uso de biofilmes de fécula de mandioca a 2% e amido de milho a 4% reduziram a perda de massa, mantiveram a firmeza e melhoraram o aspecto visual, permitindo um armazenamento por mais tempo sem perda da qualidade dos frutos.
Couto et al. (2015)	Alginato em pimentão verde	Imersão: 1 minuto. Perda de massa; firmeza; atividade da enzima pectinametilesterase	Os resultados mostraram que os pimentões revestidos com 3% e 1% de alginato de sódio apresentaram maior firmeza em comparação com o grupo de controle, além de uma menor atividade da enzima pectinametilesterase e menor perda de massa fresca ao longo do período de armazenamento. Isso sugere que o uso do revestimento à base de alginato de sódio foi efetivo para conservar a qualidade dos pimentões durante o armazenamento.
Fonseca et al. (2016)	Amido de mandioca, alginato de sódio e	Imersão: 1 minuto. Glicose; sólidos solúveis totais; acidez	Independentemente do revestimento aplicado, as goiabas 'Pedro Sato' demonstraram maiores níveis de

	carboximetilcelulose em goiaba 'pedro sato/	total titulável; pH; Vitamina C; Carotenóides totais; Licopeno e β -caroteno	vitamina C após um período prolongado de armazenamento de 22 dias. Por outro lado, os revestimentos comestíveis feitos de amido e alginato mostraram eficácia em retardar o processo de amadurecimento das goiabas 'Pedro Sato' armazenadas por quatro dias em refrigeração, seguidos de três dias em temperatura ambiente. No que se refere ao conteúdo de licopeno (um antioxidante) e β -caroteno (precursores de vitamina A no organismo humano), as goiabas revestidas com amido de mandioca apresentaram as maiores quantidades durante os períodos de armazenamento mais prolongados.
Silva (2017)	Adição do adjunto óleo de buriti, fécula de mandioca e pectina + óleo de buriti em melancia e melão	Imersão: 1 minuto. Perda de massa; sólidos solúveis; pH; acidez titulável e análise microbiológica	Os revestimentos à base de fécula e pectina ofereceram condições adequadas para o consumo de melancias até o oitavo dia após o processamento, enquanto no caso do melão, apenas os revestimentos de pectina e pectina com óleo de buriti garantiram a estabilidade microbiológica até o quarto dia de armazenamento. o óleo de buriti não apresentou atividade antimicrobiana nos revestimentos comestíveis utilizados neste estudo.
Jongsri et al. (2017)	Quitosana + espermidina na doença e qualidades da antracnose em manga 'Nam Dok Mai'	Imersão: 1 minuto. Conteúdo de H ₂ O ₂ ; compostos fenólicos totais; Atividade da fenilalanina amônialiase; atividade da quitinase; atividade de β -1,3-glucanase; atividades de peroxidase; total de proteínas; Teor de pectina solúvel; firmeza; acidez titulável; teor sólidos solúveis total	Os resultados mostraram que os frutos inoculados Colletotrichum gloeosporioides e revestidas com 1% de CTS combinada com 0,1 ppm de SPD apresentaram a menor área de desenvolvimento de lesões (0-1 cm), enquanto as frutas inoculadas sem revestimento exibiram a deterioração fúngica mais severa (4-5 cm). Além disso, as frutas tratadas com a combinação de CTS e SPD demonstraram uma resposta de defesa da planta mais pronunciada em comparação com o controle e os demais tratamentos. Isso foi evidenciado pela produção elevada de H ₂ O ₂ e compostos fenólicos durante o armazenamento, bem como pela indução de

			atividades de enzimas de defesa, como quitinase, β -1,3-glucanase e peroxidase.
Dallagnol, Kharoline e Lorenço (2017)	Fécula de mandioca e antifúngicos naturais em morangos	Imersão: 1 minuto. Avaliação da aparência e incidência de <i>Botrytis cinérea</i> ; cor; Perda de massa; Sólidos solúveis; pH e acidez titulável	Os resultados obtidos nas análises físico-químicas e observações visuais quanto à infestação fúngica e aparência demonstraram que o grupo tratado apenas com a película de fécula de mandioca foi mais eficaz. No entanto, os grupos tratados com a película adicionada de extratos vegetais não se mostraram mais efetivos que o controle, exceto em algumas amostras tratadas com gengibre. Acredita-se que a baixa interação entre os extratos vegetais e a fécula de mandioca resultou na formação de fissuras na película após a aplicação nos frutos, o que poderia tornar a superfície do fruto suscetível ao ataque fúngico.
Oliveira (2020a)	Hidroxipropilmetilcelulose e cera de abelha em caju	Imersão: 1 minuto. Perda de massa; firmeza; análise de cor; clorofila total; acidez titulável; sólidos solúveis e ratio; açúcares solúveis e redutores; ácido ascórbico; compostos fenólicos totais; atividade antioxidante; taninos totais; peroxidação lipídica; atividade da superóxido dismutase; atividade da catalase; atividade das polifenoloxidase; enzima álcool	Os revestimentos se mostraram eficazes no controle do envelhecimento dos cajus, mantendo a cor, firmeza, teor de sólidos solúveis, acidez, relação entre componentes, açúcares e ácido ascórbico, além de reduzir a perda de massa e o teor de taninos nos frutos revestidos. Dentre os tratamentos testados, aquele com HPMC na concentração de 20g.; 100g-1 de cera de abelha demonstrou ser o mais recomendado para possíveis aplicações comerciais, pois proporcionou um acréscimo de quatro dias na vida útil dos cajus.

		desidrogenase e as antocianinas	
Panahirad, Naghshiband-Hassani e Mahna (2020)	Pectina em ameixa (<i>Prunus domestica</i> L. cv. "Golden Drop")	<p>Imersão: 1 minuto.</p> <p>Medição de acidez titulável; firmeza; vitamina C; sólidos solúveis totais; pH e perda de peso; compostos fenólicos totais; antocianina total e conteúdo de flavonoides; atividade antioxidante total; atividades de peroxidase; polifenol oxidase e poligalacturonase total</p>	<p>As concentrações de 1% e 1,5% de pectina foram eficazes em aumentar o conteúdo de compostos fenólicos totais e teor de flavonoides, respectivamente, enquanto as outras concentrações tiveram efeitos semelhantes ao grupo de controle. De modo geral, o revestimento comestível à base de pectina a uma concentração de 1,5% apresentou os melhores resultados para a maioria dos parâmetros medidos. Levando em consideração os efeitos do revestimento comestível à base de pectina nas características antioxidantes dos frutos de ameixa, sua aplicação pode ser considerada como um método promissor para conservar o valor nutricional desses frutos.</p>
Sousa (2020)	Conservação de mangas 'palmer' com recobrimento comestível de hidroxipropilmetilcelulose e cera de abelha	<p>Imersão: 1 minuto.</p> <p>Taxa respiratória; atividade da enzima álcool desidrogenase; acidez titulável; sólidos solúveis e "ratio"; açúcares solúveis e redutores; coloração da casca e da polpa; perda de massa fresca; firmeza; ácido ascórbico; compostos fenólicos totais; flavonoides; carotenoides; atividade antioxidante; atividades de peroxidase e peroxidação lipídica</p>	<p>Os resultados obtidos na condição ambiente demonstraram que os revestimentos foram eficazes no controle do amadurecimento, preservando a cor da casca e da polpa, a acidez, a firmeza, os sólidos solúveis, o "ratio", os açúcares e o ácido ascórbico. Além disso, os revestimentos reduziram a perda de massa e a incidência de doenças, sem induzir a produção de etanol, mantendo os frutos em estágio pré-climatérico por 15 dias, o que resultou em um aumento de pelo menos 6 dias na vida útil das frutas. O tratamento com 20% de cera de abelha (CA) foi considerado o mais adequado para possíveis aplicações industriais nessa condição de armazenamento.</p>
Jesus Filho et al. (2020)	Aplicação de revestimentos comestíveis para conservação de uvas/ Fécula de batata,	<p>Imersão: 5 minutos.</p> <p>Perda de massa; firmeza; análise de cor; antocianinas; acidez titulável; sólidos solúveis e ratio; açúcares Solúveis; sólidos solúveis/acidez total titulável; textura;</p>	<p>Ao longo do período de armazenamento, todos os revestimentos resultaram em um aumento do pH e uma redução da acidez nas uvas, alcançando uma estabilização após certo tempo, o que não ocorreu para as uvas não revestidas (controle). As uvas sem</p>

	amido de milho e gelatina	dureza; coesividade; mastigabilidade; gomosidade; índice de elasticidade e adesividade.	revestimentos e as revestidas com amido de milho apresentaram maiores reduções nas antocianinas totais. As uvas revestidas foram percebidas sensorialmente de forma diferente em relação à amostra controle. Quanto aos parâmetros de textura, as uvas revestidas com gelatina mostraram menor variação na dureza e uma diminuição da elasticidade em todos os tratamentos. Em comparação com todas as amostras estudadas, a gelatina proporcionou melhores resultados, uma vez que as uvas revestidas com esse material apresentaram maior estabilidade durante os 20 dias de armazenamento.
Pinsetta Junior (2018)	Recobrimento comestível com hidroxipropilmetilcelulose e agentes antiescurecimento em berinjela minimamente processada	Aspersão com pistola: 30 psi de pressão. Perda de massa fresca; firmeza; índice de brancura; Composição gasosa do interior das embalagens; determinação de acetaldeído e etanol; Compostos fenólicos totais; atividade da enzima peroxidase; atividade da enzima polifenoloxidase; atividade da enzima fenilalanina amônia-ase; microrganismos aeróbios mesófilos; coliformes totais e <i>E. Coli</i>	Os resultados mostraram que o recobrimento com HPMC+40% de cera de abelha reduziu a atividade das enzimas responsáveis pelo escurecimento da berinjela. Além disso, a adição de 0,5% de ácido cítrico ou 1% de ácido ascórbico ao revestimento resultou em menor síntese de compostos fenólicos e menor atividade enzimática relacionada ao escurecimento.
Farina et al. (2020)	Uso de revestimento comestível à base de gel de <i>Aloe vera</i> com aditivos naturais antiescurecimento e antioxidantes para melhorar a qualidade pós-colheita da maçã 'Fuji' recém-cortada	Pulverizadas: 2 minutos. Teor sólidos solúveis; Acidez titulável e Ph; perda de massa fresca, firmeza. Análise sensorial: aparência; cor da polpa; firmeza; cheiro de maçã; cheiro herbáceo; cheiro de suco; cheiro de semente; se havia odor desagradável; doçura; acidez; amargo; adstringente; crocância; aspereza; suculência; sabor de maçã; sabor herbáceo; sabor a suco;	Os tratamentos com AVG/HPMC e AVG/LEO atrasaram significativamente os parâmetros relacionados à perda de qualidade pós-colheita. O tratamento AVG/HPMC apresentou um efeito retardador, enquanto o tratamento AVG/LEO atrasou os processos de escurecimento, mantendo uma excelente cor durante o armazenamento refrigerado. Em relação aos compostos próximos, os tratamentos não alteraram sua concentração nos tecidos das fatias de maçã. As análises sensoriais não revelaram efeitos prejudiciais

		sabor da semente; se havia sabor desagradável; avaliação global.	no sabor, aroma ou textura das fatias de maçã tratadas. Os dados obtidos no estudo evidenciaram o efeito positivo do gel de Aloe vera em combinação com LEO e HPMC na qualidade das fatias de maçã como uma técnica inovadora e sustentável para preservar sua qualidade durante o armazenamento refrigerado.
Sapelli et al. (2020)	Conservação pós-colheita de pêssegos com aplicação de revestimentos aditivados de extrato de ervamate/fécula de mandioca	Imersão: 30 segundos. Teor sólidos solúveis; acidez titulável; perda de massa fresca; coloração da epiderme; firmeza; avaliação <i>in vivo</i> : incidência; índice de infecção; proteínas; peroxidase de guaiacol; polifenoloxidase	Os resultados mostraram que o uso dos revestimentos reduziu a perda de massa dos frutos em 50%, aumentou o teor de sólidos solúveis e intensificou a coloração vermelha dos pêssegos, tornando-os mais atrativos para o consumidor. Além disso, os frutos revestidos apresentaram um aumento na atividade da enzima peroxidase, e o tratamento com aditivo de 15% de extrato de erva-mate inibiu o desenvolvimento da podridão parda nos pêssegos.
Oliveira (2020b)	Avaliação físico-química do abacate (<i>Persea americana</i> mill.) com uso de revestimento comestível produzido à base da pectina do pomelo (<i>Citrus grandis</i>)	Acidez titulável; teor sólidos solúveis; cor; pressão de turgescência; firmeza; perda de massa fresca	Os resultados demonstraram que os abacates revestidos apresentaram melhor desempenho em comparação com o grupo controle, especialmente nos parâmetros de perda de massa e teor de sólidos solúveis. Isso sugere que o uso do revestimento foi satisfatório e benéfico para a qualidade dos abacates durante o período de armazenamento.
Machado (2020)	Conservação pós-colheita de pimenta de cheiro (<i>Capsicum</i>) com aplicação de revestimento à base de pectina extraída do albedo de pomelo	Imersão: 30 minutos. Teor sólidos solúveis; Cor; pressão de turgescência e perda de massa	Os resultados mostraram que as pimentas com revestimento apresentaram melhores resultados em relação às pimentas não revestidas para todos os parâmetros avaliados, exceto para a perda de massa, onde não houve diferença significativa. O revestimento se mostrou eficaz na manutenção da qualidade das pimentas de cheiro, aumentando a vida útil, pois a película retardou o processo de amadurecimento.
Almeida (2021)	Conservação pós-	Imersão: 1 minuto.	Observou-se um comportamento inverso, onde as

	colheita de abobrinha revestida com cobertura comestível de fécula de mandioca/fécula de mandioca	Perda de massa (%); sólidos solúveis (SS); acidez titulável; pH e relação SS/AT	amostras com 0% de fécula de mandioca apresentaram uma melhor aparência e textura, e os parâmetros físicoquímicos exibiram uma tendência linear.
Carvalho et al. (2022)	Efeitos da aplicação de revestimentos biodegradáveis na conservação pós-colheita de tomate/de fécula de mandioca + glicerol	Imersão: 1 minuto. Colorimetria da casca; perda de massa fresca; firmeza; teor de sólidos solúveis totais; acidez total titulável; relação SST/ATT e pH	Os revestimentos à base de fécula de mandioca na concentração de 5% e fécula de mandioca na concentração de 5% combinada com glicerol na concentração de 1% se destacaram na preservação de alguns atributos de qualidade, como perda de massa, firmeza, acidez e cor da casca. Conclui-se que esses revestimentos são alternativas viáveis para preservar a qualidade pós-colheita de tomates quando mantidos em condições de temperatura ambiente.

Fonte: Adaptado de Mendonça (2023).

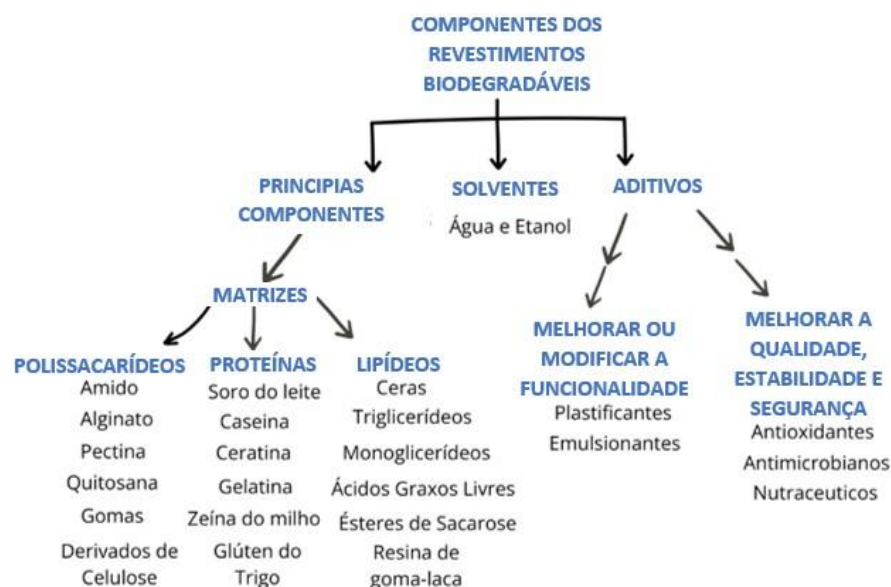
pré-formada, capaz de ser ingerida, podendo ser inserido sobre ou entre os componentes dos alimentos, servindo como capas, envoltórios ou camadas de separação (EOM et al., 2018; TAVASSOLI-KAFRANI; SHEKARCHIZADEH; MASOUDPOUR-BEHABADI, 2016; VALENCIA-CHAMORRO et al., 2011).

Formulações de revestimentos comestíveis na pós-colheita de alface

A utilização dos revestimentos comestíveis está sendo bastante estudada ao longo dos anos por apresentarem diversos efeitos quando aplicados em frutas e hortaliças, como: retardamento da perda de umidade; diminuição das trocas gasosas; aumento da integridade estrutural, proteção física contra injúrias entre outros (SALGADO et al., 2015), melhorando a aparência do fruto e prolongando o tempo de prateleira. Na elaboração de revestimentos comestíveis, são utilizados de forma separada ou composta os carboidratos, proteínas e lipídios oriundos de inúmeras fontes (Figura 1) (ASSIS; BRITO, 2014; BRAZEIRO et al., 2018).

Nota-se que o amido e a gelatina se encontram entre os materiais disponíveis mais avaliados, em virtude do baixo custo, solubilidade em água, potencial de incorporação de agentes ativos com diferentes características, entre outras especificidades (ASSIS; BRITO, 2014; BRAZEIRO et al., 2018).

Figura 1 - Componentes dos revestimentos biodegradáveis.



Fonte: Mendonça (2023) adaptado de Salgado et al. (2015).

Os revestimentos comestíveis são aplicados na forma líquida no alimento pelos métodos de imersão, comumente utilizado em decorrência da sua facilidade de manipulação, além de revestimento e pulverização, sendo considerados uma parte do produto alimentar final, não podendo atribuir cor, odor, sabor, e textura adicionais ao produto revestido. No entanto, os filmes comestíveis são manuseados de forma separada, moldados como folhas sólidas, para que posteriormente sejam aplicados à superfície do alimento como um invólucro nos produtos alimentícios (EOM et al; 2018; TAVASSOLI-KAFRANI; SHEKARCHIZADEH; MASOUDPOUR-BEHABADI, 2016; VALENCIA-CHAMORRO et al., 2011).

Revestimentos comestíveis à base de amido

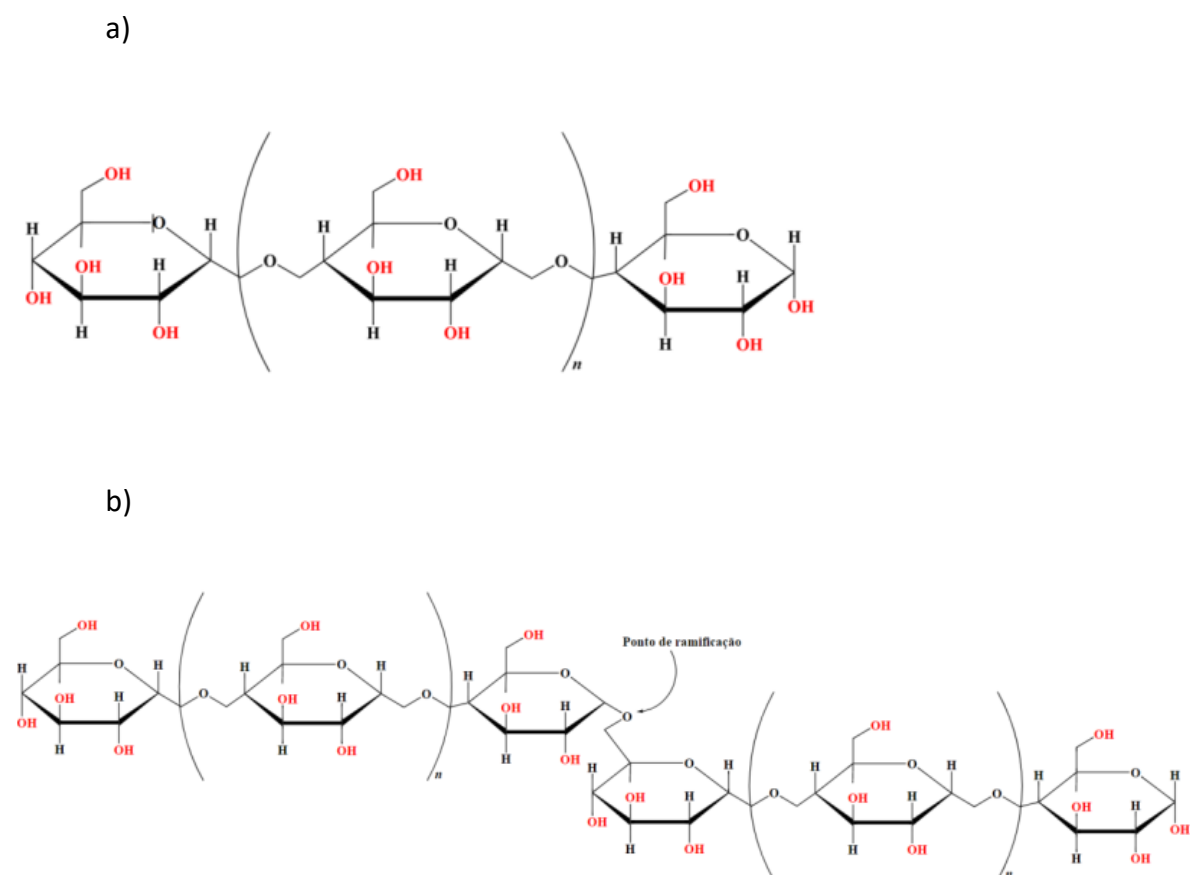
O amido é um material de grande interesse, pois é o segundo polímero mais abundante no planeta após a celulose, apresentando grande importância na vida da população sendo a principal fonte de carboidratos consumida pelo ser humano (DIYANA et al., 2021). O amido é considerado um dos compostos mais empregados na preparação de revestimentos de frutas e hortaliças, sendo um polissacarídeo de reserva energética dos vegetais, podendo ser extraído de cereais (arroz, trigo, milho), de raízes (mandioca) ou tubérculos (batata, cará, inhame). Possui distintas aplicações na indústria alimentícia, farmacêutica, cosmética e têxtil (LI; WEI, 2020; AQUINO et al., 2020).

Estruturalmente, o amido é um homopolímero composto por pelo menos dois polímeros principais de glicose; a amilose que é essencialmente linear Figura 2 (a), com pequenas ramificações, estas não influenciam o desempenho das cadeias de amilose em solução, continuando idênticas às cadeias lineares e a amilopectina um polímero altamente ramificado, como mostrado na Figura 2 (b) (TAPPIBAN et al., 2018; FUENTES et al., 2019; MAJZOABI; FARAHNAKY, 2021), sendo o material adequado para a produção em grande escala de revestimentos devido ao baixo custo, a abundância e as excelentes propriedades de formação de filmes (GALINDEZ et al., 2019; EOM et al., 2018; THAKUR et al., 2019).

A formação do filme a base de amido é baseada no princípio da geleificação, que acontece quando uma suspensão de amido com quantidade de água suficiente passa por um aquecimento entre 65 °C a 90 °C, que irá depender da fonte de amilácea e do teor de amilopectina (FAUSTINO et al., 2021). Enquanto as propriedades óticas (transparentes, incolores), sensoriais (sem sabor, insípidas, inodoras) e de barreira (permeabilidade ao O₂ e

CO₂) os carboidratos são geralmente considerados ideais para a formação de revestimentos, suas propriedades de resistência mecânica são extremamente frágeis e requerem a adição de outros materiais, tais como lipídios e gomas, para melhorar as suas propriedades mecânicas (GALINDEZ et al., 2019; EOM et al., 2018; THAKUR et al., 2019).

Figura 2 - Fórmula estrutural da (a) amilose e (b) amilopectina.



Fonte: Farias (2022).

Dentre as possíveis aplicações dos filmes a base de amido, pode-se ressaltar o seu emprego como embalagem para frutas e hortaliças minimamente processadas; definindo-se processamento mínimo como manejo, desinfecção, embalagem e distribuição de produtos agrícolas sem alterar as suas características de produto fresco, haja vista, que frutas e hortaliças tendem a se deteriorar após a colheita (GARCIA, 1999; NISPEROS-CARRIEDO, 1994; NISPEROS-CARRIEDO; BALDWIN, 1996; YAMASHITA et al., 2005; 2006).

Filmes biodegradáveis inteligentes (ativos) se destacam no controle da entrada de O₂ (em alimentos facilmente oxidáveis), retenção de aditivos, sequestro de etileno, ação antimicrobiana etc. (BRODY, 2002). Muitas pesquisas vêm sendo realizadas neste campo, no

qual a grande preocupação é garantir que o agente ativo adicionado ao filme não prejudique a inocuidade do produto embalado (MALI; GROSSMANN; YAMASHITA, 2010).

Revestimentos comestíveis à base de quitosana

A quitosana foi descoberta pelo francês Charles Rouget em 1859, após verificar que a substância formada por meio do aquecimento da quitina em solução concentrada de hidróxido de potássio (KOH), resultava na sua desacetilação. Porém, apenas 35 anos após este fato, foi dado o nome “quitosana” pelo alemão Felix Hoppe-Seyler (MEDEIROS et al., 2021).

A quitosana é um biopolímero obtido em escala industrial, principalmente, por meio do processo de desacetilação da quitina, que, por sua vez, é considerada o segundo polissacarídeo mais abundante na natureza (Tabela 3), ficando atrás apenas da celulose. A quitosana é o principal componente estrutural do exoesqueleto de crustáceos, como caranguejos, lagostas e camarões. Além disso, também pode ser encontrada em insetos, na composição de nematoides, e na parede celular de fungos e leveduras (KUBOTA *et al.*, 2000; KUMAR, 2000; SINGLA; CHAWLA, 2001; MUZZARELLI *et al.*, 2012; DAMIAN, 2005; ANDRADE *et al.*, 2020).

Tabela 3 - Fontes de quitosana.

TIPOS DE ANIMAIS	ESPECIÉS
Animais marinhos	Anelídeo, molusco, celenterado, caranguejo, lagosta, camarão e “Krill”
Insetos	Besouro, formiga, escorpião e aranha
Microorganismos	Alga verde, levedura (tipo β), esporo, alga Marrom e fungo (parede celular)

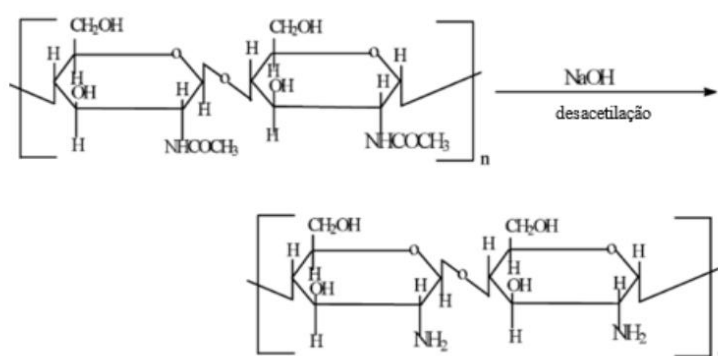
Fonte: Barros et al. (2020) adaptado de Rinaudo (2006).

Durante a desacetilação, as ligações N-acetil da quitina são rompidas, resultando na formação de D-glicosamina, uma unidade monomérica que contém um grupo amino livre. Quando o grau de desacetilação, ou seja, a porcentagem de unidades de D-glicosamina na cadeia polimérica, atinge ou ultrapassa 50%, a quitina se torna solúvel em meio aquoso, originando a quitosana (Figura 3) (CAMPANA FILHO; DESIBRIÈRES, 2000; CAMPANA-FILHO et al., 2007; RINAUDO, 2006; CARDOSO, 2008; VEIGA, 2011).

Embora eficaz, a desacetilação alcalina utiliza condições severas, como temperaturas elevadas e soluções concentradas de hidróxido de sódio, o que pode gerar resíduos químicos

e exigir tratamentos adicionais de efluentes para minimizar impactos ambientais. Uma alternativa a esse método é a desacetilação microbiológica, que utiliza enzimas específicas (como quitinases e desacetilases) ou microrganismos para promover a conversão da quitina em quitosana. Esse método apresenta vantagens ambientais, pois evita o uso de produtos químicos agressivos (CAMPANA FILHO; DESIBRIÈRES, 2000; CAMPANA-FILHO *et al.*, 2007; RINAUDO, 2006; CARDOSO, 2008; VEIGA, 2011).

Figura 3 - Desacetilação da quitina.



Fonte: Kumar (2000).

Contudo, os processos enzimáticos ainda enfrentam desafios econômicos significativos, principalmente devido ao custo elevado de produção e purificação das enzimas, bem como à sua eficiência limitada em operações de larga escala (CAMPANA FILHO; DESIBRIÈRES, 2000; CAMPANA-FILHO *et al.*, 2007; RINAUDO, 2006; CARDOSO, 2008; VEIGA, 2011). No futuro, avanços biotecnológicos, como o desenvolvimento de enzimas mais estáveis e economicamente viáveis, bem como melhorias nos processos de fermentação e reutilização de resíduos, podem tornar a desacetilação microbiológica uma alternativa mais competitiva. Enquanto isso, a desacetilação alcalina continua sendo o método dominante devido à sua eficiência e custo relativamente baixo (BARROS *et al.*, 2020)

Dentre os antimicrobianos naturais, a quitosana tem gerado interesse da comunidade científica, uma vez que, dispõe de propriedades importantes (Tabela 4), as quais permitem o aumento do seu potencial biotecnológico e aplicações no mercado consumidor (TONHI; PEPLIS, 2002; SYNOWIECKI; AL-KHATEEB, 2003; THARANATHAN; KITTUR, 2003; CAMPANA FILHO *et al.*, 2007; SINGH *et al.*, 2008, FAI; STAMFORD; STAMFORD, 2008; ALBUQUERQUE

JUNIOR *et al.*, 2009; DASH *et al.*, 2011; BERTOLINO, 2018).

Tabela 4 - Propriedades da Quitosana.

PROPRIEDADES
Bioatividade
Biodegradabilidade
Biocompatibilidade
Permeabilidade seletiva
Hidrofilicidade
Versatilidade de preparação (géis, filmes, membranas, microesferas, flocos, nanopartículas e soluções de viscosidade controlada)
Habilidade de quelação de metais
Baixa toxicidade
Conservante
Antioxidante
Atividade antimicrobiana

Fonte: Barros et al. (2020).

A quitosana foi o primeiro composto básico para proteção de plantas aprovado pela União Europeia (Reg. EU 2014/563) (XYLIA *et al.*, 2021), tendo sido amplamente estudada por suas propriedades que favorecem a conservação pós-colheita de frutos e legumes. Sua capacidade de formar revestimentos semipermeáveis, devido atuarem como uma barreira, tornou-se um dos principais atributos que ajudam a controlar a troca de gases (como oxigênio e dióxido de carbono), óleos e a umidade, fatores essenciais para retardar a senescência, que é a deterioração natural dos alimentos ao longo do tempo. A associação das características antimicrobianas e gelificantes da quitosana torna esse biopolímero ainda mais eficaz para a produção de coberturas comestíveis (TANADA-PALMU *et al.*, 2005; HAN *et al.*, 2005; BAUTISTA-BAÑOS *et al.*, 2006; FAKHOURI *et al.*, 2007)

É considerada um produto natural não tóxico, renovável, de baixo custo, biodegradável, biocompatível e com propriedades para formação de géis e microesferas. Sua aplicação vem sendo expandida em vários ramos industriais, como na confecção de embalagens biodegradáveis/comestíveis, no tratamento da água com ação bactericida/fungicida, na fabricação de papel, como conservante para molhos e defensivos agrícola (BARROS et al., 2020; MEDEIROS et al., 2021). Sua capacidade gelificante facilita a formação de um filme protetor sobre os alimentos, sem comprometer a textura ou aparência

dos produtos (HAN et al., 2005; FAKHOURI et al., 2007).

Revestimentos comestíveis à base de própolis

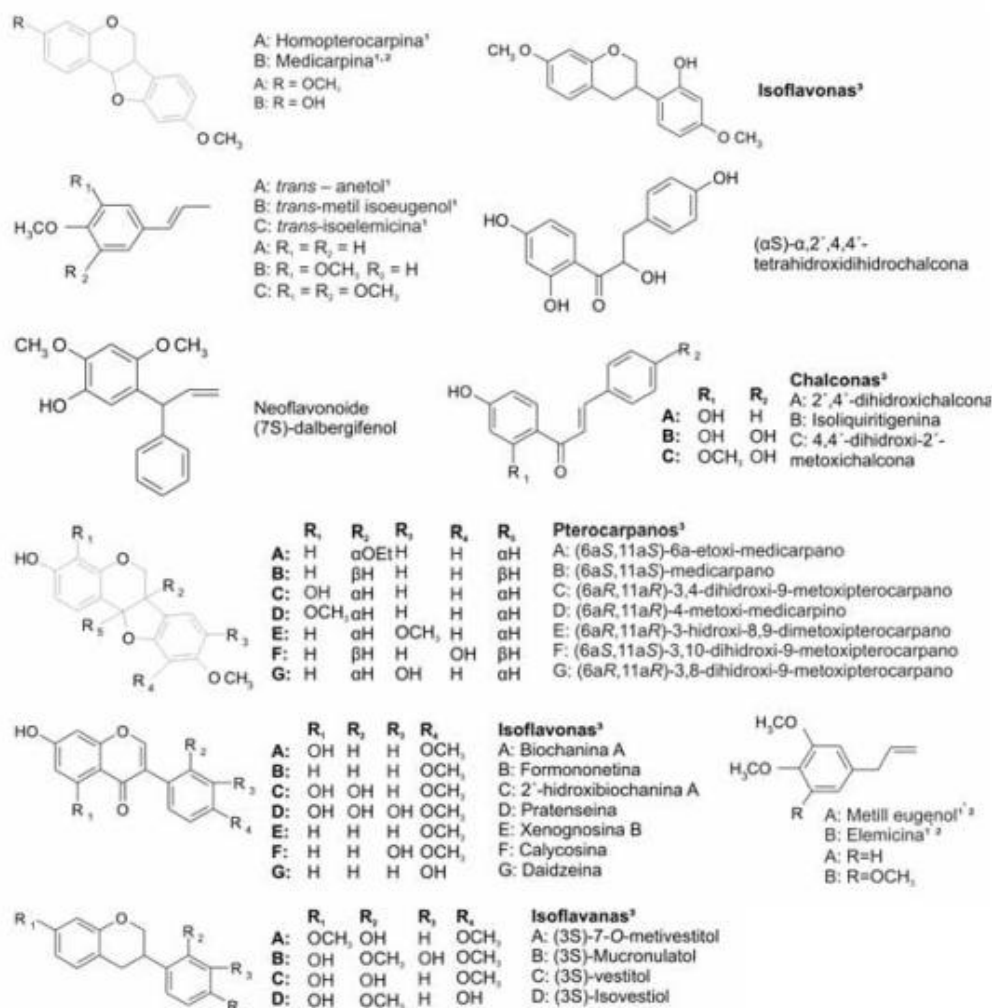
A própolis é uma complexa mistura de substâncias resinosas que abelhas da espécie *Apis mellifera* L. coletam de várias plantas e levam até a colmeia com o objetivo de proteger as crias e o alimento armazenado (LONGHINI et al., 2007). As técnicas mais frequentemente utilizadas para a análise e determinação dos constituintes químicos da própolis são a cromatografia gasosa acoplada a espectroscopia de massa (CG-MS) e a cromatografia líquida de alta performance (HPLC) (BANKOVA, 2005; SOUSA et al., 2007).

Recentemente, foi encontrada uma própolis vermelha em colmeias localizadas ao longo do mar e costas de rios no nordeste brasileiro a qual foi classificada como própolis do grupo 13, apresentando valiosa atividade antioxidante e antimicrobiana (DAUGSCH et al., 2006; OLDONI et al., 2011). Foi observado que as abelhas coletavam o exudato vermelho da superfície da *Dalbergia ecastophyllum* (L) Taub. (DONNELLY; KEENAN; PRENDERGAST, 1973; MATOS et al., 1975), sugerindo que essa é a origem botânica da própolis vermelha.

Então se analisou comparativamente as amostras de exsudatos das plantas e da própolis vermelha, mostrando que o perfil cromatográfico da própolis é exatamente o mesmo da *D. ecastophyllum* (DAUGSCH et al., 2006) (Figura 4). Algumas dessas moléculas apresentadas na Figura 4 são encontradas apenas na própolis vermelha do nordeste do Brasil diferenciando-a dos outros tipos já largamente citadas na literatura. Acredita-se, dessa forma, que tais moléculas possam revelar atividades biológicas ainda não conhecidas em outras amostras (LUSTOSA et al., 2008).

A ação da própolis frente aos microrganismos foi comprovada em trabalhos como os de Marcucci (1996) que verificaram atividade antimicrobiana *in vitro* contra linhagens de bactérias Gram-positivas: *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus* e *Streptococcus faecalis*. Estudo realizado por Menezes et al. (1997) também observaram que extratos etanólicos, contendo o referido produto, em preparações comerciais como tabletes, cápsulas e pós tem ação frente a *S. aureus*, *Bacillus subtilis* e *B. cereus*.

Figura 4 - Constituintes químicos da própolis vermelha do nordeste do Brasil.



Fonte: Trusheva et al. (2006); Alencar et al. (2005); Awale et al. (2008).

Segundo Chen, Wang e Weng (2010) uma vantagem no uso dessas embalagens é que além de serem biodegradáveis, estes filmes podem servir como suporte para os aditivos antimicrobianos e podem permitir que estes compostos ativos sejam liberados na superfície do alimento promovendo segurança aos consumidores, além do prazo de validade que pode ser prolongado (Figura 5). Em outro estudo realizado por Pranoto, Salokhe e Rakshit (2005) filmes contendo óleo de alho mostrou ação inibitória contra *S. aureus*, apresentando halo de inibição de 17 mm, resultado semelhante ao obtido no teste de sensibilidade antimicrobiana no presente estudo com extratos de própolis vermelha

Figura 5 - Biofilme de própolis vermelha embalando folhas de alface.



Fonte: Araújo et al. (2012).

De acordo com os estudos de Araújo et al. (2012) uma observação feita durante o experimento, mesmo não realizando testes organolépticos, foi que a coloração verde da alface permaneceu ativa, sendo possível perceber que não houve escurecimento ou mudança na coloração nas folhas durante os cinco dias do experimento. Esse fato pode ser devido à ação antioxidante da própolis vermelha, comprovada por diversos autores (MARCUCCI et al., 2001; PARK et al., 2002; OLDONI et al., 2011).

Revestimentos comestíveis à base de ozônio

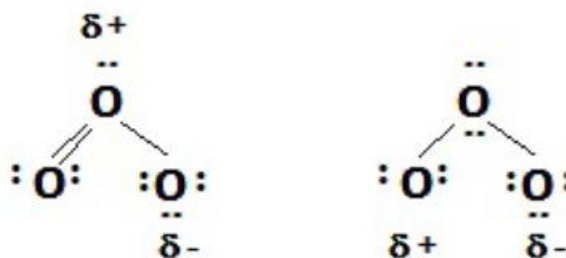
O ozônio foi reconhecido como um potente desinfetante de água em 1866, por Meritens e em 1889, o químico francês Marius Paul Otto iniciou os estudos sobre a atividade germicida do ozônio na Universidade de Sorbone, Paris. Testes em escala piloto na Alemanha em 1981 mostraram a efetiva ação do ozônio contra bactérias (SILVA et al., 2011). A ozonização passou a ser utilizada no Brasil como alternativa aos métodos convencionais de pré-cloração e pré-aeração no tratamento de águas superficiais a partir de 1983 (LAPOLLI et al., 2003).

Em 1997, a partir da aprovação pela Food and Drug Administration (FDA), o ozônio foi reconhecido como uma substância segura (“General Recognized As Safe” - GRAS) de esterilização para aplicação em alimentos nos Estados Unidos. No entanto, no Brasil, não há legislação específica sobre a sua utilização no setor alimentício, ficando restrito ainda a pesquisas e experimentos científicos. O ozônio pode afetar componentes dos microrganismos, como glicoproteínas, glicolipídios, enzimas, além de apresentar outros

efeitos benéficos para o aumento da vida útil dos produtos (KAWANO et al., 2016).

O ozônio, que se apresenta na forma triatômica do oxigênio (O₃), é um gás extremamente instável e parcialmente solúvel em água (DI BERNARDO; DANTAS, 2005; LAPOLLI et al., 2003; RUSSEL; HUGO; AVLIFFE, 1999). O gás ozônio possui odor penetrante e é facilmente detectável em concentrações muito baixas (0,01 a 0,05 mg/L) (LAPOLLI et al., 2003; RICE et al., 1981). A molécula de ozônio é produzida a partir do oxigênio elementar e tem caráter metaestável (LAPOLLI et al., 2003; LANGLAIS; RECKHOW; BRINK, 1991), podendo apresentar as demais formas da estrutura molecular, devido à ressonância magnética (Figura 6).

Figura 6 - Estrutura molecular do ozônio devido à ressonância magnética.



Fonte: Silva et al. (2011).

Muitos processos da indústria de alimentos são propícios à utilização do ozônio. São exemplos de aplicações a ozonização de produtos agrícolas durante o armazenamento e o transporte e a sanitização da água de lavagem dos alimentos, equipamentos e materiais das embalagens (GRAHAM, 1997). O tratamento de frutas e vegetais com ozônio aumenta a vida-de-prateleira desses produtos. Em uvas houve redução do apodrecimento fúngico com tratamento de ozônio e armazenamento a frio. O ozônio também é capaz de mudar a coloração da superfície de frutas e legumes como pêssegos, cenouras, e brócolis (PRESTES, 2007; KIM; YOUSEF; DAVE, 1999).

As alterações nos atributos sensoriais ou físico-químicos dependem da composição química do alimento, da dosagem de ozônio, e das condições do tratamento (SILVA et al., 2011). Alguns pesquisadores demonstraram que o tratamento com ozônio melhorou a qualidade sensorial em carne de boi e de ovos, porém não alterou significativamente a

qualidade sensorial de algumas frutas e legumes. Por esse motivo, o ozônio não pode ser considerado universalmente benéfico aos alimentos, pois em altas concentrações, pode promover a degradação oxidativa, alterando o sabor e a coloração do produto alimentício (KIM; YOUSEF; DAVE, 1999).

Segundo Kawano et al. (2016) um entrave da utilização do ozônio é que ele é um gás tóxico, que necessita de controle pelos órgãos responsáveis. Entretanto, quando é aplicado no alimento, o ozônio se degrada rapidamente em gás oxigênio, não sendo um contaminante. A agroindústria de tomates, por exemplo, tem utilizado o ozônio na forma aquosa para tratar seus produtos e evitar a proliferação de microrganismos patogênicos desde os anos 2000 (SILVA et al., 2011).

Além de suas propriedades como agente sanitizante na descontaminação de alimentos (ARTÉS *et al.*, 2009), alguns estudos atentam para a importância dos efeitos do ozônio em retardar o processo de amadurecimento de frutas e vegetais. Segundo Rice et al. (2005), muitas frutas como banana e maçã liberam o gás etileno (C_2H_4), que acelera o processo de amadurecimento. O ozônio é muito eficiente na remoção do etileno através de reação química, podendo aumentar a vida de prateleira de muitas frutas e hortaliças em câmaras frias e contêineres de transporte (AGUAYO et al., 2006; PALOU *et al.*, 2001).

Prestes (2007) avaliou o uso do ozônio na higienização de alface americana e crespa (*L. sativa*), rúcula (*Eruca sativa* Mill.) e agrião (*Nasturtium officinale* R. Br.), com concentrações de 0,5, 1,0 e 1,5 mg/L pelo tempo de 1 minuto durante o processamento mínimo em comparação ao cloro. Neste estudo se verificou que o ozônio reduziu efetivamente a contaminação por bolores e leveduras. Ao final do período de análise, os grupos tratados por ozônio apresentaram uma população média de bolores e leveduras notadamente menor que os grupos tratados por cloro (SILVA et al., 2011).

Selma et al. (2007) avaliaram a eficiência da aplicação de ozônio na inativação de *Shigella sonnei* em alface. Os resultados mostraram que para 1 minuto de contato a 1,6 e 2,2 ppm de ozônio, a população de *S. sonnei* inoculada em água diminuiu de 3,7 e 5,6 log UFC/mL, respectivamente. De acordo com estudos realizados por Cavalcante (2007), com alface americana previamente contaminada, demonstraram que 1,0 mg L⁻¹ de água ozonizada no tempo de 1 minuto, na ausência de matéria orgânica, é suficiente para reduzir, no mínimo, 6,57 e 5,27 ciclos logarítmicos de *E. coli* O157:H7 e esporos de *B. subtilis*, respectivamente.

Durante pesquisas desenvolvidas por Rico et al. (2006) se constatou que a aplicação

de água ozonizada (1 mg L⁻¹ a 18-20°C) como tratamento pós-colheita de alface reduziu tanto a atividade das enzimas quanto o escurecimento enzimático. No entanto, essa inativação teve um efeito negativo, como redução da textura e crocância das folhas (SILVA et al., 2011).

Considerações finais

Apesar de ter sido identificado poucas publicações relacionadas, a pesquisa alcançou o objetivo proposto. Foi possível identificar poucas publicações relacionadas especificamente a revestimentos comestíveis de hortaliças, tendo sido encontradas mais pesquisas aplicadas a frutos. No entanto, quando a pesquisa era aplicada tanto a frutos quanto a hortaliças, o conteúdo tinha mais enfoque nos frutos, mas não aprofundando a aplicabilidade de um determinado revestimento em hortaliças, deixando assim dúvidas, se o revestimento de fato era indicado para esta folhosa.

A quantificação de hortaliças descartadas pós-colheita no Brasil e em outros países ainda é escassa, dificultando o dimensionamento exato dos desperdícios, pois a maioria das pesquisas relacionadas utiliza dados obtidos em censos ou em outras fontes de informação, sendo necessária à sua mensuração *in loco* para dimensionar a real perda desses produtos e os agentes responsáveis envolvidos. Diante disso, tais ações podem auxiliar no planejamento de sistemas que visem minimizar os prejuízos, como a implementação de novas técnicas, tecnologias e fomento a pesquisas em campo direcionadas a quantificar estas perdas.

A utilização de revestimentos comestíveis em alimentos apresenta um aspecto de sustentabilidade, redução de desperdício, preservação do meio ambiente e bioeconomia, porém ainda necessita de mais pesquisas e adesão por parte das grandes indústrias. Por esse motivo é de suma importância investir em pesquisas aplicadas a revestimentos biodegradáveis distintos aplicados na alface, utilizando também o conhecimento tradicional consentido de comunidades que fazem uso de algum produto encontrado na natureza para aumentar a durabilidade da alface, gerando assim novas possibilidades na indústria e uma fonte de renda para a comunidade.

Referências bibliográficas

- AGUAYO, E.; ESCALONA, V. H.; ARTÉS, F. Effect of cyclic exposure to ozone gas on physicochemical, sensorial and microbial quality of whole and sliced tomatoes. **Postharvest Biology and Technology**, v.39, p.169-177, 2006.
- ALBUQUERQUE JUNIOR, R. L. C.; BARRETO, A. L. S.; PIRES, J.A.; REIS, F. P.; LIMA, S. O.; RIBEIRO, M.A.G.; CARDOSO, J. C. Effect of bovine type-I collagen based films containing red propolis on dermal wound healing in rodent model. **International Journal of Morphology**, v. 27, p. 1105-1110. 2009.
- ALENCAR, S. M.; AGUIAR, C. L.; GUZMÁN, J. P.; PARK, Y. K. Composição química de *Baccharis dracunculifolia*. **Ciência Rural**, v. 35, p. 909-915, 2005.
- ALMEIDA, J. C. Conservação pós-colheita de abobrinha revestida com cobertura comestível de fécula de mandioca, Urutaí: **A Nutritime Revista Eletrônica**. Vol. 18, Nº 03, maio/jun de 2021. ISSN: 1983-9006.
- ANDRADE, G. S.; ANDRADE, D. de B.; LIMA, G. G. de; PADILHA, F. F.; LIMA, P. A. L. Technological forecasting of chitosan, silk fibroin and xanthan gum as biomaterials for scaffolds-3D. **Revista GEINTEC-Gestão, Inovação e Tecnologias**, v. 10, n. 1, p. 5279-5288, 2020.
- ANUÁRIO HF BRASIL. Retrospectiva 2022 & perspectiva 2023. Piracicaba: Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – CEPEA/ESALQ/USP, 2023.
- AQUINO, A. A.; RODRIGUES, R. S.; DONATO, I. A.; BRANDÃO, M. R. S.; MOREIRA, E. S.; COSTA, M. L. X. Revestimento à base de amido extraído da semente de Manga Plamer com adição de extrato de própolis na conservação de Abacate Geada. **Brazilian Journal of Development**. v. 6, n. 9, p. 7111671135, 2020.
- ARAUJO, Y. L. F. M.; SOUZA, C. O.; DRUZIAN, J. I.; PADILHA, F. F.; ORELLANA, S. C. Uso de biofilme de amido à base de própolis vermelha para a conservação de folhas de alface (*Lactuca sativa*). **Scientia Plena**, v. 8, n. 12, p. 1-8, 2012.
- ARTÉS, F.; GÓMEZ, P.; AGUAYO, E.; ESCALONA, V.; ARTÉS-HERNÁNDEZ, F. Sustainable sanitation techniques for keeping quality and safety of fresh-cut plant commodities. **Postharvest Biology and Technology**, v. 51, p. 287–296, 2009.
- ASSIS, O. B. G.; BRITTO, D. Revisão: coberturas comestíveis protetoras em frutas: fundamentos e aplicações. **Revista Brasileira de Tecnologia de Alimentos**. v. 17, n. 2, p. 87, 2014.
- AWALE, S.; LI, F.; ONOZUKA, H.; ESUMI, H.; TEZUKA, Y.; KADOTA, S. Constituents of Brazilian red propolis and their preferential cytotoxic activity against human pancreatic PANC-1 cancer cell line in nutrient-deprived condition. **Bioorgan Med Chem**, v. 16, p. 181-189, 2008.
- BALDWIN, E. A.; HAGENMAIER, R.; BAI, J. **Edible coatings and films to improve food quality**. 2ª Ed. Boca Raton: CRC, 2012. 460p.
- BANKOVA, V. Recent trends and important developments in propolis research. **e CAM**, v. 2, p. 29-32, 2005.

BARBOSA, J.; OLIVEIRA, J.; BARBOSA, J.; MARTINS FLHO, A.; MEDEIROS, E.; KUKLINSKY-SOBRA, J. Influência de esterco bovino e microrganismo promotores de crescimento na cultura da Alface (*Lactuca sativa* L.), no município de Garanhuns, PE. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, p. 1-7, 2018.

BARROS, Dayane de Melo *et al.* Utilização de quitosana na conservação dos alimentos. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 4, p. 17717-17731, 2020.

BAUTISTA-BAÑOS, S.; HERNÁNDEZ-LAUZARDO, A. N.; VELÁZQUEZ-DEL VALLE, M. G.; HERNÁNDEZ-LÓPEZ, M.; AIT BARKA, E.; BOSQUEZ-MOLINA, E.; WILSON, C. L. Chitosan as a potencial natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities. **Crop Protection**, v.25, p.108-118, 2006.

BELIK, W. Rumo a uma estratégia para a redução de perdas e desperdício de alimentos. In: Zaro, M. (Org.). **Desperdício de alimentos: velhos hábitos, novos desafios**. 1 ed. Caxias do Sul, RS: Educ, 2018. cap. 1, p. 920.

BERTOLINO, J.F. **Biomaterial de quitosana, gelatina e óleo de pequi: obtenção, caracterização, avaliação da biocompatibilidade e da atividade antimicrobiana**. 2018. 71f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018.

BOTREL, D. A.; SOARES, N. D. F. F.; CAMILLOTO, G. P.; FERNANDES, R. V. D. B. Revestimento ativo de amido na conservação pós-colheita de pera Williams minimamente processada. **Ciência Rural**, v.40, n. 8, p. 1814- 1820, 2010.

BRAZEIRO, F.; DE MOURA, J. M.; ALMEIDA, L.; MORAES, C. C.; DE MOURA, C. M. Atividade antimicrobiana de filmes a base de gelatina e quitosana contra *Staphylococcus aureus*. In: Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 10, n. 2, 2018.

BRODY, A. L. Active and intelligent packaging: the saga continues. **Food Technology**, v. 56, n. 12, p. 65- 66, 2002.

CAMPANA FILHO, S. P.; DESBRIÈRES, J. Chitin, Chitosan and Derivatives. **Natural Polymers and Agrofibers Based Composites**, p.41-71, 2000.

CAMPANA-FILHO, S. P.; DE BRITTO, D.; CURTI, E.; ABREU, F. R.; CARDOSO, M. B.; BATTISTI, M. V.; SIM, P. C.; GOY, R. C.; SIGNINI, R.; LAVALL, R. L. Extração, estruturas e propriedades de α - e β -quitina. **Química Nova**, v.30, n.3, p.644-650, 2007.

CARDOSO, M. B. **Contribuição ao estudo da reação de desacetilação de quitina: estudos de desacetilação assistida por ultra-som de alta potência**. 2008. 102f. Tese (Doutorado em Ciências), Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

CARVALHO FILHO, J. L. S. de; GOMES, L. A. A.; MALUF, W. R. Tolerância ao florescimento precoce e características comerciais de progênies F4 de alface do cruzamento Regina 71 x Salinas 88. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, n. 1, p. 37-42, 2009.

CARVALHO, S. A.; FIGUEIREDO NETO, A.; COSTA, M. S.; COSTA, J. D. S.; PEREIRA FILHO, A.; ARAGÃO, C. A. Effects of the application of biodegradable coatings on post-harvest tomato conservation. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 9, p. e59011931677, 2022. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/31677>>. Acesso em: 15 set. 2024.

- CAVALCANTE, D. A. **Avaliação do tratamento com água ozonizada para Higienização de alface (*Lactuca sativa*)**. 102f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas 2007.
- CAVASINI, R. **Caracterização topográfica da epiderme de hortalças folhosas e mistura gasosa de ozônio na qualidade de alface**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola. Universidade Estadual de Campinas. Campinas-SP, 2017.
- CHEN, C.-P.; WANG, BE-J.; WENG, Y.-M. Physiochemical and antimicrobial properties of ediblealoe/gelatin composite films. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 45, p. 1050- 1055, 2010.
- CHERMAN, K. A.; SILVA, M. R. da; SILVA, J. F.; MADRONA, G. S. Caracterização de cobertura comestível a base de alginato e óleos essenciais. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 2, p. 1-8, 2022.
- COUTO, H. G. S. A.; SENA, E. O. A.; PAIXAO, A. R. C.; SILVEIRA, M. P. C.; SANTOS, P. L. S.; CARNELOSSI, M. A. G.; OLIVEIRA JUNIOR, L. F. G. **Efeito do uso de revestimento comestível a base de alginato na conservação de pimentão verde**. Aracaju: In: Congresso Brasileiro de Processamento mínimo e Pós-colheita de frutas, flores e Hortalças, 2015.
- DALLAGNOL, KHAROLINE J. P. L; LORENÇO, A. L. **Desenvolvimento e Avaliação de Revestimento Comestível com Adição de Antifúngicos Naturais para a Proteção de Morangos**. 2017. 58p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Alimentos). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.
- DAMIAN, C. **Efeito da quitosana na digestibilidade aparente da gordura e na qualidade de salsichas Frankfurt**. 2005. 154f.Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
- DASH, M.; CHIELLINI, F.; OTTENBRITE, R. M.; CHIELLINI, E. Chitosan - A versatile semi-synthetic polymer in biomedical applications. **Progress in Polymer Science**, v. 36, n. 8, p. 981-1014, 2011.
- DAUGSCH, A.; MORAES, C. S.; FORT, P.; PACHECO, E.; LIMA, I. B.; ABREU, J. Á.; PARK, Y. K. Própolis vermelha e sua origem botânica. **Mensagem Doce**, n. 89, p. 2-15, 2006.
- DEHGHANI, S.; HOSSEINI, S. V.; REGENSTEIN, J. M. Edible films and coatings in seafood preservation: A review. **Food Chemistry**, v. 240, p. 505–513, 2018.
- DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. São Carlos: Rima, v. 2, 2005. 784 p.
- DIYANA, Z. N.; JUMAIDIN, R.; SELAMAT, M. Z.; GHAZALI, I.; JULMOHAMMAD, N.; HUDA, N.; ILYAS, R. A. Physical properties of thermoplastic starch derived from natural resources and its blends: A review. **Polymers**, [s. l.], v. 13, n. 9, p. 5–20, 2021.
- DONNELLY, D. M. X.; KEENAN, P. J.; PRENDERGAST, J. P. Isoflavonoids of *Dalbergia ecastophyllum*. **Phytochemistry**, v. 12, p. 1157-1161, 1973.
- EOM, H.; CHANG, Y.; LEE, E.; CHOI, H.-D.; HAN, J. Development of a starch/gum-based edible coating for rice cakes to retard retrogradation during storage. **LWT**, v. 97, p. 516–522, 2018.

FAI, A. E. C.; STAMFORD, T. C. M.; STAMFORD, T. L. M. Potencial biotecnológico de quitosana em sistemas de conservação de alimentos. **Revista Iberoamericana de Polímeros**, v. 9, n. 5, p. 435-451, 2008.

FAKHOURI, F. M; FONTES, L. C. B; GONÇALVES, P. V. M; MILANEZ, C.R; STEEL, C. J; COLLARES-QUEIROZ, F. P. Filmes e coberturas comestíveis compostas à base de amidos nativos e gelatinas na conservação e aceitação sensorial de uvas Crimson. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 2, p. 369-375, 2007.

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2019. Production quantities of Lettuce and chicory by country. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>>. Acesso em: 30 out. 2024.

FARIAS, A. V. **Caracterização das propriedades do amido da crueira de mandioca (Manihot esculenta Crantz) isolado por diferentes métodos de extração**. 2022. 84f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais). Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2022.

FARINA, V.; PASSAFIUME, R.; TINEBRA, I.; PALAZZOLO, E.; SORTINO, G. Use of *Aloe vera* gel-based edible coating with natural anti-browning and anti-oxidant additives to improve post-harvest quality of fresh-cut “Fuji” apple. **Agronomy**, v. 10, n. 4, p. 515, 2020.

FAUSTINO, E. F. A.; FAUSTINO, C. F. A.; LUCAS, G. K. S.; SILVA, R. J.; COSTA, B. L.; SOUSA, P. A.; AROUCHA, E. M. M.; LIMA, M. M.; CARNEIRO, L. C. Uso de revestimento a base de amido de mandioca e quitosana na conservação de passas de caju. **Brazilian Journal of Development**. v. 7, n. 12, p. 120263120277, 2021.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2000, 401 p.

FONSECA, M. J. O. ; SOARES, A. G.; BARBOZA, H. T. G., CARVALHO, M. A. G., NEVES JÚNIOR, A. C. V. Uso de revestimento comestível para extensão da vida útil da goiaba ‘pedro sato’. **Revista de Engenharia na Agricultura**, v. 24, n. 2, p. 101-110, 2016.

FUENTES, C.; CASTAÑEDA, R.; RENGEL, F.; PEÑARRIETA, J. M.; NILSSON, L. Characterization of molecular properties of wheat starch from three different types of breads using asymmetric flow field-flow fractionation (AF4). **Food Chemistry**, [s. l.], v. 298, p. 1-7, 2019.

GALINDEZ, A.; DAZA, L. D.; HOMEZ-JARA, A.; EIM, V. S.; VÁQUIRO, H. A. Characterization of ulluco starch and its potential for use in edible films prepared at low drying temperature. **Carbohydrate Polymers**, v. 215, p. 143–150, 2019.

GALINDEZ, A; DAZAA, L. D; HOMEZ- JARA, A; EIM, V. S.; VÁQUIRO, H. A.; ARTES, F. Panorâmica actual de al Postcosecha Hortofrutícola yde los Productos Vegetales Mínimamente Procesados. In: CURSO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA POSTCOSECHA Y PROCESAD MÍNIMO, 2. 208, Cartagena, Espanha, 2019.

GARCIA, M. A. **Desarrollo de recubrimientos de matriz amilósica para vegetales**. 1999. Tese (Doutorado) – Departamento de Química, Facultad de Ciencia Exactas, Universidad Nacional de La Plata, Argentina.

GRAHAM, D. M. Use of ozone for food processing. **Food Technology**, v. 51, n. 6, p. 72-75, 1997.

- HAN, C.; LEDERER, C.; McDANIEL, M.; ZHAO, Y. Sensory evaluation of fresh strawberries (*Fragaria ananassa*) coated with chitosan-based edible coatings. **Journal Of Food Science**, v. 70, n. 3, p. S172-S178, 2005.
- HENZ, G. P.; SUINAGA, F. Tipos de Alface cultivada no Brasil. Brasília, DF. 2009. Comunicado Técnico 75. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/783588/1/cot75.pdf>>. Acesso em: 31 out. 2024.
- HORTIFRUTI BRASIL. Anuário 2023/2024. Edição especial, Ano 22, nº 240, Dez/23 - Jan/24.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2020. Censo Agropecuário. Disponível em: <<https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/>>. Acesso em: 30 out. 2024.
- JAGGER, I. C.; WHITAKER, T. W.; USELMAN, J. J.; OWEN, W. M. The Imperial strains of lettuce. United States Department of Agriculture, Washington, 15p. 1941. (Circular, 596).
- JESUS FILHO, M.; MACIEL, K. S.; TEIXEIRA, L. J. Q.; TEIXEIRA, L. J. Q. Aplicação de revestimentos comestíveis para conservação de uvas, tecnologia de alimentos: tópicos físicos, químicos e biológicos. **Editora Científica Digital**, v. 3, p. 38-53, 2020.
- JONGSRI, P.; ROJSITTHISAK, P.; WANGSOMBOONDEE, T.; SERAYPHEAP, K. Influence of chitosan coating combined with spermidine on anthracnose disease and qualities of 'Nam Dok Mai' mango after harvest. **Scientia Horticulturae**, v. 224, p. 180– 187, 2017.
- KAWANO, B. R.; MORES, G. V.; DA SILVA, R. F.; CUGNASCA, C. E. Frutas e Hortaliças: tecnologias para a conservação pós-colheita. **Agroanalysis**, p. 29-30, 2016.
- KIM, J. G.; YOUSEF, A. E.; DAVE, S. Application of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of foods: a review. **Journal of Food Protection**, v. 62, n. 9, p. 1071-1087, 1999.
- KUBOTA, N.; TATSUMOTO, N.; SANO, T.; TOYA, K. A simple preparation of half Nacetylated chitosan highly soluble in water and aqueous organic solvents. **Carbohydrate Reserach**, v. 324, n. 4, p. 268-274, 2000.
- KUMAR, M. N. V. R. A review and chitosan applications. **Reactive and Functional Polymers**, v. 46, p. 1-27, 2000.
- LANA, M. M. Perdas e desperdício de hortaliças no Brasil. In: DOLABELLA, R. (coord.). **Perdas e desperdício de alimentos: estratégias para redução**. Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2018.
- LANGLAIS, B.; RECKHOW, D. A.; BRINK, D. R. **Ozone in water treatment: application and engineering**. Chelsea: AWWARF and Lewis Publishers, 1991. 568 p.
- LAPOLLI, F. R.; SANTOS, L. F.; HÁSSEMER, M. E. N.; AISSE, M. M.; PIVELI, R. P. Desinfecção de efluentes sanitários por meio da ozonização. In: GONÇALVES, R. F. (Coord.). **Desinfecção de efluentes sanitários, remoção de organismos patogênicos e substâncias nocivas: aplicação para fins produtivos como agricultura, aquicultura e hidropônica**. Vitória: PROSAB, 2003. p. 169-208.
- LI, Z.; WEI, C. Morphology, structure, properties and applications of starch ghost: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, [s. l.], v. 163, p. 2084–2096, 2020.

LONGHINI, R.; RAKSA, S. M.; OLIVEIRA, A. C. P.; SVIDZINSKI, T. I. E.; FRANCO, S. L. Obtenção de extratos de própolis sob diferentes condições e avaliação de sua atividade antifúngica. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 17, n. 3, p. 388-395, 2007.

LUSTOSA, S. R.; GALINDO, A. B.; NUNES, L. C.C.; RANDAU, K. P.; NETO, P. J. R. Própolis: atualizações sobre a química e a farmacologia. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 18, n. 3, p. 447-454, 2008.

MACHADO, A. L. V. **Conservação pós-colheita de pimenta de cheiro (*Capsicum*) com aplicação de revestimento à base de pectina extraída do albedo de pomelo**. 2020. 41p. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Bacharelado de Engenharia de Alimentos). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Câmpus Rio Verde, Rio Verde, 2020.

MAGGI, M. F.; KLAR, A. E.; JADOSKI, C. J.; ANDRADE, A. R. S. Produção de variedades de alface sob diferentes potenciais de água no solo em ambiente protegido. **Irriga**, v. 11, n. 3, p. 415-427, 2006.

MAJZOBI, M.; FARAHNAKY, A. Granular cold-water swelling starch; properties, preparation and applications, a review. **Food Hydrocolloids**, [s. l.], v. 111, p.1 -11, 2021.

MALDONADE, I. R.; MATTOS, L. M.; MORETTI, C. L. Manual de boas práticas na produção de Alface. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2014. 44 p. (Documentos / Embrapa Hortaliças, 141).

MALI, S.; GROSSMANN, M. V. E.; YAMASHITA, F. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 1, p. 137-156, 2010.

MARCUCCI, M. C. Propriedades biológicas e terapêuticas dos constituintes químicos da própolis. **Q Nova**, v. 19, p. 529-535, 1996.

MARCUCCI, M. C.; FERRERES, F.; VIGUERA, G. C.; BANKOVA, S.; CASTRO, S. L.; DANTAS, A. P.; VALENTE, P. H. M.; PAULINO, N. Phenolic compounds from brazilian propolis with pharmacological activities. **Journal of Ethnopharm**, v. 74, p. 105- 112, 2001.

MATOS, F. J. A.; GOTTLIEB, O. R.; ANDRADE, C. H. S. Flavonoids from *D. ecastophyllum*. **Phytochemistry**, v. 14, p. 825-826, 1975.

MD NOR, S.; DING, P. Trends and advances in edible biopolymer coating for tropical fruit: A review. **Food Research International**, v. 134, p. 1-17, 2020.

MEDEIROS, J. A. da C.; NUNES, I. D. S.; ARAUJO, A. S.; CARVALHO, E. A.; STAMFORD, T. C. M. Nanopartículas de quitosana na conservação e produção de alimentos. **Avanço em ciência e tecnologia dos alimentos**, v. 4, p. 417-429, 2021.

MENDONÇA, A. A. O. **Revestimentos comestíveis na conservação pós-colheita de frutos: uma revisão bibliográfica**. 2023. 47f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Pós- colheita de Produtos Hortifrutícolas). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Petrolina, 2023.

MENEZES, H.; JUNIOR, M. B.; OLIVEIRA, S. D. E.; PAGNOCCA, F. C. Antibacterial properties of propolis and products containing propolis from Brazil. **Apidologie**, v. 28, n. 2, p. 71-76, 1997.

MUZZARELLI, R. A. A.; BOUDRANT, J.; MEYER, D.; MANNO, N.; DEMARCHIS, M.; PAOLETTI, M. G. Current views on fungal chitin/chitosan, human chitinases, food preservation, glucans,

pectins and inulin: A tribute to Henri Braconnot, precursor of the carbohydrate polymers science, on the chitin bicentennial. **Carbohydrate Polymers**, v. 87, p. 995-1012, 2012.

NISPEROS-CARRIEDO, M. O. Edible coatings and films based on polysaccharides. In: KROCHTA, J. M.; BALDWIN, E. A.; NISPEROS-CARRIEDO, M. O. (Ed.). **Edible coatings and films to improve food quality**. Lancaster, PA (USA): Technomic Publishing Co., 1994. p. 305-330.

NISPEROS-CARRIEDO, M. O.; BALDWIN, E. A. Edible coatings for whole and minimally processed fruits and vegetables. **Food Australia**, v. 48, n. 1, p. 27-31, 1996.

OLDONI, T. L. C.; CABRAL, I. C. R.; D'ARCEA, M. A. B. R.; ROSALEN, P. L.; IKEGAKIC, M.; NASCIMENTO, A. M.; ALENCAR, S. M. Isolation and analysis of bioactive isoflavonoids and chalcone from a new type of Brazilian propolis. **Sep Pur Techn**, v. 77, p. 208-213, 2011.

OLIVEIRA, K. T. E. F. **Recobrimento comestível a base de hidroxipropilmetilcelulose e cera de abelha na conservação pós-colheita de caju**. 2020. 66p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, Jaboticabal, 2020a.

OLIVEIRA, L. C. da S. **Avaliação físico-química do abacate com uso de revestimento comestível produzido à base da pectina do pomelo**. 2020. 38p. Trabalho de Curso (Curso de Bacharelado de Engenharia de Alimentos). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Câmpus Rio Verde, Rio Verde, 2020b.

PALOU, L.; SMILANICK, J. L.; CRISOSTO, C. H.; MANSOUR, M. Effect of Gaseous Ozone Exposure on the Development of Green and Blue Molds on Cold Stored Citrus Fruit. **Plant Disease**, v. 85, n. 6, p. 632-638, 2001.

PANAHIRAD, S.; NAGHSHIBAND-HASSANI, R.; MAHNA, N. Pectin-based edible coating preserves antioxidative capacity of plum fruit during shelf life. **Food Science and Technology International**, v. 26, n. 7, p. 583-592, 2020.

PARK, Y. K.; ALENCAR, S. M.; SCAMPARINI, A. R. P.; AGUIAR, C. L. Própolis produzida no sul do Brasil, Argentina e Uruguai: evidências fitoquímicas de sua origem vegetal. **Ciência Rural**, v. 32, n. 6, 997-1003, 2002.

PINSETTA JUNIOR, J. S. **Recobrimento comestível com hidroxipropilmetilcelulose e agentes antiescurecimento em berinjela minimamente processada**. 2018. 58f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2018.

PNUMA - PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE. Relatório do Índice de Desperdício de Alimentos 2024. Pense, coma, economize: rastreando o progresso para reduzir pela metade o desperdício global de alimentos. Repositório de conhecimento - UNEP. UNEP. 2024. Disponível em: <<https://wedocs.unep.org/20.500.11822/45230>>. Acesso em: 10 jan. 2025.

PRANOTO, Y.; SALOKHE, V. M.; RAKSHIT, S. K. Physical and antibacterial properties of alginate-based edible film incorporated with garlic oil. **Food Research International**, v. 38, p. 267-272, 2005.

PRESTES, E. B. **Avaliação da eficiência do ozônio como sanitizante em hortaliças folhosas minimamente processadas**. 2007. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

- RICE, R. G.; ROBSON, C. M.; MILLER, G. W.; HILL, A. B. Uses of ozone in drinking water treatment. **Journal of the American Water Works Association**, v. 73, n. 1, p. 44-47, 1981.
- RICE, S. A.; KOH, K. S.; QUECK, S. Y.; LABBATE, M.; LAM, K. W.; KJELLEBERG, S. Biofilm formation and sloughing in *Serratia marcescens* controlled by quorum sensing and nutrient cues. **Journal of Bacteriology**, v.187, p.3477-3485, 2005.
- RICO, D.; MARTIN-DIANA, A. B.; FRIAS, J. M.; HENEHAN, G. T. M.; BARRY-RYAN, C. Effects of ozone and calcium lactate treatments on browning and texture properties of fresh-cut lettuce. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 86, p. 2179–2188, 2006.
- RINALDI, M. M.; SANDRI, D.; OLIVEIRA, B. N.; SALES, R. N.; AMARAL, R. D. A. Avaliação da vida útil e de embalagens para tomate de mesa em diferentes condições de armazenamento. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 29, n. 2, p. 305-316, 2011.
- RINAUDO, M. Chitin and chitosan: Properties and applications. **Progress in Polymer Science**, v. 31, n. 7, p. 603-632, 2006.
- RUSSEL, A. D.; HUGO, W. B.; AVLIFFE, G. A. J. **Principles and practice of disinfection, preservation and sterilization**. 3. ed. Oxford: Blackwell Science, 1999. 826 p.
- RYDER, E. J. The new salad crop revolution. 2002. Disponível em <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/ncnu02/v5-408.html/>. Acesso em: 10 jan. 2025.
- SALA, F. C; COSTA, C. P. Retrospectiva e tendência da alfacicultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 2, p. 187-194, 2012.
- SALGADO, P. R.; ORTIZ, C. M.; MUSSO, Y. S.; DI GIORGIO, L.; MAURI, A. N. Edible films and coatings containing bioactives. **Current Opinion in Food Science**, v. 5, p. 86-92, 2015.
- SANTOS, A. E. O. dos; ASSIS, J. S. de; BERBERT, P. A.; SANTOS, O. O. dos; BATISTA, P. F.; GRAVINA, G. A. Influência de biofilmes de fécula de mandioca e amido de milho na qualidade pós-colheita de mangas 'Tommy Atkins'. **Agrária**, v. 6, p. 508-513, 2011.
- SEGASPINI, M. J. **Efeito do recobrimento de soluções de Quitosana em alfaces minimamente processadas**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Faculdade de Agronomia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre-RS, 52p., 2014.
- SELMA, M. V.; BELTRAN, D.; ALLENDE, A.; CHACON-VERA, E.; GIL, M. I. Elimination by ozone of *Shigella sonnei* in shredded lettuce and water. **International Journal of Food Microbiology**, v. 24, n. 5, p. 492-499. 2007.
- SHARIFIMEHR, S.; SOLTANIZADEH, N.; HOSSEIN GOLI, S. Effects of edible coating containing nano-emulsion of Aloe vera and eugenol on the physicochemical properties of shrimp during cold storage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 99, n. 7, p. 3604–3615, 2019.
- SHEANE, R.; MCCOSKER, C.; LILLYWHITE, R. **Food waste in primary production: a preliminary study on strawberries and lettuce**. WRAP, 2017. 97p.
- SILVA, A. F. **Revestimentos Comestíveis na Aplicação em Melancia e Melão: adição do adjunto óleo de buriti e vida de prateleira**. 2017. 98f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia). Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, 2020.
- SILVA, S. B.; LUVIELMO, M. M.; GEYER, M. C.; PRÁ, I. Potencialidades do uso do ozônio no processamento de alimentos. **Ciências Agrárias**, v.32, p.659-682, 2011.

- SILVEIRA, A. J.; FINZI, R. R.; CABRAL NETO, L. D.; MACIEL, G. M.; BELOTI, I. F.; JACINTO, A. C. P. Genetic dissimilarity between lettuce genotypes with different levels of carotenoids biofortification. **Nativa**, v. 7, n. 6, p. 656-660, 2019.
- SINGH, T.; VESENTINI, D.; SINGH, A. P.; DANIEL, G. Effect of chitosan on physiological, morphological, and ultrastructural characteristics of wood-degrading fungi. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 62, n. 2, p. 116-124, 2008.
- SINGLA, A.K.; CHAWLA, M. Chitosan: some pharmaceutical and biological aspects-an update. **Journal of Pharmacy and Pharmacology**, v. 53, p. 1047-1067, 2001.
- SMANIOTTO, F.; SANTOS, S. N.; MELO, I. S.; QUEIROZ, S. C. N. Avaliação da atividade antagonista de bactérias acidoláticas contra fungos *Botrytis cinérea*. In CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 12., Campinas - SP, 2018.
- SOARES, A. G.; FREIRE JÚNIOR, M. **Perda de frutas e hortaliças relacionadas a etapa de colheita, transporte e armazenamento**. Desperdício de alimentos: velhos hábitos, novos desafios. Caxias do Sul, RS: Educs, 2018. 417.
- SOUSA, F. F. de. **Conservação de mangas 'Palmer' com recobrimento comestível de hidroxipropilmetilcelulose e cera de abelha**. 2020. 93f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2020.
- SOUSA, J. P.B.; FURTADO, N.; JORGE, R.; SOARES, A. E. E.; BASTOS, J. K. Perfis físico-químico e cromatográfico de amostras de própolis produzidas nas microrregiões de Franca (SP) e Passos (MG), Brasil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 17, p. 85-93, 2007.
- SUINAGA, F. A.; BOITEUX, L. S.; CABRAL, C. S.; RODRIGUES, C. D. S.; CABRAL, C. S.; CECÍLIA, D. S. R. Desempenho produtivo de cultivares de alface crespa. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2013. 15 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 89). Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 89). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/81571/1/bpd-89.pdf>. Acesso em: 30 out. 2024.
- SYNOWIECKI, J.; AL-KHATTEB, N. A. A. Production, properties, and some new applications of chitin and its derivatives. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 43, p. 144-171, 2003.
- TANADA-PALMU, P. S.; PROENÇA, P. D. S. P.; TRANI, P. E.; PASSOS, F. A.; GROSSO, C. R. F. Recobrimento de sementes de brócolos e salsa com coberturas e filmes biodegradáveis. **Bragantia**, v. 64, n. 2, p. 291-297, 2005.
- TAPPIBAN, P.; SMITH, D. R.; TRIWITAYAKORN, K.; BAO, J. Recent understanding of starch biosynthesis in cassava for quality improvement: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 83, p. 167-180, 2018.
- TAVASSOLI-KAFRANI, E.; SHEKARCHIZADEH, H.; MASOUDPOUR-BEHABADI, M. Development of edible films and coatings from alginates and carrageenans. **Carbohydrate Polymers**, v. 137, p. 360-374, 2016.
- THAKUR, R.; PRISTIJONO, P.; SCARLETT, C. J.; BOWYER, M.; SINGH, S. P.; VUONG, Q. V. Starch-based films: Major factors affecting their properties. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 132, p. 1079-1089, 2019.

- THARANATHAN, R. N.; KITTUR, F. S. Chitin - the undisputed biomolecule of great potential. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 43, n. 1, p. 61-87. 2003.
- TONHI E.; PEPLIS A. M. G. Obtenção e caracterização de blendas colágenoquitosana. **Química Nova**, v.25, n.6, p.943-948, 2002.
- TRUSHEVA, B.; POPOVA, M.; BANKOVA, V.; SIMOVA, S.; MARCUCCI, M. C.; MIORIN, P. L.; PASIN, F. R.; TSVETKOVA, I. Bioactive constituents of Brazilian red propolis. **e CAM**, v. 3, p. 249- 254, 2006.
- TURQUETT, L. C. das G. B.; BASTOS, R. A.; DE LIMA, J. P.; VALENTE, G. D. F. S. Avaliação da cobertura comestível elaborada a partir de quitosana, farelo de arroz e fécula de mandioca na conservação pós-colheita de morangos. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 3, p. 33153-33171, 2021.
- VALENCIA-CHAMORRO, S. A.; PALOU, L.; DEL RÍO, M. A.; PÉREZ-GAGO, M. B. Antimicrobial edible films and coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables: A review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 51, n. 9, p. 872–900, 2011.
- VEIGA, P. C. S. **Estudos físico-químicos de N-acetilação de quitosanas em meio homogêneo**. 2011. 101f. Dissertação (Mestrado em Ciências), Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.
- VRIES, I. M. Origin and domestication of *Lactuca sativa* L. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 44, p. 165-174, 1997.
- XYLIA, P.; CHRYSARGYRIS, A.; TZORTLAZAKIS, N. The combined and single effect of marjoram essential oil, ascorbic acid, and chitosan on fresh cut lettuce preservation. **Foods**, v. 10, n. 3, p. 575, 2021.
- YAMASHITA, F.; NAKAGAWA, A.; VEIGA, G. F.; MALI, S.; GROSSMANN, M. V. E. Embalagem ativa para frutos de acerola. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 9, n. 4, p. 95-100, 2006.
- YAMASHITA, F.; NAKAGAWA, A.; VEIGA, G. F.; MALI, S.; GROSSMANN, M. V. E. Filmes biodegradáveis para aplicação em frutas e hortaliças minimamente processadas. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 8, n. 3, p. 335-343, 2005.

Rastreabilidade na pós-colheita de frutas

*Lucas Guilherme Araujo Soares
Aline Rocha
Luciana Souza de Oliveira*



Rastreabilidade na pós-colheita de frutas

Lucas Guilherme Araujo Soares¹

Aline Rocha²

Luciana Souza de Oliveira³

¹Doutorando em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa–MG, Brasil. E-mail: lucas.g.soares@ufv.br

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Petrolina–PE, Brasil. E-mail: aline.rocha@ifsertao-pe.edu.br

³Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Petrolina–PE, Brasil. E-mail: luciana.oliveira@ifsertao-pe.edu.br

Introdução

O Brasil se destaca na produção mundial de frutas e hortaliças, sendo o setor frutícola um grande influenciador da economia, responsável pela geração de renda e pelo desenvolvimento rural (OLIVEIRA; FEITOSA; SOUZA, 2022). Assim, com a crescente demanda de consumo por produtos de origem vegetal, é notório a importância do entendimento de todo o processo da produção e processamento dos produtos agrícolas para consumo humano.

Também, o mercado externo exige o controle de qualidade de todo o sistema de produção de frutas frescas e processadas, desse modo, a utilização de sistemas de rastreabilidade é fundamental para que essas frutas ganhem a confiança do consumidor e participem do comércio exterior (NEVES, 2010).

Todavia, Zhu (2017) ressalta que a importância da qualidade, processamento e segurança dos alimentos perecíveis tem sido amplamente discutida na literatura, e há uma necessidade crescente de um sistema de rastreabilidade que forneça informações transparentes sobre qualidade e segurança em toda a cadeia de abastecimento de alimentos visando reduzir o desperdício.

Desse modo, a rastreabilidade na pós-colheita de frutas é essencial para garantir a qualidade e a segurança dos alimentos (PIGOZZI, 2021). Diante da crescente demanda por produtos vegetais e das exigências do mercado externo, a adoção de sistemas de rastreabilidade permite monitorar e controlar a cadeia de produção, desde o campo até o consumidor final. Essa prática é fundamental para a confiança do consumidor e a competitividade no comércio internacional. Também, a rastreabilidade contribui

significativamente para a gestão eficiente da cadeia de suprimentos, redução de perdas e conformidade com regulamentos de segurança dos alimentos (NEVES, 2010; FERREIRA, 2011).

Ainda, a rastreabilidade na pós-colheita de frutas é um tema de crescente relevância no contexto da produção agrícola moderna. Esta prática envolve o acompanhamento detalhado de toda a trajetória dos produtos, desde o campo até o consumidor final, garantindo a qualidade, segurança e integridade dos alimentos. A rastreabilidade é uma ferramenta essencial para a gestão eficiente da cadeia de suprimentos, permitindo a identificação e correção de possíveis problemas em qualquer ponto do processo de produção e distribuição (NEVES, 2010; BATISTA, 2023).

Vale salientar, a presença de um mercado externo mais exigente em relação ao controle de qualidade de todo o sistema de produção de frutas frescas e processadas, desse modo, a utilização de sistemas de rastreabilidade é fundamental para que essas frutas ganhem a confiança do consumidor e participem do comércio exterior (NEVES, 2010).

Diante desses desafios, a adoção de ferramentas de gestão de segurança e qualidade para frutas e hortaliças vem aumentando significativamente em diversos países, as quais regem diversos processos de comercialização e em alguns casos são utilizadas como barreira não tarifária para produtos exportados aos mercados, bem como comunidades europeia, americana e asiática (MATTOS et al., 2009). Assim, o objetivo desta pesquisa bibliográfica foi fornecer uma visão detalhada e prática sobre a importância da rastreabilidade na pós-colheita de frutas, e buscar analisar as pesquisas disponíveis na literatura para reunir informações relevantes sobre o tema no período de 2002 a 2024. As bibliotecas eletrônicas Google Acadêmico e SciELO Brasil (Scientific Electronic Library Online) foram utilizadas para levantamento das literaturas, utilizando palavras-chave como "rastreabilidade na pós-colheita de frutas", "segurança dos alimentos" e "qualidade de frutas".

Conceitos fundamentais da rastreabilidade

O conceito de rastreabilidade envolve a capacidade de seguir o percurso de um produto através de todas as etapas da produção, processamento e distribuição. Segundo Ferreira (2011), a implementação de sistemas de rastreabilidade nas etapas pós-colheita tem como principais objetivos a redução de perdas, a manutenção da qualidade dos produtos e a conformidade com as exigências regulamentares da segurança dos alimentos. A

rastreabilidade permite a identificação de problemas específicos e a tomada de ações corretivas rápidas, minimizando os riscos de contaminação e garantindo a segurança dos consumidores.

A rastreabilidade na pós-colheita de frutas é uma prática essencial para a garantia da qualidade e segurança dos alimentos. Segundo Leonelli e Toledo (2006), a rastreabilidade permite o monitoramento detalhado de toda a cadeia produtiva, desde a colheita até a comercialização, facilitando a identificação e correção de possíveis falhas no processo. Essa prática é crucial para a conformidade com as regulamentações de segurança dos alimentos, que são cada vez mais rigorosas devido às demandas dos consumidores por alimentos seguros e de alta qualidade (SILVA, 2012).

Além de garantir a segurança dos alimentos, a rastreabilidade também contribui para a transparência e a responsabilidade entre os produtores, processadores e distribuidores de frutas. Denicol Júnior (2010), argumenta que, ao documentar todas as etapas do processo produtivo, é possível identificar e atribuir responsabilidades em caso de falhas ou problemas, além de facilitar a implementação de boas práticas agrícolas e de fabricação, contribuindo para a melhoria contínua dos processos e a elevação dos padrões de qualidade. Isso não só melhora a qualidade do produto final, mas também aumenta a confiança do consumidor e a reputação das empresas agrícolas.

A rastreabilidade é um elemento fundamental para a gestão eficiente da cadeia de suprimentos. De acordo com Leonelli e Toledo (2006), a rastreabilidade permite um controle mais eficiente das condições de armazenamento, transporte e comercialização, minimizando os danos aos produtos e garantindo que os frutos cheguem ao consumidor final em condições ideais. Este controle é particularmente importante para frutas, que são produtos perecíveis e sensíveis a variações de temperatura e umidade.

A rastreabilidade também desempenha um papel crucial na conformidade com as regulamentações de segurança dos alimentos. Segundo Langevin, Dias e Souza (2024), a rastreabilidade é um requisito fundamental para a exportação de produtos agrícolas, sendo crucial para a competitividade no mercado global. As regulamentações de segurança dos alimentos são cada vez mais rigorosas, e a capacidade de rastrear e documentar todas as etapas da cadeia produtiva é essencial para a conformidade com essas regulamentações e para a garantia da qualidade e a segurança desses alimentos.

A rastreabilidade contribui para a redução de perdas pós-colheita. A implementação de sistemas de rastreabilidade permite um controle mais eficiente das condições de armazenamento e transporte, minimizando os danos aos produtos e garantindo que os frutos cheguem ao consumidor final em condições ideais (ROSA et al., 2018; PIGOZZI, 2021; BISPO et al., 2024). Este controle é particularmente importante para frutas, que são produtos perecíveis e sensíveis a variações de temperatura e umidade.

A capacidade de monitorar e controlar todas as etapas da cadeia produtiva permite a identificação e correção de problemas específicos, reduzindo as perdas e garantindo a qualidade dos produtos. Wognum et al. (2011) argumentam que a rastreabilidade também promove a transparência e a responsabilidade entre os produtores, processadores e distribuidores de frutas.

A rastreabilidade é uma ferramenta poderosa que não só melhora a qualidade dos produtos agrícolas, mas também aumenta a confiança do consumidor e a competitividade das empresas no mercado global. A implementação eficaz de sistemas de rastreabilidade é fundamental para a garantia da qualidade e segurança dos alimentos, e requer um compromisso contínuo com a melhoria dos processos e a adoção de tecnologias avançadas (LOPES, 2007).

Benefícios da rastreabilidade na pós-colheita de frutas

A introdução da rastreabilidade na fruticultura traz consigo uma série de vantagens significativas. Em destaque a garantia da segurança dos alimentos, pois a rastreabilidade permite rastrear a origem dos produtos, identificar rapidamente possíveis problemas como contaminação ou doença e tomar medidas corretivas eficazes (DONEGÁ et al., 2020). Além disso, a rastreabilidade na fruticultura contribui para manter a qualidade do produto, pois os agricultores podem rastrear e monitorar as práticas agrícolas adotadas, como a aplicação de defensivos, e garantir o cumprimento dos padrões de qualidade estabelecidos (NEVES, 2010).

Um outro benefício importante da rastreabilidade na cadeia de produção de frutas é a confiança do consumidor. Pois, com acesso a informações sobre a origem e o histórico dos produtos, o consumidor se sente mais seguro na hora de realizar a compra. Isto é particularmente importante num cenário em que os consumidores estão cada vez mais preocupados com a segurança e a qualidade dos alimentos que consomem (NEVES, 2010).

Além disso, vale salientar que a rastreabilidade na produção de frutas facilita o cumprimento de regulamentações e normas estabelecidas por autoridades governamentais e órgãos reguladores. Em que, por meio da rastreabilidade, os fabricantes podem documentar e demonstrar conformidade com requisitos legais, como padrões de qualidade, segurança dos alimentos e proteção ambiental (MARTINS; BISPO; NONNENBERG, 2023).

Também, o segmento de frutas *in natura* é um dos que mais se destaca atualmente no setor de alimentos. O mercado está cada vez mais receptivo a novas variedades de frutas, especialmente aquelas que apresentam excelente qualidade sensorial, como sabor, textura e aroma, aliadas a altos padrões de sanidade. Além disso, fatores como preços competitivos, transparência nos custos e uma oferta constante ao longo do ano são diferenciais importantes para atender à demanda crescente dos consumidores, que buscam produtos saudáveis e sustentáveis (CUNHA, 2002). Deste modo, o acompanhamento detalhado da cadeia de produção ajuda a garantir que as frutas sejam cultivadas, colhidas e transportadas dentro dos padrões de qualidade estabelecidos. Isso é essencial para assegurar o frescor e a manutenção das características nutricionais e sensoriais do produto (DORNFELD, 2007).

Ferreira (2011), em seu estudo a respeito das tecnologias pós-colheitas em frutas e hortaliças aborda que a rastreabilidade na pós-colheita de frutas tem se mostrado uma prática vital para assegurar a qualidade e a segurança dos alimentos em toda a cadeia produtiva. A análise dos conceitos apresentados revela que a rastreabilidade não só contribui para o monitoramento eficiente do processo produtivo, mas também para a mitigação de riscos associados à contaminação e à deterioração das frutas durante o armazenamento e o transporte.

Conforme destacado por Leonelli e Toledo (2006), a rastreabilidade permite um monitoramento detalhado desde a colheita até a comercialização dos frutos. Este monitoramento é crucial para a identificação de possíveis falhas ao longo da cadeia produtiva, permitindo a correção em tempo hábil e minimizando o impacto sobre a qualidade final do produto. A rastreabilidade, ao documentar todas as etapas do processo, oferece uma visão abrangente que facilita a gestão da cadeia de suprimentos, conforme também discutido por Ferreira (2011).

Normas e regulamentos relacionados à rastreabilidade de frutas

Segundo a Associação Brasileira dos Exportadores de Frutas e Derivados (ABRAFRUTAS), a rastreabilidade na fruticultura é regida pela Instrução Normativa nº 2/2018 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Este regulamento estabelece os requisitos para a introdução de um sistema de rastreabilidade de frutas frescas destinadas aos mercados interno e externo. Assim, estipula a obrigatoriedade de identificação dos lotes e rastreabilidade individual dos produtos, desde a produção até o consumidor final. Seu foco principal é definir os procedimentos para a rastreabilidade de produtos vegetais frescos destinados à alimentação humana, com o objetivo de monitorar e controlar resíduos de agrotóxicos. Quanto à identificação, selo e código de barras, a IN nº 2/2018 não estabelece um modelo específico. A identificação dos produtos pode ser feita por meio de diferentes mecanismos, desde que permitam o rastreio completo da cadeia produtiva.

No Brasil a Lei nº 13.123/2015 estabelece regras de acesso aos recursos genéticos e conhecimentos tradicionais relacionados, incluindo a rastreabilidade dos produtos agrícolas (BRASIL, 2015). Essa lei exige a identificação e rastreabilidade dos recursos genéticos utilizados na produção de frutas e garante a rastreabilidade desde a origem até o consumo final.

Além disso, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) possui regulamentação específica sobre rastreabilidade de alimentos, como a Resolução RDC nº 24/2015. Esta resolução estabelece diretrizes e requisitos técnicos para a implementação da rastreabilidade na cadeia produtiva de alimentos, incluindo frutas. Ademais, estabelece as responsabilidades dos vários atores envolvidos na cadeia alimentar e estabelece os procedimentos necessários à rastreabilidade, como o registo de informação sobre a origem, destino, transporte e armazenamento dos alimentos.

As regulamentações internacionais também afetam a rastreabilidade na fruticultura. A Organização Mundial do Comércio (OMC) estabelece acordos e normas destinadas a facilitar o comércio global e garantir a segurança dos alimentos. Por exemplo, o Acordo da OMC sobre a Aplicação de Medidas Sanitárias e Fitossanitárias (Acordo SPS) contém disposições relativas à rastreabilidade no cultivo de frutas (BAENA, 2005). Os países que fazem parte desse acordo devem tomar medidas para garantir a rastreabilidade dos produtos agrícolas para evitar riscos à saúde e ao meio ambiente (BRASIL, 2023).

Tecnologias e sistemas de rastreabilidade na fruticultura

O uso de tecnologias e sistemas de rastreabilidade, que permitem o acompanhamento preciso da trajetória dos produtos desde a produção até o consumo, tem papel fundamental. Nesse cenário se destaca a utilização do código de barras, que pode ser aplicado na embalagem do produto e contém informações como local e data de produção, além de informações sobre o produtor e tipo de fruta. Onde, a leitura do código de barras permite traçar o histórico do produto ao longo da cadeia, o que facilita a identificação de possíveis problemas e auxilia na tomada de decisões (SANTOS et al., 2022).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) instituiu o programa de Produção Integrada de Frutas (PIF), com o intuito de garantir alta qualidade às frutas brasileiras, visando aumentar sua competitividade no mercado internacional. Esse programa implementa um sistema de rastreabilidade na cadeia produtiva, que confere ao produtor um selo de certificação, assegurando ao exportador a conformidade com padrões de qualidade. Quando o produtor cumpre as normas estabelecidas pela PIF, ele pode buscar pela certificação do seu produto por meio de uma certificadora independente, que visa conceder ao produtor o selo Brasil Certificado, que pode ser incluído nas embalagens de seus produtos (CINTRA; VITTI; BOTEON, 2003).

Além disso, sistemas de rastreabilidade baseados em tecnologias como a Internet das Coisas (IoT) têm ganhado espaço na fruticultura. No qual, sensores são colocados em árvores ou em embalagens de frutas que permitem monitorar informações como temperatura, umidade e condições de transporte. Todos esses dados são coletados em tempo real e podem ser acessados por meio de aplicativos ou plataformas online, permitindo que os fabricantes tenham mais controle sobre o processo produtivo e identifiquem rapidamente possíveis problemas (RAMANHO et al., 2020).

As tecnologias emergentes, como a Internet das Coisas (IoT) e a utilização de códigos de barras avançados, estão revolucionando a rastreabilidade na fruticultura, conforme evidenciado por Ramanho et al. (2020) e Santos et al. (2022). Estas tecnologias permitem uma coleta de dados em tempo real e uma gestão mais eficiente dos processos, facilitando a tomada de decisões e a implementação de ações corretivas. O uso dessas tecnologias está diretamente ligado à elevação dos padrões de qualidade e à competitividade no mercado global, como discutido por Lopes (2007).

A rastreabilidade de frutas envolve a aplicação de tecnologias avançadas que garantem a segurança e a integridade dos produtos ao longo da cadeia de suprimentos. Alencar (2014) em seu trabalho sobre rastreabilidade na fruticultura irrigada no Vale do São Francisco , destaca a identificação por radiofrequência (*radiofrequency identification* – RFID) pela sua capacidade de facilitar o controle de toda a cadeia produtiva em tempo real, e aborda que a RFID é eficaz na rastreabilidade de frutas devido à sua habilidade de armazenamento, informações fornecidas, como a origem e as condições de transporte dos produtos, contribuindo para uma maior transparência e controle de qualidade na cadeia logística. A integração dessa tecnologia com sistemas de gestão de informações tem sido crucial para otimizar processos logísticos e reduzir erros humanos, refletindo em uma melhoria na rastreabilidade e na segurança dos alimentos.

Desafios e obstáculos na implementação da rastreabilidade de frutas

A implementação da rastreabilidade na produção de frutas enfrenta diversos desafios e obstáculos que podem impedir sua adoção plena e efetiva. Um dos principais problemas é a falta de padronização dos sistemas de rastreabilidade e tecnologias utilizadas. Cada região ou país pode adotar diferentes sistemas e métodos, criando dificuldades na integração e compartilhamento de informações em toda a cadeia de abastecimento. Segundo estudo de Moreira et al. (2018), intitulado “Os desafios da modernização das CEASAS no Brasil”, essa falta de padronização leva a barreiras para a interoperabilidade dos sistemas e pode comprometer a eficácia da rastreabilidade. A falta de padronização na rastreabilidade de frutas, mesmo após a publicação da Instrução Normativa nº 2/2018 do MAPA, é pertinente e reflete uma realidade complexa, pois a agricultura, especialmente a fruticultura, envolve uma grande diversidade de produtores, desde pequenos agricultores familiares até grandes empresas agroindustriais. Cada um possui suas particularidades e recursos tecnológicos, dificultando a adoção de um sistema único.

Outro desafio na implementação da rastreabilidade na fruticultura é o custo associado à adoção de tecnologias e sistemas necessários. Pois, a aquisição de equipamentos, a instalação de sensores e a integração de sistemas exigem investimentos significativos por parte de fabricantes e empresas da cadeia de suprimentos. Além disso, há também despesas associadas com treinamento de pessoal e manutenção do sistema.

Por fim, a falta de conscientização e envolvimento de todos os colaboradores que fazem parte da cadeia produtiva é um desafio a ser enfrentado. Em que, estabelecer a rastreabilidade requer cooperação e comprometimento de fabricantes, distribuidores, varejistas e consumidores. Com isso, todos devem entender a importância da rastreabilidade para garantir a segurança dos alimentos e a qualidade do produto. Segundo observado no estudo de Ferreira (2022), intitulado “Os desafios da rastreabilidade alimentar na sociedade de risco: uma análise da implementação da rastreabilidade de hortifruti em Santa Catarina”, destaca a necessidade de programas educativos e campanhas de conscientização para superar essa barreira.

Considerações finais

A rastreabilidade é uma ferramenta indispensável para a gestão da qualidade e segurança na pós-colheita de frutas.

A falta de padronização e os custos elevados associados à rastreabilidade são desafios a serem enfrentados, pois os benefícios associados, como a redução de perdas e a transparência na cadeia produtiva, superam as dificuldades.

A adoção de tecnologias avançadas, como a internet das coisas (IoT), a identificação por radiofrequência (RFID), os códigos de barras e os selos de certificação, aliada à conscientização dos atores envolvidos, é essencial para a implementação eficaz da rastreabilidade, garantindo não só a segurança dos alimentos, mas também a competitividade no mercado global.

Faz-se necessária a conscientização dos produtores e dos demais elos da cadeia produtiva sobre a eficiência da rastreabilidade na pós-colheita de frutas. Bem como, um maior apoio financeiro por entidades governamentais e participação direta das empresas atuantes nesse sistema, com difusão de seus resultados para os demais produtores interessados em aderir ao sistema de rastreio da cadeia produtiva.

Referências bibliográficas

ABRAFRUTAS - Associação Brasileira dos Produtores Exportadores de Frutas e Derivados. Instrução Normativa nº 2/2018 - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/compras/pt-br/aceso-a-informacao/legislacao/instrucoes-normativas/instrucao-normativa-no-2-de-29-de-marco-de->

2018. Acesso em: 20 jun. 2024.

ALENCAR, J. C. C. D. **Um framework para rastreamento de produtos em cadeias logísticas de fruticultura irrigada no Vale do São Francisco**. 2014. 127f. Dissertação (Ciência da Computação). Universidade federal de Pernambuco, Recife, 2014.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 24, de 8 de junho de 2015. Diário Oficial da União, Brasília, DF. Disponível em: http://www.saude.pi.gov.br/uploads/divisa_document/file/261/RDC_24_2015.pdf. Acesso em: 18 jun. 2024.

BAENA, L. O acordo sobre a aplicação de medidas sanitárias e fitossanitárias. **Revista de Informação Legislativa**, v. 42, n. 165, p. 135-140, 2005. Disponível em: https://www12.senado.leg.br/ril/edicoes/42/165/ril_v42_n165_p135.pdf. Acesso em: 25 jun. 2024.

BATISTA, T. F. F. **Análise de dados de rastreabilidade para tomada de decisões a partir do acompanhamento em tempo real do processo produtivo: um estudo de caso voltado a melhoria contínua no processo produtivo**. 2023, 70f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia da Produção), Universidade Federal de Pernambuco. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/50632/7/Thiago%20Francisco%20Ferreira%20Batista%20TCC.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2024.

BISPO, S. Q. A.; SILVA, F. A.; MARTINS, M. M. V.; NONNENBERG, M. J. B.; DA SILVA VIANNA, R. **Da fazenda ao mundo: Como a rastreabilidade afeta o comércio internacional do agronegócio?** Brasília: Ipea, 2024. 57p.

BRASIL. Lei nº 13.123, de 20 de maio de 2015. Diário Oficial da União, Brasília, DF. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13123.htm. Acesso em: 15 jul. 2024.

BRASIL. Ministério das Relações Exteriores. Acordo SPS - Medidas Sanitárias e Fitosanitárias da OMC. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mre/pt-br/delbrasomc/brasil-e-a-omc/acordo-sps>. Acesso em: 14 jul. 2024.

CINTRA, R. F.; VITTI, A.; BOTEON, M. Análise dos impactos da certificação das frutas brasileiras para o mercado externo. In: CONGRESSO DA SOBER, 41., 2003, Juiz de Fora-MG. **Resumos...** Juiz de Fora: Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 2003. 8p. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/hortifruti>>. Acesso em: 14 jul. 2024.

CUNHA, P. R. A. Estamos prontos para a rastreabilidade?. **Agropecuária Catarinense**, v. 15, n. 3, p. 66-66, 2002.

DENICOL JÚNIOR, S. **A produção integrada de maçã frente às exigências do mercado internacional de frutas**. 2010. 98f. Dissertação (Administração). Universidade de Caxias do Sul, 2010.

DONEGÁ, M. V. B.; PEREIRA, C. F.; DA SILVA, S. C. P.; DE SOUZA, L. A. N.; SANTIAGO, J. L.; AGUIAR, O. D. C. M.; TRINDADE, L. L. L. Índice de rastreabilidade para produtos orgânico da agricultura familiar na Amazônia Brasileira. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 57760-57779, 2020.

DORNFELD, H. C. **A padronização e classificação de fruta como ferramenta de gestão: um**

estudo na comercialização de pêsego e nectarina. 2007.127f. Dissertação (Engenharia de Produção). Universidade federal de São Carlos, 2007.

FERREIRA, F. Z. **Os desafios da rastreabilidade alimentar na sociedade de risco: uma análise da implementação da rastreabilidade de hortifruti em Santa Catarina.** 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências Sociais), Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/235236>. Acesso em: 17 jul. 2024.

FERREIRA, M. D. **Tecnologias pós-colheita em frutas e hortaliças.** São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2011. 286 p.

LANGEVIN, C. C.; DIAS, E. C. N. G.; SOUZA, M. V. de. **Recomendações de políticas multissetoriais para rastreabilidade digital na cadeia de alimentos.** 1. ed. São Paulo: FIPT, Centro para Quarta Revolução Industrial do Brasil - C4IRBrasil, 2024. (IPT Publicação, 3057). PDF. Disponível em: <https://c4ir.org.br/wpcontent/uploads/2024/02/RecomendacoesRastreabilidade.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2024.

LEONELLI, F. C.; DE TOLEDO, J. C. **Rastreabilidade em cadeias agroindustriais: conceitos e aplicações.** Ed 1: São Carlos - SP, Circular Técnica 33, 7p. 2006.

LOPES, P. R. C. Boas práticas agrícolas, certificação e rastreabilidade. 2007. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/159362/1/OPB1399.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2024.

MARTINS, M. M. V.; BISPO, S. Q. A.; NONNENBERG, M. J. B. **Normas Voluntárias de Sustentabilidade (NVS) e implicações sobre as exportações de produtos do agronegócio: Frutas.** Brasília : Ipea, 2023. 85 p. (Texto para Discussão, n. 2931).

MATTOS, L. M.; MORETTI, C. L.; DE MOURA, M. A.; MALDONADE, I. R.; SILVA, E. Y. Y. D. Produção segura e rastreabilidade de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 04, p. 408-413, 2009.

MOREIRA, M. M.; RODRIGUES, A. C. G.; OLIVEIRA, G. P. C.; MORAIS, L. C. C. Os desafios da modernização das CEASAS no Brasil. **Revista Hortifruti Brasil**, ano 17, n. 181, 2018. 30p. Disponível em: <https://www.hfbrasil.org.br/br/revista/os-desafios-da-modernizacao-das-ceasas-do-brasil.aspx> Acesso em: 15 ago. 2024.

NEVES, É. G. F. **Caracterização da produção e qualidade da manga Ubá e goiaba e validação de um sistema de rastreabilidade para a fruticultura da Zona da Mata mineira.** 2010. 210f. Tese (Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal de Viçosa, 2010.

OLIVEIRA, E.; FEITOSA, B.; SOUZA, R. (Org.). **Tecnologia e processamento de frutas: doces, geleias e compotas.** E-book. 2022. Disponível em: <https://proedu.rnp.br/bitstream/handle/123456789/1822/Tec.%20e%20Proc.%20de%20Frutas%20-%20E-Book.pdf?sequence=1>. Acesso em: 25 jul. 2024.

PIGOZZI, K. V. **Utilização e avaliação da cadeia do frio para conservação de alimentos: um foco nas perdas e no desperdício de frutas e hortaliças.** 2021, 65f . Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos), Universidade Federal de Santa Catarina, 2021.

RAMANHO, T. S.; WEISS, M. C.; MELO, V. A. Z. C.; KOFUJI, S. T. Internet das Coisas a Serviço

da Defesa: proposição de um sistema de rastreamento de armamentos. **Revista de Administração, Sociedade e Inovação**, v. 6, n. 1, p. 43-59, 2020.

ROSA, C. I. L. F.; MORIBE, A. M.; YAMAMOTO, L. Y., SPERANDIO, D. Pós-colheita e comercialização. **Hortaliças-fruto**. EDUEM, p. 489-526, 2018.

SANTOS, O. S.; MENDES, E. A.; CONCEIÇÃO, M. M.; SILVA, A. V. D.; DE OLIVEIRA, E. S. A importância do código de barras na cadeia de suprimento para uma empresa do ramo de fundição. **Revista Educação-UNG-Ser**, v. 17, n. 2, p. 7-22, 2022.

SILVA, I. J. O. **A rastreabilidade dos produtos agropecuários do Brasil destinados à exportação**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2012. 40p.

WOGNUM, P. N.; BREMMERS, H.; TRIENEKENS, J.H.; VAN DER VORST, J.G.; BLOEMHOF, J.M. Sistemas para sustentabilidade e transparência de cadeias de suprimento de alimentos – Situação atual e desafios. **Advanced Engineering Informatics**, v. 25, n. 1, p. 65-76, 2011.

ZHU, L. Economic analysis of a traceability system for a two-level perishable food supply chain. **Sustainability**, v. 9, n. 5, 682, 2017. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/9/5/682>. Acesso em: 07 jul. 2024.

Conservação pós-colheita do coentro: uma análise das principais técnicas e estratégias

*Larissa Nicácio Pessoa
Jarbas Florentino de Carvalho
Andréa Nunes Moreira*



Conservação pós-colheita do coentro: uma análise das principais técnicas e estratégias

Larissa Nicácio Pessoa¹

Jarbas Florentino de Carvalho²

Andréa Nunes Moreira³

¹Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN. E-mail: larissanicaciopessoa@gmail.com

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Floresta-PE, Brasil. E-mail: jarbas.carvalho@ifsertao-pe.edu.br

³Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Petrolina-PE, Brasil. E-mail: andrea.nunes@ifsertao-pe.edu.br

Introdução

O *Coriandrum sativum* L., popularmente conhecido como coentro (Figura 1), destaca-se no cenário agrícola brasileiro não apenas pelo seu amplo uso culinário e medicinal, mas também pelo seu potencial como matéria-prima para a produção de óleo vegetal.

Figura 1 - Cultura do coentro orgânico.



Fonte: Autor (2025).

Essa relevância é especialmente significativa para pequenos agricultores das regiões Norte e Nordeste, onde sua produção representa uma importante fonte de renda

(SANTANA et al., 2023). Além disso, por ser rico em vitaminas e minerais como ferro e cálcio, o coentro desempenha um papel fundamental na sustentabilidade alimentar, podendo ser consumido *in natura* ou utilizado como condimento (BRANDÃO et al., 2022; OLIVEIRA et al., 2015).

Apesar da sua importância, grande parte da produção de coentro ainda segue métodos tradicionais transmitidos entre gerações, sem a incorporação de tecnologias modernas, especialmente no que se refere ao manejo pós-colheita (ALMEIDA et al., 2019). Essa limitação torna essencial a adoção de técnicas de manejo e conservação para minimizar perdas, garantindo a redução da perda de água, a preservação da coloração e a manutenção do metabolismo da planta (OLIVEIRA et al., 2015). Além disso, a qualidade do coentro pode ser comprometida por fatores como ataques de patógenos, variações de temperatura e danos físicos, o que reforça a necessidade de pesquisas voltadas para práticas de cultivo mais eficientes (FERREIRA et al., 2024; FORLANI; RIVA NETO, 2022).

As perdas pós-colheita representam um problema significativo para a cadeia produtiva do coentro, afetando diretamente a disponibilidade de alimentos e agravando a insegurança alimentar. Esse desperdício não se limita à perda do próprio vegetal, mas também implica um uso ineficiente de recursos agrícolas, como água e mão de obra (MARANGONI et al., 2022). No campo, o manuseio inadequado por trabalhadores não qualificados pode causar danos mecânicos e aumentar o risco de contaminação. Já nas etapas de armazenamento e transporte, a ausência de controle de temperatura e o uso de embalagens inadequadas aceleram a deterioração do coentro e de outras hortaliças, reduzindo sua vida útil e comercialização (AHUMADA; VILLALOBOS, 2011).

A incapacidade dos pontos de venda em armazenar grandes quantidades de hortaliças agrava ainda mais o problema, resultando no descarte frequente de produtos sensíveis, como coentro e pimentão (MARANGONI et al., 2022; PIMENTEL et al., 2024). Diante desse cenário, a bibliometria surge como uma ferramenta valiosa para mapear pesquisas sobre perdas pós-colheita, permitindo identificar tendências e direcionar estudos futuros (DONTHU et al., 2021).

Assim, o principal objetivo deste trabalho foi analisar a evolução das pesquisas sobre a pós-colheita do coentro, investigando tendências, metodologias aplicadas e lacunas de conhecimento ao longo dos últimos 20 anos. A pesquisa foi baseada em uma

revisão sistemática no método PRISMA, utilizando dados das bases Scopus e Google Acadêmico e uma análise bibliométrica para identificar características como ano de publicação, autores, periódicos, número de citações, países de publicação e palavras-chave (post-harvest quality of coriander), permitindo compreender as tendências e lacunas na literatura sobre o tema.

A cultura do coentro

O coentro é uma planta anual da família Apiaceae, originária da região do Mediterrâneo. Seu uso remonta à antiguidade, sendo mencionado nos registros do Papiro de Ebers, datado de 1550 a.C., o que evidencia sua relevância desde as primeiras civilizações. Atualmente, continua amplamente consumido em diversas partes do mundo, tanto por suas propriedades culinárias quanto terapêuticas (WEI et al., 2019).

O coentro possui características botânicas que favorecem sua versatilidade, com altura variando entre 25 e 60 cm, raiz pivotante, caule cilíndrico pouco ramificado e folhas recortadas, que mudam de formato ao longo da planta. Suas flores pequenas, organizadas em inflorescências do tipo umbela, dão origem a frutos globosos e aromáticos, amplamente utilizados na culinária e na indústria, especialmente para a extração de óleos essenciais (FILGUEIRA, 2003; LINHARES et al., 2015).

Adaptado a diferentes condições edafoclimáticas, o coentro é uma cultura de baixa exigência em relação ao tipo de solo, tolerando acidez moderada e apresentando bom desempenho em solos ricos em nutrientes essenciais. Embora cresça bem em temperaturas elevadas, sua sensibilidade ao frio pode limitar o cultivo em regiões com invernos rigorosos, exigindo técnicas específicas de manejo (FILGUEIRA, 2003; LINHARES et al., 2015).

A importância socioeconômica do coentro é significativa, sendo uma fonte de renda relevante para pequenos produtores e um produto valorizado nos mercados gastronômico, farmacêutico e cosmético. Em 2017, o Brasil produziu cerca de 120.535 toneladas da cultura, com destaque para as regiões Norte e Nordeste. Estudos recentes, como o de Ferreira et al. (2024), demonstram que o uso de adubos verdes melhora os atributos físico-químicos da planta, aumentando teores de vitamina C, clorofilas e carotenoides. Essa abordagem não apenas otimiza a qualidade pós-colheita, mas também

promove a sustentabilidade da produção, contribuindo para a redução do uso de agroquímicos e o fortalecimento da agricultura orgânica.

Perdas na colheita do coentro

A produção de coentro no Brasil é amplamente baseada em métodos tradicionais que frequentemente utilizam agrotóxicos, resultando em impactos ambientais negativos e comprometendo a qualidade alimentar. Estima-se que 30% dos alimentos produzidos no país sejam desperdiçados ao longo da cadeia produtiva, desde o plantio até o consumo final. Esse cenário ressalta a necessidade de adotar tecnologias sustentáveis e estratégias para reduzir perdas, alinhando-se a metas globais de sustentabilidade e segurança alimentar (PINHEIRO et al., 2019; PIMENTEL et al., 2024; SANTANA et al., 2023).

Dentre as alternativas sustentáveis, o uso de biofertilizantes e adubos orgânicos (Figura 3A) tem se mostrado eficiente na redução de desperdícios e na melhoria da qualidade do solo e dos produtos agrícolas. Técnicas como a solarização do solo (Figura 3B), que utiliza filmes plásticos para aumentar a temperatura e controlar patógenos, também apresentam benefícios significativos. Além disso, a adição de matéria orgânica durante esse processo favorece o aumento de microrganismos benéficos, auxiliando na supressão de doenças e na disponibilidade de nutrientes essenciais às plantas (SILVA JÚNIOR et al., 2022).

Figura 3 - Tecnologias orgânicas, cobertura com adubação orgânica (A) e Solarização do solo (B).



Fonte: Autor (2025).

Além do manejo sustentável durante o cultivo, práticas eficientes na colheita e na pós-colheita são fundamentais para minimizar perdas. O transporte inadequado, a falta de armazenagem apropriada e embalagens que não preservam a qualidade dos produtos contribuem para desperdícios consideráveis. No entanto, avanços tecnológicos, como rastreamento em tempo real da temperatura, câmaras refrigeradas e atmosferas modificadas, têm melhorado a conservação do coentro e outros produtos agrícolas. Adicionalmente, revestimentos especiais nas embalagens ajudam a reduzir a perda de água e oxigênio, prolongando a vida útil dos alimentos e minimizando danos causados por patógenos (GARCÍA; MARTINEZ; RODRIGUEZ, 2022; SWETHA et al., 2023).

Tecnologias para conservação do coentro

O coentro é uma fonte rica em compostos bioativos e aromáticos, especialmente quando consumido fresco, devido à elevada concentração de antioxidantes e compostos voláteis que conferem suas propriedades funcionais. Entretanto, desafios na produção, transporte e armazenamento comprometem sua qualidade, tornando necessário o desenvolvimento de técnicas de processamento e conservação para minimizar perdas e prolongar sua durabilidade (EL-ZAEDDI et al., 2017; LYCZKO et al., 2021).

Diante da crescente demanda, estudos indicam que métodos como desidratação, resfriamento e uso de embalagens com atmosfera modificada são eficazes na preservação dos atributos sensoriais e nutricionais do coentro. Técnicas de secagem têm sido testadas para identificar processos que minimizem a degradação dos compostos voláteis. Segundo Kaur et al., (2006), folhas tratadas com soluções químicas seguidas de secagem em equipamentos específicos apresentaram melhor qualidade em comparação a outros métodos.

O resfriamento também tem se mostrado uma alternativa viável, prolongando as características físico-químicas da planta por até oito dias, reduzindo a senescência e mantendo o sabor e a coloração das folhas (SANTANA et al., 2023). Além disso, embalagens adequadas ajudam a prolongar a vida útil do coentro, oferecendo uma solução eficaz para produtores e comerciantes que buscam minimizar perdas e garantir a qualidade do produto até o consumo final.

Análise bibliométrica

A análise bibliográfica identificou 20 artigos relacionados com o tema qualidade pós-colheita do coentro, evidenciando a escassez de pesquisas nessa área. De acordo com os artigos a distribuição sobre o tema é distribuída de forma desigual entre os países, com a Índia liderando as publicações, representando 55% dos estudos e se destacando como referência na pesquisa sobre a cultura. O Brasil ocupa a segunda posição, contribuindo com 15% das publicações, enquanto Egito, Polônia, Espanha, África, Irã e Omã possuem participação equivalente de 5% cada. Esses dados refletem diferenças nos investimentos em pesquisa, infraestrutura acadêmica e prioridades científicas entre as nações (Figura 4).

Figura 4: Produção científica anual de artigos sobre qualidade de pós-colheita de coentro.



Fonte: Autor (2025).

As primeiras publicações datam o início dos artigos com esse tema em 2006, com uma trajetória marcada por oscilações na frequência de estudos ao longo do tempo. O ano de 2020 se destacou como o mais produtivo, representando 18,2% das publicações analisadas, seguido por 2023, com 13,6%. Já os anos de 2024, 2021, 2019 e 2016 apresentaram uma contribuição equivalente de 9,1% cada (Quadro 1). Essa distribuição indica uma concentração relativa da produção científica em determinados períodos, sugerindo a influência de fatores externos ou contextuais, como avanços tecnológicos, mudanças nas prioridades de pesquisa e eventos globais, como a pandemia.

Quadro 1 -Trabalhos publicados nos últimos 20 anos sobre qualidade pós-colheita para a cultura do coentro.

AUTORES	TÍTULO	OBJETIVO	RESULTADOS	CITAÇÕES	REVISTA
Ferreira et al. (2024)	Effects of soil amendments with green biomass on quality indices of coriander	Avaliar os efeitos da incorporação de adubo verde, sobre a qualidade de coentro cultivados em uma única estação em condições semiáridas	Máxima eficiência: Sabor (10,43 °Brix/% ácido málico); Teor de açúcares solúveis totais (3,71 °Brix). Maiores concentrações: Vitamina C (69,19 mg 100 g ⁻¹), Clorofila 'a' (0,69 mg g ⁻¹), Clorofila 'b' (0,16 mg g ⁻¹), Clorofila total (0,84 mg g ⁻¹) e Carotenóides (0,19 mg g ⁻¹).	0	Revista Caatinga
Hassan e Zinhom (2024)	Influence of pest infestation, type of packages and different storage periods on seeds and essential oil composition of Coriander, <i>Coriandrum sativum</i> L. Family: Apiaceae	Concentra-se no óleo de coentro afetado por lesões nas plantas causadas por insetos pré e pós- colheita, armazenamento e embalagem	O armazenamento de sementes de coentro em diferentes tipos de embalagens é acompanhado de alterações químicas e físicas da qualidade das sementes de coentro. Além disso, a infestação por diferentes pragas na pré e pós-colheita provoca alterações no componente do óleo da semente dos frutos de coentro.	0	Egyptian Journal of Chemistry
Swetha et al. (2023)	Enhancing shelf life of palak and coriander through modified atmosphere packaging under diverse storage environments	Aumentar a vida útil do coentro e do palak utilizando diferentes materiais de embalagem e diferentes composições de gases, preservando a qualidade	A embalagem adequada e a composição do gás aumentaram significativamente a vida útil destas folhas verdes, oferecendo benefícios potenciais tanto para produtores como para consumidores. palak tinha vida útil mais longa quando armazenado sob refrigeração, até 14 dias, enquanto o coentro podia ser mantido fresco por até 12 dias na geladeira. a composição gasosa g3 (4% de o2, 5% de CO ₂) foi considerada eficaz e o LDPE foi geralmente o material de embalagem preferido para prolongar a vida útil dos vegetais.	0	International Journal of Environment and Climate Change
Jayasuriya et al. (2023)	Drying kinetics and quality analysis of coriander leaves dried in an indirect, stand-alone solar dryer	Estudar o desempenho de um secador solar indireto autônomo desenvolvido na produção de folhas de coentro secas de alta qualidade	A difusividade efetiva da umidade varia entre 1,05 × 10 ⁻¹⁰ m ² /s e 6,57 × 10 ⁻¹¹ m ² /s. A secagem solar indireta mostra menos mudanças em comparação com a secagem direta ao sol e à sombra, embora as características de cor mudem negativamente com o tempo de secagem para todas as técnicas de secagem. Os parâmetros de cor a*, croma e valores do índice de cor verde escuro recebem mais atenção, pois demonstram a conservação da cor verde das ervas e, conseqüentemente, suas qualidades físico-químicas. A redução da atividade de água em folhas de coentro para o inverno e o verão é de 0,61 e 0,45, respectivamente. O valor	13	Processes

			numérico da capacidade antioxidante é encontrado como 3,41–3,53 $\mu\text{mol Trolox/g}$ matéria seca.		
Zalpouri et al. (2023)	Mathematical and artificial neural network modelling for refractance window drying kinetics of coriander (<i>Coriandrum sativum</i> L.) followed by the determination of energy consumption, mass transfer parameters and quality	Investigar a influência de variáveis-chave do processo, como temperatura da água e espessura do purê de coentro na produção e qualidade do pó de coentro	Quando a temperatura da água aumentou de 70 para 80 °C, o tempo de secagem diminuiu de 6 a 10%, enquanto de 70 para 90 °C, o tempo de secagem diminuiu de 15 a 25%. Independentemente da espessura do purê, os parâmetros de qualidade revelaram que as amostras secas a 70 °C tiveram melhor retenção de cor, bem como a maior atividade antioxidante (82,563–82,893%), conteúdo fenólico total (20,454–20,833 mg GAE/100 g dw), conteúdo total de flavonoides (11,137–11,159 mg QE/100 g dw) e conteúdo total de clorofila (95,211–95,306 mg/100 g dw) apesar do tempo de secagem mais longo.	8	Biomass Conversion and Biorefnery
Shoko et al. (2022)	Changes in functional compounds, volatiles, and antioxidant properties of culinary herb coriander leaves (<i>Coriandrum sativum</i>) stored under red and blue LED light for different storage times	Avaliar a perda de massa, mudanças nas propriedades de cor, componentes antioxidantes, atividades de eliminação e compostos voláteis em folhas de coentro expostas à luz LED vermelha ou azul por 2 h, armazenadas a 5 °C por até 9 dias	A aplicação prática do uso de luz LED como um tratamento pós-colheita para melhorar as propriedades antioxidantes e reter os perfis de aroma aceitáveis em folhas de coentro para beneficiar os consumidores. Além disso, este estudo forneceu um método para estender a vida útil de armazenamento em até 9 dias, expondo as folhas de coentro embaladas em punnets de PET a luzes LED azuis por 2 h a 5 °C durante o armazenamento a frio, o que aumentou as propriedades antioxidantes e os níveis de compostos de aroma típicos de coentro.	8	Frontiers in Nutrition
Singh et al. (2021)	Drying characteristics and prediction of best fitted drying model for coriander leaves	Avaliar a mudança do teor de umidade, taxa de secagem e proporção de umidade das folhas de coentro dentro e fora do secador solar passivo com efeito de estufa em diferentes níveis de pré-tratamentos e densidades de carga	O aumento da temperatura de secagem sob SGD (42°C) reduz o tempo de secagem em comparação com OSD (29°C), em todos os níveis selecionados de pré-tratamentos e densidades de carga. Folhas de coentro tratadas quimicamente com densidade de carga de 2,5 kg/m ² foram consideradas mais adequadas para secagem. No entanto, foi observado efeito significativo do método de secagem (SGD e OSD) e das densidades de carga, e efeito não significativo do tratamento.	5	Environment Conservation Journal

Lyczko et al. (2021)	<i>Coriandrum sativum</i> L.—effect of multiple drying techniques on volatile and sensory profile	Investigar a influência de vários métodos de secagem na qualidade sensorial do coentro e sua composição de VOCs	Os resultados demonstram que a secagem convectiva a 70 °C por 120 min seguida de secagem a vácuo-micro-ondas a 360 W e secagem convectiva a 70 °C foram os métodos de secagem ideais para preservar a qualidade do aroma do coentro, enquanto a secagem convectiva a 70 °C por 120 min seguida de secagem final convectiva a 50 °C diminuiu a qualidade do aroma do coentro.	14	Foods
Shafi et al. (2020)	Effect of drying methods on chemical constituents and flour of coriander (<i>Corianderum sativum</i>) leaves	Estudar os efeitos dos métodos de branqueamento e secagem em duas variedades diferentes de coentro, a saber, a variedade local (V1) e a variedade híbrida (V2)	Os resultados do estudo revelaram que o tratamento de branqueamento reteve vários nutrientes nas folhas e melhorou a cor das folhas secas. Além disso, a secagem em estufa foi considerada superior à secagem ao sol na manutenção das propriedades bioquímicas e físicas das folhas. Estudos de armazenamento das folhas secas revelaram que elas podem ser armazenadas com segurança durante 3 meses em bolsas de LDPE em condições ambientais. O estudo pode auxiliar na secagem de diversas outras folhas de plantas subutilizadas com diversos benefícios medicinais.	0	International Journal of Chemical Studies
Santos et al. (2020)	Effects of organic fertilization on production and postharvest quality of coriander (<i>Coriandrum sativum</i> L.)	Comparar a produtividade e a qualidade pós-colheita de <i>C. sativum</i> produzido em sistemas orgânicos e convencionais	O sistema de produção convencional utilizando sulfato de amônio como fonte de nitrogênio promoveu maior produtividade e melhor qualidade pós-colheita na cultura de <i>C. sativum</i> . O período de implantação de dejetos bovinos prejudicou o sistema orgânico. Sugerimos a adubação com esterco bovino antes da semeadura, proporcionando o tempo necessário para sua mineralização durante o ciclo de cultivo.	0	Research, Society and Development
Uthappa e Desai et (2020)	Modified storage conditions for better shelf life of coriander (<i>Coriandrum sativum</i> L.)	Estudar a influência da embalagem com atmosfera modificada (MAP) com material de embalagem adequado no armazenamento de vida de coentro	A degradação da clorofila foi proeminente em todo o período de armazenamento. No entanto, era propenso a menor degradação na embalagem de LDPE com uma atmosfera gasosa de 3% de O ₂ + 5% CO ₂ + 92% N ₂ .	0	Journal of Farm Sciences
Kaur et al. (2020)	Effect of storage pre-treatments on shelf life of fresh coriander (<i>Coriandrum sativum</i> L.)	Estudar o efeito das formas das folhas de coentro, dos pré-tratamentos e do material de embalagem na manutenção da qualidade do coentro sob refrigeração	As folhas não devem ser destacadas do caule durante o armazenamento. Recomenda-se o pré-tratamento com água clorada (hipoclorito de cálcio) e armazenamento em recipiente PET para obter os melhores resultados. Os parâmetros de armazenamento padronizados são muito úteis para a preservação da qualidade das folhas de coentro durante o manejo da cadeia de frio e, portanto,	2	Agricultural Research Journal

			reduzem as perdas pós-colheita.		
Freitas, Almeida e Simplicio (2019)	Coriander storage (<i>Coriandrum sativum</i> L) as alternative to minimize postharvest damages	Verificar a eficiência da embalagem, temperatura de armazenamento e tratamento sanitário pós-colheita para fins de comercialização	A massa fresca foi influenciada individualmente pelo tipo de embalagem, sanitização e condições de armazenamento, onde houve menor perda de massa sob refrigeração e em saco plástico (PEBD), mas quanto à massa seca, a sanitização não foi eficiente quando o coentro foi condicionado à temperatura ambiente.	1	Amazonian Journal of Plant Research
Venkanna, Champawat e Jain (2019)	Study on drying kinetics of coriander leaves using different drying techniques	Investigar a cinética de secagem das folhas de coentro através da secagem por ar convectivo, secagem em leito fluidizado, secagem ao sol e secagem à sombra	Os resultados mostraram que a secagem das folhas de coentro ocorreu no período de taxa decrescente e o período de taxa constante estava ausente tanto nos experimentos de secagem em bandeja quanto na secagem em leito fluidizado.	12	Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry
El-Zaedi et al. (2017)	Preharvest treatments with malic, oxalic, and acetylsalicylic acids affect the phenolic composition and antioxidant capacity of coriander, dill and parsley	Avaliar os tratamentos pré-colheita de ácido málico, oxálico ou acetilsalicílico no perfil antioxidante e fenólico e nos conteúdos em três ervas (endro, coentro e salsa), cultivadas sob estratégias comerciais de densidade de plantas e irrigação	A pulverização foliar de ácidos orgânicos (ácidos málico, oxálico e acetilsalicílico) foi muito positiva em plantas de coentro, nas quais aumentaram os conteúdos da maioria dos compostos fenólicos e a atividade antioxidante (ORAC, FRAP e ABTS), levaram a melhorias intermediárias em plantas de endro, onde apenas o tratamento com ácido málico a 1 mM mostrou resultados positivos e, finalmente, nenhum efeito benéfico significativo foi observado em plantas de salsa. Além disso, os resultados experimentais provaram que a capacidade antioxidante que respondeu melhor aos efeitos desses tratamentos de pré-colheita em ervas foi FRAP.	58	Food Chemistry
Ontagod e Patil (2016)	Drying characteristics of different coriander (<i>Coriandrum sativum</i> L.) varieties	Avaliar a triagem da adequação de variedades de coentro para erva seca	A maior pontuação para cor foi observada no RCr-435. A maior pontuação para sabor e aroma foi observada no DWD-3 e a aceitabilidade geral foi registrada no RCr-435 devido à maior pontuação para cor, sabor e aroma.	0	The Bioscan an International Quarterly Journal of Life Sciences

Aghhavani Shajari et al. (2016)	Effects of single and combined application of organic, biological and chemical fertilizers on quantitative and qualitative yield of coriander	Avaliar os efeitos de fertilizantes orgânicos, biológicos e químicos nas características de qualidade e quantidade do coentro.	Os resultados deste experimento mostraram que a aplicação de fertilizante biológico, especialmente micorrizas, teve um efeito significativo na melhoria do rendimento quantitativo e qualitativo do coentro. Além disso, a aplicação combinada de micorrizas com fertilizante orgânico e químico teve efeitos melhores do que sua aplicação única.	18	Journal of Horticultural Science
Sharangi; Guha e Chakrabarty (2015)	Effect of different packaging materials on storage life of fresh coriander (<i>Coriandrum sativum</i> L) leaves	investigar o efeito das temperaturas ambiente e refrigerada, bem como de diferentes materiais de embalagem na vida útil de armazenamento de folhas frescas de coentro e as mudanças que ocorreram durante o armazenamento até que permanecessem comercializáveis como frescas	Sob condições refrigeradas, as folhas mostraram alto grau de comercialização até 10 DAS e comercialização média até 12 DAS com tratamentos de pacote de papel laminado (T3), pacote de polietileno A4 (T4), pacote de polietileno A5 (T5) e caixa com amortecimento de folhas (T6).	8	Nature and Science
Pragalyaashree et al. (2013)	Enhancing shelf life of coriander leaves by modified atmospheric packaging	Estudar como aumentar a vida útil de folhas frescas de coentro usando embalagens com atmosfera modificada	O armazenamento de folhas de coentro refrigeradas com embalagem em atmosfera modificada com 5% de O ₂ , 5% de CO ₂ e 90% de N ₂ foi eficaz no prolongamento da vida útil em até 20 dias. Os parâmetros de qualidade como perda de massa, valor de cor, teor de clorofila e betacaroteno das folhas de coentro não foram alterados significativamente até os 20 dias. A população microbiana das amostras armazenadas estava dentro do nível permitido após 20 dias.	5	Madras Agricultural Journal
Kaur et al. (2006)	Quality of dried coriander leaves as affected by pretreatments and method of drying	Selecionar pré- tratamentos e métodos de secagem adequados para a secagem de folhas de coentro e também para estudar seu efeito na qualidade das folhas de coentro secas	O pré-tratamento T4, ou seja, imersão por 15 min em solução de 0,1% de cloreto de magnésio, 0,1% de bicarbonato de sódio e 2,0% de metabissulfito de potássio (KMS) em água à temperatura ambiente foi selecionado como o melhor pré- tratamento para manter a qualidade das folhas de coentro secas. Independentemente do custo, a secagem solar no secador solar Mini Multi-rack foi o melhor método para secagem de folhas de coentro, pois as características de qualidade e reidratação eram mais próximas das frescas.	53	European Food Research and Technology

Fonte: Autor (2025)..

Já em relação aos trabalhos mais citados se observa que os artigos, produzido por El- Zaeddi e colaboradores com 25,8% das citações, por Kaur e colaboradores com 23,6% e seguida por Shajari com 8% das citações, os demais trabalhos tiveram menos de 18 citações.

Dentre os trabalhos analisados foram abordados temas como: aspectos da produção, conservação e qualidade do coentro com foco especial na extensão da vida útil e preservação pós-colheita. As pesquisas exploraram técnicas como embalagem em atmosfera modificada, refrigeração e tratamentos para minimizar perdas e manter a qualidade dos produtos. Além disso, foram avaliados métodos de secagem, como a secagem solar e convectiva, e seus impactos na qualidade do pó de coentro. No âmbito do manejo agrícola, os estudos analisaram a adubação, o uso de fertilizantes e diferentes estratégias de plantio.

Nesse sentido são apresentados um panorama dos estudos publicados nos últimos 20 anos sobre qualidade pós-colheita do coentro. A descrição dos trabalhos mostra maneiras de minimizar as perdas que ocorrem nessa folhosa, um desafio crucial para a cadeia produtiva. As pesquisas abrangem uma variedade de técnicas, desde métodos de armazenamento e embalagem até tratamentos para controle de doenças e pragas. A análise desses estudos permite identificar as estratégias mais eficazes para preservar a qualidade e prolongar a vida útil do coentro, contribuindo para a redução do desperdício e o aumento da disponibilidade do produto no mercado (Quadro 1).

Na nuvem de palavras, o termo "Coentro" aparece centralizado, destacando-se como uma das palavras mais recorrentes nas palavras-chave dos artigos. Em seguida, termos como "Vida útil", "Pré-colheita", "Tratamentos" e "Atmosfera modificada" evidenciam a ênfase na preservação da qualidade e no aumento da durabilidade do coentro. Além disso, expressões como "Armazenamento refrigerado" e "Embalagem" destacam as estratégias para um armazenamento eficiente, ressaltando a importância do coentro tanto na gastronomia quanto nas pesquisas científicas (Figura 5). Termos como "Óleo essencial" e "Compostos bioativos" também indicam o crescente interesse pelas propriedades funcionais e benefícios.

Figura 5: Nuvens de palavras mais citadas nas palavras-chave.



Fonte: Autor (2025).

Considerações finais

A demanda por produtos frescos, de alta qualidade e longa vida útil tem impulsionado os estudos na área de qualidade pós-colheita. No entanto, esse campo ainda é pouco explorado, com publicações esparsas e instáveis ao longo do tempo. A concentração das pesquisas em poucos países, como a Índia, reflete desigualdades nos investimentos em ciência e tecnologia, limitando a disseminação do conhecimento e a adoção de estratégias eficazes.

Diante desse cenário, é essencial ampliar os estudos sobre durabilidade e qualidade dos produtos até o consumo. O desenvolvimento de tecnologias inovadoras e sustentáveis pode reduzir perdas pós-colheita, agregar valor aos produtos e garantir maior segurança alimentar. Investimentos adaptados às necessidades regionais são fundamentais para otimizar o manejo pós-colheita e melhorar a qualidade dos alimentos oferecidos ao consumidor.

Referências bibliográficas

- AGHHAVANI SHAJARI, M.; REZVANI MOGHADDAM, P.; GHORBANI, R.; NASIRI MAHALATI, M. Effects of single and combined application of organic, biological and chemical fertilizers on quantitative and qualitative yield of coriander (*Coriandrum sativum*). **Journal of Horticultural Science**, v. 29, n. 4, p. 486-500, 2016.
- AHUMADA, O.; VILLALOBOS, J. R. Operational model for planning the harvest and distribution of perishable agricultural products. **International Journal of Production Economics**, v. 133, n. 2, p. 677–687, 2011.
- ALMEIDA, B. C.; LEMOS NETO, H.S.; GUIMARÃES, M. A.; SAMPAIO, I. M. G.; SILVA, L. S. Desempenho agro econômico do coentro em diferentes densidades de semeadura. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 62, p. 1-7, 2019.
- BRANDÃO, G. R.; SOUZA, B. H. de.; MARTINS, M. R.; SOUZA, Y. G. de.; MORAES, M. J. de.; BARROS, R. R. N. Avaliação da germinação de semente de coentro (*Coriandrum sativum* L.) Em laboratório e bandeja: Evaluation of coriander (*Coriandrum sativum* L.) seed germination in laboratory and tray. **Brazilian Journal of Development**, v.8, n.8, p. 55662-55667, 2022.
- DONTHU, N.; KUMAR, S.; PANDEY, N.; PANDEY, N.; & MISHRA, A. Mapping the electronic word-of-mouth (eWOM) research: A systematic review and bibliometric analysis. **Journal of Business Research**, v. 135, p. 758-773, 2021.
- EL-ZAEDDI, H.; CALÍN-SÁNCHEZ, Á.; NOWICKA, P.; MARTÍNEZ-TOMÉ, J.; NOGUERA-ARTIAGA, L.; BURLÓ, F.; CARBONELL-BARRACHINA, Á. A. Preharvest treatments with malic, oxalic, and acetylsalicylic acids affect the phenolic composition and antioxidant capacity of coriander, dill and parsley. **Food Chemistry**, v. 226, p. 179-186, 2017.
- FERREIRA, R. C.; BEZERRA NETO, F.; SANTOS, E. C. dos.; LIMA, J. S. S. de.; SILVA, J. P. P. da., FREITAS, I. A. da S.; CARMO, I. D. de J. S. do.; BENTO, J. E. A. Effects of soil amendments with green biomass on quality indices of coriander. **Revista Caatinga**, v. 37, p. 1-11, 2024.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2ª edição. Viçosa: UFV, 2003. 412 p.
- FORLANI, R. T.; RIVA NETO, D. C.; O. Produção orgânica de alface americana em consórcio com almeirão, coentro, rúcula e salsa. **Scientific Electronic Archives**, v. 15, n. 12, p. 14-20, 2022.
- FREITAS, B. L. L. de C.; ALMEIDA, R. H. de; SIMPLÍCIO, J. B. Coriander storage (*Coriandrum sativum* L.) as alternative to minimize postharvest damages. **Amazonian Journal of Plant Research**, p. 383-390, 2019.
- GARCÍA, M.; MARTINEZ, L.; RODRIGUEZ, P. Ambientes de Armazenamento Controlado: Estratégias para Preservar a Qualidade Pós-Colheita. **Postharvest Biology and Technology**, v. 18, v. 3, p. 321-335, 2022.
- HASSAN, W. F.; ZINHOUM, R. A. Influence of pest infestation, type of packages and different storage periods on seeds and essential oil composition of Coriander, *Coriandrum sativum* L. Family: Apiaceae. **Egyptian Journal of Chemistry**, v. 67, n. 2, p. 321-337, 2024.

JAYASURIYA, H.; PATHARE, P. B.; AL-ATTABI, Z.; AL-HAMDANI, A. Drying kinetics and quality analysis of coriander leaves dried in an indirect, stand-alone solar dryer. **Processes**, v. 11, n. 6, p. 1-15, 2023.

KAUR, P.; KUMAR, A.; ARORA, S.; GHUMAN, B. S. Quality of dried coriander leaves as affected by pretreatments and method of drying. **European Food Research and Technology**, v. 223, p. 189–194, 2006.

KAUR, R.; ALAM, M. S.; PRASAD, C.; KUMAR, M. Effect of storage pre-treatments on shelf life of fresh coriander (*Coriandrum sativum* L.). **Agricultural Research Journal**, v. 57, n. 3, p. 438-443, 2020.

LINHARES, P. C. F.; PEREIRA, M. F. S.; MOREIRA, J. C.; PAIVA, A. C. C.; ASSIS, J. P.; SOUSA, R. P. Rendimento do coentro (*Coriandrum sativum* L.) adubado com esterco bovino em diferentes doses e tempos de incorporação no solo. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 3, p. 462-467, 2015.

LYCZKO, J.; MASZTALERZ, K.; LIPAN, L.; IWIŃSKI, H.; LECH, K.; CARBONELL-BARRACHINA, Á. A.; SZUMNY, A. *Coriandrum sativum* L. - Effect of multiple drying techniques on volatile and sensory profile. **Foods**, v. 10, n. 2, p. 1-20, 2021.

MARANGONI, S. M.; MANNARELLI FILHO, T.; MAC-LEAN, P. A. B.; SATOLO, E. G. Práticas antiperdas na fase pós-colheita em uma cadeia de abastecimento de hortaliças. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 15, n. 4, p. 1-18, 2022.

OLIVEIRA, L. S.; SILVA, T. P.; FERREIRA, A. P. S.; PEREIRA, A. M.; FINGER, F. L. Efeito do hidroresfriamento na conservação pós-colheita de coentro. **Horticultura Brasileira**, v. 33, p. 448-452, 2015.

ONTAGODI, T.; PATIL, S. G. Drying characteristics of different coriander (*Coriandrum sativum* L.) varieties. **The Bioscan an International Quarterly Journal of Life Sciences**, v. 11, n. 1, p. 647-650, 2016.

PIMENTEL, F. C.; JUNIOR, C. C. D. S. P.; de OLIVEIRA SOUZA, A.; da SILVA, L. M. I.; CAMPOS, F. A.; de ALMEIDA ARAUJO, D.; de FREITAS, D. A. F.. Perdas nas etapas pós-colheita do pré-processamento: um panorama atual da logística brasileira. **Revista Observatório de la Economía Latinoamericana**, v. 22, n. 4, p. 1-14. 2024.

PINHEIRO, J. C.; PINTO, L. A.; PINHEIRO, C. C.; SILVA, F. E.; CAMARA, F. T. Desempenho agrônomo do coentro em função da densidade de semeadura e direcionamento das linhas de plantio no canteiro. **Agrarian Academy**, v. 6, n. 11, p. 363–371, 2019.

PRAGALYAASHREE, M. M.; THIRUPATHI, V.; KASTHURI, R.; RAJKUMAR, P. Enhancing shelf life of coriander leaves by modified atmospheric packaging. **Madras Agricultural Journal**, v. 100, n. 1., p. 612, 2023.

SANTANA, M. V. P.; ALMEIDA, D. T. R. G. F.; OLIVEIRA, L. S.; DANTAS, R. L.; MARTINS, J. C. R. JESUS, K. N. Pós-colheita do coentro (*Coriandrum sativum* L.) sob diferentes períodos de armazenamento. **Revista Ciência e Saúde Nova Esperança**, v. 21, esp. 2, p. 486–504, 2023.

SANTOS, S. B. D. C.; SOUSA, S. D.; SOUZA, V. C. D.; BELTRÃO DA CRUZ, G. R.; MELO, T. D. S.; OLIVEIRA, I. S. D. S.; HENRIQUE, J. da S.; DANTAS, A. C.; SOUZA, K. L. D. Effects of organic

fertilization on production and postharvest quality of coriander (*Coriandrum sativum* L.).

Research, Society and Development, v. 9, n. 9, p. 1-14, 2020.

SHAFI, F.; JAN, N.; QADRI, T.; NASEER, B.; BEIGH, M.; ZARGAR, I.; BHAT, T. Effect of drying methods on chemical constituents and flour of coriander (*Corianderum sativum*) leaves.

International. **Journal of Chemical Studies**, v. 8, n. 4, p. 1790-1796, 2020.

SHARANGI, A. B.; GUHA, S.; CHAKRABARTY, I. Effect of different packaging materials on storage life of fresh coriander (*Coriandrum sativum* L) leaves. **Nature and Science**, v. 13, n. 6, p. 100-108, 2015.

SHOKO, T.; MANHIVI, V. E.; MTLHAKO, M.; SIVAKUMAR, D. Changes in functional compounds, volatiles, and antioxidant properties of culinary herb coriander leaves (*Coriandrum sativum*) stored under red and blue LED light for different storage times.

Frontiers in Nutrition, v. 9, p. 1-14, 2022.

SILVA JÚNIOR, C. J. D. L.; SILVA, K. F. da.; SILVA, I. O.; ALVES, K. F.; ROCHA AMORIM, E. P. da.; CARNAÚBA, J. P. Efeito da solarização de substratos na produção de mudas de pimentão.

Research, Society and Development, v. 11, n. 13, p. 1-9, 2022.

SINGH, S. K.; SINGH, B. R.; SENGHER, R. S.; KUMAR, P.; PATIL, A. K. Drying characteristics and prediction of best fitted drying model for coriander leaves. **Environment Conservation Journal**, v. 22, n. 3, p. 243-251, 2021.

SWETHA, P. S.; KAVITHA, M.; PRANEETHA, S.; AMUTHASELVI, G.; JANAKI, P.; KANNAN, B. Enhancing the shelf life of palak and coriander through modified atmosphere packaging under diverse storage environments. **International Journal of Environment and Climate Change**, v. 13, n. 10, p. 2670-2677, 2023.

UTHAPPA, C. P.; DESAI, S. R. Modified storage conditions for better shelf life of coriander (*Coriandrum sativum* L.). **Journal of Farm Sciences**, v. 33, n. 3, p. 402-405, 2020.

VENKANNA, A.; CHAMPAWAT, P. S.; JAIN, S. K. Study on drying kinetics of coriander leaves using different drying techniques. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 8, n. 3, p. 3887-3895, 2019.

WEI, J. N.; LIU, Z. H.; ZHAO, Y. P.; ZHAO, L. L.; XUE T. K.; LAN, Q. K. Phytochemical and bioactive profile of *Coriandrum sativum* L. **Food Chemistry**, v. 286, p. 260-267, 2019.

ZALPOURI, R.; SINGH, M.; KAUR, P.; SINGH, S.; KUMAR, S.; KAUR, A. Mathematical and artificial neural network modelling for refractance window drying kinetics of coriander (*Coriandrum sativum* L.) followed by the determination of energy consumption, mass transfer parameters and quality. **Biomass Conversion and Biorefinery**, v. 15, n. 1, p. 967-983, 2023.

Reguladores vegetais na pré e pós-colheita de frutas e hortaliças: uma revisão sistemática

*Lucilândia de Sousa Bezerra
Caio Márcio Guimarães Santos
Maria Aparecida dos
Santos Moraes*



Reguladores vegetais na pré e pós-colheita de frutas e hortaliças: uma revisão sistemática

Lucilândia de Sousa Bezerra¹

Caio Márcio Guimarães Santos²

Maria Aparecida dos Santos Moraes³

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Petrolina-PE, Brasil. E-mail: lucilandiasousa383@gmail.com

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Petrolina-PE, Brasil. E-mail: caio.santos@ifsertao-pe.edu.br; luciana.oliveira@ifsertao-pe.edu.br

³Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN, Brasil. E-mail: aparecida8sm@gmail.com

Introdução

Os produtos frescos, como frutas e hortaliças, desempenham um papel importante na alimentação diária da população devido ao sabor atrativo e ao elevado valor nutricional. No entanto, os produtos hortifrutícolas apresentam fatores que limitam sua comercialização, pois passam por um processo acelerado de senescência e decomposição. Dessa forma, a logística pós-colheita enfrenta desafios que resultam em perdas significativas e na redução do valor de mercado (KUMAR et al., 2014).

O amadurecimento dos frutos implica mudanças significativas e resulta na conversão do fruto verde em um fruto palatável. Essas mudanças decorrem de processos regulados pela expressão gênica, que afetam suas características morfológicas, bioquímicas e fisiológicas (KUMAR et al., 2024). Compreender os processos associados ao amadurecimento, influenciados por fatores externos (luminosidade, temperatura e umidade) e internos (controle hormonal e genético), é fundamental para subsidiar a tomada de decisão quanto ao momento ideal para a colheita, visto que os hormônios exercem um papel significativo na regulação das alterações bioquímicas envolvidas nesse processo (MATTUS-ARAYA et al., 2023).

Os hormônios nas plantas estão envolvidos em diversos processos biológicos, como a formação de tecidos, o crescimento de órgãos, além de exercerem funções relacionadas à dormência e germinação de sementes, florescimento, queda de frutos, promoção da frutificação, melhoria da qualidade dos frutos e processo de senescência (ZAHID et al., 2023).

A adoção de tecnologias voltadas à manutenção da qualidade interna e externa de frutos e hortaliças durante o armazenamento pós-colheita tem sido amplamente requisitada nos últimos anos, sobretudo em decorrência das elevadas perdas observadas nesse processo. Nesse contexto, diversos produtos químicos e reguladores vegetais vêm sendo utilizados com o objetivo de acelerar ou retardar o amadurecimento, reduzindo as perdas, e preservando a qualidade dos produtos hortifrutícolas. Tal prática está associada à redução das atividades metabólicas, o que contribui para o aumento da vida útil e para a extensão do período de comercialização dos frutos (KHANVILKAR et al., 2018).

Pesquisas sobre o uso de reguladores vegetais têm demonstrado resultados positivos na preservação da qualidade pós-colheita de produtos hortifrutícolas, tanto quando aplicados durante o desenvolvimento das culturas quanto na fase pós-colheita, por retardarem os processos de amadurecimento e senescência. Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo apresentar uma revisão sistemática dos diversos usos e funções dos reguladores vegetais nas fases pré e pós-colheita de frutas e hortaliças no período de 2010 a 2024. As referências utilizadas foram extraídas de bases como Periódicos Capes, Elsevier, Scopus, Science Direct e Google Acadêmico, a partir da seleção de trabalhos voltados ao uso de reguladores vegetais nas fases pré e pós-colheita de frutos e hortaliças, com ênfase nas principais influências desses compostos sobre a qualidade dos produtos.

Pré e pós-colheita de frutas e hortaliças

Os produtos hortícolas frescos desempenham um papel fundamental no suprimento das necessidades nutricionais dos consumidores em escala global, pois são fontes de ácidos orgânicos, carboidratos, vitaminas, minerais e diversos fitoquímicos com efeitos benéficos à saúde, os quais são associados à prevenção de doenças relacionadas à alimentação (YAHIA et al., 2019). Contudo, para que esses produtos cheguem ao mercado consumidor, passam por etapas como colheita, transporte para o *packing house*, higienização, embalagem, refrigeração e redistribuição. No entanto, o manuseio inadequado durante essas fases, especialmente entre a colheita e o transporte, pode acarretar perdas econômicas significativas (YAHIA; CARRILLO-LÓPEZ, 2018).

Dessa forma, para manter a qualidade dos produtos hortícolas, é essencial compreender o processo de amadurecimento, que envolve alterações fisiológicas,

bioquímicas, moleculares e estruturais, reguladas por uma complexa rede de sinalização hormonal. Esse processo visa alcançar o ponto ideal de consumo ou, simplesmente, marca o início da deterioração e da senescência do produto (LI; CHEN; GRIERSON, 2021).

A deterioração pós-colheita de frutas constitui um fator significativo de perdas e limita tanto o tempo de armazenamento quanto a vida útil dos produtos. Diante disso, alternativas que promovam o manejo sustentável dessas perdas se tornam cada vez mais desejáveis. Nesse contexto, a utilização de reguladores vegetais tem sido estudada nas últimas décadas, visando à redução das perdas de produtos hortifrutícolas, à preservação da qualidade e à ampliação da vida útil pós-colheita.

Reguladores vegetais

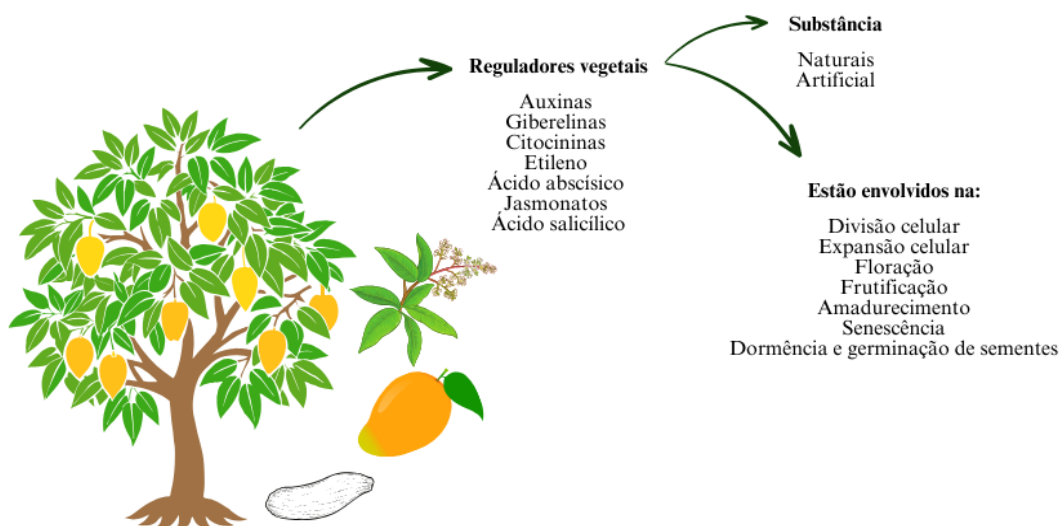
Os hormônios nas plantas estão correlacionados ao desenvolvimento e ao amadurecimento dos frutos. Esses compostos atuam na coordenação de diversos processos fisiológicos nas células das plantas, como a formação de tecidos e o crescimento de órgãos, além de estarem envolvidos na dormência e germinação de sementes, no florescimento, na queda de frutos, na promoção da frutificação, na melhoria da qualidade dos frutos e no processo de senescência (ZAHID et al., 2023).

Os hormônios vegetais são substâncias químicas que atuam como mensageiros, sendo produzidos na célula que regula os processos em outra célula, ocorrendo uma interação com proteínas específicas que atuam como receptores conectados a vias de sinalização. Dessa forma, o desenvolvimento das plantas é regulado por hormônios, entre os quais se destacam: auxinas, giberelinas, citocininas, etileno, ácido abscísico, ácido jasmônico e ácido salicílico. Essas substâncias são normalmente produzidas em tecidos meristemáticos e transferidas para outros tecidos, onde desempenham diversas reações fisiológicas. Na agricultura, esses reguladores têm assumido um papel de destaque, por apresentarem diversas utilidades, como defensivos, estimuladores e inibidores, como ilustrado na Figura 1 (TAIZ; ZEIGER, 2017).

Uma das principais formas de aplicação dos reguladores de crescimento é de maneira exógena, por meio de pulverização ou imersão de frutos e sementes. Isso implica que o uso de reguladores pode estimular respostas específicas, como o aumento do tamanho dos frutos, o atraso ou a aceleração do amadurecimento, mantendo a qualidade dos produtos frescos e

oferecendo grandes vantagens financeiras aos produtores, ao reduzir as perdas de seus produtos (LOPEZ-LAURI, 2016).

Figura 1 - Reguladores vegetais, formas de substâncias encontradas e funções que estão envolvidas nas plantas.



Fonte: Autor (2025).

A regulação desses processos fisiológicos é influenciada por diferentes tipos de reguladores, que podem atuar como promotores ou inibidores. Nesse contexto, o etileno e o ácido abscísico, por exemplo, são reconhecidos por promover o amadurecimento e acelerar a senescência, enquanto as citocininas e as giberelinas atuam como inibidores, retardando o envelhecimento ao suprimir a biossíntese e a sensibilidade a fitormônios associados à senescência (MA et al., 2018).

Os reguladores vegetais podem influenciar a fisiologia geral ao longo do ciclo de vida dos produtos hortifrutícolas, incluindo a etapa pós-colheita. As aplicações em pré-colheita, com o uso de diferentes reguladores vegetais, também podem ser utilizadas para modificar o processo de amadurecimento dos frutos e/ou ajustar o desenvolvimento de mecanismos fisiológicos que afetam o potencial de armazenamento na pós-colheita (KHAN; ALI, 2018).

Auxinas

A auxina é um hormônio de crescimento produzido nos meristemas apicais das plantas, em folhas jovens e botões florais, sendo rapidamente distribuída por toda a planta

por meio do floema (BAJGUZ; PIOTROWSKA-NICZYPORUK, 2023). O ácido indol-3-acético (AIA) é a auxina natural mais comum, enquanto sua forma sintética, o 2,4-D, é amplamente utilizada como herbicida em culturas comerciais de gramíneas, para combater plantas invasoras de folhas largas (MENDES; LUCENA; MEDEIROS, 2015).

A biossíntese da auxina endógena ocorre por duas rotas principais: uma dependente e outra independente do triptofano. Na via dependente, o IAA possui estrutura relacionada ao aminoácido triptofano, que é sintetizado nas plantas por diferentes caminhos metabólicos, sendo os principais: a via do ácido indol-3-pirúvico (AIP), a via da indol-3-acetamida (IAM), a via da indol-3-acetaldoxima (IAOx) e a via da triptamina (TAM), divergentes metabólitos intermediários derivados do Trp. Por outro lado, na via independente do triptofano, algumas espécies vegetais são capazes de produzir auxinas sem depender do triptofano como base, pois utilizam substâncias intermediárias como o indol (JIANG et al., 2020a).

Atualmente a indústria já produz diferentes moléculas que mimetizam a ação da auxina, podendo ser empregadas isoladamente ou em conjunto com outros produtos. Em um estudo realizado por Du *et al.* (2021), com o regulador vegetal AIA foi aplicado na dosagem de 25 mg.L⁻¹ na pré-colheita de maçãs doces, e, após a colheita, foi também pulverizado 1 µL.L⁻¹ de 1-metilciclopropeno (1-MCP). Essa combinação mostrou efeito positivo no controle geral da qualidade das maçãs doces, proporcionando melhor coloração da casca e da polpa, redução da intensidade do processo respiratório, menor perda de massa fresca e diminuição do aparecimento de podridões. Além disso, apresentou resultados positivos no retardo do amolecimento dos frutos após 180 dias de armazenamento.

Outra fonte de auxina exógena é o ácido naftaleno acético (ANA), utilizado tanto antes quanto na pós-colheita de frutas. Em uma pesquisa foi realizada a aplicação de ANA na dose de 450 mg.L⁻¹, em conjunto com ácido giberélico (GA3) na dose de 1000 mg.L⁻¹, nas flores de atemoia (*Annona squamosa* L. x *Annona cherimola* Mill) 'Gefner' durante a antese e após o pegamento dos frutos, com três aplicações feitas aos 7, 21 e 35 dias após a antese. Esse tratamento proporcionou um aumento significativo na frutificação, similar ao obtido com a polinização artificial, além de maior quantidade de polpa e de frutos partenocárpicos (PEREIRA et al., 2014).

A auxina e o etileno estão envolvidos na regulação da abscisão de folhas e frutos. A auxina atua como um supressor da ação do etileno, e, por isso, as auxinas sintéticas são amplamente utilizadas nas práticas pós-colheita de frutas cítricas, com o objetivo de evitar

modificações no cálice. Os resultados da aplicação de auxina sintética variam conforme sua composição, concentração, estágio de desenvolvimento do tecido tratado, as condições durante a aplicação e o tipo de citrus (MOSTERT et al., 2024). Já o tratamento com 2,4-D, na concentração de 10 mg.L⁻¹, na pós-colheita de laranjas [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] e tangerinas (*Citrus clementina* Hort. Ex. Tan), não apenas retardou o processo de senescência do cálice, como também promoveu outros efeitos positivos, incluindo menor perda de massa fresca, manutenção da cor e da firmeza, além do prolongamento da vida útil (SDIRI; NAVARRO; SALVADOR, 2013).

Citocininas

As citocininas são um grupo de reguladores vegetais importantes na regulação e no desenvolvimento das plantas, estando envolvidas em processos fisiológicos como: absorção de nutrientes, divisão celular, diferenciação celular, senescência da clorofila, dominância apical, regulação da germinação de sementes, alongamento e proliferação de brotos, indução de floração, produção de frutos, sementes e senescência. Além disso, desempenham uma interação nas plantas com fatores bióticos e abióticos, incluindo estresses salino e hídrico, associação simbiótica com bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos micorrízicos arbusculares (TAIZ; ZEIGER, 2017).

A via biossintética das citocininas inicia pela isopentenil transferase (IPT), encontrada nos plastídios e no citoplasma, e transfere o grupo de isopentenil do isopentenil difosfato (DMPP) para a molécula de adenosina difosfato (ADP) ou adenosina trifosfato (ATP). Isso leva à hidroxilação dessa molécula, formando a zeatina trifosfato ou difosfato, pela catalisação do citocromo P450. Em seguida, ocorre a remoção do ribosídeo pela enzima fosforibohidrolase, convertendo-a em zeatina, a principal forma de citocinina encontrada nas plantas (TAIZ; ZEIGER, 2017).

O forclorfenuron (CPPU) e a 6-benzilaminopurina (6-BA) são algumas formas de citocininas sintéticas utilizadas na pré e pós-colheita para retardar a senescência de culturas hortícolas, especialmente em vegetais verdes e frutos, com o objetivo de prolongar sua vida útil. Esses reguladores influenciam o desenvolvimento de cloroplastos, além de regularem a síntese de pigmentos e proteínas fotossintéticas (TAIZ; ZEIGER, 2013). Em um estudo conduzido por Wang et al. (2022), a aplicação de 6-BA (dose 50 µM) na pós-colheita de couve

chinesa (*Brassica rapa* var. *parachinensis*) apresentou eficácia no retardamento da senescência foliar, manutenção do conteúdo de clorofila por um período prolongado, redução na produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) e diminuição da quantidade de hormônios associados à senescência, o que resultou na prolongação da qualidade do produto.

As mudanças na aparência da casca e polpa dos frutos de banana são fatores cruciais para a sua comercialização. A aplicação CPPU na dose de 10 mg.L^{-1} , por meio da imersão dos frutos de banana em estágio verde amarelado por 10 minutos, retardou a degradação da clorofila, mantendo uma mudança uniforme da cor de verde para amarelo por até 8 dias de armazenamento a uma temperatura de 23°C (HUANG; HE, 2023). Em pitaias de polpa vermelha [*Hylocereus polyrhizus* (Weber) Britton & Rose], a pulverização de 4 mL de CPPU na concentração de 100 mg.L^{-1} por flor na antese resultou em frutos com maior teor de clorofila, e firmeza quando armazenados a 5°C . Além disso, retardou o escurecimento das brácteas, e reduziu a incidência de dano pelo frio. Considerando que as cores vivas nas brácteas são uma característica importante de frutos frescos, a aplicação dessa fonte sintética de citocinina na pré-colheita de pitaias contribuiu para a obtenção de frutos com maior qualidade pós-colheita (JIANG et al., 2020b).

A aplicação exógena de uma outra fonte de citocinina, 6-BA, na concentração de $50 \text{ } \mu\text{mol.L}^{-1}$, na pós-colheita de flores de dália 'Kokucho', promoveu maior longevidade das pétalas e retardou a senescência, fatores relevantes para a comercialização. Esse prolongamento da vida útil se deve ao efeito da 6-BA em manter a atividade da enzima invertase ácida, retardando o processo senescente das flores de dália (SHIMIZU-YUMOTO; TSUJIMOTO; NAKA, 2020). Portanto, as citocininas passaram a ser compostos amplamente comercializados e utilizados para aumentar a vida útil de frutos e hortaliças, ao atuarem na inibição da expressão ou da sensibilidade a fitohormônios associados ao envelhecimento, como o etileno e o ácido abscísico (MA et al., 2018).

Giberelina

As giberelinas (GAs) são hormônios naturais produzidos em diversas partes das plantas, como sementes em germinação e em desenvolvimento, folhas novas e entrenós. Esses hormônios pertencem a um amplo grupo de substâncias de crescimento vegetal, com distintas funções ao longo de todo o ciclo de vida das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2017). As GAs

vêm sendo utilizadas comercialmente para aprimorar características relacionadas à morfologia, visando ao aumento do rendimento e à redução do ciclo natural das culturas (BISHT et al., 2018).

As GAs mais conhecidas e biologicamente ativas em plantas são GA₁, GA₃, GA₄ e GA₇ (BAJGUZ; PIOTROWSKA-NICZYPORUK, 2023). A via biossintética das GAs tem início nos plastídios, levando à produção da molécula precursora geranilgeranildifosfato (GGPP), que é convertida em ent-caureno. Em seguida, o ent-caureno é convertido em GA₁₂-aldeído e em GA₁₂, processo que ocorre no retículo endoplasmático e, por meio da hidroxilação, o GA₁₂ é convertido em GA₅₃. Por fim, o GA₁₂ e o GA₅₃ são convertidos em GAs no citosol (TAIZ; ZEIGER, 2017).

A utilização do ácido giberélico (GA₃) durante o desenvolvimento e a pós-colheita de produtos hortifrutícolas tem demonstrado resultados significativos no prolongamento da vida útil desses produtos. Pesquisas conduzidas na pós-colheita de frutos de quiabo (*Abelmoschus esculentus* L.), com o uso de GA₃ na concentração de 0,1 g.L⁻¹, indicaram a manutenção do brilho e da coloração verde, retardando a degradação da clorofila durante o armazenamento. Esses resultados evidenciam a atuação do ácido giberélico na preservação da pigmentação do quiabo (XIAO et al., 2022).

Durante a floração de romãs, a aplicação de 150 mg.L⁻¹ de GA₃ aprimorou as propriedades quantitativas e qualitativas dos frutos na pós-colheita, incrementou a produção da planta, no peso e nas dimensões, e, também, diminuiu as rachaduras dos frutos (HOSEIN-BEIGI et al., 2019). Li et al. (2024), em seu trabalho com uvas 'Red globe', realizou a aplicação de GA₃ em duas doses (40 mg.L⁻¹ e 70 mg.L⁻¹) durante a fase inicial das bagas, o que promoveu aumento na massa e na expansão celular do fruto.

Pulverizações de GA₃ na pré-colheita de frutos olho-de-dragão (*Dimocarpus longan* Lour) apresentaram retardamento no escurecimento do pericarpo sem comprometer a qualidade do fruto na colheita. Além de melhorar seu tempo de armazenamento em temperatura ambiente – sem afetar o aumento da perda de massa, o amolecimento, o extravasamento eletrolítico relativo e o escurecimento do pericarpo –, melhorou sua capacidade de eliminação de EROs, regulando atividades enzimáticas, na dosagem de 50 mg.L⁻¹ GA₃ pulverizado na pré-colheita (LUO et al., 2024). Xie et al. (2018) também sugeriram que o GA₃ reduz a abscisão de frutas cítricas ao regular a biossíntese e/ou a sinalização da auxina,

indicando que esse regulador vegetal pode interferir diretamente nos fitormônios associados à senescência dos frutos.

Etileno

O etileno foi inicialmente identificado por seu efeito no crescimento de mudas e no amadurecimento de frutos, demonstrando seu papel regulador em diversas respostas nas plantas, como a germinação de sementes, alongação celular, diferenciação celular, floração, senescência e abscisão (TAIZ; ZEIGER, 2013). O etileno é um hormônio gasoso que desempenha uma função destaque no amadurecimento de frutos climatéricos, além de influenciar o crescimento e a senescência por meio de complexas vias de sinalização (ALHAITHLOUL et al., 2020).

O etileno é produzido em todas as partes da planta, contudo, sua concentração é predominante nas partes em senescência e em frutos em processo de amadurecimento. Sua biossíntese inicia pelo seu precursor, a metionina, que se liga a uma molécula de adenosina trifosfato (ATP), convertida em S-adenosil-metionina (AdoMet) pela enzima S-adenosilmetionina sintase. Posteriormente, a AdoMet é transformada em 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) e 5-metil-tioadenosina (MTA), que é catalisado pela enzima ACC-sintase. A fase final do percurso, a transformação de ACC em etileno, necessita de oxigênio e é promovida pela enzima ACC-oxidase. Paralelamente, ocorre a reciclagem da metionina via Ciclo Yang (TAIZ; ZEIGER, 2013).

O etileno pode regular algumas características do processo de amadurecimento de frutos. A imersão de frutos de goiaba em ethephon (fonte sintética de etileno) na concentração de 150 mg.L⁻¹, por 10 minutos e armazenados a 28°C, acelerou o amadurecimento, limitando seu tempo de comercialização a seis dias, sem comprometer a qualidade físico-química durante o armazenamento (SANCHES; FEITOSA, 2024). No contexto do amadurecimento, o etileno intensifica o processo respiratório, levando à deterioração de produtos vegetais. Desta forma, a sua utilização pode antecipar a maturação, possibilitando a comercialização em um curto intervalo de tempo (ASREY et al., 2023).

Nobre et al. (2018), pesquisando o efeito da dosagem de 15 mL de Ethyl/m³ (fonte sintética de etileno) na pós-colheita de bananas Prata-anã e Nanica, observaram que a banana Prata-anã apresentou maior sensibilidade à ação do regulador vegetal, evidenciada pela maior

perda de massa fresca, menor firmeza e maior degradação do teor de clorofila, em relação à banana Nanica submetida ao mesmo tratamento. Morais et al. (2020), avaliando o efeito da aplicação de ethephon em duas concentrações ($0,50 \text{ mL.L}^{-1}$ e 75 mL.L^{-1}), durante a floração do guaranazeiro, verificou resultados significativo na colheita, com o aumento de sua produtividade nas plantas.

Ácido abscísico

O ácido abscísico (ABA) desempenha um papel importante no amadurecimento dos frutos, na queda de frutos e folhas, na dormência das sementes, na germinação e no envelhecimento das plantas. Esse hormônio vegetal é extremamente versátil, regulando diversas funções das plantas, como o desenvolvimento dos frutos, a adaptação ao estresse, a dormência e o crescimento das mudas (ZAHID et al., 2023). Outras funções nas quais o ABA está envolvido incluem o fechamento estomático, a maturação dos frutos, além de influenciar a quantidade de carboidratos nas plantas (BOUND, 2022). O ABA acelera o processo de amadurecimento dos frutos por meio de sua atuação na redução da quantidade de auxina (ácido indol-3-acético) e no aumento do teor de açúcares (JIA et al., 2017).

A rota biossintética do ABA, tem como precursores, metabólitos secundários como os terpenóides, e inicia nos plastídios, onde o isopentenildifosfato (IPP) é transformado em zeaxantina (C40). Em seguida, a zeaxantina passa por modificações para se tornar 9-cis-neoxantina, que é então quebrada pela enzima 9-cis-epoxicarotenoide dioxigenase (NCED), resultando no inibidor C15, conhecido como xantoxina. Finalmente, a xantoxina é convertida em ABA no citoplasma (TAIZ; ZEIGER, 2017). A quantidade de ABA flutua durante os estágios de desenvolvimento do fruto, isso ocorre devido ao fato de apresentar menores quantidades no início e aumentar ao longo do seu desenvolvimento (BARICKMAN et al., 2019).

Em romãs tratadas com uma dose de $800 \text{ } \mu\text{g.mL}^{-1}$ de uma fonte sintética de ABA na pré-colheita, obteve-se um aumento na massa fresca, além de melhoria no tamanho dos frutos, na coloração e no tamanho do arilo (HUSSEIN; IBRAHIM; EISSA, 2023). Em videiras, a aplicação de ABA durante o desenvolvimento das bagas acelera a acumulação de frutose e glicose nos cachos de uva (MURCIA et al., 2016) e aumenta nas bagas o índice de coloração e antocianina em uvas tintas (MARI; BAUTISTA-BANOS; SIVAKUMAR, 2016; RIBEIRO et al., 2022). O aumento no rendimento do fruto está diretamente relacionado ao acúmulo de água

nos frutos, como consequência da aplicação de ABA que tem a habilidade de fechar os estômatos, o que reduz a transpiração e, como resultado, aumenta o acúmulo de água e o tamanho dos frutos (MOHAMED et al., 2019).

No que diz respeito ao desenvolvimento de culturas frutíferas e ao processo natural de maturação, o ABA desempenha uma função importante como defesa contra estresses abióticos (KUNDU; GANTAIT, 2017). Isso ocorre porque o ABA induz alterações que provocam a modulação do fechamento estomático, o que leva à conservação de água devido ao estresse abiótico. O fechamento estomático é um fenômeno importante que reduz a perda de água e aumenta a resposta de defesa contra patógenos invasores (ZAHID et al., 2023).

Ácido jasmônico

Os ácidos jasmônicos (JAs) são produzidos a partir de ácidos graxos no processo de metabolismo da membrana, sendo compostos por metil jasmonato (MeJA) e ácido jasmônico (JA). Os JAs desempenham diversas funções no desenvolvimento, crescimento e reprodução das plantas, além de evidenciarem diversas reações de defesa contra patógenos e pressões ambientais (WANI et al., 2016). Além disso, o JA está envolvido na regulação de processos fisiológicos em frutos, como o amadurecimento, a quantidade de antioxidantes, açúcares, pigmentos e compostos fenólicos (REYES-DÍAZ et al., 2016).

O JA é produzido a partir do ácido α -linolênico por meio da via octadecanoide. Sua biossíntese se inicia pela catalisação através de enzimas localizadas em plastídios, como a lipoxigenase (LOX), aleno óxido sintase (AOS) e aleno óxido ciclase (AOC), além de enzimas presentes em peroxissomos, como a redutase no citoplasma, a jasmonato-amido sintetase e jasmonato metil transferase, que regulam a síntese de JA nas plantas no citoplasma (ZAHID et al. 2023).

A via de sinalização do ácido jasmônico (JA) compreende dois estágios: repressão em condições normais e ativação em situações estressantes. Em condições fisiológicas normais, os níveis de JA no citoplasma são extremamente reduzidos, o que mantém inativos os genes associados à sua síntese. Em condições de estresse, entretanto, o JA se acumula em altas concentrações no citosol e é transportado para o núcleo através do citoplasma e da membrana nuclear, com a mediação de proteínas transportadoras específicas (ALI; BAEK, 2020).

Em situações em que plantas ou frutos enfrentam estresses abióticos, o metabolismo e as respostas mediadas pelo JA são rapidamente ativadas, induzindo de forma rápida a expressão de genes de defesa. Outras respostas fisiológicas associadas ao JA incluem o acúmulo de aminoácidos e açúcares solúveis, bem como a regulação da abertura e do fechamento estomático (ZAHID et al., 2023). O JA desempenha diversos papéis nas fases iniciais do amadurecimento dos frutos, atuando, sobretudo, na regulação da produção de etileno (NHAM et al., 2017).

Elbagoury et al. (2020) estudando um derivado do JA, o Metil Jasmonato (1 mM de MeJA), aplicado em conjunto com cloreto de cálcio na pós-colheita de bananas, observaram que o produto promoveu aumento no teor de compostos fenólicos totais e manteve a atividade antioxidante durante o armazenamento refrigerado e a maturação. O revestimento de bananas com MeJA contribuiu para a manutenção da qualidade pós-colheita e prolongou a vida útil das frutas, reduzindo os danos causados pelo frio durante o período de armazenamento.

O uso de MeJA e Salicilato de metil (MeSA), em uma concentração de $100 \mu\text{mol/L}^{-1}$ na forma de vapor, antes do armazenamento refrigerado de abacates, demonstrou que os frutos apresentaram uma maior resistência aos danos causados pelo frio e reduziu a incidência de doenças (GLOWACZ; ROETS; SIVAKUMAR, 2017). A utilização pós-colheita com $100 \mu\text{M}$ MeSA e $10 \mu\text{M}$ MeJA aprimorou a qualidade de manga amarela 'Nam Dok Mai' ao retardar o amadurecimento, regulando a taxa respiratória e a produção de etileno. Esse efeito está relacionado à coordenação de alterações fisiológicas, como a biossíntese e sinalização de etileno, a biossíntese nos metabólitos secundários e a degradação da parede celular. Assim, têm sido utilizados fitormônios em conjunto para uma melhor conservação (NGUYEN et al., 2024).

Li et al. (2025) trabalhando com MeJA na concentração de $100 \mu\text{M}$ em bananas (variedade *Musa* ABB Pisang Awak) observaram resultados antagônicos: os frutos tratados apresentaram menor consistência da polpa e amadureceram mais rapidamente em comparação ao controle. Esses dados sugerem que o MeJA promoveu o amadurecimento das bananas ao estimular a produção de etileno e o amolecimento de frutos.

Brassinosteróide

Os brassinosteróides (BRs) são atualmente considerados hormônios vegetais essenciais, equiparando-se a hormônios vegetais, como auxina, citocinina, etileno, ácido giberélico e ácido abscísico, em virtude de seus importantes papéis na regulação dos processos de desenvolvimento. Processos, como expansão, divisão celular e diferenciação, são controlados pelos BRs. Inicialmente conhecidos pelos seus efeitos estimulantes no crescimento das plantas, os BRs podem promover o crescimento por meio de mudanças no alongamento ou expansão celular, além de regular processos fisiológicos como divisão celular, desenvolvimento, senescência e respostas ao estresse biótico e abiótico (OH; HONEY; TAX, 2020).

Os BRs possuem uma biossíntese bem definida e mecanismos de sinalização específicos. São divididos em três grupos primários, com base no número de átomos de carbono ligados a cada molécula de esteroides: C₂₇ (5 α -colestano), C₂₈ (5 α -ergostano) e C₂₉ (5 α -estigmastano). Na biossíntese simplificada de esterol, o esqualeno sofre uma série de reações até ser transformado em 24-metilenofenol. Nesse processo, a via se ramifica no C₂₉, resultando em β -sitosterol e estigmasterol como produtos finais, enquanto no ramo C₂₈, o produto final é campesterol, que é o precursor da biossíntese de BR (BAJGUZ PIOTROWSKA-NICZYPORUK, 2023).

Os BRs apresentam um potencial de regulação do desenvolvimento de frutos, podendo também ser utilizados na pós-colheita. Eles atuam no controle do amadurecimento de frutos, na atenuação de injúrias causadas pelo frio – por meio do aumento do sistema antioxidante – e na indução de expressão gênica de defesa contra patógenos na pós-colheita (GUTIÉRREZ-VILLAMIL; MAGNITSKY; BALAGUERA-LÓPEZ, 2024).

Os brassinosteroides (BRs) têm sido objeto de estudo com crescente frequência nas últimas duas décadas. Em alguns países, observa-se um destaque no desenvolvimento de pesquisas sobre esse hormônio, evidenciado pelo aumento significativo no número de publicações científicas (GUTIÉRREZ-VILLAMIL; MAGNITSKIY; BALAGUERA-LÓPEZ, 2024). Os BRs estão envolvidos em processos como o aumento da fertilidade do pólen, o crescimento dos frutos e a indução da floração. Em mangueiras (*Mangifera indica* L.), sua aplicação atenuou a malformação de inflorescências e aumentou a fertilidade do pólen (TEPKAEW et al., 2022). Em milho-doce (*Zea mays* L.), o uso pré-colheita de 24-epibrassinolídeo (24-EBR) na

concentração de 2 μM prolongou a vida útil dos frutos, preservou o teor de açúcar solúvel e manteve a atividade das enzimas antioxidantes (FANG et al., 2023).

Ahamad et al. (2024) trabalhando na pós-colheita, de frutos de pimentão (*Capsicum annuum* L.) 'Indam Laxmi', submetidos à imersão com uma fonte sintética de BRs na concentração de 10 $\mu\text{M.L}^{-1}$, verificaram resultados importantes na qualidade do fruto. Houve redução na perda de massa, taxa de respiração e degradação da clorofila, além da manutenção da firmeza do pimentão verde armazenado a 10°C e 85–90% de umidade relativa. Fang et al. (2021) trabalhando com brócolis (*Brassica oleracea* L.), observou que o tratamento com 2 μM de 24-epibrassinolida, retardou o amolecimento, preservou a cor verde na pós-colheita e proporcionou uma melhor capacidade antioxidante. As informações citadas apresentam resultados significativos no prolongamento a vida útil de frutas e hortaliças com o uso de brassinosteroides.

Melatonina

A melatonina é um hormônio considerado uma molécula inofensiva para o ecossistema, devido ao seu tamanho reduzido e à alta capacidade de dissolver tanto em gorduras quanto em água, permitindo sua fácil entrada nas células. Nas plantas, essa substância atua como um agente modulador que melhora a resistência contra diferentes tipos de estresses, sejam eles de origem biológica ou ambiental (ARNAO; CANO; HERNÁNDEZ-RUIZ, 2022). Assim, a melatonina pode ser considerada um hormônio vegetal que está envolvido em diversas situações, atuando como um hormônio de alívio do estresse e um bioestimulante no crescimento das plantas. Além disso, desempenha um papel importante na fotossíntese, germinação, no crescimento das raízes, na floração, na frutificação e em outros processos na planta (KHAN et al., 2023).

A biossíntese da melatonina inicia com um aminoácido aromático, o triptofano (Trp), sintetizado pela via do chiquimato. Essa via biossintética funciona por várias reações que se divide em quatro etapas catalisadas por enzimas que estão localizadas em diferentes lugares da célula, como cloroplastos, mitocôndrias, citoplasma e retículo endoplasmático. Todavia, em condições de estresse, a principal via de síntese de melatonina ocorre nas mitocôndrias (BACK, 2021).

A biossíntese inicia com a formação de melatonina a partir do Trp, envolvendo duas vias principais na síntese do Trp. A primeira via é a descarboxilação do triptofano em triptamina através da enzima triptofano descarboxilase. Em seguida, a triptamina é hidroxilada em serotonina pela enzima triptamina 5-hidroxilase. A segunda via é a hidroxilação do triptofano, em que 5-hidrotriptofano em serotonina pelo triptofano descarboxilase, localizada no citoplasma. Desta forma, ambas as via podem estar presentes nas plantas (BACK; TAN; REITER, 2016).

As folhas de couve chinesa (*Brassica rapa*. var. *parachinensis*) imersas em solução de melatonina 100 μM por 3 minutos, após os tratamentos, melhoraram a qualidade das folhas e promoveu um retardamento da senescência e da deterioração. Elas foram embaladas em sacos de filme de polietileno e armazenados na temperatura de 15 °C com umidade relativa de 80%. Em relação aos atributos de qualidade, foram mantidos os teores de sólidos solúveis, proteínas, vitamina C, fenólicos totais e flavonas (TAN et al., 2021). Fan et al. (2022) utilizando melatonina na pós-colheita de frutos de goiaba (*Psidium guajava* L.) na concentração de 600 $\mu\text{mol.L}^{-1}$, perceberam um incremento na capacidade de antioxidante, o conteúdo de flavonóides totais e ácido ascórbico, além de melhorar a atividade das enzimas fenilalanina amônia-liase, coenzima A ligase, reduzindo o dano oxidativo.

Considerações finais

O uso de reguladores de vegetais se tornou uma importante prática realizada em cultivos agrícolas, especialmente na pré e pós-colheita, demonstrando resultados promissores na manutenção da qualidade dos produtos hortifrutícolas. Assim, a utilização de fontes sintéticas de reguladores vegetais como: auxina, citocinina, giberelina, etileno, ácido abscísico, ácido jasmonato, brassinosteroides e melatonina, abordados nessa revisão, revelam que, dependendo do regulador, esses compostos podem atuar de forma antagônica ou sinérgica, acelerando ou retardando o processo de amadurecimento e senescência de folhas e frutos. Além disso, eles agem como sinalizadores a estresses bióticos e abióticos e, também, podem atuar no aumento de características de qualidade dos produtos hortifrutícolas, reduzindo o processo respiratório, minimizando as injúrias causadas pelo frio e por contaminações patogênicas. As diferentes classes de reguladores vegetais também são

capazes de melhorar características físico-químicas e contribuir na conservação da vida útil pós-colheita de frutos e hortaliças.

Referências bibliográficas

- AHAMAD, S.; ASREY, R.; VINOD, B. R.; MEENA, N. K.; MENAKA, M.; PRAJAPATI, U.; SAURABH, V. Maintaining postharvest quality and enhancing shelf-life of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) using brassinosteroids: A novel approach. **South African Journal of Botany**, v. 169, p. 402-412, 2024.
- ALHAITHLOUL, H. A. S.; ABU-ELSAOUD, A. M.; SOLIMAN, M. H. Abiotic stress tolerance in crop plants: role of phytohormones. **Abiotic Stress in Plants**, v. 233, 2020.
- ALI, Md. S.; BAEK, K. H. Jasmonic acid signaling pathway in response to abiotic stresses in plants. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 21, n. 2, p. 621, 2020.
- ARNAO, M. B.; CANO, A.; HERNÁNDEZ-RUIZ, J. Phytomelatonin: an unexpected molecule with amazing performances in plants. **Journal of Experimental Botany**, v. 73, n. 17, p. 5779-5800, 2022.
- ASREY, R.; SHARMA, S.; BARMAN, K.; PRAJAPATI, U.; NEGI, N.; MEENA, N. K. Biological and postharvest interventions to manage the ethylene in fruit: a review. **Sustainable Food Technology**, v. 1, n. 6, p. 803–826 2023.
- BACK, K. Melatonin metabolism, signaling and possible roles in plants. **The Plant Journal**, v. 105, n. 2, p. 376-391, 2021.
- BACK, K.; TAN, D. X.; REITER, R. J. Melatonin biosynthesis in plants: multiple pathways catalyze tryptophan to melatonin in the cytoplasm or chloroplasts. **Journal of Pineal Research**, v. 61, n. 4, p. 426-437, 2016.
- BAJGUZ, A.; PIOTROWSKA-NICZYPORUK, A. Biosynthetic pathways of hormones in plants. **Metabolites**, v. 13, n. 8, p. 884, 2023.
- BARICKMAN, T. C.; KOPSELL, D. A.; SAMS, C. E. Applications of abscisic acid and increasing concentrations of calcium affect the partitioning of mineral nutrients between tomato leaf and fruit tissue. **Horticulturae**, v. 5, n. 3, p. 49, 2019.
- BISHT, T. S.; RAWAT, L.; CHAKRABORTY B.; YADAV, V. A. Recent advances in use of plant growth regulators (pgrs) in fruit crops - a review. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 7, n. 5. p. 1307-1336, 2018.
- BOUND, S. A. Crop load management in Nashi pear a review. **Horticulturae**, v. 8, n. 10, p. 923, 2022.
- DU, M.; YAN, Y.; LIU, Z.; FAN, X.; ZHANG, X.; LI, H.; L, X.; WANG, L. Effect of pre-harvest exogenous phytohormone and post-harvest 1-MCP treatment on storage quality of sugar-core apples. **Journal of Food Science and Technology**, v. 39, n. 3, p. 151-159, 2021.

- ELBAGOURY, M. M.; TUROOP, L.; RUNO, S.; SILA, D. N. Regulatory influences of methyl jasmonate and calcium chloride on chilling injury of banana fruit during cold storage and ripening. **Food Science & Nutrition**, v. 9, n. 2, p. 929-942, 2020.
- FAN, S.; XIONG, T.; LEI, Q. TAN, Q.; CAI, J.; SONG, Z.; YANG, M.; CHEN, W.; LI, X.; ZHU, X. Melatonin treatment improves postharvest preservation and resistance of guava fruit (*Psidium guajava* L.). **Foods**, v. 11, n. 3, p. 262, 2022.
- FANG, H.; ZHOU, Q.; CHENG, S.; ZHOU, X.; WEI, B. ZHAO, Y. JI, S. 24-epibrassinolide alleviates postharvest yellowing of broccoli via improving its antioxidant capacity. **Food Chemistry**, v. 365, p. 130529, 2021.
- FANG, R., LV, G.; ZHANG, X.; CHEN, J.; CHEN, X.; WANG, B. Preharvest 24-epibrassinolide treatment prolongs harvest duration and shelf life in sweet corn. **Food Chemistry: Molecular Sciences**, v. 7, p. 100179, 2023.
- GLOWACZ, M.; ROETS, N.; SIVAKUMAR, D. Control of anthracnose disease via increased activity of defence related enzymes in 'Hass' avocado fruit treated with methyl jasmonate and methyl salicylate. **Food Chemistry**, v. 234, p. 163-167, 2017.
- GUTIÉRREZ-VILLAMIL, D. A.; MAGNITSKIY, S. BALAGUERA-LÓPEZ, H. E. Physiological and molecular functions of brassinosteroids during fruit development, ripening, and postharvest damage of horticultural products: a review. **Postharvest Biology and Technology**, v. 214, p. 112984, 2024.
- HOSEIN-BEIGI, M.; ZAREI, A.; ROSTAMINIA, M.; ERFANI-MOGHADAM, J. Positive effects of foliar application of Ca, B and GA3 on the qualitative and quantitative traits of pomegranate (*Punica granatum* L.) cv. 'Malase-Torshe-Saveh'. **Scientia Horticulturae**, v. 254, p. 40-47, 2019.
- HUANG, H.; HE, W. Application of exogenous cytokinin regulates cytokinin oxidase and antioxidant activity to maintain chlorophyll pigment during ripening of banana fruit. **Food Bioscience**, v. 55, p. 102998, 2023.
- HUSSEIN, A. S.; IBRAHIM, R. A.; EISSA, M. A. Exogenous pre-harvest application of abscisic and jasmonic acids improves fruit quality by enhancing sugar synthesis and reducing acidity in pomegranate (*Punica granatum* L. cv. Wonderful). **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 23, n. 2, p. 2237-2246, 2023.
- JIA, H.; XIE, Z.; WANG, C.; SHANGGUAN, L.; QIAN, N.; CUI, M.; LIU, Z.; ZHENG, T.; WANG, M.; FANG, J. Absciscic acid, sucrose, and auxin coordinately regulate berry ripening process of the Fujiminori grape. **Functional & Integrative Genomics**, v. 17, p. 441-457, 2017.
- JIANG, Y. L.; CHEN, L. Y.; LEE, T. C.; CHANG, P. T. Improving postharvest storage of fresh red-fleshed pitaya (*Hylocereus polyrhizus* sp.) fruit by pre-harvest application of CPPU. **Scientia Horticulturae**, v. 273, p. 109646, 2020a.
- JIANG, Z. F.; LIU, D. D.; WANG, T. Q.; LIANG, X. L.; CUI, Y. H.; LIU, Z. H.; LI, W. B. Concentration difference of auxin involved in stem development in soybean. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 19, n. 4, p. 953-964, 2020b.

- KHAN, A. S.; ALI, S. Preharvest sprays affecting shelf life and storage potential of fruits. In: **Preharvest modulation of postharvest fruit and vegetable quality**. Academic Press, 2018. p. 209-255.
- KHAN, D.; CAI, N.; ZHU, W.; LI, L.; GUAN, M.; PU, X.; CHEN, Q. The role of phyto melatonin receptor 1-mediated signaling in plant growth and stress response. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, p. 1142753, 2023.
- KHANVILKAR, M. H.; KAUSHIK, R. A.; PAWAR, C. D.; PETHE, U. B.; TALHA, P. M.; SAROLIA, D. K.; UPADHYAY, B.; MAHAWER, L. N. Response of post harvest treatments of various chemical and plant growth regulators on physical parameters of sapota fruits cv. Kalipatti, **International Journal of Chemical Studies**, v. 6, n. 2, p. 3429-3431, 2018.
- KUMAR, R; KHURANA, A; SHARMA, A. K. Role of plant hormones and their interplay in development and ripening of fleshy fruits, **Journal of Experimental Botany**, v. 65, n. 16, p. 4561-4575, 2014.
- KUMAR, S.; KUMAR, R.; BIBWE, B. R.; NATH, P.; SINGH, R.; MANDHANIA, S.; PAL, A.; SONI, R.; KUMAR, A Postharvest handling of ethylene with oxidative and absorptive means. **Journal of Food Science and Technology**, v. 61, n. 5, p. 813-832, 2024.
- KUNDU, S.; GANTAIT, S. Absciscic acid signal crosstalk during abiotic stress response. **Plant Gene**, v. 11, p. 61-69, 2017.
- LI, M.; YAN, Y. ZENG, L.; XIE, Z.; DING, Z.; YANG, J.; WANG, Y.; MA, J.; HUO, K.; YANG, X.; XIA, Q.; SIM, X. X.; LI, C.; JIN, Z.; REN, L.; HU, W. Methyl jasmonate activated regulatory module Ma14-3-3e-MbHLH130-MbACO13/MbACS7 promoting ethylene biosynthesis and fruit ripening in banana. **Postharvest Biology and Technology**, v. 219, p. 113215, 2025.
- LI, S.; CHEN, K.; GRIERSON, D. Molecular and hormonal mechanisms regulating fleshy fruit ripening. **Cells**, v. 10, n. 5, p. 1136, 2021.
- LI, W. F.; ZHOU, Q.; MA, Z. H.; ZUO, C. W.; CHU, M. Y.; MAO, J.; CHEN, B. H. Regulatory mechanism of GA3 application on grape (*Vitis vinifera* L.) berry size. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 210, p. 108543, 2024.
- LOPEZ-LAURI, F. Plant growth regulators. **Postharvest Management Approaches for Maintaining Quality of Fresh Produce**, p. 125-139, 2016.
- LUO, T.; LONG, L.; LAI, T.; LIN, X.; NING, C.; LAI, Z.; DU, X.; SHUAI, L.; HAN, D.; WU, Z. Preharvest GA3 treatment at optimized time points enhanced the storability of 'Shixia' longan fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 214, p. 113005, 2024.
- MA, N.; MA, C.; LIU, Y.; SHAHID, M. O.; WANG, C.; GAO, J. Petal senescence: a hormone view. **Journal of Experimental Botany**, v. 69, n. 4, p. 719-732, 2018.
- MARI, M.; BAUTISTA-BANOS, S.; SIVAKUMAR, D. Decay control in the postharvest system: Role of microbial and plant volatile organic compounds. **Postharvest Biology and Technology**, v. 122, p. 70-81, 2016.
- MATTUS-ARAYA, E.; STAPPUNG, Y.; HERRERA, R.; MOYA-LEÓN, M. A. Molecular actors involved in the softening of *Fragaria chiloensis* fruit accelerated by ABA treatment. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 42, n. 1, p. 433-448, 2023.

- MENDES, R. M. S.; LUCENA, E. M. P.; MEDEIROS, J. B. L. **Ciências Biológicas: Princípios de Fisiologia Vegetal**. 2. ed. Fortaleza: EdUECE, 2015. p. 126.
- MOHAMED, A. K. A.; EL-SALHY, A. M.; MOSTAFA, R. A. A.; EL-MAHDY, M. T.; HUSSEIN, A. S. Effect of exogenous abscisic acid (ABA), gibberellic acid (GA3) and cluster thinning on yield of some grape cultivars. **Journal of Plant Production**, v. 10, n. 2, p. 101-105, 2019.
- MORAIS, R. R.; FONTES, J. R. A.; ATROCH, A. L.; RESENDE, L. **Influência do manejo e de substâncias exógenas na maturação de frutos e produtividade do guaranazeiro**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental. 2020. 44p.
- MOSTERT, S.; ALFÉREZ, F. M.; DU PLOOY, W.; CRONJÉ, P. J. Effect of plant growth regulators on postharvest calyx retention of citrus fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 207, p. 112629, 2024.
- MURCIA, G.; PONTIN, M.; REINOSO, H.; BARALDI, R.; BERTAZZA, G.; GÓMEZ-TALQUENCA, S.; BOTTINI, R.; PICCOLI, P. N. ABA and GA3 increase carbon allocation in different organs of grapevine plants by inducing accumulation of non-structural carbohydrates in leaves, enhancement of phloem area and expression of sugar transporters. **Physiologia Plantarum**, v. 156, n. 3, p. 323-337, 2016.
- NGUYEN, N. X.; SAITHONG, T.; BOONYARITTHONGCHAI, P.; BUANONG, M.; KALAPANULAK, S.; WONGS-AREE, C. Methyl salicylate induces endogenous jasmonic acid and salicylic acid in 'Nam Dok Mai' mango to maintain postharvest ripening and quality. **Journal of Plant Physiology**, v. 303, p. 154356, 2024.
- NHAM, N. T.; MACNISH, A. J.; ZAKHAROV, F.; MITCHAM, E. J. 'Bartlett' pear fruit (*Pyrus communis* L.) ripening regulation by low temperatures involves genes associated with jasmonic acid, cold response, and transcription factors. **Plant Science**, v. 260, p. 8-18, 2017.
- NOBRE, R. C. G. G.; LUCENA, E. M. P. D.; GOMES, J. P.; ARAÚJO, D. R. D.; QUIRINO, D. J. G. Post-harvest quality of bananas Prata-anã and Nanica after application of exogenous ethylene in maturation. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, p. e-904, 2018.
- OH, M. H.; HONEY, S. H.; TAX, F. E. The control of cell expansion, cell division, and vascular development by brassinosteroids: a historical perspective. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 21, n. 5, p. 1743, 2020.
- PEREIRA, M. C. T.; CRANE, J. H.; NIETSCH, S.; MONTAS, W.; SANTOS, M. A. Reguladores de crescimento na frutificação efetiva e qualidade de frutos partenocárpicos de atemoia 'Gefner'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, p. 281-289, 2014.
- REYES-DÍAZ, M.; LOBOS, T.; CARDEMIL, L.; NUNES-NESE, A.; RETAMALES, J.; JAAKOLA, L.; ALBERDI, M.; RIBERA-FONSECA, A. Methyl jasmonate: an alternative for improving the quality and health properties of fresh fruits. **Molecules**, v. 21, n. 6, p. 567, 2016.
- RIBEIRO, L. T. M.; HIGUCHI, M. T.; AGUIAR, A. C. de; SHIMIZU, G. D.; GONÇALVES, L. S. A.; ROBERTO, S.R. Application of abscisic acid (S-ABA) at different stages of ripening on color development of 'Rubi' table grape. **Semina**, v. 1, p. 263-282, 2022. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/43594>. Acesso em: 8 mai. 2025.

SANCHES, A. G.; FEITOSA, E. M. F. Ripening and postharvest quality of guavas treated with plant regulators. **Journal of Horticulture and Postharvest Research**, v. 7, n. 4, p. 407-418, 2024.

SDIRI, S.; NAVARRO, P.; SALVADOR, A. Postharvest application of a new growth regulator reduces calyx alterations of citrus fruit induced by degreening treatment. **Postharvest Biology and Technology**, v. 75, p. 68-74, 2013.

SHIMIZU-YUMOTO, H.; TSUJIMOTO, N.; NAKA, T. Acid invertase activities of dahlia 'Kokucho' petals during flower opening and following cutting and treatment with 6-benzylaminopurine. **Scientia Horticulturae**, v. 272, p. 109525, 2020.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 3. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TAN, X. L.; FAN, Z. Q.; ZENG, Z. X.; SHAN, W.; KUANG, J. F.; LU, W. J.; SU, X. G.; TAO, N. G.; LAKSHMANAN, P.; CHEN, J. Y.; ZHAO, Y. T. Exogenous melatonin maintains leaf quality of postharvest Chinese flowering cabbage by modulating respiratory metabolism and energy status. **Postharvest Biology and Technology**, v. 177, p. 111524, 2021.

TEPKAEW, T.; KHAMSUK, O.; CHUMPOOKAM, J.; SONJAROON, W.; JUTAMANEE, K. Exogenous brassinosteroids regulate mango fruit set through inflorescence development and pollen fertility. **Horticultural Science and Technology**, v. 40, n. 5, p. 481-495, 2022.

WANG, C. M.; YANG, Y. Y.; CHEN, N. H.; ZENG, Z. X.; JI, S. J.; SHAN, W.; KUANG, J. F.; LU, W. J.; SU, X. G.; CHEN, S. J.; ZHAO, Y. T. Physiological and transcription analyses reveal regulatory pathways of 6-benzylaminopurine delaying leaf senescence and maintaining quality in postharvest Chinese flowering cabbage. **Food Research International**, v. 157, p. 111455, 2022.

WANI, S. H.; KUMAR, V.; SHRIRAM, V.; SAH, S. K. Phytohormones and their metabolic engineering for abiotic stress tolerance in crop plants. **The crop journal**, v. 4, n. 3, p. 162-176, 2016.

XIAO, X.; YANG, M.; DONG, W.; ZHOU, C.; SHI, L.; CHEN, W.; CAO, S.; YANG, Z.; LI, S. Gibberellic acid inhibited chlorophyll degradation in post-harvest okras. **Postharvest Biology and Technology**, v. 190, p. 111951, 2022.

XIE, R.; GE, T.; ZHANG, J.; PAN, X.; MA, Y.; YI, S.; ZHENG, Y. The molecular events of IAA inhibiting citrus fruitlet abscission revealed by digital gene expression profiling. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 130, p. 192-204, 2018.

YAHIA, E. M.; CARRILLO-LOPEZ, A. (Ed.). **Postharvest physiology and biochemistry of fruits and vegetables**. Woodhead publishing, 2018. 452p.

YAHIA, E. M.; GARCÍA-SOLÍS, P.; CELIS, M. E. M. Contribution of fruits and vegetables to human nutrition and health. In: **Postharvest physiology and biochemistry of fruits and vegetables**. Woodhead Publishing, 2019. p. 19-45.

ZAHID, G.; IFTIKHAR, S.; SHIMIRA, F.; AHMAD, H. M.; KAÇAR, Y. A. An overview and recent progress of plant growth regulators (PGRs) in the mitigation of abiotic stresses in fruits: A review. **Scientia Horticulturae**, v. 309, p. 111621, 2023.

Aplicação de cálcio e a pós- colheita de maçãs: uma meta-análise

*Valdecir André Kirch
Andréa Nunes Moreira*



Aplicação de cálcio e a pós-colheita de maçãs: uma meta-análise

Valdecir André Kirch¹
Andréa Nunes Moreira²

¹Prefeitura Municipal de Palmitinho–RS, Brasil. E-mail: andre.sarandi@gmail.com

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Petrolina–PE, Brasil. E-mail: andrea.nunes@ifsertao-pe.edu.br

Introdução

A fruticultura é um setor estratégico para a economia global, pois contribui para a segurança alimentar e é uma importante fonte de renda para agricultores. Entre as culturas de maior relevância, a macieira (*Malus domestica* Borkh.) se destaca como uma das frutas mais cultivadas no mundo. Em 2022 a produção global de frutas atingiu cerca de 933 milhões de toneladas (FAO, 2024), evidenciando sua expressiva importância comercial e nutricional. Já a produção brasileira de frutas no ano de 2023 foi de 43.040.561 toneladas, segundo dados da Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frutas e Derivados (ABRAFRUTAS, 2025), estabelecendo o País como o terceiro maior produtor de frutas do mundo (FAO, 2024). Enquanto a produção brasileira de maçãs atingiu em 2023, um montante de 1.103.794 toneladas (ABRAFRUTAS, 2025).

No Brasil, os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina se destacam como principais polos de produção comercial de maçãs, com cultivares amplamente cultivadas, como 'Gala', 'Fuji' e 'Golden Delicious' (ASGHARZADE; VALIZADE; BABAEIAN, 2012). A qualidade pós-colheita desempenha um papel crucial na competitividade do setor, uma vez que distúrbios fisiológicos, como o “Bitter pit” (BP), comprometem a vida útil dos frutos e reduzem seu valor de mercado (FREITAS; MITCHAM, 2012), podendo ocasionar perdas em pós-colheita de até 30% (BASSO, 2002). Na literatura clássica, o “Bitter pit” está frequentemente associado à deficiência de cálcio (Ca) em frutos de maçãs (SMOCK; VAN DOREN, 1937; VAN STUIVENBERG; POUWER, 1950; YAMAZAKI; NIIZUMA; TAGUCHI, 1968; FERGUSON; REID; PRASAD, 1979).

No entanto, estes desafios podem ser superados, especialmente no que tange à tecnificação e adoção de práticas mais eficientes visando condições mais específicas do manejo do pomar; como a aplicação equilibrada de cálcio, o monitoramento nutricional das

plantas, o raleio excessivo de frutos, o controle do vigor das plantas, a adubação excessiva de N e a deficiência hídrica (SAURE, 2005).

De forma que as condicionantes propiciadas as plantas, desde o desenvolvimento até a colheita das frutas, refletem-se no momento pós-colheita da produção frutícola, que, na ausência de condições adequadas, produzem uma série de prejuízos financeiros além de implicar nas oportunidades de comercialização dada a qualidade dos frutos fretados. No caso do "bitter pit", não somente a qualidade e o valor comercial da maçã é afetada, mas o maior acúmulo de ácidos orgânicos durante o armazenamento do fruto provoca alterações no sabor e na aparência da polpa da fruta (IUCHI; NAVA; IUCHI, 2001). Assim, num contexto em que o manejo pós-colheita engloba um conjunto de práticas essenciais para preservar a qualidade dos frutos, reduzindo perdas e mantendo atributos desejáveis para o consumo e comercialização, a aplicação de cálcio na fase de pré-colheita desempenha um papel fundamental, pois influencia diretamente a textura, resistência mecânica e vida útil dos frutos, contribuindo para sua conservação durante o armazenamento e transporte.

A adoção de tecnologias pós-colheita pela cadeia produtiva requer a superação de alguns desafios, que muito além da cooperação entre os diferentes entes da cadeia produtiva e da capacitação destes, engloba ainda a colaboração entre o poder público e o privado, com o intuito de criar estratégias, programas governamentais e, principalmente, investimento em pesquisa científica. Pesquisa esta que é capaz de elucidar a relação existente entre os nutrientes minerais no momento da pré-colheita e o condicionamento que estes proporcionam diante dos atributos de qualidade pós-colheita das frutas como a cor, textura, aroma, açúcar e acidez (CANTILLANO et al., 2003).

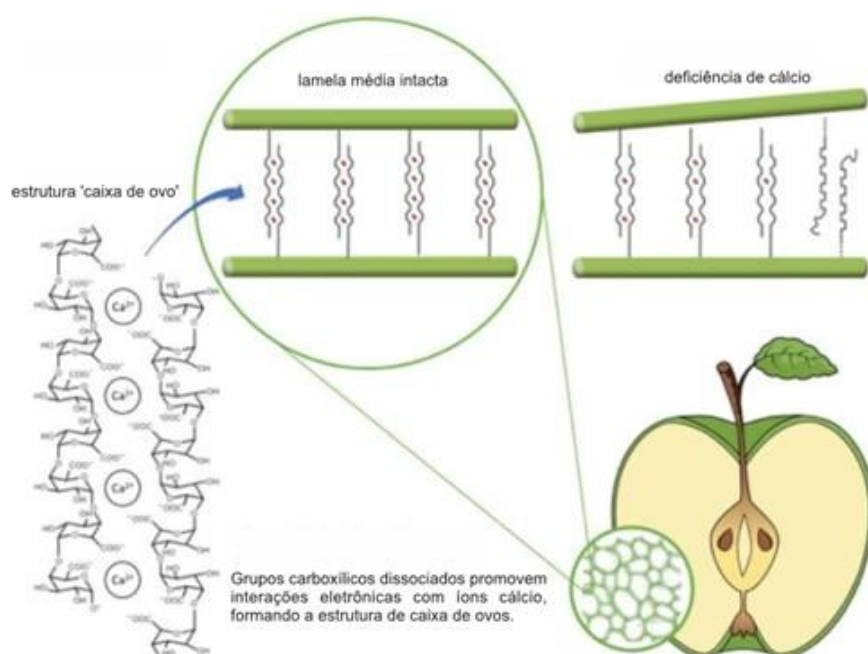
O armazenamento refrigerado ($5\pm 2^{\circ}\text{C}$ e 70-80% de umidade relativa) é uma prática amplamente adotada para estender a vida útil das maçãs. No entanto, mesmo sob condições controladas, ocorrem alterações físico-químicas, como a redução da acidez, dos sólidos solúveis totais (TSS) e da firmeza dos frutos (BANOO; DOLKAR; ALI, 2018).

A firmeza, um dos principais parâmetros para a aceitação do consumidor, está diretamente associada à integridade da parede celular, sendo influenciada pela atividade de enzimas hidrolíticas, como a poligalacturonase, e pela homeostase do cálcio nos tecidos (KONOPACKA; PLOCHARSKI, 2002; CONWAY; SAMS; HICKEY, 2002). Pesquisas indicam que a aplicação de cálcio, tanto na fase de pré-colheita quanto na pós-colheita, contribui para mitigar esses efeitos, retardando a degradação da parede celular e prolongando a qualidade

comercial dos frutos (GHAFIR et al., 2009). Neste sentido, a deficiência e o excesso nos teores de determinados nutrientes influenciam na fisiologia dos vegetais e na disponibilidade de outros nutrientes. Sabe-se que o cálcio possui relação direta com as transformações dos tecidos das frutas (amaciamento) bem como com os componentes químicos das paredes celulares (FERREIRA et al, 2013).

Os grupos carboxílicos ácidos ligados ao cálcio formam o pectato de cálcio - que é insolúvel predominante em frutas imaturas (CHITARRA; CHITARRA, 2005). O cálcio ainda participa de diversos processos metabólicos (senescência, abscisão, funcionamento de membranas), além de atuar na regulação enzimática (ATPase, alfa amilase, fosfolipase, nucleases e poligalacturonase) (LI et al., 2009). Assim, por ser um macronutriente associado à estrutura, regulação da parede celular e manutenção da membrana plasmática (BEZERRA, 2020), é responsável pela estabilidade estrutural e fisiológica dos tecidos das plantas (Figura 1).

Figura 1 - Desenho esquemático do modelo “caixa de ovo” representando o papel que o cálcio desempenha na estabilidade da lamela média e a ocorrência de distúrbios de decorrentes da deficiência de cálcio.



Fonte: Adaptado de Torres, Kalcsits e Nieto (2024).

No caso dos frutos, a determinação da qualidade destes na pós-colheita, com o aumento no período de armazenamento, está intimamente relacionada à ação do cálcio, que dentre os vários benefícios, pode reduzir o amolecimento e a senescência destes (GAYED et al., 2017), além da manutenção da integridade da parede celular, enquanto barreira física, o cálcio é de fundamental importância pois regula ainda os processos de permeabilidade dos tecidos e células (PRADO, 2020).

O cálcio, dada a sua importância enquanto nutriente constituinte da estrutura dos polissacarídeos que fornecem resistência à parede celular, (TAIZ; ZEIGER, 2009), requer do manejo da fertilidade das plantas uma atenção especial, pois pode resultar em frutas mais resistentes ao transporte e com maior período para a comercialização. A atenção no manejo da adubação com cálcio se justifica dadas as interações entre cálcio e boro que impedem o aparecimento da deficiência nutricional desses elementos em órgãos mais novos. Ambos apresentam forte interação com o solo, e o conteúdo de cálcio diminui quando há excesso de boro no solo, enquanto o baixo teor de cálcio causa deficiências de boro (MALAVOLTA, 1980). Além disso, a deficiência de boro acarreta diminuição do teor de cálcio na folha, afetando a sua absorção e translocação na planta (YAMAUCHI et al., 1986; PENALOSA; ZORNOZA; CARPENA, 1987; FAGERIA, 2001).

O suprimento adequado de cálcio para as plantas é essencial para o desenvolvimento normal de frutos e sementes (WOODS, 1994; MARSCHNER, 2012), sendo que o desenvolvimento de pesquisas corrobora com a evidência do aumento nas margens de respostas dose-erro com base na recomendação de respostas dose-efetuadas. O cálcio (Ca^{2+}) é um nutriente essencial para o desenvolvimento estrutural das plantas, desempenhando um papel fundamental na estabilidade das membranas celulares, na integridade da parede celular e na regulação de processos metabólicos (WHITE; BROADLEY, 2003).

Objetiva-se com a realização do presente estudo meta-analítico investigar os efeitos da pulverização foliar de cálcio na pré-colheita sobre as características físicas, especificamente a firmeza de polpa no período pós-colheita de maçãs. Assim deverá ser possível por meio da integração de dados de múltiplos estudos científicos a obtenção do impacto que a pulverização de fontes de cálcio em pré-colheita exerce sobre a firmeza de maçãs em pós-colheita. A partir da qual poderão ser traçadas estratégias para otimizar o manejo nutricional na fruticultura visando a minimização dos efeitos da redução da firmeza de polpa de maçã em pós-colheita.

Metodologia

A presente pesquisa foi do tipo revisão bibliográfica sistemática (SAMPAIO; MANCINI, 2007) que se estruturou nas seguintes etapas, seguindo o proposto por Silva e Martins-Reis (2017), sendo i) Identificação do tema e seleção da questão de pesquisa; ii) Definição das informações a serem extraídas de estudos selecionados, utilizando o termo booleano AND; iii) Categorização dos estudos, interpretação dos resultados e apresentação da síntese/conhecimento.

Foram obtidos trinta e cinco conjuntos de dados provenientes de doze artigos científicos distintos, de forma que dois ou mais estudos podem ter origem num mesmo artigo científico; desde que as fontes de cálcio e as demais premissas objeto da presente meta análise sejam contempladas.

As buscas foram realizadas nas bases de dados Scopus, Web of Science, Science Direct e Google Acadêmico, buscando identificar somente artigos científicos; sendo descartados as demais publicações que eventualmente abordassem o tema. Como critérios de pesquisa foram utilizadas as seguintes palavras-chave: "CaCl₂", "CaO", "Ca(NO₃)₂", "CaCO₃", "calcium", "pre-harvest", "post-harvest", "Malus", "firmness", "cálcio", "pré-colheita", "pós-colheita", "Malus" e "firmeza". Somente foram abarcados no presente trabalho os estudos cujos tratamentos empregados tivessem como fonte de cálcio originada única e exclusivamente a pulverização foliar; CaCl₂, CaO, Ca(NO₃)₂, CaCO₃. Do mesmo modo, somente foram selecionados estudos que avaliaram a firmeza de polpa das frutas após um período de armazenamento mínimo de 5 dias. Alguns estudos apresentavam os dados de firmeza sob a forma de tabelas, enquanto em outros os dados estavam inseridos em gráficos/figuras. Nesses últimos, os valores de firmeza foram extraídos das figuras com o auxílio do software Foxit PDF Reader (FOXIT, 2024). A relação dos conjuntos de dados e os seus respectivos autores está elucidada na Tabela 1, que contém uma lista dos artigos selecionados e do número de conjuntos de dados extraído de cada estudo.

Neste estudo, buscamos compreender o impacto da pulverização de cálcio na firmeza de maçãs de diferentes cultivares, utilizando uma meta-análise para integrar os resultados de pesquisas anteriores. O objetivo foi identificar o efeito global desse tratamento sobre a firmeza dos frutos, com base no cálculo da média ponderada dos efeitos observados em cada estudo analisado. Para essa estimativa, aplicamos o modelo de efeitos aleatórios, conforme

descrito por Hedges e Olkin (1985), que considera não apenas o erro amostral, mas também outras fontes de variação devido à diversidade de populações envolvidas.

Tabela 1 – Estudos selecionados para a meta-análise e número de conjunto de dados de cada artigo.

AUTORES	NÚMERO DE CONJUNTO DE DADOS
Acevedo-Barrera et al. (2019)	4
Brackmann et al. (2010)	3
Dris et al. (2000)	3
Ghorbani et al. (2021)	4
Farag e Nagy (2012)	2
Khakpour et al. (2022)	3
Lötze e Hoffman (2014)	2
Omaima et al. (2007)	4
Sharma, Singh e Pal (2013)	1
Soppelsa et al. (2020)	1
Torres et al. (2017)	5
Zahid et al. (2024)	3

Fonte: Autor (2025).

O modelo de efeitos aleatórios presume que os estudos incluídos não representam uma única população homogênea, mas sim um conjunto de populações distintas. Dessa forma, não há um único efeito verdadeiro, e sim uma distribuição de efeitos globais, como apontado por Borenstein et al. (2011). Para o cálculo da variância dessa distribuição, optamos pelo algoritmo de DerSimonian-Laird, amplamente empregado em meta-análises, conforme descrito por Veroniki et al. (2016).

A síntese dos resultados dos diferentes estudos em um único valor quantitativo é o objetivo central da meta-análise. No entanto, essa conclusão precisa ser estatisticamente consistente, o que requer um nível adequado de homogeneidade entre os estudos. Mesmo que o efeito global seja pequeno, a presença de estudos com resultados discrepantes “outliers” pode influenciar significativamente as conclusões.

A heterogeneidade dos estudos foi avaliada por meio do índice I^2 , que representa a percentagem de variabilidade entre os estudos não explicada pelo acaso, seguindo as diretrizes de Higgins et al. (2003). Valores inferiores a 25% indicam baixa heterogeneidade, entre 25% e 75% são considerados moderados, e acima de 75% indicam uma heterogeneidade

elevada. Diante de uma elevada heterogeneidade, é comum empregar procedimentos para identificar e excluir outliers, conforme sugerem Viechtbauer e Cheung (2010). No presente estudo, consideramos como “outliers” os estudos cujos intervalos de confiança de 95% não se sobrepõem ao intervalo de confiança global, indicando efeitos extremamente pequenos ou excessivamente grandes.

Por fim, analisamos a influência individual das diferentes fontes de cálcio sobre o efeito global observado destes estudos. Quando da investigação dos grupos de fontes de cálcio sobre o efeito de tamanho global, identificaram-se CaCl_2 e CaO uma vez que as fontes de cálcio (CaCO_3) e $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, apresentaram somente 1 e 5 conjuntos de dados respectivamente, o que inviabiliza a realização do teste de Eggers. De sorte que estas fontes de cálcio foram sumariamente excluídas da presente investigação.

Este estudo fornece uma base consistente para futuras pesquisas, destacando a importância de se investigar os fatores que contribuem para a variabilidade observada na resposta da firmeza das maçãs ao tratamento com cálcio.

Os procedimentos de cálculos e diagramas da meta-análise foram obtidos com o software livre R e os pacotes Meta, Shiny e Metafor (R, 2024).

Resultados

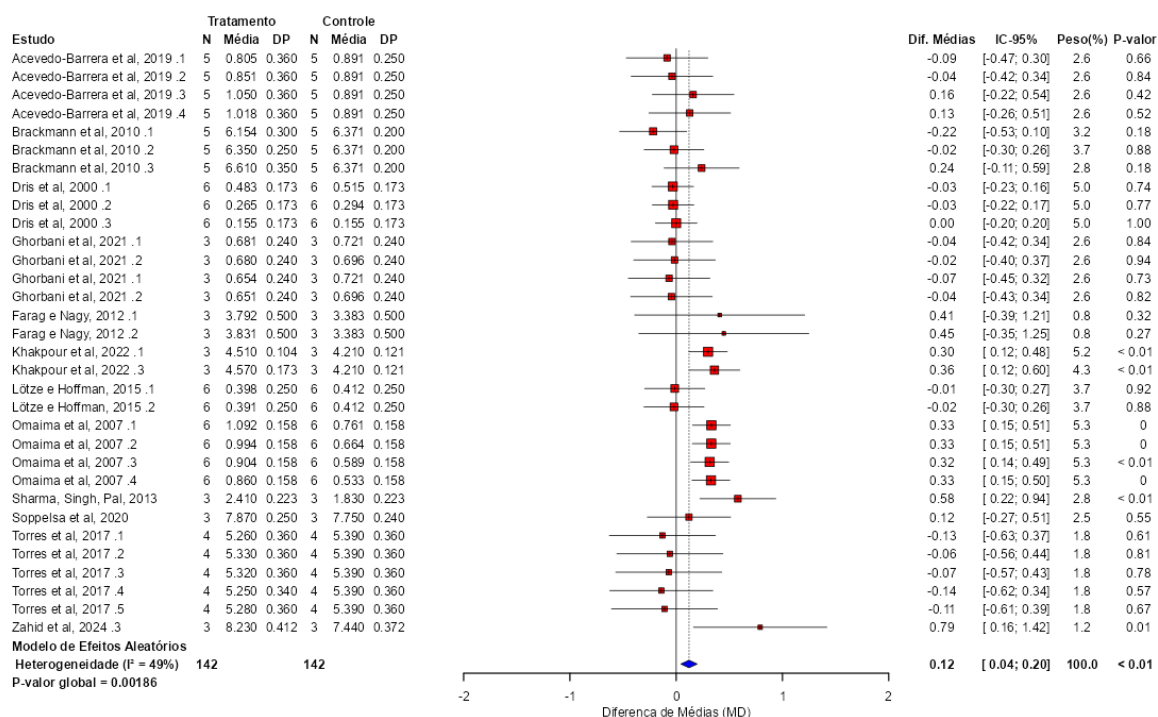
Após a remoção de “outliers” usando os critérios descritos previamente, são descritos o tamanho de efeito do conjunto amostrado correspondente a variável firmeza da polpa para os frutos de maçã em pós-colheita. Como resultado, de acordo com os critérios empregados, restaram trinta e dois conjuntos de dados obtidos a partir de doze estudos.

A diferença média estimada com base no modelo de efeitos aleatórios foi de $= 0,1206$ (IC de 95%: 0,0446 a 0,1966), conforme pode ser observado na Figura 2. Ao se considerarem todos os 32 conjuntos de dados incluídos na análise, o efeito global (efeito de tamanho) da adição de fontes de cálcio implica na redução da perda de firmeza de polpa de frutos da cultura da maçã na ordem de até $0,12 \text{ kgf cm}^{-2}$ ao longo do período de pós-colheita.

Ainda, a análise realizada usando a diferença média como medida de resultado sob um modelo de efeitos aleatórios global revelou por meio do estimador DerSimonian-Laird (DERSIMONIAN, 1986), uma heterogeneidade moderada (τ^2 e I^2) respectivamente de 0,0203 e 49% (p-valor de 0,0011), resultados estes que expressam a moderada variabilidade

(heterogeneidade) dos estudos; sejam pela dosagem das fontes de cálcio, concentração de fontes de cálcio, diferentes fracionamentos das pulverizações das fontes de cálcio, diferentes variedades de maçã envolvidas, distintas temperaturas e principalmente período de armazenamento pós-colheita. Razão pela qual os estudos apresentam tamanha diversidade nas diferenças médias entre seus respectivos tratamentos.

Figura 2 – Gráfico de floresta obtido após a remoção dos “outliers” considerando o modelo de efeitos aleatórios globais, representando o efeito global da aplicação via foliar de diferentes fontes de cálcio em pré-colheita sobre os valores médios de firmeza em pós-colheita em maçã.



Fonte: Autor (2025).

Os resultados obtidos decorrem da heterogeneidade do conjunto de dados, esse que representa um valor médio geral (efeito agregado de todos os estudos), dependente das cultivares de maçã, da dose aplicada ou do momento de aplicação bem como das fontes de cálcio investigadas. Assim, os pesos atribuídos aos estudos individuais são diluídos entre os estudos no modelo de efeitos aleatórios (SCHWARZER; CARPENTER; RÜCKER, 2015), mas mesmo que seja observada uma heterogeneidade moderada entre os diferentes estudos, esta não prosperou nem impôs limites à robustez estatística dos efeitos globais obtidos, exigindo-

se sim cautela na interpretação dos resultados em razão das variáveis moderadoras envolvidas, tais como cultivares, temperatura e período de armazenamento bem como as doses e fontes de cálcio empregadas.

Ensejam este cuidado pois ensaios conduzidos com diferentes cultivares de macieira demonstram que a aplicação de cálcio (Ca) na fase de pré-colheita melhora significativamente a qualidade dos frutos durante o armazenamento. Isto porque o cálcio (Ca^{2+}) desempenha funções essenciais como regulador estrutural e metabólico, estabilizando membranas celulares e reduzindo a degradação da pectina por meio da modulação enzimática (BANGERTH et al., 1972).

Frutos com baixos teores de cálcio são mais propensos ao amolecimento e a distúrbios fisiológicos, como o bitter pit, que resulta da desorganização da lamela média (FREITAS et al., 2010). Estudos com a cultivar 'Golden Smoothee' indicam que a aplicação de CaCl_2 em seis pulverizações resultou em maior firmeza da polpa e redução da incidência de bitter pit, conforme evidenciado por Ghorbani et al., (2021). Resultados semelhantes foram observados nas cultivares 'Fuji' e 'Gala', reforçando a relevância desse manejo na fruticultura comercial (ACEVEDO-BARRERA et al., 2019). Torres et al. (2017) analisaram estratégias combinadas de aplicação de cálcio para mitigar o *bitter pit* em maçãs 'Golden Delicious'. Dentre os resultados que os autores obtiveram, está a prevalência no quesito eficiência, das pulverizações de CaCl_2 foliares sobre as aplicações via solo, na redução da desordem fisiológica (*bitter pit*). Demonstraram ainda os autores que a frequência e o momento das pulverizações são fatores determinantes na eficácia do manejo, uma vez que a aplicação de treze pulverizações mostrou tendência de maior eficiência, ante o regime de sete pulverizações. O efeito global das diferenças de médias obtidas no presente estudo, apontam que a pulverização via foliar com fontes de cálcio são cruciais para melhorar a firmeza, reduzir perdas de massa e prevenir distúrbios fisiológicos em maçãs.

Avaliando a influência do número de aplicações de CaCl_2 na qualidade pós-colheita, Brackmann et al. (2010) verificaram que pulverizações sucessivas aumentaram a firmeza da polpa e reduziram a incidência de podridões em maçãs 'Fuji' armazenadas por 9,5 meses em atmosfera controlada. Ainda segundo os autores, a manutenção da firmeza da polpa foi atribuída ao efeito estabilizador do cálcio sobre a parede celular, destacando seu papel fundamental na conservação da qualidade pós-colheita.

Diante destes achados, a adubação com cálcio na pré-colheita emerge como uma

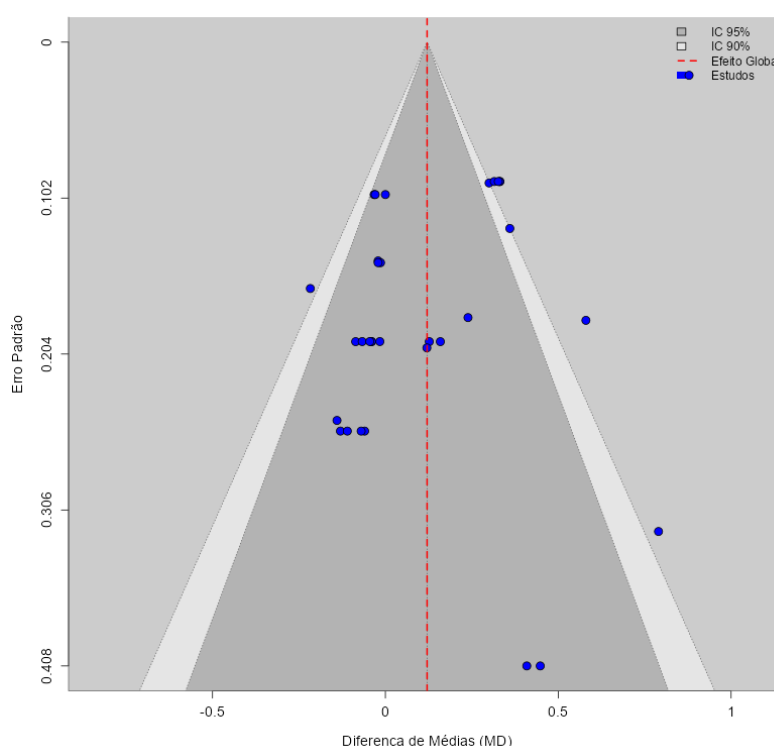
prática essencial para a manutenção da qualidade das maçãs durante o armazenamento. O sucesso desse manejo depende da escolha da cultivar, do número de aplicações e da interação com fatores ambientais, evidenciando a necessidade de um planejamento técnico detalhado para maximizar seus benefícios na produção comercial. Em maçãs 'Golden Smoothee', seis aplicações de CaCl_2 a 0,15% reduziram significativamente a incidência de *bitter pit* e preservaram a firmeza dos frutos após quatro meses de armazenamento (CASERO, BENAVIDES; RECASENS, 2009). A eficácia dessas aplicações varia conforme o estágio fenológico, sendo que pulverizações realizadas 42 dias após a floração demonstram maior eficiência do que aplicações precoces (YAMANE, 2014). Depende também do estágio de desenvolvimento do fruto e das condições do binômio tempo e temperatura de armazenamento, destacando a necessidade de estratégias do número de aplicações e especialmente no emprego da fonte de cálcio adequada. Brackmann et al. (2010) evidenciaram que o aumento no número de aplicações reduziu a produção de etileno e elevou o teor de sólidos solúveis, sem impacto significativo na taxa respiratória e na acidez titulável dos frutos. Brackmann et al. (2010) atribuíram esse efeito ao papel do cálcio na estabilização da parede celular, onde o nutriente forma ligações entre as pectinas, promovendo maior rigidez e retardando a degradação enzimática durante o amadurecimento. Esse efeito pode ser atribuído ao papel do cálcio na estabilização das lamelas médias e paredes celulares, através da formação de pontes de cálcio entre os grupos carboxila das moléculas de pectina.

A distribuição simétrica das diferenças médias e os seus respectivos erro padrão ao longo do eixo do efeito global, sob a área do gráfico de funil (Figura 3) em relação ao efeito global indicam um baixo viés no conjunto de dados como um todo, confirmado através do Teste de viés de publicação (Egger), valor-p: 0,6029 o que não denota nenhuma evidência significativa de viés de publicação ($p \geq 0,05$), no que tange ao aspecto que os conjuntos de dados empregados são representativos de todos os estudos conduzidos, e assim não distorcem as conclusões gerais, tampouco podem induzir a decisões equivocadas de manejo.

A avaliação da diferença média como medida de resultado sob um modelo de efeitos aleatórios para o subgrupo do efeito de cloreto de cálcio - CaCl_2 (Figura 4), produzida a partir de um total de 20 estudos (conjunto de dados extraído do conjunto original), estimou um acréscimo na firmeza de polpa de maçãs em pós-colheita de $0,1633 \text{ Kg} \cdot \text{cm}^{-2}$ (IC de 95% compreendido entre $0,0576$ e $0,2690 \text{ Kg} \cdot \text{cm}^{-2}$), no efeito do tratamento com CaCl_2 em relação ao controle. Sendo que o resultado médio diferiu significativamente de zero ($p = 0,0025$).

Ainda, quando testada a heterogeneidade, o referido subgrupo de tratamentos (CaCl_2) apresentou resultados que contemplam uma heterogeneidade moderada, $p < 0,0001$, $\tau^2 = 0,0355$, $I^2 = 62,7\%$).

Figura 3 – Gráfico de funil obtido após a remoção dos “outliers” considerando o modelo de efeitos aleatórios globais, aportando a aplicação via foliar de diferentes fontes de cálcio em pré-colheita sobre os valores médios de firmeza em pós-colheita em maçã, demonstrando a não ocorrência de viés de publicação entre os conjuntos de dados utilizados no estudo da meta-análise.



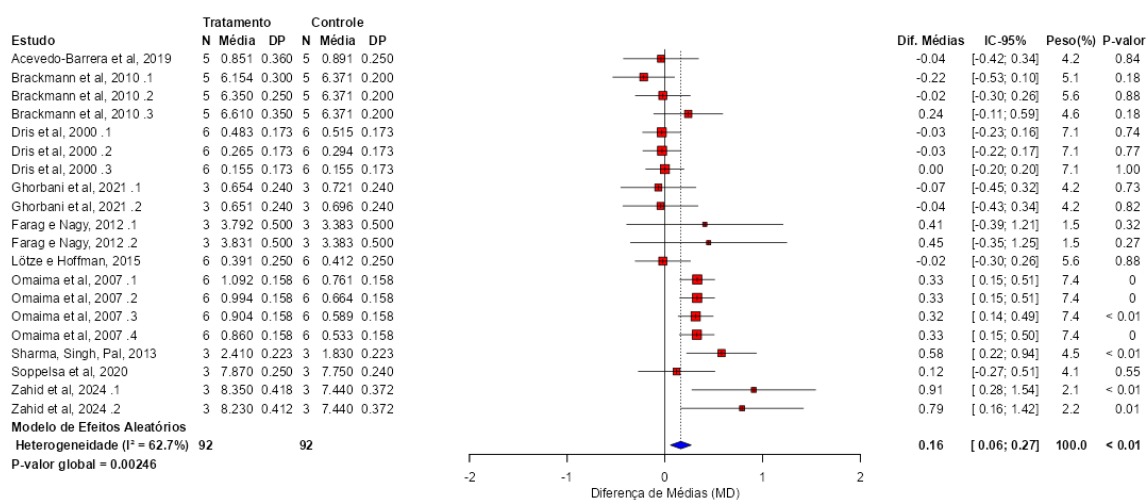
Fonte: Autor (2025).

A pulverização foliar com cloreto de cálcio (CaCl_2) é a estratégia mais amplamente utilizada para elevar os níveis desse nutriente nos frutos. Estudos indicam que aplicações iniciadas 60 dias após a floração, com intervalos de 7 a 15 dias, podem aumentar a concentração de cálcio na polpa em até 48% (CASERO; BENAVIDES; RECASENS, 2009).

A pulverização pré-colheita com CaCl_2 aumenta a concentração de Ca^{2+} nos tecidos vegetais, retardando a senescência e contribuindo para a manutenção da firmeza pós-colheita (MAHMUD et al., 2008; KADIR, 2005). Estudos mais recentes reforçam que a aplicação de

cálcio antes da colheita reduz a degradação da parede celular, prolongando a conservação da firmeza dos frutos (WOOD et al., 2024).

Figura 4 - Gráfico de floresta obtido após a remoção dos “outliers” considerando o modelo de efeitos aleatórios globais, representando o efeito global da aplicação via foliar de cloreto de cálcio (CaCl₂) em pré-colheita sobre os valores médios de firmeza em pós-colheita em maçã.



Fonte: Autor (2025).

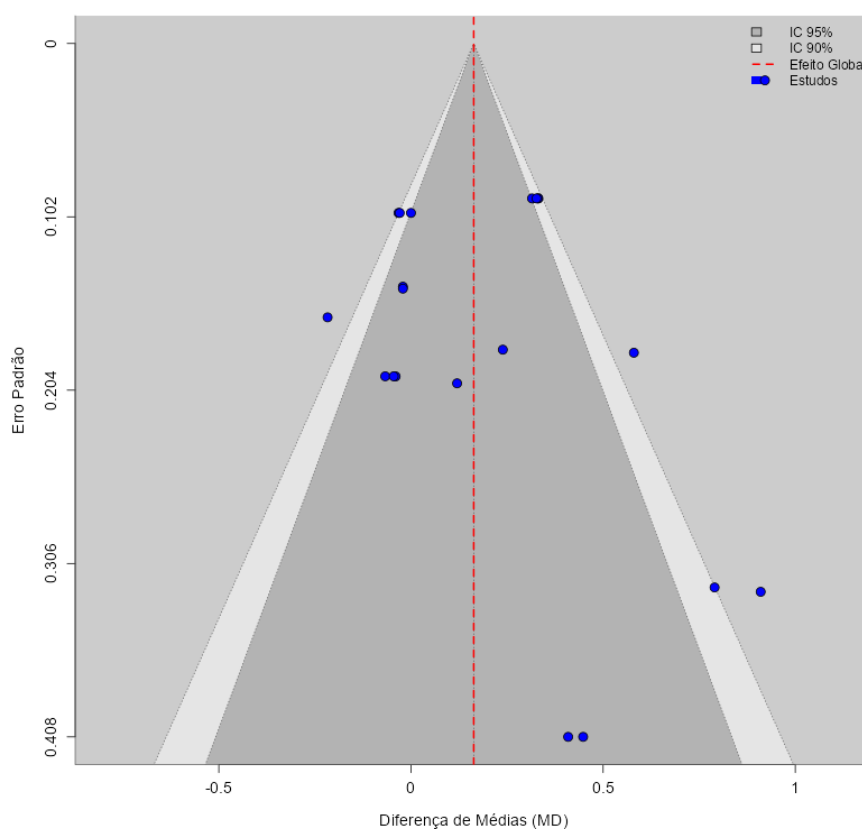
Estudos indicam que pulverizações foliares com cloreto de cálcio (CaCl₂) são uma estratégia eficaz para manter a firmeza dos frutos durante o armazenamento (AMARANTE et al., 2018). Casero, Benavides e Recasens (2009) observaram que aplicações de CaCl₂ em maçãs ‘Golden Smoothee’ elevaram os teores de cálcio nos tecidos, reduziram a incidência de *bitter pit* e melhoraram a firmeza dos frutos durante o armazenamento refrigerado. Essa relação positiva entre cálcio e firmeza tem sido amplamente demonstrada em diversos estudos, reforçando a importância de aplicações regulares desse nutriente na fase de pré-colheita para garantir a qualidade e longevidade dos frutos.

O cálcio (Ca²⁺) é um nutriente essencial para as plantas, desempenhando funções estruturais e regulatórias. Em maçãs, sua presença fortalece a parede celular ao formar pontes com grupos carboxílicos de poligalacturonatos, estabilizando a matriz de pectinas e inibindo a ação de enzimas hidrolíticas responsáveis pelo amolecimento dos frutos (SIDDIQUI; BANGERTH, 1995). Além disso, o cálcio atua na sinalização celular, modulando respostas a estresses ambientais e regulando a homeostase iônica, garantindo o equilíbrio fisiológico da

planta (WHITE; BROADLEY, 2003).

Considerando o modelo de efeitos aleatórios para o subgrupo CaCl_2 , a distribuição simétrica das diferenças médias e os seus respectivos erros padrão ao longo do eixo do efeito global, sob a área do gráfico de funil (Figura 5) em relação ao efeito global indicam um baixo viés no conjunto de dados como um todo, confirmado através do Teste de viés de publicação (Egger), valor-p: 0,4311 o que não denota nenhuma evidência significativa de viés de publicação ($p \geq 0,05$), no que tange ao aspecto que os conjuntos de dados empregados são representativos de todos os estudos conduzidos, e assim não distorcem as conclusões gerais, tampouco podem induzir a decisões equivocadas de manejo.

Figura 5 – Gráfico de funil obtido após a remoção dos “outliers” considerando o modelo de efeitos aleatórios globais, aportando a aplicação via foliar de cloreto de cálcio (CaCl_2) em pré-colheita sobre os valores médios de firmeza em pós-colheita em maçã, demonstrando a não ocorrência de viés de publicação entre os conjuntos de dados utilizados no estudo da meta-análise.



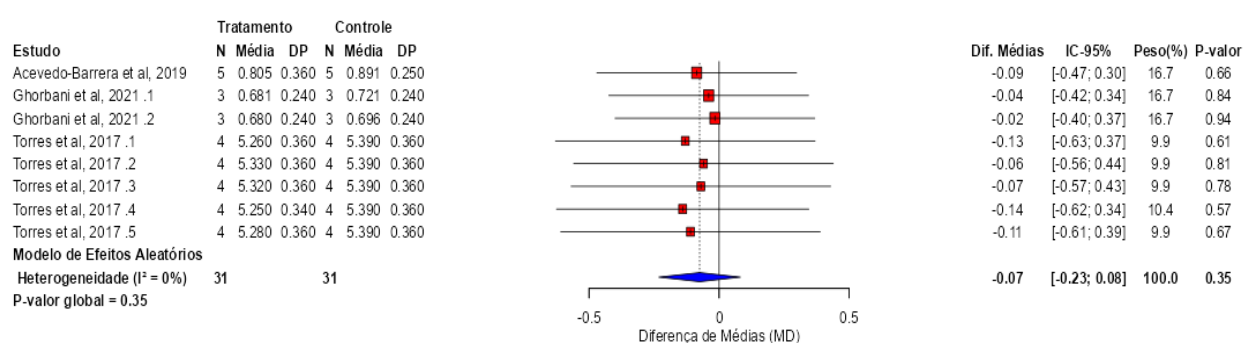
Fonte: Autor (2025).

A meta-análise do subgrupo CaO considerando todos os 8 conjuntos de dados incluídos na análise, resulta num tamanho de efeito em que a utilização de CaO como fonte de cálcio não implica na redução da perda de firmeza de polpa de frutos da cultura da maçã ao longo do período de pós-colheita, cujos valores médios obtidos não diferiram estatisticamente de 0 quando submetidos à testes estatísticos a um nível de significância de 95% (alfa 0,05), conforme elucidado na Figura 6.

O cálcio (Ca) é um nutriente essencial para a manutenção da integridade estrutural dos frutos, desempenhando um papel fundamental na coesão da pectina e na estabilidade das membranas celulares. Sua deficiência pode levar ao surgimento de desordens fisiológicas, comprometendo a qualidade dos frutos durante o armazenamento e reduzindo sua vida útil (SOLHJOO et al., 2017).

Além disso, pesquisas recentes indicam que o cálcio exerce influência direta na regulação de enzimas responsáveis pela degradação da parede celular, retardando o processo de amolecimento dos frutos e contribuindo para a preservação da textura e firmeza durante o armazenamento pós-colheita (MOHEBBI et al., 2020).

Figura 6 – Gráfico de floresta obtido após a remoção dos “outliers” considerando o modelo de efeitos aleatórios globais, representando o efeito global da aplicação via foliar de óxido de cálcio (CaO) em pré-colheita sobre os valores médios de firmeza em pós-colheita em maçã.



Fonte: Autor (2025).

No trabalho seminal de Acevedo-Barrera et al. (2019), que investigou o impacto de diferentes fontes de cálcio na qualidade pós-colheita de maçãs, observou-se que o óxido de cálcio (CaO) exibiu um desempenho moderado na manutenção da firmeza dos frutos,

enquanto o cloreto de cálcio (CaCl_2) apresentou resultados mais robustos, ainda que com desafios operacionais. Essa diferença, segundo os autores pode estar associada à baixa solubilidade do CaO em água, que reduz sua eficiência de absorção foliar e, consequentemente, sua disponibilidade para atuar no fortalecimento da parede celular – um fator crítico para a firmeza dos frutos durante o armazenamento. No entanto, os autores destacam um trade-off importante: em concentrações elevadas, o CaCl_2 pode induzir fitotoxicidade, como necrose foliar, exigindo aplicações criteriosas para evitar prejuízos ao pomar. Além disso, embora seja amplamente utilizado na pós-colheita por sua capacidade de prolongar a vida útil dos frutos, seu custo elevado e riscos agrônômicos limitam sua adoção em larga escala, especialmente em sistemas de produção que priorizam sustentabilidade e custo-benefício.

O estudo desenvolvido por Ghorbani et al. (2021) traz contribuições relevantes para a dinâmica da nutrição cálcica em pomares de maçã, particularmente no que tange aos efeitos do óxido de cálcio (CaO), em que pese o comportamento quando não foram observadas diferenças estatisticamente significativas na firmeza dos frutos tratados com CaO em relação ao controle. Resultados se devem a dois fatores principais: (i) a menor solubilidade do CaO em meio aquoso, que limita sua absorção foliar e posterior translocação para os frutos, (GHORBANI et al., 2021) e (ii) a necessidade de transformação química para formas iônicas (Ca^{2+}) biologicamente disponíveis, processo que depende de condições edafoclimáticas específicas (DRIS et al., 2000). Observaram ainda Dris et al., (2000) que condições climáticas específicas, como a baixa taxa de transpiração, esta condição pode ser um fator limitante para o fluxo de cálcio via xilema e a posterior translocação do cálcio para os órgãos de reserva (frutos), especialmente para fontes de cálcio com CaO .

O desempenho superior do cloreto de cálcio (CaCl_2) está diretamente relacionado à sua maior solubilidade em comparação ao carbonato de cálcio (CaCO_3), característica que compartilha com o nitrato de cálcio [$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$], conforme relatado por Schönherr (2001). O cálcio desempenha um papel fundamental na estruturação da matriz de pectina da parede celular, retardando o processo de amolecimento dos frutos. Estudos realizados com a cultivar ‘Red Jonaprince’ demonstraram que pulverizações pré-floração com CaCl_2 aumentaram a firmeza da polpa em 12% em relação ao controle (WÓJCIK; SKORUPIŃSKA; GUBBUK, 2016). Já na cultivar ‘Sheikh Amir’, a aplicação de CaCl_2 a 0,5% resultou em um incremento de 24,3% na firmeza (ASGHARZADE; VALIZADE; BABAEIAN, 2012). Entretanto, a eficiência do cálcio pode

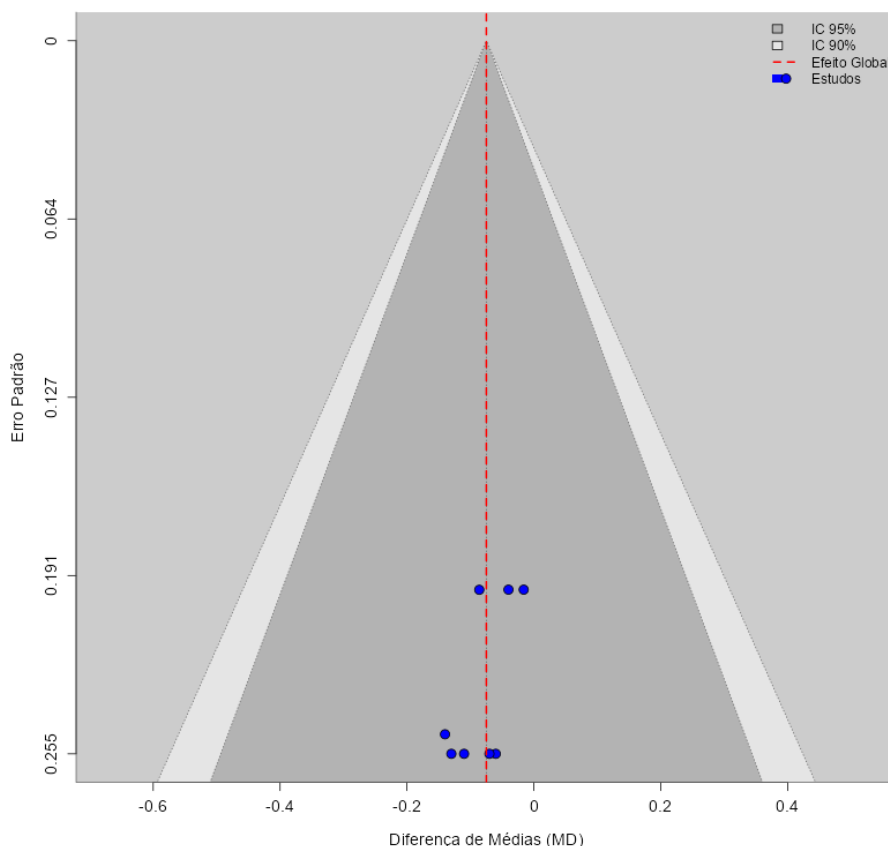
ser reduzida em frutos com alto teor de potássio, devido ao antagonismo entre esses elementos, o que pode explicar a variabilidade observada nos diferentes estudos (DILMAGHANI et al., 2005).

O cálcio (Ca) é um nutriente essencial para a integridade estrutural dos frutos, desempenhando um papel fundamental na estabilização das paredes celulares e membranas. Sua deficiência pode resultar no colapso celular, ativação de enzimas como a lipoxigenase (LOX) e aumento da permeabilidade das membranas, tornando os frutos mais suscetíveis ao desenvolvimento de distúrbios fisiológicos como o *bitter pit* (JEMRIĆ et al., 2016).

A análise realizada utilizando os efeitos aleatórios para o subgrupo CaO permitiram aferir que a distribuição simétrica das diferenças médias e os seus respectivos erros padrão ao longo do eixo do efeito global, de um total de oito estudos que foram incluídos na análise, sob a área do gráfico de funil (Figura 7), não apressentam viés de publicação. Não se observaram indicativos de assimetria do gráfico de funil pois se observa que não há conjuntos de dados que não estejam sob a área do *funnel plot*, confirmado através do Teste de viés de publicação (Egger), valor-p: 0.8769 o que não denota nenhuma evidência significativa de viés de publicação ($p \geq 0,05$), no que tange ao aspecto que os conjuntos de dados empregados são representativos de todos os estudos conduzidos, e assim não distorcem as conclusões gerais, tampouco podem induzir a decisões equivocadas de manejo.

A absorção de cálcio ocorre predominantemente via xilema durante as fases iniciais do desenvolvimento do fruto, porém seu transporte se torna limitado nas fases finais de crescimento, devido à baixa mobilidade desse elemento dentro da planta (SAURE, 2005). Esse fator reforça a importância das aplicações foliares ou suplementações no solo para garantir a adequada distribuição de cálcio nos tecidos e minimizar problemas de qualidade pós-colheita.

Figura 7 – Gráfico de funil obtido após a remoção dos “outliers” considerando o modelo de efeitos aleatórios globais, aportando a aplicação via foliar de óxido de cálcio (CaO) em pré-colheita sobre os valores médios de firmeza em pós-colheita em maçã, demonstrando a não ocorrência de viés de publicação entre os conjuntos de dados utilizados no estudo da meta-análise.



Fonte: Autor (2025).

Considerações finais

A aplicação pré-colheita de cálcio é uma ferramenta essencial para mitigar distúrbios pós-colheita e manter a firmeza de maçãs. Contudo, sua eficácia depende de ajustes precisos no momento da aplicação, formulação e manejo nutricional integrado, especialmente das interações entre cálcio e outros minerais. A aplicação de cálcio em pré-colheita é determinante para preservar a firmeza e qualidade de maçãs, com benefícios comprovados na redução de distúrbios fisiológicos e perdas pós-colheita a fim de prolongar sua vida útil durante o período pós-colheita. O uso adequado desse nutriente contribui para a redução de perdas, manutenção da qualidade e aumento da competitividade do setor frutícola. Estudos

futuros devem explorar novas tecnologias de aplicação e modificadores com outros nutrientes para potencializar ainda mais os benefícios do cálcio na fruticultura.

Dentre as fontes de cálcio aplicadas via pulverização em pré-colheita, o cloreto de cálcio representa a estratégia mais eficiente para manter a firmeza das maçãs no período pós-colheita. A sua efetividade depende exclusivamente, num primeiro momento da sua elevada solubilidade em relação às demais fontes investigadas nesta meta-análise. No entanto, de maneira oposta não foram obtidos resultados significativos capazes de demonstrar a interferência da aplicação de óxido de cálcio (CaO) sobre a perda de firmeza de polpa em pós-colheita de maçãs.

Futuras pesquisas devem explorar outras abordagens, a saber; temperaturas de acondicionamento, período de acondicionamento, fracionamento (número de aplicações) de fontes de cálcio, além do comportamento particular das diferentes variedades de maçãs que porventura possam ser investigadas, a fim de otimizar a absorção e distribuição desse nutriente nas plantas.

Referências bibliográficas

ABRAFRUTAS. Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frutas e Derivados. Disponível em: <https://abrafrutas.org/paineis-de-producao/>. Acesso em: 03 mai. 2024.

ACEVEDO-BARRERA, A. A.; SOTO PARRA, J.M.; YAÑEZ-MUÑOZ, R. M.; SANCHEZ, E.; PEREZ-LEAL, R. Natural Sources of spraying to preserve apple fruit quality during post-harvest. **Notulae Botanicae Horti Cluj-NapocaAgrobotanici**, v. 47, p. 1136-1144, 2019.

AMARANTE, C. V. T.; KATSURAYAMA, J. M.; PEREIRA, A. J.; STEFFENS, C. A. Apple orchard spraying with commercial sources of calcium to improve fruit quality. **Acta Horticulturae**, n. 1275, p. 201-206, 2018.

ASGHARZADE, A.; VALIZADE, G.A.; BABAEIAN, M. Effect of calcium chloride (CaCl₂) on some quality characteristic of apple fruits in Shirvan region. **African Journal of Microbiology Research**, v. 6, n. 9, p. 2000-2003, 2012.

BANGERTH, F.; DILLEY, D. R.; DEWEY, D. H. Effect of postharvest calcium treatments on internal breakdown and respiration of apple fruits. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 97, n. 5, p. 679–682, 1972.

BANOO, A.; DOLKAR, T.; ALI, M. Role of physical and chemical performance during storage of apple cultivar. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 7, n. 2, p. 1332-1338, 2018.

BASSO, C. Distúrbios fisiológicos. In: **A cultura da macieira**. Florianópolis: EPAGRI, 2002. p.609-636.

- BEZERRA, S. R. B. Produção, qualidade e teores de nutrientes em sementes de alface com aplicação de cálcio e boro via foliar. 2020. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 57 f., 2020.
- BORENSTEIN, M.; HEDGES, L. V.; HIGGINS, J. P. T.; ROTHSTEIN, H.R. **Introduction to meta-analysis**. John Wiley & Sons, 2009. 421p.
- BRACKMANN, A.; WEBER, M.R.; PINTO, J.A.V.; VENTURINI, T.L. Aplicações pré-colheita de cálcio na qualidade pós-colheita de maçãs 'Fuji'. **Ciência Rural**, v.40, n. 6, p. 1435-1438, 2010.
- CANTILLANO, F. F.; MARTINS, C. R.; MADAIL, J. C. M.; FORTES, J. F.; REICHERT, L. J.; LAGOS, L. L.; BENDER, R. J. Morango pós-colheita. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. 36 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 318).
- CASERO, T.; BENAVIDES, A.L.; RECASENS, I. Interrelation between fruit mineral content and pre-harvest calcium treatments on 'Golden Smoothee' apple quality. **Journal of Plant Nutrition**, v. 33, n. 1, p. 27-37, 2009.
- CHITARRA, M. I. F. CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2 ed. Lavras: UFLA, 2005. 783 p.
- CONWAY, W. S.; SAMS, C. E.; HICKEY, K. D. Pre- and postharvest calcium treatment of apple fruit and its effect on quality. **Acta Horticulturae**, v. 594, p. 413-419, 2002.
- DERSIMONIAN, R.; LAIRD, N. Meta-analysis in clinical trials. **Controlled Clinical Trials**, v. 7, p. 177-188, 1986.
- DILMAGHANI, M. R.; MALAKOUTI, M. J.; NEILSEN, G. H.; FALLAHI, E. Interactive effects of potassium and calcium on K/Ca ratio and its consequences on apple fruit quality in calcareous soils of Iran. **Journal of Plant Nutrition**, v. 27, n. 7, p. 1149-1162, 2005.
- DRIS, R.; NISKANEN, R.; EL ASSI, N. Effect of CaCl_2 sprays, heat, and combined CaCl_2 -heat treatments on the quality of apples (*Malus domestica* Borkh.). **Journal of Applied Horticulture**, v. 2, n. 2, p. 79-83, 2000.
- FAGERIA, V. D. Nutrient interactions in crop plants. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.24, p.1269-1290, 2001.
- FAO. Faostat. 2024. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>>. Acesso em: 03 mai. 2024.
- FARAG, K. M.; NAGY, N. M. N. Effect of pre- and post-harvest calcium and magnesium compounds and their combination treatments on "Anna" apple fruit quality and shelf life. **Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants**, v. 4, n. 2, p. 155-168, 2012.
- FERGUSON, I.; REID, M.; PRASAD, M. Calcium analysis and the prediction of bitter pit in apple fruit. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 22, p. 485-490, 1979.
- FERREIRA, L. V.; COCCO, C.; GONÇALVES, M. A.; DE CARVALHO, S. F.; PICOLOTTO, L.; MONTE, F.; ANTUNES, L.E.C.; CANTILLANO, R. F.F. Efeito da aplicação de cálcio e boro em pré-colheita na qualidade pós-colheita de amoreira-preta 'tupy'. Asociación Iberoamericana de

Tecnología Postcosecha, S.C. Hermosillo, México. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 14, n. 1, p. 53-58, 2013.

FOXIT. FOXIT PDF READER. Foxit Software Incorporated. Versão 2024.4.0.27683. 2024. Disponível em: <http://www.foxit.com/>. Acesso em: 03 mai. 2024.

FREITAS, S. T.; AMARANTE, C.V.T.; LABAVITCH, J.M.; MITCHAM, E.J. Cellular approach to understand bitter pit development in apple fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 57, p. 6-13, 2010.

FREITAS, S. T.; MITCHAM, E. J. Factors involved in fruit calcium deficiency disorders. **Horticultural Reviews**, v. 40, p. 107-146, 2012.

GAYED, A. A. N. A.; SHAARAWI, S. A. M. A.; ELKHISHEN, M. A.; ELSHERBINI, N. R. M. Pre-harvest application of calcium chloride and chitosan on fruit quality and storability of 'Early Swelling' peach during cold storage and shelf-life. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 41, n. 2, p. 220-231, 2017.

GHAFIR, S. A. M.; GADALLA, S. O.; MURAJEI, B. N.; EL-NADY, M. Physiological and anatomical comparison between four different apple cultivars under cold storage conditions. **Acta Biologica**, v. 53, n. 1, p. 21-26, 2009.

GHORBANI, E.; FALLAHI, E.; BAKHSHI, D.; RABIEI, B. Influence of different calcium compounds and fruit development stages on yield, fruit quality and shelf life of 'granny smith' apples. **Agricultural Research & Technology**, v. 25, n. 3, p. 141-156, 2021.

HEDGES, L. V.; OLKIN, I. **Statistical methods for meta-analyses**. London: Academic Press, 1st Ed. 1985. 369p.

HIGGINS, J. P. T.; THOMPSON, S.G.; DEEKS, J.J.; ALTMAN, D.G.. Measuring inconsistency in meta-analyses. **British Medical Journal**, v. 327, p. 557-560, 2003.

IUCHI, V.L.; NAVA, G.; IUCHI, T. **Distúrbios fisiológicos e desequilíbrios nutricionais em macieira**. Florianópolis: Epagri, 2001. 74p.

JEMRIĆ, T.; FRUK, I.; FRUK, M.; RADMAN, S.; SINKOVIČ, L.; FRUK, G. Bitter pit in apples: pre- and postharvest factors: A review. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 14, n. 4, p. e08R01, 2016.

KADIR, S. A. Influence of pre harvest calcium application on storage quality of Jonathan apple in Kansas. **Transactions of the Kansas Academy of Science**, v. 118, p. 129-136, 2005.

KHAKPOUR, S.; HAJIZADEH, H.; HEMATI, A.; BAYANATI, M.; NOBARAHAN, K.; MOFIDI CHELAN, E.; ASGARI LAJAYER, B.; DELL, B. The effect of pre-harvest treatment of calcium nitrate and iron chelate on post-harvest quality of apple (*Malus domestica* Borkh cv. Red Delicious). **Scientia Horticulturae**, v. 304, p. 111351, 2022.

KONOPACKA, D.; PLOCHARSKI, W. J. Effect of picking maturity, storage technology and shelf-life on changes of apple firmness of Elstar, Jonagold and Gloster cultivars. **Journal of Fruit Ornamental Plant Resistance**, v. 10, p. 11-22, 2002.

LI, SHI-WENG; XUE, LINGUI; XU, SHIJIAN; FENG, HUYUAN; AN, LIZHE. Mediators, genes and signaling in adventitious rooting. **The Botanical Review**, v. 75, p. 230-247, 2009.

LÖTZE, E.; HOFFMAN, E. W. Foliar application of calcium plus boron reduces the incidence of sunburn in 'Golden Delicious' apple. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 89, n. 6, p. 607–612, 2014.

MAHMUD, T. M. M.; ERYANI-RAQEEB, A.; SYED OMAR, S. R.; MOHAMED ZAKI, A. R.; ERYANI, A. Effects of different concentrations and applications of calcium on storage life and physicochemical characteristics of papaya (*Carica papaya* L.). **American Journal of Agricultural & Biological Science**, v.3, p. 526-533, 2008.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 251p. 1980.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3.ed. London, Elsevier, 2012. 651.p.

MOHEBBI, S.; BABALAR, M.; ZAMANI, Z.; ASKARI, M. A. Influence of early season boron spraying and postharvest calcium dip treatment on cell-wall degrading enzymes and fruit firmness in 'Starking Delicious' apple during storage. **Scientia Horticulturae**, v. 259, p. 1-8, 2020.

OMAIMA, M. H.; KARIMA, H. E. H. Quality improvement and storability of apple cv. Anna by pre-harvest applications of boric acid and calcium chloride. **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences**, v. 3, p. 176–183, 2007.

PENALOSA, J. M.; ZORNOZA, P.; CARPENA, O. Estudios de las deficiencias de boro y manganeso en plantas de tomate. **Anales de Edafología y Agrobiología**, v.56, p.749-58, 1987.

PRADO, R. de M. **Nutrição de plantas**. 2ed. São Paulo: UNESP, 2020. 416p.

R CORE TEAM. R: A Language and environment for statistical computing. (Version 4.4) [Computer software]. 2024. Disponível em: <https://cran.r-project.org>. Acesso em: 03 mai 2024.

SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 11, n. 1, p. 83-89, 2007.

SAURE, M. C. Calcium translocation to fleshy fruit: Its mechanism and endogenous control. **Scientia Horticulturae**, v. 105, p. 65-89, 2005.

SCHÖNHERR, J. Cuticular penetration of calcium salts: Effects of humidity, anions, and adjuvants. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 164, p. 225-231, 2001.

SCHWARZER, G.; CARPENTER, J. R.; RÜCKER, G. **Meta-analysis with R**. Springer, 2015. 252p.

SHARMA, R. R.; SINGH, D.; PAL, R. K. Synergistic influence of pre-harvest calcium sprays and postharvest hot water treatment on fruit firmness, decay, bitter pit incidence and postharvest quality of Royal Delicious apples. **American Journal of Plant Sciences**, v. 4, p. 153–159, 2013.

SIDDIQUI, S.; BANGERTH, F. Effect of pre-harvest application of calcium on flesh firmness and cell-wall composition of apples – influence of fruit size. **Journal of Horticultural Science**, v. 70, p. 263-269, 1995.

SILVA, A. A. M.; MARTINS-REIS, V. D. O. Influência da consciência morfológica na leitura e na escrita: uma revisão sistemática de literatura. **CoDAS**, v. 29, n. 1, p. 1–8, 2017.

SMOCK, R. M.; VAN DOREN, A. The histology of bitter pit in apples. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v. 35, p. 176–179, 1937.

SOLHJOO, S.; GHARAGHANI, A.; FALLAHI, E. Calcium and potassium foliar sprays affect fruit skin color, quality attributes, and mineral nutrient concentrations of ‘red delicious’ apples. **International Journal of Fruit Science**, v. 17, n. 4, p. 358-373, 2017.

SOPPELSA, S.; KELDERER, M.; TESTOLIN, R.; ZANOTELLI, D.; ANDREOTTI, C. Effect of biostimulants on apple quality at harvest and after storage. **Agronomy**, v. 10, n. 8, p. 1214, 2020.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4.ed. Porto Alegre, 2009. 848p.

TORRES, E.; KALCSITS L.; NIETO, LG. Is calcium deficiency the real cause of bitter pit? A review. **Frontiers in Plant Science**, v. 15, p. 1-14, 2024.

TORRES, E.; RECASENS, I.; LORDAN, J.; ALEGRE, S. Combination of strategies to supply calcium and reduce bitter pit in ‘Golden Delicious’ apples. **Scientia Horticulturae**, v. 217, p. 179-188, 2017.

VAN STUIVENBERG, J.; POUWER, A. Is bitter pit in apples caused by a disturbance in the growth-substance balance? **Fruittenteelt**, v. 40, p. 150–151, 1950.

VERONIKI, A. A.; JACKSON, D.; VIECHTBAUER, W.; BENDER, R.; BOWDEN, J.; KNAPP, G.; KUSS, O.; HIGGINS, J. PT.; LANGAN, D.; SALANTI, G. Methods to estimate the between-study variance and its uncertainty in meta-analysis. **Research Synthesis Methods**, v. 7, n. 1, p. 55-79, 2016.

VIECHTBAUER, W.; CHEUNG, M. W-L. Outlier and influence diagnostics for metaanalysis. **Research Synthesis Methods**, v. 1, n. 2, p. 112-125, 2010.

WHITE, P. J.; BROADLEY, M. R. Calcium in plants. **Annals of Botany**, v.92, p.487-511, 2003.

WÓJCIK, P.; SKORUPIŃSKA, A.; GUBBUK, H. Impacts of pre- and postbloom sprays of tryptophan on calcium distribution within ‘Red Jonaprince’ apple trees and on fruit quality. **HortScience**, v. 51, n. 12, p. 1511-1516, 2016.

WOOD, R. M.; DE FREITAS, S. T.; ARGENTA, L. C.; NEUWALD, D. A. Influence of pre-harvest calcium application on the concentration and distribution of ascorbic acid and mineral content in apple cultivars at harvest and during storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 214, p. 1-11, 2024.

WOODS, W. G. An introduction to boron: history, sources, uses, and chemistry. **Environmental Health Perspectives**, v. 102, n. 7, p. 5-11, 1994.

YAMANE, T. Foliar calcium applications for controlling fruit disorders and storage life in deciduous fruit trees. **JARQ**, v. 48, n. 1, p. 29-33, 2014.

YAMAUCHI, T.; HARA, T.; SONIDA, Y. Distribution of calcium and boron in the pectin fraction of tomato leaf cell wall. **Plant and Cell Physiology**, v. 27, p. 729-732, 1986.

YAMAZAKI, T.; NIIZUMA, T.; TAGUCHI, T. Studies on the soil fertility of apple orchard. II Relation between the occurrence of bitter pit and the soil cations. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, v. 37, p. 185–191, 1968.

ZAHID, A. B.; MAHITAL, J.; NIRMAL, S.; SHARMA S; ASHRAF, K. B. Effect of pre-harvest calcium and boron application on the quality and shelf-life of apple cv. 'Red Delicious'. **Applied Fruit Science**, v. 66, p. 2101–2111, 2024.

Embalagens ativas, uma opção para auxiliar a pós- colheita de frutas e hortaliças

*Leidiane Nunes de Oliveira Souza
Rosemary Barbosa de Melo*



Embalagens ativas, uma opção para auxiliar a pós-colheita de frutas e hortaliças

Leidiane Nunes de Oliveira Souza¹
Rosemary Barbosa de Melo²

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Petrolina-PE, Brasil. E-mail: leidiane.nunes@aluno.ifsertao-pe.edu.br

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Petrolina-PE, Brasil. E-mail: rosemary.barbosa@ifsertao-pe.edu.br

Introdução

O uso de embalagens em alimentos visa protegê-los de estresses físicos, químicos ou biológicos, melhorar sua qualidade, no que diz respeito a conservação e segurança, aumentar sua vida útil, facilitar seu manuseio, armazenamento e transporte (NASCIMENTO et al., 2024; Silva et al., 2020). As embalagens possuem diversas funções quando utilizadas em alimentos, sejam eles *in natura* ou processados, elas desempenham o papel de conservação, proteção, informação, de convivência ou serviço (DANTAS, 2023).

Embalagens apropriadas podem ajudar a reduzir as significativas perdas pós-colheita que ocorrem no Brasil. Estima-se que entre 20% e 30% das frutas e hortaliças produzidas não chegam até os consumidores finais (LUENGO; CALBO, 2006). As principais causas dessas perdas no país estão relacionadas ao manuseio inadequado e ao uso de embalagens que não protegem adequadamente os produtos, resultando em danos mecânicos. Isso aumenta os riscos à saúde pública devido a possíveis contaminações por alimentos com doenças. Essas questões podem ser atenuadas com a utilização de embalagens corretas (LUENGO; CALBO, 2006). É relevante destacar a importância das embalagens nas vendas. Luengo e Calbo (2006), em uma circular técnica da Embrapa publicada no mesmo ano, ressaltam o papel fundamental das embalagens na comercialização de frutas e hortaliças, pois podem divulgar receitas, instruções de uso, informações sobre valor nutricional, prazos de validade e conservação, além de tornar o produto mais atraente ao consumidor, elevando o seu valor de mercado.

Cabe lembrar a importância da função das embalagens nas vendas. Luengo e Caldo

(2006), ao publicarem a circular técnica pela Embrapa também no ano de 2006, apontam a importância que as embalagens têm em relação à comercialização de frutas e hortaliças. Elas podem ser boas aliadas para veicular receitas, indicações de uso, qualidade nutricional, validade, conservação e contribuir para tornar o produto mais atrativo para o cliente, aumentando seu valor venal.

O setor alimentício enfrenta grandes desafios, como a necessidade de estender a vida útil dos alimentos, reduzir o seu desperdício, garantir a segurança do produto, além de melhorar a qualidade dos alimentos. Nesse contexto, as frutas e hortaliças são alimentos altamente perecíveis e geram a necessidade de atenção e cuidados especiais, devido à sua alta atividade metabólica e elevado teor de água, o que as tornam muito suscetíveis à deterioração pós-colheita. Com isso, as embalagens ativas surgem como uma tecnologia promissora para prolongar a vida útil desses produtos, mantendo sua qualidade e segurança (NASCIMENTO et al., 2024).

Diversas pesquisas têm sido conduzidas para avaliar a eficácia das embalagens ativas na conservação de frutas e hortaliças. Os resultados desses estudos demonstram o potencial dessa tecnologia em retardar o amadurecimento, reduzir a perda de peso, controlar o crescimento microbiano e manter as propriedades sensoriais dos produtos (MDITSHWA et al., 2017; VILELA et al., 2018).

No entanto, apesar dos benefícios comprovados, a aplicação das embalagens ativas ainda enfrenta desafios, como a necessidade de adequação às regulamentações de segurança alimentar, a aceitação do consumidor e a viabilidade econômica (REALINI; MARCOS, 2014). Superar esses desafios é fundamental para a ampla adoção dessa tecnologia na cadeia produtiva de frutas e hortaliças.

Com isso, o objetivo deste trabalho foi apresentar um levantamento bibliográfico e estudo explorativo sobre as embalagens ativas para alimentos, abordando principalmente suas aplicações para frutas e hortaliças e discutir os desafios enfrentados para a inserção dessa tecnologia na cadeia produtiva de frutas e hortaliças. A base de dados científicos utilizada foi totalmente digital, nas plataformas: Google acadêmico, Scielo, ScienceDirect, Scopus e Web of Science, com as palavras-chave “embalagens”, "embalagens ativas", "frutas", "hortaliças", "conservação pós-colheita" e "vida útil".

Embalagens ativas

Segundo Sarantópoulos e Codcewicz (2016) o termo “embalagens ativas” se aplica a uma série de tecnologias que permitem a interação direta entre o alimento e a embalagem ou pelo espaço livre entre eles. O objetivo é garantir a qualidade e segurança durante o shel life, prazo de validade, do produto, principalmente os perecíveis como as frutas e as hortaliças.

As embalagens ativas podem ser classificadas em diferentes tipos, de acordo com o mecanismo de ação e os compostos ativos utilizados, podem ser divididas em embalagens absorvedoras e embalagens emissoras. Entre os principais exemplos, destacam-se as embalagens com absorvedores de etileno, de oxigênio, de dióxido de carbono (CO₂) e umidade; emissores de CO₂, de etanol, de agentes antimicrobianos e antioxidantes. Cada tipo de embalagem ativa possui características específicas que contribuem para a manutenção da qualidade das frutas e hortaliças durante o armazenamento e a distribuição. (FANG et al., 2017; CÂNDIDO, 2023).

É importante salientar que alguns requisitos devem ser levados em consideração para o desenvolvimento, especificação e aplicação de componentes absorvedores ou emissores em embalagens ativas em alimentos perecíveis, como frutas e hortaliças:

- Deve atender as exigências preconizadas em legislações vigentes;
- Não deve oferecer riscos a saúde do consumidor ou enganar mascarando as características de deterioração;
- A dimensão, concentração, velocidade de ação dos componentes ativos devem ser compatíveis com a massa, volume e perecibilidade do alimento;
- Deve ser estável aos fatores extrínsecos, como possíveis variações de umidade e de temperatura que ocorra durante o armazenamento e a comercialização.

Diante do exposto, considera-se que para o desenvolvimento e aplicação de embalagens ativas, é necessário conhecer os processos que afetam a atmosfera interna da embalagem, bem como as possíveis interações entre alimento e embalagem, modelando-os matematicamente para adequação do uso (CÂNDIDO, 2023; SARANTÓPOULOS;

CODCEWICZ, 2016).

Sistemas absorvedores

Para Cândido (2023), Sarantópoulos e Codcewicz (2016), embalagens absorvedoras são desenvolvidas com o objetivo de remover compostos indesejáveis de dentro do ambiente da embalagem, ou seja, não interagem diretamente com o alimento, e sim com o espaço-livre da embalagem, realizando a manutenção dos gases existentes, assim, melhoram as condições internas da embalagem prolongando o tempo de prateleira do alimento.

Absorvedores de oxigênio

A taxa de respiratória do alimento está diretamente relacionada com a presença de oxigênio, o que acelera a senescência do alimento, com a redução do gás no interior da embalagem se retarda a degradação dos compostos bioativos, como vitaminas e antioxidantes, além de inibir o crescimento de microrganismos aeróbios (SARANTÓPOULOS; CODCEWICZ, 2016).

Os autores Sarantópoulos e Codcewicz (2016), descrevem que os absorvedores de oxigênio usados no armazenamento de hortaliças minimamente processadas, como alface, rúcula e espinafre, utilizam comumente sachês que ficam em contato direto com o alimento, etiquetas adesivas ou incorporadas na matriz polimérica da embalagem. Como resultado, as hortaliças mantêm sua qualidade nutricional e sensorial, apresentando menor perda de peso e maior frescor.

Os compostos ativos geralmente usados podem ser pós ferrosos (óxido de ferro, carbonato ferroso, sulfato de ferro, sulfito-sulfato de ferro) que são oxidados retirando o O₂ da atmosfera interna da embalagem. Agentes enzimáticos (álcool oxidase, glicose oxidase); resinas poliméricas oxidáveis; ácidos graxos insaturados (ácido oleico, linolênico); além de absorvedores de oxigênio biológico (microrganismos imobilizados em substrato sólido) e sulfitos e seus análogos (bissulfito, metabissulfito e hidrossulfito) também são tecnologias associadas aos absorvedores de oxigênio (SARANTÓPOULOS; CODCEWICZ 2016). Cândido (2023) em sua pesquisa bibliográfica, constatou que absorvedores à base de ferro se mostraram efetivos para a conservação de maçãs recém-cortadas, em comparação às

embalagens comuns, evidenciando o possível uso para frutas e hortaliças minimamente processados.

No trabalho de Silva (2019), foram investigados os absorvedores de oxigênio em alfaces minimamente processadas, nas variedades crespa e americana, utilizando dispositivos de absorção de oxigênio do tipo Ageless®. Esses dispositivos são basicamente compostos por pó de ferro, que está presente no material plástico do produto. Assim, as embalagens que incorporaram esse sistema ativo demonstraram uma superior preservação das características sensoriais das hortaliças (como coloração, frescor e resistência ao murchamento) até o terceiro dia de armazenamento a 7°C. A pesquisa concluiu que a adoção desse método ativo para a remoção de oxigênio é eficaz para manter a qualidade das hortaliças nos primeiros três dias, além de ser econômica e de fácil aplicação.

Absorvedores de etileno

O controle do etileno, um hidrocarboneto volátil que atua diretamente na fisiologia vegetal, tem enorme importância e é essencial para o prolongamento da vida útil na pós-colheita de frutas e hortaliças, principalmente nos climatéricos (que amadurecem após a colheita). O composto mais utilizado como absorvedor de etileno é o permanganato de potássio (KMnO_4), que a oxida e transformando-o em gás carbônico e água. E como consequência da reação química, o permanganato muda de roxo para marrom, podendo servir como indicador da capacidade de absorção. Geralmente são incorporados em sachês, com adsorção física em silicatos, vermiculita, carvão ativo e outros. Em tecnologias mais modernas os ativos são incorporados diretamente no material da embalagem (CÂNDIDO, 2023; SARANTÓPOULOS; CODCEWICZ, 2016).

Estudos demonstram que a aplicação de embalagens ativas com absorvedores de etileno é eficaz no controle do amadurecimento de frutas climatéricas, como maçãs, bananas e pêssegos (WEI et al., 2021). Esses absorvedores removem o etileno produzido pelas frutas, retardando o processo de amadurecimento e prolongando a vida útil dos produtos. Como resultado, as frutas mantêm suas características de qualidade, como firmeza, cor e sabor, por um período mais longo. Segundo Pinheiro et al. (2018) a aplicação de embalagens com absorvedores de etileno à base de permanganato de potássio foi eficaz no controle do

amadurecimento de bananas 'Prata', mantendo a firmeza e a cor da casca dos frutos por um período mais longo. Os autores destacam que a eficiência dos absorvedores de etileno depende da quantidade utilizada e da permeabilidade da embalagem ao etileno.

Alvarez-Hernandez et al. (2021) demonstraram em sua pesquisa que o uso de permanganato de potássio em forma de sachês apresentou alta eficiência nos testes com tomates-cereja, com o aumento do tempo de prateleira de 6 para cerca de 28 dias, armazenados a 11°C. Quando verificado o uso em goiabas também se mostrou eficiente, estendendo o tempo de prateleira em até 32 dias (MURMU *et al.*, 2018). Cândido (2023) também citou o estudo com brócolis embalado, quando foram usadas argilas sepiolitas incorporadas em biopolímeros como absorvedor de etileno, o resultado foi o aumento do tempo de prateleira do produto ao reduzir a perda de massa e conservação da firmeza.

Absorvedores de umidade

Conforme afirmam Barbosa e Korzenowski (2018), a principal função dos agentes absorvedores de umidade é reduzir o desenvolvimento de microrganismos e a deterioração dos alimentos, contribuindo assim para a extensão de sua durabilidade. Esses absorvedores são utilizados em itens embalados onde a condensação representa um desafio para a manutenção da qualidade durante o armazenamento, como em frutas, hortaliças e produtos de panificação. Eles podem ser encontrados em formato de sachês ou integrados diretamente à matriz polimérica que compõe a embalagem.

Sabe-se também que a umidade é um dos parâmetros mais críticos para a conservação de alimentos, podendo reduzir drasticamente a qualidade do produto. Umidade relativa excessiva na embalagem pode aumentar a atividade metabólica de alimentos como carnes, frutas e vegetais, e acelerar o crescimento e atividade microbológica dentro da embalagem, causando uma redução do tempo de prateleira por apodrecimento do produto (FIROUZ; MOHI-ALDEN; OMID, 2021). Deste caso, os absorvedores de umidade são muito úteis, pois agem diretamente na redução do excesso de líquido ou controlando a umidade da embalagem, através de agentes de adsorção física, com compostos altamente higroscópicos e desidratantes, como sílica gel, argilas, materiais orgânicos frutose e celulose, e sais umectantes. Murmu et al. (2018) ratificou a importância

dessa tecnologia no auxílio da conservação de produtos vegetais na pós- colheita, ao constatar a eficácia da manutenção de umidade, quando recorreu ao uso de sachês de gel sílica em embalagens contendo goiabas.

Absorvedores de dióxido de carbono

Menos utilizados em frutas e hortaliças, se comparados aos outros já descritos, porém relevantes, os absorvedores de dióxido de carbono (CO_2) são sistemas de embalagens ativas que ajudam na conservação de alimentos quando há reações com produção de CO_2 , como a fermentação láctica e alcoólica. Essas reações podem gerar um aumento da pressão interna nas embalagens rígidas e aumento de volume em embalagens flexíveis, com risco na integridade e perda da qualidade do produto. Além disso, os altos níveis de CO_2 em frutas podem causar alterações indesejáveis no sabor e glicose anaeróbica. Esse tipo de embalagem dispõe de compostos absorventes químicos ou físicos, como o óxido de cálcio (CaO), carbonato de sódio (NaCO_3), hidróxido de magnésio ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) e hidróxido de Cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Porém, o mais utilizado em embalagens alimentícias é o hidróxido de cálcio, pois na forma sólida, o composto é seguro em contato com alimentos e a reação é altamente espontânea, com uma taxa de absorção desejável e eficiente (CÂNDIDO, 2023).

Sistemas emissores

Quanto as embalagens emissoras, são desenvolvidas com o objetivo de liberar compostos desejáveis melhorando as condições internas e o tempo de prateleira do alimento. Os compostos liberados mantêm as condições estáveis na atmosfera interna da embalagem, retardando ou inibindo processos indesejáveis para o alimento, como o metabolismo do alimento e o crescimento (CÂNDIDO, 2023).

Emissores de gás carbônico

Os emissores de CO_2 são muito usados para alimentos com alta atividade aeróbica pois, são altamente efetivas para o controle microbiológico dos alimentos, reduzindo o crescimento de bactérias e fungos aeróbicos aumentando a fase lag da sua cinética de crescimento. Altos níveis de CO_2 (10 - 80%) são desejáveis para alimentos como carnes e

aves por inibirem o crescimento microbiano na superfície do alimento e prolongarem a sua vida-de-prateleira. Os compostos mais comuns nesse tipo de embalagens são o bicarbonato de sódio e ácido cítrico onde reagem com o líquido do produto, liberando CO₂ na atmosfera da embalagem e formando citrato de sódio (FIROUZ; MOHI-ALDEN; OMID, 2021).

Emissores de etanol

Há também os emissores de etanol, de agentes antimicrobianos e de agentes antioxidantes. Alimentos com alta atividade de água, são mais suscetíveis ao crescimento de fungos, leveduras e até bactérias deteriorantes. O uso de sachês com sílicas pré-absorvidas com etanol, emitem seu vapor etanólico nas primeiras horas, e os sachês com etanol em gel pré-encapsulado permitem a emissão gradual na embalagem. Ambas interagem com a umidade do produto auxiliando na redução da atividade de água, ao difundem o vapor para o espaço livre, inibindo o crescimento microbiano e aumentando a vida útil do produto (CÂNDIDO, 2023; SARANTÓPOULOS; CODCEWICZ, 2016).

Emissores de agentes antimicrobianos

Entre os agentes antimicrobianos empregados em embalagens ativas, existem diversas opções e modos de ação que variam conforme o tipo de alimento ao qual são aplicados. Esses compostos podem ser divididos em duas categorias: aqueles cujo princípio ativo se transfere para a superfície do alimento e aqueles que atuam efetivamente sem precisar dessa migração. Exemplos de agentes antimicrobianos incluem nanopartículas de prata e zinco, além de ácidos, anidridos e sais orgânicos, como o ácido benzóico e os conservantes sódicos, como sorbatos e propionatos; também estão presentes antibióticos naturais, como a nisina, e fungicidas, como o benomil e o imazalil; extratos naturais como de cravo da Índia, de alho, entre outros. Esses agentes reagem inibindo o crescimento de bactérias, fungos e leveduras, reduzindo a deterioração dos produtos e aumentando sua segurança alimentar, como resultado, as perdas pós-colheita são minimizadas e a vida útil é prolongada (JUNQUEIRA-GONÇALVES; GRUMEZESCU; HOLBAN, 2017; SARANTÓPOULOS; CODCEWICZ, 2009).

Conforme Silva et al. (2020), a incorporação de óleos essenciais de orégano e cravo-

da-índia em embalagens ativas foi eficaz na inibição do crescimento de microrganismos deteriorantes em morangos, prolongando a vida útil dos frutos. Os autores salientam que a eficácia antimicrobiana das embalagens ativas depende da concentração dos agentes ativos e da compatibilidade com o material de embalagem.

Sarantópoulos; Codcewicz (2009, 2016), ainda trazem que o dióxido de enxofre é um gás que atua na inibição de reações não enzimáticas e enzimáticas agindo como um excelente agente antimicrobiano e antioxidante em embalagens, principalmente no controle da deterioração de uvas por fungos (*Botrytis cinerea* Pers. Fr.) causador do bolor cinza. Conforme acontece a respiração da fruta, a umidade liberada é absorvida pelo sistema, liberando de forma controlada dióxido de enxofre gasoso com ação antimicrobiana, sendo eficaz para inativar os esporos fúngicos.

Emissores de agentes antioxidantes

Como exemplo de aditivos naturais utilizados em embalagens ativas com propriedades antioxidantes, Almada et al. (2022), descreve as de origem vegetal, destacam-se os óleos essenciais e extratos de plantas condimentares. Essas substâncias são capazes de retardar/inibir reações de oxidação lipídica e escurecimento enzimático, o que contribuiu para manutenção das propriedades sensoriais e nutricionais dos alimentos quando comparada aos antioxidantes artificiais. Os autores avaliaram a viabilidade do uso de nanopartículas de óxido de cobre (CuO) em embalagens ativas à base de gelatina para estender a vida de prateleira de tomates (*Solanum lycopersicum* L.). O resultado observado foi a melhora da atividade antimicrobiana, melhores propriedades mecânicas (maior resistência a tração e a ruptura), menor citotoxicidade e aumento na vida de prateleira do tomate (até 18-40 dias) por meio da utilização dos filmes ativos nano reforçados.

No Quadro 1 apresentado por Barbosa e Korzenowski (2018), vemos algumas aplicações das embalagens ativas, e os diferentes componentes químicos utilizados na preparação de cada sistema, considerando as características e peculiaridades de cada tipo de alimento.

Quadro 1 - Algumas das aplicações das embalagens ativas.

EMBALAGEM ATIVA		COMPONENTES ATIVOS	APLICAÇÕES
Emissores	Oxigênio	Óxido de ferro Carbonato ferroso Ácido ascórbico Sorbitol Catecol Óxido de alumínio	Queijos, leite, café, chás, produtos cárneos, produtos de panificação
	Etileno	Permanganato de potássio Ozônio	Vegetais e frutas
	Umidade	Sílica gel (silicato de sódio + ácido sulfúrico) Propilenoglicol Poli (álcool vinílico)	Frutas, vegetais, produtos congelados e de padaria
	Dióxido de carbono	Hidróxido de cálcio Hidróxido de potássio Carbonato ferroso Óxido de cálcio	Café torrado, produtos desidratados
Absorvedores	Etanol	Etanol	Produtos de panificação e peixe
	Dióxido de carbono	Ácido ascórbico Carbonato de ferro	Vegetais, frutas, peixes, carnes e aves
Sistemas	Antimicrobianos	Ácido ascórbico Ácido benzóico Ácido propiônico Triclosan Dióxido de enxofre Etanol Prata, nanopartícula de prata Cloreto de sódio Óleos essenciais (alecrim, cravo, tomilho, orégano)	Alimentos frescos e processados, vegetais, frutas secas, arroz, feijão e produtos de padaria
	Antioxidantes	Ácido ascórbico Quercetina Butil hidroxitolueno	Frutas e vegetais

Fonte: Barbosa; Korzenowski (2018).

Braga e Peres (2010) trazem na Quadro 2, exemplos de embalagens ativas: absorvedoras e emissoras, os principais componentes ativos e exemplos de usos em alimentos. É possível notar as diversas possibilidades de aplicações e em diferentes tipos de alimentos, desta forma se percebe que apesar da ampla aplicação, algumas embalagens ativas recebem melhor recomendação de acordo com sua formulação, pois como já comentado, é fundamental conhecer as possíveis interações químicas e bioquímicas do

alimento com a embalagem para que o conjunto tenha a complementaridade perfeita.

Quadro 2 – Exemplos de embalagens ativas e aplicações.

EMBALAGENS ATIVAS	PRINCIPAIS COMPONENTES	APLICAÇÕES
Absorvedor de oxigênio	Pós de ferro, ácido ascórbico, compostos organometálicos, glicose-oxidase, etanol-oxidase	Produtos de panificação, café, chá, leite em pó, queijos, produtos cárneos
Absorvedor de etileno	Permanganato de potássio, carvão ativado, sílica gel, zeólito, argila	Frutas e hortaliças
Absorvedor de umidade	Propilenoglicol, poli (álcool vinílico), sílica gel, terra diatomácea, argila	Frutas, vegetais, produtos congelados e de panificação
Absorvedor de dióxido de carbono	Hidróxido de cálcio + hidróxido de sódio ou hidróxido de potássio, óxido de cálcio e sílica gel	Café torrado, produtos desidratados
Emissores de etanol	Etanol	Produtos de panificação, peixe
Liberadores e conservantes antimicrobianos	Sorbatos, benzoatos, propionatos, etanol, ozônio, peróxido, dióxido de enxofre, antibióticos, zeólito de prata, enzimas	Carne, peixe, queijo, frutas secas e produtos de panificação
Emissores de dióxido de carbono	Ácido ascórbico, carbonato de ferro + haleto metálico	Frutas e hortaliças, peixes, carnes e aves

Fonte: Braga e Peres (2010).

A fim de facilitar o entendimento e visualização dos resultados expostos no presente estudo, o Quadro 3 apresenta de modo resumido os principais sistemas de embalagens ativas utilizados em frutas e hortaliças. Nele é possível conhecer os agentes ativos usados, suas aplicações, bem como os benefícios da sua utilização e os autores correspondentes.

Os ganhos obtidos com a utilização de embalagens ativas são significativos. Além de prolongar a vida útil das frutas e hortaliças, essa tecnologia contribui para a redução do desperdício de alimentos, uma vez que os produtos mantêm sua qualidade por mais tempo. Isso resulta em benefícios econômicos para produtores, distribuidores e varejistas, que podem comercializar os produtos por um período mais longo e reduzir as perdas financeiras associadas à deterioração. Outro ganho importante é a manutenção da qualidade nutricional

e sensorial das frutas e hortaliças. Ao retardar o amadurecimento e a degradação dos compostos bioativos, as embalagens ativas preservam as propriedades nutricionais e organolépticas dos produtos, oferecendo aos consumidores alimentos mais saudáveis e atrativos (BARBOSA; KORZENOWSKI, 2018).

Quadro 3 - Aplicações das embalagens ativas em frutas e hortaliças.

EMBALAGENS ATIVAS		ATIVO	APLICAÇÃO	BENEFÍCIOS	AUTOR (S)
Absorvedor	Oxigênio	Sachês e etiquetas com pó ferrosos	Alfices, rúcula e espinafre minimamente processados	Prolongamento da qualidade nutricional, sensorial e redução da perda de peso	Sarantópoulos e Codcewicz (2016)
	Oxigênio	Pós ferrosos	Maçãs	Redução do processo oxidativo	Cândido (2023)
	Oxigênio	Pós ferrosos (tipo Ageless®)	Alface minimamente processado (cultivar crespa e americana)	Preservação das características sensoriais (coloração, limosidade e murchamento), baixo custo e facilidade de uso	Silva (2019)
	Etileno	Permanganato de potássio	Bananas 'Prata'	Mantêm as características de firmeza e cor da casca	Nobre et al. (2018)
	Etileno	Sachês com permanganato de potássio	Tomates-cereja	Aumentou do tempo de prateleira de 6 para cerca de 28 dias, armazenados a 11 °C.	Alvarez-Hernandez et al. (2021)
	Etileno	Permanganato de potássio	Goiabas	Aumentou do tempo de prateleira para até 32 dias	Murmu et al. (2018)
	Etileno	Argilas sepiolitas	Brócolis	Redução da perda de massa e conservação da firmeza	Cândido (2023)

	Umidade	Sachês de gel sílica	Goiabas	Manutenção da umidade	Murmu et al. (2018)
Emissores	Antimicrobianos	Óleos essenciais de orégano e cravo-da-índia	Morangos	Inibição do crescimento de microrganismos deteriorantes	Silva et al.. (2020)
	Antimicrobianos	Dióxido de enxofre	Uvas	Controle da deterioração por fungos (<i>Botrytis cinerea</i>) causadores do bolor cinza	Sarantópoulo; Codcewicz (2009, 2016)
	Antioxidantes	Nanopartículas de óxido de cobre	Tomates	Aumento do tempo de prateleira para até 40 dias	Almada et al. (2022)

Fonte: Autor (2025).

Além disso, a adoção de embalagens ativas pode contribuir para a redução do uso de conservantes químicos e do desperdício de embalagens convencionais. Isso está alinhado com a crescente demanda por alimentos mais naturais e sustentáveis, atendendo às expectativas dos consumidores e contribuindo para a preservação do meio ambiente. Porém, apesar dos resultados promissores, a aplicação de embalagens ativas para frutas e hortaliças ainda enfrenta desafios. Segundo Sousa et al. (2021), um dos principais desafios é a escolha do material de embalagem adequado, que deve ser compatível com os agentes ativos e permitir a interação destes com o produto. Os autores também destacam a necessidade de estudos que avaliem a segurança e a estabilidade dos compostos ativos ao longo do tempo de armazenamento.

Outro desafio é a aceitação do consumidor em relação às embalagens ativas. De acordo com Silva et al. (2018), a percepção dos consumidores sobre as embalagens ativas é influenciada pela pouca familiaridade com a tecnologia e pela preocupação com a segurança dos alimentos. Os autores ressaltam a importância de informar e educar os consumidores sobre os benefícios das embalagens ativas, a fim de aumentar sua aceitação.

A pesquisa de redes sociais realizada por Ferreira et al. (2022), evidenciou a percepção, os hábitos dos consumidores, suas opiniões, preferências e reclamações em

relação à apresentação e compra de frutas e hortaliças em feiras, sacolões e mercados. Os resultados mostram que, embora não seja sempre o principal aspecto a ser considerado, a aparência das frutas pode impactar na decisão de compra do consumidor. E que consideram a feira como o lugar ideal para comprar frutas e verduras, pois acreditam estarem mais frescas e já aproveitam o mesmo ambiente para comprar outros tipos de alimentos, como pastéis, sucos ou como forma de lazer com a família. Sabe-se que as feiras livres tendem a ter um padrão de apresentação de frutas e hortaliças mais expostos, na maioria dos casos sem nenhuma proteção ou embalagem. Nesse contexto, pode-se dizer que esse seja um dos possíveis fatores que dificultam a preferência por embalagens ativas.

Outra questão observada na pesquisa de Ferreira et al. (2022), foi a opinião dos usuários a respeito da venda de itens de hortifrúti minimamente processados. De modo geral, a opinião das pessoas foi negativa, sobretudo por três razões:

- Consideram uma prática pouco sustentável, uma vez que gera mais lixo para itens que, normalmente, teriam apenas resíduos compostáveis;
- Observam que essa prática torna o item mais caro, uma vez que uma única fruta descascada/picada, por vezes, alcança o valor do quilo da fruta *in natura*;
- E acreditam que frutas embaladas têm uma qualidade inferior ou foram vendidas dessa forma por estarem estragadas, ou machucadas.

A opinião negativa sobre os minimamente processados, reflete diretamente na baixa demanda por embalagens ativas, pois a desconfiança quanto a qualidade inicial da fruta e hortaliça e o desconhecimento sobre embalagens ativas e biodegradáveis, criam um preconceito e rejeição com o produto embalado. Por outro lado, alguns usuários defenderam a ideia, sobretudo por dois motivos: as frutas e hortaliças minimamente processados auxiliam pessoas com deficiência ou com dificuldade motora, possibilitando que se alimentem de frutas que não conseguiriam descascar sozinhas, por exemplo. E o segundo motivo é a praticidade, pois não precisam se sujar ou ficar com cheiro dos alimentos nas mãos e já está pronto ou pré pronto para o consumo.

A partir dessas diferentes opiniões, é possível perceber a falta de conhecimento dos

consumidores quanto a importância e benefícios das embalagens ativas. Se os consumidores tivessem o conhecimento prévio, acredito que os pontos negativos citados, seriam atenuados ou até desconsiderados e os pontos positivos fortalecidos e decisivos na escolha da compra. A divulgação poderia partir dos próprios fabricantes de embalagens, dos distribuidores de hortifrúti ou até mesmo haver, por parte dos órgãos regulamentadores, a implementação de legislação específica, instruções técnicas que, norteiem e estimulem a inserção de informações nas rotulagens das embalagens, com uso de Qr code, por exemplo, que direcionem o consumidor a conhecer mais sobre o assunto. Essa estratégia aumentaria a confiabilidade perante os consumidores, além de ser uma excelente oportunidade, para os fabricantes e empresários, agregarem marketing e valor ao produto.

Considerações Finais

As embalagens têm importantes funções, quando se trata de frutas e hortaliças, são ainda mais úteis, porque são alimentos altamente perecíveis e geram a necessidade de atenção e cuidados especiais, devido à sua alta atividade metabólica e elevado teor de água, o que as tornam muito suscetíveis à deterioração pós-colheita. Também contribuem na redução do elevado índice de perdas pós-colheita, além de serem boas aliadas para veicular informações que tornem os alimentos mais atrativos, aumentando seu valor venal.

Porém, existem desafios que desestimulam sua utilização, como a escolha do material que deve ser compatível com os agentes ativos e permitir a interação destes com o produto, sendo necessário mais estudos que avaliem a segurança e a estabilidade dos compostos ativos ao longo do tempo de armazenamento. Outro desafio é a aceitação do consumidor em relação às embalagens ativas, ainda há muita resistência, seja pela pouca familiaridade o que causa estranheza por não estarem palpáveis, como de costume para a maioria da população ou por relacionarem a produtos com alto custo, pouco sustentáveis ou qualidade inferior acreditando serem reaproveitadas por estarem com algum dano. A desconfiança quanto a qualidade inicial da fruta e hortaliça, e desconhecimento sobre embalagens ativas e biodegradáveis, criam um preconceito e rejeição com o produto embalado.

Apesar dos desafios, os resultados encontrados com a aplicação de embalagens

ativas para frutas e hortaliças são promissores. Estudos apontam que essa tecnologia é capaz de prolongar a vida útil dos produtos, mantendo sua qualidade sensorial, nutricional e microbiológica, além de contribuir para a redução do desperdício de alimentos e para a sustentabilidade da cadeia produtiva.

Desse modo, investir na disseminação do conhecimento sobre embalagens ativas, pode favorecer a preferência dos consumidores por esse tipo de embalagem. Deve-se haver novos estudos de perfil do consumidor, a fim de conhecer seu nível de conhecimento sobre o assunto e sua intenção de compra por essa tecnologia. Afinal, na prateleira, a embalagem é o vendedor silencioso. Cabe a ela atrair a atenção, despertar o interesse e desejo, mostrar a qualidade do produto, ganhar do concorrente e fechar a venda em segundos. O papel da comunicação é fundamental não só na divulgação de um produto, mas também como agente ativo na criação de demandas.

É necessário maior fomento em ações práticas e em pesquisas que busquem desenvolver estratégias de mercado e que investiguem demais aplicações das embalagens ativas em alimentos. Seria importante um banco de dados ou instrução normativa que permita as indústrias e empresas do setor de alimentos, conhecerem as interações da embalagem com o alimento, existência ou não de riscos à saúde, indicação da melhor embalagem e ativo para cada categoria de alimento. Além disso, incentivos para o desenvolvimento de novos mecanismos que tornem a tecnologia mais acessível. Trabalhos futuros com estudos que demonstrem uma análise econômica aprofundada sobre a viabilidade dessa tecnologia, estimularia empresas do segmento a aderirem sua utilização. Realizar levantamentos sobre a biodegradabilidade e impacto ambiental, traria maior credibilidade frente as questões de sustentabilidade.

Referências bibliográficas

ALMADA, L. F. de A; FIRMO, M. J. N.; ARRUDA, T. R.; JÚNIOR, B. R. D. C. L. Embalagens ativas antioxidantes: uma estratégia para a conservação de alimentos com alto teor lipídico. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 11, p. 1-12, 2022.

ÁLVAREZ-HERNÁNDEZ, M. H.; MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ, G. B.; CASTILLEJO, N.; MARTÍNEZ, J. A.; ARTÉS-HERNÁNDEZ, F. Development of an antifungal active packaging containing thymol and an ethylene scavenger. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 29, p. 1-12, 2021.

- BARBOSA, E. G; KORZENOWSKI, C. Embalagens ativas e suas aplicações na conservação de alimentos. **Revista Eletrônica Científica**, v. 4. n. 3, 2018.
- BRAGA, L. R; PERES, L. Novas tendências em embalagens para alimentos: revisão. **Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 69-84., 2010.
- CANDIDO, A. H. M. **Embalagens ativas e inteligentes: tendências e projeções**. 2023. Trabalho de Graduação (Engenharia Química) - Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2023. Disponível em: https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/17595/TG_Antonio%20Henrique.%20Melo%20Candido.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 10 jun. 2024.
- DANTAS, R. H. A. **Influência das embalagens na vida de prateleira dos alimentos**. 2023. Trabalho de conclusão de curso (Tecnólogo em Alimentos) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/28940/1/RHAD16112023.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2024.
- FANG, Z.; ZHAO, Y.; WARNER, R. D.; JOHNSON, S. K. Active and intelligent packaging in meat industry. **Trends in Food Science & Technology**, v. 61, p. 60-71, 2017.
- FERREIRA, V. R; ARAÚJO, J. A. ABREU, D. P. A. **Percepções do consumidor sobre o que é apresentado em feiras, sacolões e mercados**. Pesquisa de redes sociais, Polo Sebrae Agro, 25 de ago a 2 de set de 2022. Disponível em https://polosebraeagro.sebrae.com.br/wp-content/uploads/2023/03/21_2021.pdf. Acesso em 15 de ago de 2024.
- FIROUZ, M. S.; MOHI-ALDEN, K.; OMID, M. A critical review on intelligent and active packaging in the food industry: research and development. **Food Research International**, v. 141, n. 1-124, 2021.
- JUNQUEIRA-GONÇALVES, M. P.; GRUMEZESCU, A. M.; HOLBAN, A. M. Antimicrobial packaging for fresh fruits and vegetables. In: GRUMEZESCU, A. M.; HOLBAN, A. M. (Eds.). **Food packaging and preservation**. Academic Press, 2017. p. 413-438.
- LUENGO, R. F. A; CALBO, A. G. Embalagens para comercialização de hortaliças e frutas. Embrapa Hortaliças, 2006. 6p. (Circula Técnica 44).
- MDITSHWA, A; MAGWAZA, L. S.; TESFAY, S. Z.; MBILI, N. Postharvest quality and composition of organically and conventionally produced fruits: A review. **Scientia Horticulturae**, v. 216, p. 148-159, 2017.
- MURMU, S. B; MILSHRA, H. N. Selection of the best active modified atmosphere packaging with ethylene and moisture scavengers to maintain quality of guava during low-temperature storage. **Food Chemistry**, 253, 55-62, 2018.
- NASCIMENTO, F. A. do; SOUZA, K. R. Benefícios da aplicação de óleos essenciais em embalagens ativas biodegradáveis de alimentos. **Nutrivisa - Revista de Nutrição e Vigilância em Saúde**, v. 11, n. 1, p.1-12, 2024.
- NASCIMENTO, P. R. M.; CASSIA, de I.; SILVEIRA, B. B.; NOVAIS, L. N.; SANTOS, K. A. M.; CARLOS, F. G.; CORA, F. M. Embalagens ativas com nanocompósitos e antimicrobianos:

uma revisão de literatura. In: ANDRADE, Jaily Kerller Batista (Org.). **Fundamentos e pesquisas em ciências ambientais e agrárias**. Campina Grande: Licuri, 2024, p. 104-121.

NOBRE, R. C. G. G.; LUCENA, E. M. P.; GOMES, J. P.; ARAÚJO, D. R.; QUIRINO, D. J. G. Post-harvest quality of bananas Prata-anã and Nanica after application of exogenous ethylene in maturation. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 40, n. 5, p. 1-9, 2018.

PEREIRA, T. et al. Application of ethylene absorbers in the storage of apples: A review. *Food Packaging and Shelf Life*, v. 22, p.100397, 2019.

REALINI, C. E.; MARCOS, B. **Active and intelligent packaging systems for a modern society**. *Meat Science*, v. 98, n. 3, p. 404-419, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174014001995>. Acesso em: 30 mai. 2024.

SARANTÓPOULOS, C; COFCEWICZ. L. S. **Embalagens ativas para produtos perecíveis**. Boletim de Tecnologia e Desenvolvimento de Embalagens. Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL). jul - set 2016. vol 28 n° 3 ISSN 2175-5000. Disponível em: https://www.ital.agricultura.sp.gov.br/arquivos/cetea/informativo/v28n3/artigos/v28n3_artigo3.pdf. Acesso em 17 jul. 2024.

SARANTÓPOULOS. C; COFCEWICZ. L. S. **Embalagens ativas e inteligentes para frutas e hortaliças**. Boletim de Tecnologia e Desenvolvimento de Embalagens. Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL). jan – mar 2009 vol 21 n° 1 ISSN 0104-3781. Disponível em: https://ital.agricultura.sp.gov.br/arquivos/cetea/informativo/v21n1/v21n1_artigo1.pdf Acesso em 17 jul. 2024

SILVA, A. L. B.; FREITAS, G. L. de; FREITAS, R. V da S.; PINHEIRO, E. P. de S.; FEITOZA, J. V. F. **Percepção do consumidor sobre embalagens ativas em alimentos: uma revisão**. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 21, e2017205, 2018.

SILVA, J. J; SILVA, M. D; LIMA, L. B; VIÇOSO, T. G. L; MARTINS, M. L. F; SILVA, J. P. T; CARVALHO, L. B; GARCIA-CRUZ, C. H; ERNANDES, F. M. P. G. Desenvolvimento de embalagem ativa antimicrobiana natural conciliada com refrigeração ou congelamento para a conservação de morangos. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 11, p. e2599119595, 2020.

SILVA, M. D. **Aplicação de absorvedor de oxigênio em alface minimamente processada em uma agroindústria**. 2019, 61 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2019. Disponível em: <https://tede.ufrj.br/jspui/bitstream/jspui/5267/2/2019%20-%20Mahyra%20da%20Paix%C3%A3o%20e%20Silva.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2024

SOARES, N. D. F. F.; SILVA, D. F. P; CAMILLOTO, G. P.; OLIVEIRA, C. P.; PINHEIRO, N. M.; MEDEIROS, E. A. A. Antimicrobial edible coating in post-harvest conservation of guava. **Revista Brasileira de Fruticultura**, volume especial, p. 281-289, 2011.

VILELA, C. et al. **Active packaging of fresh-cut fruits and vegetables: Recent advances and**

future trends. Trends in Food Science & Technology, v. 75, p. 157-169, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309174014001995>. Acesso em: 03 jun. 2024.

WEI, H.; SEIDI, F.; ZHANG, T.; JIN, Y.; XIAO, H. Ethylene scavengers for the preservation of fruits and vegetables: A review. Food Chemistry, v. 337, p.1-12, 2021.

Aplicação de revestimentos comestíveis na preservação pós- colheita da qualidade do tomateiro

*Mariana de Lima Lopes
Jarbas Florentino de Carvalho
Agda Raiany Mota dos Santos*



Aplicação de revestimentos comestíveis na preservação pós-colheita da qualidade do tomate

Mariana de Lima Lopes¹

Jarbas Florentino de Carvalho²

Agda Raiany Mota dos Santos³

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Petrolina-PE, Brasil. E-mail: mariana.lopes2@aluno.ifsertao-pe.edu.br

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Floresta-PE, Brasil. E-mail: jarbas.carvalho@ifsertao-pe.edu.br

³Universidade Federal Rural de Pernambuco-UAST, Serra Talhada-PE, Brasil. E-mail: agdaraiany8@gmail.com

Introdução

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) é um fruto climatérico amplamente cultivado em todas as regiões do Brasil, sendo consumido tanto *in natura* quanto em formas processadas. Trata-se de uma das frutas mais consumidas mundialmente e de grande relevância econômica, devido ao seu elevado valor nutricional, versatilidade no preparo, atratividade visual, sabor marcante, aroma característico e textura agradável. Além disso, é uma importante fonte de vitamina C, minerais e compostos com propriedades antioxidantes, como carotenoides, flavonoides e fenólicos (NOBIAS, 2019).

No cenário mundial, o Brasil ocupa a nona posição em área cultivada de tomate, com produtividade média estimada em 70 toneladas por hectare, ficando atrás apenas dos Estados Unidos, Espanha e Turquia (CONAB, 2019). Dentre os estados brasileiros, Goiás se destaca como o principal produtor nacional, cultivando em 2021 aproximadamente 10.511 hectares de tomate, com uma produtividade média de 97 t ha⁻¹ - um acréscimo de cerca de 4 t ha⁻¹ em relação à safra anterior (IBGE, 2022).

Em função de seu elevado conteúdo hídrico, o tomate é altamente perecível, tornando-se suscetível a perdas após a colheita. Frutos em estágio avançado de maturação tendem a apresentar maior sensibilidade a danos físicos e se deterioram mais rapidamente. Por essa razão, a definição correta do ponto de colheita é essencial, sendo determinante para a obtenção da coloração vermelha típica e para a preservação da qualidade do fruto (RODRIGUES, 2015).

Estima-se que as perdas pós-colheita de tomate no Brasil gerem prejuízos econômicos expressivos ao setor varejista, alcançando aproximadamente 600 milhões de reais anualmente (COSTA NETA et al., 2020). As principais causas de descarte estão relacionadas a danos mecânicos. Conforme observado por Almeida et al. (2021), o uso de embalagens inadequadas, manejo incorreto, falhas no acondicionamento e transporte, deficiência tecnológica no campo, ausência de padronização e grandes distâncias entre fornecedores são fatores que contribuem significativamente para essas perdas.

As perdas podem ser atribuídas a fatores físicos (durante o manuseio e transporte), fisiológicos (decorrentes do processo de amadurecimento) e patológicos (como ataques de fungos, bactérias e lesões nos frutos) (RANIERI et al., 2015). Diante disso, adotar práticas eficientes de manejo pós-colheita é fundamental para minimizar perdas, garantindo que o produto mantenha sua qualidade até o consumidor final.

Uma alternativa promissora para a conservação dos frutos consiste no uso de revestimentos biodegradáveis, formulados a partir de materiais naturais como polissacarídeos, lipídios e proteínas. Entre os principais componentes utilizados, destacam-se fécula de mandioca, amido de milho, pectina e quitosana (MENEZES et al., 2017). Tais substâncias atuam como barreiras contra a perda de água e trocas gasosas, o que contribui para a manutenção da textura, do valor nutricional e da aparência comercial do produto.

De acordo com Santos et al. (2015), os revestimentos comestíveis são películas aplicadas à superfície dos alimentos com o intuito de proteger, conservar e prolongar sua vida útil. Embora não substituam totalmente as embalagens plásticas sintéticas, esses revestimentos podem ser usados de forma complementar, colaborando para a redução de resíduos descartáveis (FRIEDRICHSEN et al., 2022).

Estudos recentes têm apontado o óleo de noz de macadâmia como um revestimento comestível eficiente, principalmente por sua resistência e adaptabilidade ao cultivo. Já a combinação de amido de banana oxidado com azeite de oliva tem se mostrado eficaz na formação de uma película protetora transparente, com ótimo desempenho na conservação de frutas e hortaliças, devido à sua praticidade e baixo custo (SILVA et al., 2015).

Além disso, esses revestimentos vêm sendo amplamente utilizados em frutas e hortaliças minimamente processadas, com a função de formar uma barreira semipermeável

a gases e vapor d'água, reduzir a taxa respiratória, prevenir a perda de umidade, preservar cor, textura e sabor, além de dificultar a proliferação microbiana, o que aumenta consideravelmente o tempo de prateleira dos produtos (ABREU et al., 2017). Assim, os revestimentos comestíveis vêm ganhando espaço na indústria de alimentos, com resultados positivos na extensão da vida útil de diversos vegetais, conforme comprovado por estudos de Allegra et al. (2016) e Singh et al. (2016).

Aspectos botânicos e agronômicos do tomate

O tomate pertencente à família Solanaceae, é uma planta herbácea anual. Essa planta foi domesticada e se espalhou globalmente devido à sua adaptabilidade a diferentes climas e tipos de solo. O tomate é classificado como uma planta climatérica, o que significa que continua amadurecendo mesmo após a colheita devido à produção de etileno, um hormônio vegetal que regula o processo de maturação (SILVA; COSTA; OLIVEIRA, 2022).

Botanicamente, o tomate é caracterizado por uma planta de porte variável, que pode ser de crescimento determinado ou indeterminado. As plantas de crescimento determinado têm um porte mais compacto e uma produção mais concentrada, enquanto as de crescimento indeterminado apresentam ramificações mais extensas e podem produzir ao longo de um período mais longo. As folhas são compostas e alternadas, com margens serrilhadas. As flores, de cor amarela, são hermafroditas e se organizam em inflorescências do tipo racemo, sendo polinizadas principalmente por insetos (SILVA NETO, 2013).

O fruto do tomate é uma baga, geralmente de forma arredondada ou alongada, com variações na cor, sendo mais comum o vermelho, mas também existem cultivares nas cores amarela, verde e roxa. Sua composição é rica em água, o que torna o fruto suscetível a perdas rápidas de qualidade se não for adequadamente armazenado.

O tomate é uma das hortaliças mais importantes e consumidas mundialmente, com grande relevância econômica, especialmente em países como Brasil, China, Estados Unidos e Índia. Do ponto de vista agrônomo, o cultivo do tomate exige condições ideais de solo, clima e manejo para alcançar altos rendimentos e qualidade.

1. **Clima e Solo:** O tomate prefere climas tropicais e subtropicais, com temperaturas

que variam entre 18°C e 30°C. É uma planta sensível ao frio, sendo que geadas podem danificar significativamente os frutos. O cultivo do tomate exige solos bem drenados, com pH levemente ácido (entre 5,5 e 6,8). Solos ricos em matéria orgânica e com boa capacidade de retenção de nutrientes favorecem o desenvolvimento da planta. A irrigação também é crucial, uma vez que o tomate tem uma alta exigência hídrica, especialmente durante o florescimento e o desenvolvimento dos frutos.

2. Manejo de Cultivo: O manejo adequado do tomateiro envolve práticas que visam otimizar a produção e minimizar as perdas. O uso de estufas tem se popularizado, principalmente em regiões com climas desfavoráveis, como áreas de inverno rigoroso. Dentro das estufas, é possível controlar melhor as condições de temperatura, umidade e luz, resultando em maior produtividade. O cultivo pode ser realizado também em campo aberto, com a utilização de técnicas como o uso de estacas ou sistemas de tutores para evitar que as plantas toquem o solo e para melhorar a circulação de ar ao redor da planta.

3. Fertilização e Nutrição: A fertilização é fundamental para o bom desenvolvimento do tomateiro. As necessidades nutricionais da planta variam ao longo de seu ciclo, sendo que no início do desenvolvimento a planta exige mais nitrogênio para o crescimento vegetativo, enquanto que durante a frutificação as necessidades de potássio e fósforo aumentam. O uso de sistemas de fertirrigação, que combinam a aplicação de fertilizantes via irrigação, tem se mostrado eficaz para fornecer nutrientes de forma equilibrada e contínua para a planta.

4. Controle de Pragas e Doenças: O tomateiro é suscetível a diversas pragas e doenças, como o *Tuta absoluta* (Meyrick) (traça-do-tomateiro), a mosca-branca *Bemisia tabaci* (Gennadius), e doenças fúngicas como a requeima [*Phytophthora infestans* (Mont.)] e a murcha de fusarium [*Fusarium oxysporum* (Foc)]. O manejo integrado de pragas (MIP) é uma estratégia eficaz que combina práticas culturais, controle biológico, uso de produtos químicos de forma responsável e escolha de variedades resistentes. A rotação de culturas, o uso de barreiras físicas e o controle biológico têm sido

amplamente utilizados no manejo dessas ameaças.

5. Colheita e Pós-colheita: A colheita do tomate deve ser realizada quando os frutos atingem o ponto ideal de maturação, que pode variar conforme a cultivar e as condições climáticas. O ponto de maturação é crucial, pois afeta a qualidade e a vida útil do tomate. Após a colheita, os tomates devem ser manejados com cuidado para evitar danos físicos e para retardar o processo de deterioração. O armazenamento adequado, em condições de temperatura controlada e com boa ventilação, é necessário para prolongar a vida útil e manter a qualidade do fruto.

Importância econômica e social

O tomate, tanto no consumo *in natura* quanto em seus derivados, é uma das hortaliças mais frequentes na dieta da maior parte da população brasileira. Além disso, seu grande volume de produção e a geração de empregos tornam-no uma das hortaliças mais importantes do Brasil, tanto sob o ponto de vista econômico quanto social.

Em 2020, o Brasil produziu aproximadamente 3.956.559 toneladas de tomate, sendo que 1.851.962 toneladas vieram da Região Sudeste (IBGE, 2021). Conforme dados do Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (IBGE, 2021), o estado de Goiás foi o principal responsável por essa alta produção, com cerca de 1.059.871 toneladas. Por outro lado, Rondônia teve a menor produção de tomate no país em 2020 (IBGE, 2021).

Revestimentos alternativos e comestíveis

Nos últimos anos, a crescente preocupação com a sustentabilidade ambiental e a busca por alimentos mais seguros têm impulsionado o desenvolvimento de materiais biodegradáveis, especialmente no setor de embalagens. Dentre esses materiais, destacam-se os derivados de proteínas, polissacarídeos e lipídeos, que surgem como alternativas viáveis aos filmes plásticos e ceras sintéticas (CARNEIRO, 2019).

Segundo Ramos et al. (2016), os revestimentos comestíveis são películas aplicadas diretamente sobre a superfície dos alimentos, com a função de atuar como barreira contra fatores externos, contribuindo para o aumento da vida útil e preservação da qualidade dos produtos. A aplicação de revestimentos comestíveis em frutas e hortaliças tem se mostrado

eficaz por oferecer benefícios como a diminuição da perda de umidade, controle das trocas gasosas, manutenção da estrutura física do alimento, proteção contra danos mecânicos e conservação das características sensoriais, como sabor e aroma (CHIUMARELLI; HUBINGER, 2014).

Para a produção dessas películas, são comumente utilizados compostos naturais como carboidratos, proteínas e lipídeos, isolados ou em combinação. Dentre os materiais mais investigados, destacam-se o amido e a gelatina, devido à sua disponibilidade, solubilidade em água, baixo custo e capacidade de incorporação de substâncias funcionais (ASSIS; BRITO, 2014; BRAZEIRO et al., 2018).

A evolução desses materiais é resultado de avanços científicos que permitiram a formulação de filmes biodegradáveis e comestíveis a partir de polímeros naturais, seguros para o consumo humano (SENTURK et al., 2018). Embora não tenham a finalidade de substituir completamente métodos convencionais como o uso de fungicidas ou refrigeração, esses revestimentos propõem melhorias no desempenho da conservação, contribuindo para a manutenção da textura e do valor nutricional dos alimentos, além de controlar a transferência de gases e água (ASSIS; BRITTO, 2014).

Diversas formulações inovadoras vêm sendo estudadas, como filmes comestíveis à base de nozes de macadâmia, batata-doce, amido de banana oxidado e azeite de oliva, além de gelatina de peixe incorporada com óleo de açaí, os quais demonstram potencial para prolongar a vida útil das frutas e agregar propriedades funcionais aos alimentos (HASAN et al., 2020).

De acordo com Dehghani et al. (2018), os filmes e revestimentos comestíveis se distinguem pelas suas características de produção e aplicabilidade, podendo inclusive ser consumidos junto ao alimento. Além de proteger, esses revestimentos contribuem para a preservação das propriedades físico-químicas e fitoquímicas das frutas frescas e minimamente processadas, por períodos mais prolongados (ALVES et al., 2022). Assim, representam uma alternativa promissora para a conservação de frutas e hortaliças, promovendo menor impacto ambiental e atribuindo valor funcional e comercial aos produtos (HASAN et al., 2020).

Nozes de macadâmia

As nozes de macadâmia são sementes comestíveis originárias da árvore *Macadamia integrifolia*, nativa da Austrália, amplamente apreciadas por sua textura crocante, sabor suave e elevado valor nutricional. Elas se destacam pelo alto teor de gorduras monoinsaturadas, além de oferecerem boas quantidades de fibras, minerais como magnésio, cálcio e potássio, e vitaminas do complexo B e E (KASEKE; FAWOLE; OPARA, 2022). O óleo extraído dessas sementes possui uma composição rica em ácidos graxos com propriedades funcionais, incluindo efeitos antioxidantes e antibacterianos, o que o torna um ingrediente promissor para aplicações alimentícias e nutracêuticas (AL-QURASHI et al., 2022).

Dentre suas diversas aplicações, destaca-se o uso do óleo de macadâmia na formulação de revestimentos comestíveis para prolongar a vida útil de frutas e hortaliças. Os ácidos graxos presentes neste óleo podem formar uma camada semipermeável sobre a superfície dos frutos, reduzindo a taxa de transpiração, limitando as trocas gasosas e atuando como barreira contra microrganismos patogênicos. Além disso, sua atividade antioxidante contribui para inibir os danos causados pelas espécies reativas de oxigênio (ROS), que aceleram a deterioração dos alimentos (MURUGAN; BANU; LAKSHMI, 2022).

Estudos recentes demonstram o potencial dessa aplicação. Umbayda, Funga e Mwakalesi (2024) investigaram a eficácia de revestimentos à base de óleo de noz de macadâmia associado à quitosana na conservação pós-colheita de tomates. As formulações, preparadas em concentrações de 1% a 2,5% (v/v), foram aplicadas por imersão e os frutos foram armazenados por 20 dias. Durante esse período, observou-se que os tomates tratados com a mistura de óleo e quitosana apresentaram menor taxa de deterioração, melhor retenção de umidade e menor perda de peso em comparação com os tomates não revestidos.

Além disso, os tomates revestidos mantiveram níveis mais estáveis de compostos fenólicos totais (TPC), diferentemente das amostras controle, que apresentaram aumento do TPC, possivelmente como resposta ao estresse oxidativo causado pela ausência de proteção (NAVARRO; RODRIGUES, 2016). A aplicação do revestimento também retardou o processo de amadurecimento dos frutos, evidenciando o papel da barreira semipermeável na modulação das trocas gasosas.

Esses resultados indicam que a aplicação de revestimentos comestíveis contendo

óleo de macadâmia é uma estratégia eficiente na manutenção da qualidade físico-química e na extensão da vida útil de produtos hortifrutícolas, sendo uma alternativa sustentável às embalagens convencionais e aos métodos conservantes sintéticos.

Amido de banana oxidado e azeite de oliva

O amido, por ser um dos polissacarídeos mais abundantes e acessíveis, tem despertado grande interesse na formulação de revestimentos comestíveis. Suas características sensoriais neutras — como ser inodoro, insípido e apresentar transparência — tornam-no ideal para aplicação em frutas e hortaliças, uma vez que não interfere na aparência nem no sabor do produto. Contudo, sua aplicação isolada enfrenta limitações, como baixa resistência à umidade, rápida degradação e estrutura semi-cristalina, fatores que exigem modificações estruturais para torná-lo mais eficiente em sistemas de preservação (SANTHOSH et al., 2022).

Dentre as formas de modificação, a oxidação do amido tem se mostrado promissora, uma vez que altera suas propriedades físico-químicas, proporcionando melhor desempenho em barreiras contra a umidade e o oxigênio. Essa adaptação é essencial na indústria de alimentos, pois contribui para o desenvolvimento de revestimentos mais eficazes na extensão da vida útil de produtos perecíveis (MAJEED et al., 2023).

A utilização do amido oxidado em frutas, especialmente tomates, tem sido foco de diversos estudos. Fitch-Vargas et al. (2019) demonstraram que revestimentos à base de amido de milho aplicados sobre tomates ajudaram na manutenção da qualidade pós-colheita, reduzindo significativamente a perda de peso e retardando o processo de amadurecimento. Mais recentemente, Cedeño Sares et al. (2024) investigaram a aplicação de um revestimento elaborado com amido de banana oxidado (*Musa paradisiaca* L., grupo AAA, cv. Cavendish) associado ao azeite de oliva na conservação de tomates cereja (*Solanum lycopersicum* cv. Cerasiforme), armazenados em condições ambientais.

Para esse estudo, as bananas verdes foram colhidas na 12ª semana de maturação, e o amido foi extraído pelo método úmido tradicional, conforme descrito por Acevedo et al. (2015). Os tomates utilizados foram cuidadosamente selecionados por tamanho, coloração e ausência de danos físicos, de modo a garantir uniformidade na análise (SABORIO

ARGUELLO, 2021).

Os resultados indicaram que a formulação que combinou amido oxidado de banana com azeite de oliva apresentou melhor desempenho na redução da perda de massa dos tomates, bem como no retardamento do amadurecimento dos frutos durante o período de armazenamento. Essa abordagem reforça o potencial dos amidos modificados como materiais de revestimento funcional, contribuindo para o desenvolvimento de soluções mais sustentáveis e eficazes no setor de alimentos (DUGUMA, 2022).

Gelatina de peixe incorporado ao óleo de açaí

O uso de revestimentos biodegradáveis produzidos a partir de fontes naturais tem sido uma alternativa viável e sustentável para reduzir perdas pós-colheita e aumentar a vida útil de frutas. Entre os materiais de origem biológica com potencial para essa aplicação, destaca-se a gelatina obtida da pele de peixes, um subproduto da indústria pesqueira. Além de ser uma solução de baixo custo, essa gelatina apresenta boas propriedades de formação de filmes, o que a torna atrativa para aplicações alimentares (GÓMEZ-GUILLÉN et al., 2011; FAUZAN; NINGRUM; SUPRIYADI, 2023).

A gelatina de peixe, por ser derivada de resíduos como peles e espinhas, contribui para a valorização de subprodutos da cadeia produtiva do pescado. No entanto, devido à sua natureza hidrofílica, os filmes produzidos com gelatina apresentam elevada solubilidade em água e permeabilidade ao vapor, o que limita seu uso direto em frutas com alto teor de umidade (BAO et al., 2023).

Para superar essas limitações, estudos têm explorado a combinação da gelatina com outros ingredientes bioativos, como óleos vegetais, que além de melhorarem as propriedades de barreira, conferem atividade antioxidante e antimicrobiana aos filmes (CHAVAN et al., 2023). Óleos naturais são ricos em compostos fenólicos e ácidos graxos que ajudam na proteção contra agentes oxidativos e microbiológicos, sendo eficazes na conservação de frutas frescas.

Recentemente, foi desenvolvido pela primeira vez um revestimento comestível à base de gelatina de peixe amarelo associada ao óleo de açaí, visando a preservação pós-colheita de tomates. A aplicação desse revestimento resultou em melhorias significativas na

qualidade dos frutos durante o armazenamento. Houve redução da perda de massa, dos sólidos solúveis e do índice de maturação, além de retardar a mudança de coloração de verde para vermelho — efeito atribuído à diminuição da atividade enzimática e da respiração do fruto, devido à barreira semipermeável formada pelo revestimento (SILVA et al., 2024).

Além disso, os tomates tratados com o revestimento apresentaram maior firmeza e acidez ao final do período de armazenamento, o que demonstra o potencial do uso combinado de gelatina de peixe e óleo de açaí como tecnologia sustentável e eficiente para embalar frutos climatéricos e conservar suas propriedades físico-químicas.

Concentrado proteico de folha de batata-doce

Tomates saudáveis, uniformes e livres de danos mecânicos, rugas ou deformações foram utilizados neste estudo com o objetivo de avaliar o desempenho de diferentes formulações de revestimentos comestíveis na conservação pós-colheita. Dentre os parâmetros analisados, a perda de massa foi um dos principais indicadores de qualidade. Ao final do 10º dia de armazenamento, observou-se que as amostras não revestidas apresentaram a maior taxa de perda de massa, alcançando 8,68%. Em contrapartida, as amostras tratadas com o revestimento à base de alginato de sódio (AS), concentrado proteico de folha de batata-doce (CPFBD) e levedura *Meyerozyma caribbica* (L) apresentaram os melhores resultados, com perdas significativamente menores, sendo 6,67% para AS + CPFBD + L e 7,52% para AS + CPFBD (Silva et al., 2024).

Esse desempenho pode ser atribuído às propriedades de barreira proporcionadas pelos componentes do revestimento, especialmente o CPFBD, que atua como um agente filmogênico natural e eficiente, e à levedura, que possui efeito protetor contra microrganismos e contribui na regulação da umidade. Estudos anteriores também indicam que a adição de proteínas vegetais em revestimentos comestíveis melhora a integridade do filme e reduz a taxa de evaporação de água (GUPTA et al., 2022).

Outro estudo comparativo demonstrou que tomates sem revestimento apresentaram perda de massa de 10,34%, enquanto a menor taxa foi verificada na formulação composta por isolado proteico de soro de leite e goma xantana, com 9,13% (KUMAR; SAINI, 2021). A coloração dos frutos também foi monitorada como parâmetro de

maturação. Utilizou-se como referência a coloração original dos tomates no início do experimento, e observou-se que os frutos revestidos apresentaram menor variação de cor ao longo do armazenamento, indicando atraso no amadurecimento.

Em relação à luminosidade (parâmetro L^*), os tomates sem revestimento apresentaram declínio acentuado após o terceiro dia de armazenamento, o que está relacionado ao início do escurecimento e degradação dos pigmentos naturais. Por outro lado, os frutos revestidos com a formulação AS + CPFBD + L mantiveram maior brilho ao longo do tempo, refletindo menor degradação da estrutura superficial e conservação dos atributos visuais (CHEN et al., 2023).

A partir do sétimo dia, os tomates começaram a exibir coloração vermelho-clara, indicando progressão do amadurecimento. No entanto, esse processo foi significativamente retardado nos frutos com revestimento, demonstrando a eficácia das formulações em controlar o avanço metabólico. O uso do CPFBD, obtido a partir de folhas de batata-doce — subproduto amplamente descartado durante a colheita — representa uma alternativa sustentável e de baixo custo para a formulação de revestimentos comestíveis, alinhando a preservação de alimentos à valorização de resíduos agroindustriais (SOUZA, 2023).

Considerações finais

Diversas pesquisas têm demonstrado que os revestimentos comestíveis alternativos são eficazes na manutenção da qualidade e no prolongamento da vida útil dos alimentos, configurando-se como uma estratégia promissora na conservação pós-colheita. A aplicação do óleo de noz de macadâmia, em combinação com a quitosana, mostrou resultados positivos na preservação da qualidade de tomates após a colheita.

Trabalhos anteriores também indicaram que os revestimentos à base de amido aplicados em tomates foram eficientes na redução da perda de peso e no atraso do processo de amadurecimento. Durante a análise de estudos recentes, identificou-se que a formulação mais eficaz inclui amido de banana oxidado e azeite de oliva, revelando informações relevantes sobre técnicas de conservação e destacando o potencial dessa combinação na preservação dos frutos durante o armazenamento.

Pela primeira vez, revestimentos compostos por gelatina extraída de pescado

amarelo em conjunto com óleo de açaí foram desenvolvidos com o objetivo de aumentar a durabilidade dos tomates. Esses revestimentos se mostraram uma alternativa inovadora para embalagens de frutas climatéricas, contribuindo para a conservação prolongada dos frutos. Além disso, o uso de concentrado proteico obtido de folhas de batata-doce surge como uma opção acessível e viável para a produção de revestimentos comestíveis.

Dessa forma, conclui-se que os revestimentos comestíveis representam uma alternativa sustentável e eficiente na conservação de tomates após a colheita. Esta tecnologia não só auxilia na manutenção da qualidade e no prolongamento da vida útil dos alimentos, como também oferece soluções inovadoras e com menor impacto ambiental para a cadeia produtiva de frutas e hortaliças.

Referências bibliográficas

ABREU, R. M.; MOURA, C. F. H.; FERNANDES, F. A. N. Aplicação de revestimentos comestíveis em frutas minimamente processadas: uma revisão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 5, p. 340–345, 2017.

AGAMA-ACEVEDO, E.; NUÑEZ-SANTIAGO, M. C.; ALVAREZ-RAMIREZ, J.; BELLO-PÉREZ, L. A. Physicochemical, digestibility and structural characteristics of starch isolated from banana cultivars. **Carbohydrate Polymers**, v. 124, p. 17-24, 2015.

ALLEGRA, A.; INTRIGLIOLO, F.; PUGLISI, I.; MARCHESE, A.; MAZZEO, A.; GENTILE, C. Edible coatings and postharvest quality of minimally processed fruits and vegetables: a review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 56, p. 13–24, 2016.

ALMEIDA **Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 11, n. 1, p. 97–105, 2021.

AL-QURASHI, A. S.; AL MASOUDI, L. M.; HAMDY, H.; ABU ZAID, A. Chemical composition and antioxidant, antiviral, antifungal, antibacterial and anticancer potentials of *Opuntia ficus-indica* seed oil. **Molecules**, v. 27, n. 17, p. 5453, 2022.

ALVES, A. A. S.; COSTA, A. M. T.; DA SILVA, A. V.; DA SILVA SIMÕES, C. V.; SOUZA, I. A.; COSTA, R. M. C. E.; STAMFORD, T. C. M. Revestimentos comestíveis à base de polissacarídeos em frutas: uma revisão narrativa. **AVANÇOS EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS-VOLUME 6**, 6, 388-402. 2022.

ASSIS, O. B. G.; BRITO, E. S. **Revestimentos comestíveis para produtos hortifrutícolas**. Embrapa Agroindústria Tropical – Documentos, n. 124, 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/984777/revestimentos-comestiveis-para-produtos-hortifruticolas>. Acesso em: 20 abr. 2025.

BAO, J.; HU, Y.; FARAG, M. A.; HUAN, W.; WU, J.; YANG, D.; SONG, L. Carbon dots, cellulose nanofiber, and essential oil nanoemulsion from *Torreya grandis* aril added to fish scale

gelatin film for tomato preservation. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 245, p. 125482, 2023.

BRAZEIRO, F.; DE MOURA, J. M.; ALMEIDA, L.; MORAES, C. C.; DE MOURA, C. M. Atividade antimicrobiana de filmes a base de gelatina e quitosana contra *Staphylococcus aureus*. In: Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 10, n. 2, 2018.

CEDEÑO SARES, L. A.; CASARIEGO AÑO, A.; GARCÍA PÉREZ, M. A.; JUMBO-PEÑA, N. D.; MACHUCA ROMÁN, J. V. Coating of oxidized banana starch and olive oil for the preservation of cherry tomatoes (*Solanum lycopersicum* cv. *cerasiforme*). **Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín**, v. 77, n. 3, p. 10853-10864, 2024.

CHAVAN, P.; LATA, K.; KAUR, T.; JAMBRAK, A. R.; SHARMA, S.; ROY, S.; SINHMAR, A.; THORY, R.; SINGH, G. P.; AAYUSH, K. Recent advances in the preservation of postharvest fruits using edible films and coatings: a comprehensive review. **Food Chemistry**, [S.L.], v. 418, p. 135916, 2023.

CHEN, K.; TIAN, R.; XU, G.; WU, K.; LIU, Y.; JIANG, F. Characterizations of konjac glucomannan/curdlan edible coatings and the preservation effect on cherry tomatoes. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 232, p. 123359, 2023.

CHIUMARELLI, M.; HUBINGER, M. D. Evaluation of edible films and coatings formulated with cassava starch, glycerol, carnauba wax and stearic acid. **Food Hydrocolloids**, v. 38, p. 20-27, 2014.

CONAB – **Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de hortaliças: tomate** – 2019. Brasília: CONAB, 2019.

COSTA NETA, J. A.; SANTOS, R. C.; OLIVEIRA, F. B. Avaliação das perdas pós-colheita de hortifrutícolas no varejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 1, p. 38–44, 2020.

DEHGHANI, S.; HOSSEINI, S. V.; & REGENSTEIN, J. M. Edible films and coatings in seafood preservation: A review. **Food Chemistry**, v. 240, p. 505-513, 2018.

DUGUMA, H. T. Potential applications and limitations of edible coatings for maintaining tomato quality and shelf life. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 57, n. 3, p. 1353–1366, 2022.

FAUZAN, H. R.; NINGRUM, A.; SUPRIYADI, S. Evaluation of a fish gelatin-based edible film incorporated with *Ficus carica* L. leaf extract as active packaging. **Gels**, v. 9, n. 11, p. 918, 2023.

FITCH-VARGAS, P. R.; AGUILAR-PALAZUELOS, E.; VEGA-GARCÍA, M. O.; ZAZUETA-MORALES, J. J.; CALDERÓN-CASTRO, A.; MONTOYA-RODRÍGUEZ, A.; DELGADO-NIEBLAS, C. I.; CAMACHO-HERNÁNDEZ, I. L. Effect of a corn starch coating obtained by the combination of extrusion process and casting technique on the postharvest quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). **Revista Mexicana de Ingeniería Química**, v. 18, n. 3, p. 789-801, 2019.

FRIEDRICHSEN, J. S. A.; BRUNI, A. R. S.; DE LIMA FIGUEIREDO, A.; DOS SANTOS, E. D. O.; DA SILVA, G. A. R.; DA SILVA GOMES, E.; BULLA, M. K.; SANTOS, O. O. Propriedades e

funcionalidades oferecidas a alimentos por filmes e revestimentos comestíveis: Uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 13, p.1-9, 2022.

GÓMEZ-GUILLÉN, M. C.; GIMÉNEZ, B.; LÓPEZ-CABALLERO, M. E.; MONTERO, M. P. Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: a review. *Food Hydrocolloids*, v. 25, p. 1813–1827, 2011.

GUPTA, D.; LALL, A.; KUMAR, S.; PATIL, T. D.; GAIKWAD, K. K. Plant-based edible films and coatings for food-packaging applications: recent advances, applications, and trends. *Sustainable Food Technology*, v. 2, n. 5, p. 1428-1455, 2024.

HASAN, M.; APSARI, R. R.; SHAHBMAND, H.; HAMID, S.; Advances in edible coatings for fresh produce preservation: materials, mechanisms, and applications. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 24, p. 100477, 2020.

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. *Levantamento Sistemático da Produção Agrícola: tomate*, Goiás, 2021. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

KASEKE, T.; FAWOLE, O. A.; OPARA, U. L. Macadamia nuts: composition, health benefits, functional properties, and product development. **Journal of Food Science**, v. 87, n. 5, p. 1776–1790, 2022.

KUMAR, A.; SAINI, C. S. Edible composite bi-layer coating based on whey protein isolate, xanthan gum and clove oil for prolonging shelf life of tomatoes. **Measurement: Food**, v. 2, p. 100005, 2021.

MAJEED, T.; DAR, A. H.; PANDEY, V. K.; DASH, K. K.; SRIVASTAVA, S.; SHAMS, R.; JEEVARATHINAM, G.; PUNIT SINGH, F.; NOEMÍ ECHEGARAY, G.; PANDISELVAM, R. Role of additives in starch-based edible films and coating: A review with current knowledge. **Progress in Organic Coatings**, v. 181, p. 1-13, 2023.

MENEZES, E. W.; LIMA, L. C. O.; LOPES, A. S. Revestimentos comestíveis na conservação de frutas: fundamentos e aplicações. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 35, n. 1, p. 95–105, 2017.

MURUGAN, A.; BANU, A. T.; LAKSHMI, D. S. Edible coatings to enhance shelf life of fruits and vegetables: A mini-review. **Current Nutrition & Food Science**, v. 18, n. 6, p. 525-538, 2022.

NAVARRO, L. A.; RODRIGUES, D. F. Edible coatings for postharvest quality preservation of tomatoes: review and applications. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 8, p. 21–30, 2016.

NOBIAS, M. R. Importância do tomate na alimentação e economia brasileira. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 62, n. 2, p. 245–250, 2019.

RAMOS, M.; VALDÉS, A.; BELTRÁN, A.; GARRIGÓS, M. C. Gelatin-based films and coatings for food packaging applications. *Coatings*, v. 6, n. 41, p. 1-20, 2016.

RANIERI, J. C.; CAMPOS, R. P.; DUARTE, T. S. Causas das perdas pós-colheita de hortaliças e possíveis soluções. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 1, p. 102–108, 2015.

RODRIGUES, L. M. Fisiologia do amadurecimento do tomate e o ponto ideal de colheita.

Revista Brasileira de Pós-Colheita, v. 12, n. 4, p. 512–518, 2015.

SABORIO ARGUELLO, E. Postharvest selection criteria and handling practices for quality control of tomatoes. **Revista de Tecnología Agroindustrial**, v. 15, n. 2, p. 85–93, 2021.

SANTHOSH, R.; AHMED, J.; THAKUR, R.; SARKAR, P. Starch-based edible packaging: rheological, thermal, mechanical, microstructural, and barrier properties—a review. **Sustainable Food Technology**, v. 2, n. 2, p. 307–330, 2022.

SANTOS, J. L. F. dos; ATAÍDE, E. M.; SANTOS, A. K. E. dos; SILVA, M. de S. Recobrimentos comestíveis na conservação pós-colheita de abacate. **Scientia Plena**, v. 11, n. 12, p. 1–7, 2015.

SENTURK, S.; PARREIDT, T.; MÜLLER, K.; SCHMID, M. Alginate-based edible films and coatings for food packaging applications. **Foods**, v. 7, p. 170, 2018.

SILVA NETO, C. de M. **Biologia reprodutiva do tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) e influência das abelhas nativas na produção dos frutos**. 2013. 62 f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Vegetal) — Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013. Disponível em: <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/3305>. Acesso em: 23 abr. 2025.

SILVA, A. C. P. da; BARBOSA, J. R.; ARAÚJO, C. da S.; BATISTA, J. T. S.; NEVES, E. M. P. X.; CARDOSO, D. N. P.; JOELE, M. R. S. P.; LOURENÇO, L. de F. H. A new edible coating of fish gelatin incorporated into açai oil to increase the post-harvest shelf life of tomatoes. **Food Chemistry**, v. 438, p. 1–9, 2024.

SILVA, N. F.; COSTA, L. C.; OLIVEIRA, F. A. **Aspectos fisiológicos e pós-colheita do tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.)**. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 28, n. 1, p. 45–52, 2022.

SILVA, R. A.; FERREIRA, M. A.; LIMA, E. P. Potencial de filmes comestíveis à base de amido de banana oxidado e azeite de oliva na conservação pós-colheita. **Ciência Rural**, v. 45, n. 7, p. 1234–1240, 2015.

SINGH, A.; SHARMA, A.; LEBACA, G. Recent advances in edible coatings for fruits and vegetables: a review. **Food Chemistry**, v. 200, p. 1–12, 2016.

SOUZA, D. M. de. Utilização da folha de batata-doce biofortificada na produção de revestimento comestível para conservação pós-colheita de tomate. 2023. 94 f. Doutorado (Engenharia Agrícola) — Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2023.

UMBAYDA, P.; FUNGA, M.; MWAKALESI, T. Application of macadamia oil-chitosan edible coatings for postharvest quality preservation of tomatoes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 203, 112462, 2024. [Aguardando publicação em base indexada.]

VILLADIEGO, A. M. D.; SOARES, N. D. F. F.; ANDRADE, N. J.; PUSCHMANN, R.; MINIM, V. P. R.; CRUZ, R. Filmes e revestimentos comestíveis na conservação de produtos alimentícios. **Revista Ceres**, v. 62, n. 2, p. 121–131, 2015.

Métodos de controle da antracnose em pós-colheita de mamão

*Maria Aparecida dos Santos Moraes
Jane Oliveira Perez
Naama Jéssica de Assis Melo
Patrycia Elen Costa Amorim
Andréa Nunes Moreira*



Métodos de controle da antracnose na pós-colheita do mamão

Maria Aparecida dos Santos Moraes¹

Jane Oliveira Perez²

Naama Jéssica de Assis Melo³

Patrycia Elen Costa Amorim⁴

Andréa Nunes Moreira⁵

¹Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN, Brasil. E-mail: aparecida8sm@gmail.com

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sertão Pernambucano, Petrolina-PE, Brasil. E-mail: jane.perez@ifsertao-pe.edu.br

³Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN, Brasil. E-mail: naama.melo@ufersa.edu.br

⁴Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró-RN, Brasil. E-mail: patrycia_amorim@hotmail.com

⁵Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sertão Pernambucano, Petrolina, Brasil. E-mail: andrea.nunes@ifsertao-pe.edu.br

Introdução

O mamão (*Carica papaya* L.) é uma fruta cultivada em regiões tropicais e subtropicais do mundo e ocupa posição de destaque no cenário do agronegócio brasileiro, sendo uma das principais frutas frescas exportados do país (LUCENA et al., 2021). O Brasil é o segundo maior exportador mundial, com volume de US\$ 49,7 milhões (FAOSTAT, 2024). O mamão oferece diversos benefícios nutricionais, pois é rico em vitaminas, fibras, sais minerais, componentes bioativos e substâncias antioxidantes (KOUL et al., 2022). No entanto, apesar da crescente demanda do mamão, sua alta perecibilidade e suscetibilidade a danos mecânicos e ataque de patógenos contribuem para uma vida pós-colheita relativamente curta, comprometendo assim sua comercialização (RASHID et al., 2019).

As principais doenças pós-colheita que acometem o mamão são a antracnose, podridão-peduncular, mancha chocolate e a podridão causada por *Fusarium* spp. e/ou *Phytophthora* spp. A antracnose é uma doença causada pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides* (Penzig) Penzig & Sacc., ocorre em mamoeiros cultivados no mundo, causando perdas significativas aos frutos do mamão durante o transporte e armazenamento (PRAJAPATI et al., 2017). No Brasil, as perdas devido a antracnose no mamão podem chegar a 30-40% dos frutos, especialmente nos períodos de colheita e pós-colheita (FERRAZ ALMEIDA; MARTINS, 2022).

Os fungos causadores da antracnose podem ser encontrados ainda em condições de campo, em folhas, pecíolos, frutos em senescência e matéria orgânica contaminada em decomposição. Mas geralmente afetam os frutos após a colheita, já que o fungo penetra a cutícula do tecido vegetal, causa infecção latente no fruto antes do amadurecimento e os sintomas só irão se apresentar na fase de amadurecimento, embalagem, transporte e comercialização, tornando os frutos impróprios para o consumo e comercialização (DICKMAN et al., 1983; SANTOS FILHO; OLIVEIRA, 2021).

O fungo *Colletotrichum gloeosporioides* (Penzig) Penzig & Sacc. é o que mais ataca a cultura, ocasionando a doença denominada antracnose (DANTAS et al., 2003). O patógeno pode infectar os frutos de mamão por ferimentos durante a colheita ou ainda na fase imatura durante a pré-colheita e permanecer quiescente por um período, sem sintomas visíveis da doença, aparecendo somente na fase pós-colheita.

Por muito tempo, o uso excessivo de agroquímicos foi a principal alternativa para minimizar o ataque fúngico em vegetais. Entretanto, como os agroquímicos possuem princípios ativos que podem gerar danos à saúde humana, atualmente os países importadores têm imposto uma série de restrições, estabelecendo um limite máximo de resíduo (LMR) aceitável para produtos químicos (FENG et al. 2019). Pesquisas indicam que há uma redução de cerca de 8.8% do comercial bilateral em função dos rigorosos LMR por parte dos importadores (HEJAZI, GRANTB; PETERSONC, 2022).

Os novos limites máximos de resíduos (LMR) estabelecidos pela União Europeia para os fungicidas thiabendazol, imazalil, imidazole e benzimidazol em mamão foram definidos em 0,01 mg/kg de fruto (Access to European Union law, 2025). Devido a isso, os produtores estão diminuindo o uso de agroquímicos e buscando métodos e tecnologias alternativos que não deixem resíduos químicos que comprometam a saúde do consumidor, tais, como, controle físico (tratamento térmico e radiação UV-C), controle biológico (bactérias antagonistas), compostos antimicrobianos naturais (extratos vegetais e óleos essenciais), biofilmes, revestimentos comestíveis, sais inorgânicos e indução de resistência (RODRIGUES et al., 2021).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é realizar uma revisão de literatura que possa reunir os principais métodos e tecnologias utilizados nos últimos anos para o controle da antracnose em frutos de mamão, visando compreender como essas inovações atuam na

qualidade e tempo de vida útil do fruto, bem como seu impacto ao meio ambiente e à saúde humana.

Dessa forma, o levantamento dos principais métodos e tecnologias para o controle a antracnose no mamão em pós-colheita e a identificação dos tipos de métodos de controle da antracnose mais utilizados na pós-colheita do mamão foi realizada, sendo possível identificar os métodos que propiciam a melhor qualidade e durabilidade dos frutos, identificando os impactos ambientais e na saúde humana.

Controle químico para antracnose do mamão

O controle químico ainda é um dos métodos mais utilizados no controle da antracnose, tanto no campo, quanto em packing houses após a colheita. Os produtos tradicionalmente usados contra *Colletotrichum* spp. são os cúpricos, estrobirulinas, ditiocarbamatos, benzimidazol e compostos triazólicos, juntamente com outros produtos químicos, como procloraz, imazalil e chorotalonil (BORDOH et al., 2020; CIOFINI et al., 2022).

Chan-Cupul et al. (2024) estudando diferentes misturas de fungicidas nas concentrações de 250, 500, 750 e 1000 mg/kg para controle da antracnose verificou que após 12 dias da inoculação, a mistura de azoxistrobina + fludioxinil mostrou eficácia de 63,0% (250 mg/kg) a 77,52% (1000 mg/kg). O tiabendazol teve uma eficácia variando de 12,8% (250 mg/kg) a 74% (1000 mg/kg). Ambos os fungicidas foram mais eficazes na dose de 1000 mg/kg, superando cipronil + fludioxinil (38,5%) e boscalida + piraclostrobina (55,6%). A área sob a curva de progresso da doença foi similar para azoxistrobina + fludioxinil, cipronil + fludioxinil e boscalida + piraclostrobina, enquanto o tiabendazol teve menor área sob a curva nas concentrações de 750 e 1000 mg/kg. De acordo com esses resultados, as misturas dos fungicidas azoxistrobina + fludioxinil e tiabendazol nas concentrações de 1000 mg/kg são eficazes no controle da antracnose em mamão.

No entanto, o uso de fungicidas químicos está caindo em desuso, pois além de induzir a resistência de fitopatógenos a ingredientes ativos, alguns países importadores limitaram seu uso devido à proibição de certos princípios ativos e ao limite máximo de resíduo (LMR) aceitável. Desde 11 de dezembro de 2024, os novos valores de LMR estabelecidos pela União Europeia para os fungicidas thiabendazol, imazalil, imidazole e benzimidazol em mamão

passaram a ser de 0,01 mg/kg de fruto (Access to European Union law, 2025). Isso torna o método de controle químico muito restrito, necessitando sua substituição por métodos de controle alternativos que não deixem resíduos.

Controle alternativo para antracnose do mamão

Óleos essenciais

Os óleos essenciais são substâncias naturais, de misturas voláteis, lipofílicas, odoríferas e líquidas com baixo peso molecular, geralmente constituídos por moléculas de natureza terpênica, no qual a composição química depende de fatores ambientais, período de colheita, técnica de extração e de fatores genéticos (MORANDI; BETTIOL, 2009; LIMA et al., 2013). Os óleos essenciais possuem grande potencial de utilização na indústria de alimentos para combater patógenos de origem alimentar e microrganismos deterioradores (RAO et al., 2019).

A utilização de óleos essenciais no controle da antracnose em mamão é uma alternativa promissora, pois diversas plantas se mostraram eficazes no controle de *Colletotrichum* em mamão. Em pesquisa realizada por Monteon-Ojeda et al. (2024) relataram que o óleo essencial de *Eucalyptus globulus* Labill., inibiu 89% do crescimento de *C. gloeosporioides*, seguido pelo óleo de *Citrus sinensis* L. (71%). Em testes *in vivo*, esses óleos também reduziram os sintomas da antracnose, com uma redução de 84% para o óleo de *C. sinensis* e 85% para o óleo de *E. globulus*. Dias et al. (2020) constataram que os óleos essenciais de *Rosmarinus officinalis* L. Labiatae (Lamiaceae) e *Morinda citrifolia* L. reduzem de forma significativa a taxa de crescimento de *C. gloeosporioides* em mamões.

Além dos óleos essenciais utilizados de forma isolada, a combinação deles com revestimentos biodegradáveis tem demonstrado ser eficiente no controle da antracnose. A associação do óleo essencial de *Lippia sidoides* Cham. com revestimento de carboximetilcelulose mostrou eficácia no controle de *C. gloeosporioides*, quando aplicado preventivamente, e aumentou a vida útil de mamões, preservando suas características pós-colheita (ZILLO et al., 2018).

A capacidade antifúngica do óleo de *L. sidoides* está relacionada à presença dos principais compostos, o timol, como predominante, e carvacrol. Esses compostos podem alterar a estrutura da parede celular do patógeno, aumentando a permeabilidade da membrana e dificultando a sobrevivência celular, por prejudicar o transporte de elétrons e reações enzimáticas (MOREIRA et al., 2010; RAO et al., 2010). Já o revestimento provoca um retardo na respiração da fruta e na atividade metabólica (ZILLO et al., 2018). Além do aumento da vida útil dos mamões, a combinação óleo essencial + carboximetilcelulose preservou as características pós-colheita do mamão por nove dias, funcionando como uma barreira físico/química, podendo ser considerada uma alternativa viável para extensão do período de comercialização dos frutos.

O uso de cera de carnaúba associada a óleos essenciais de *Cinnamomum cassia* (L.) J.Presl e *Rosmarinus officinalis* L., pois minimizaram o desenvolvimento fúngico do *Colletotrichum truncatum* (Schw.) Andrus & WD em frutos de mamão. A cera de carnaúba incorporada a óleos essenciais de *Cymbopogon flexuosus* (Nees ex Steud.) W.Watson e *Cymbopogon martini* L. é uma alternativa para controlar a *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl. em mamão. Ambos os resultados não interferiram na qualidade dos frutos (NASCIMENTO, 2020).

A combinação de óleos essenciais com revestimento biodegradável e radiação ultravioleta demonstrou que o efeito sinérgico do uso de biorrecobrimento de quitosana com óleos essenciais e energia UV-C controlam o desenvolvimento de fungos causadores de antracnose e podridão branca em frutos de mamão Maradol (VÁZQUEZ-OVANDO et al., 2018).

Extrato natural

Além dos óleos essenciais, alguns extratos naturais demonstraram eficácia contra o fungo *C. gloeosporioides* incluem natamicina, óleo essencial de cronquist, mulberrina, α -mangostina e ácido α -fenilcinâmico. Pesquisas indicam que esses compostos podem inibir o crescimento do micélio e a germinação de esporos do fungo, além de controlar eficientemente a doença da antracnose em frutos. Seus mecanismos antifúngicos abrangem a inibição da biossíntese de ergosterol, a desestabilização da membrana celular, danos à estrutura mitocondrial e ao metabolismo energético, e a supressão da biossíntese de melanina (CAO et al., 2023; ZHANG et al., 2022).

Herrera-Parra et al. (2024) estudando o efeito de extratos etanólicos da casca do caule de *Bonellia flammea* (Millsp. ex Mez) B.Ståhl & Källersjö em *Colletotrichum magnum* de frutos de mamão cv. Maradol, verificaram que os extratos aquosos de *B. flammea* demonstraram ser altamente eficazes contra *C. magnum* in vitro, com concentrações de 2,35% e 3% (p/v) causando uma severidade da doença de antracnose de 0,92% a 0,97% em frutos de mamão, o que foi inferior ao fungicida comercial Tecto 60®.

O pterostilbeno (PTE), polifenol natural também é um extrato vegetal que apresenta resultados significativos para o controle da antracnose em frutos de mamão. Segundo GAO et al. (2025), o PTE demonstrou ser eficaz na redução da antracnose pós-colheita em frutos de mamão ao inibir o crescimento do micélio, a germinação de conídios e a formação de apressórios de *C. gloeosporioides*. Além disso, o PTE afetou significativamente as vias metabólicas de carboidratos e lipídios, essenciais para a integridade e a função normal das estruturas celulares fúngicas, como a parede celular, membrana plasmática e mitocôndrias.

Radiação ultravioleta

A radiação ultravioleta (UV) é uma forma não ionizada de raios gerados pelo sol ou fontes de luz artificiais, como lâmpadas de vapor de mercúrio, fluorescentes, fontes incandescentes, luzes pretas e alguns tipos de lasers, com comprimento de onda variando de 100 a 400 nm. O espectro de luz da UV é dividido em quatro, com base em seu comprimento de onda, UV-A (315–400 nm), UV-B (280–315 nm), UV-C (200–280 nm) e UV-V (100–200 nm) (RIFNA; RAMANAN; MAHENDRAN, 2019).

Na pós-colheita de frutas e vegetais, a UV-C apresenta grande potencial antifúngico, e é um método promissor, por se tratar de uma esterilização física livre de resíduos (USALL et al., 2016). A radiação UV-C apresentou resultado favorável no controle da podridão peduncular a partir da dose de 0,5 kJ m⁻², com dose ótima entre 0,5 e 1,5 kJ m⁻², demonstrando ser um método alternativo ao uso de fungicidas químicos e mostrando sua potencialidade para compor um manejo integrado de podridão peduncular no tratamento pós-colheita de mamão (TERÃO et al., 2019).

Entretanto, para a antracnose ainda existe poucos trabalhos usando a radiação UV-C, já que como a epiderme do mamão é sensível à luz UV-C, e pode causar queimadura. Morais

et al. (2024) aplicaram em mamões, diferentes de radiações de luz ultravioleta pulsada mais baixas que as testadas por Terão *et al.* (2019) em mamões formosa 'Tainung I', e observaram que além de não apresentar queimadura nos frutos, a dose de $0,9 \text{ J.cm}^{-2}$ foi capaz de controlar ser a incidência de fungos fitopatogênicos que acometem tanto o pedúnculo, como o corpo do mamão. Moraes et al. (2024) aplicaram doses de radiação ultravioleta pulsada mais baixas do que as testadas por Terão et al. (2019) em mamões formosa 'Tainung I'. Eles observaram que, além de não causar queimaduras nos frutos, a dose de $0,9 \text{ J.cm}^{-2}$ foi eficaz no controle da incidência de fungos fitopatogênicos que afetam tanto o pedúnculo quanto o corpo do mamão.

Ozônio

A utilização do gás ozônio (O_3) no controle físico de doenças pós-colheita é uma técnica que possui potencial. Avaliando o controle da antracnose em mamão com a utilização do ozônio, Silva Neto et al. (2019) observaram que concentrações de 0,6 e 3,3 ppm de ozônio foram eficazes, com a maior concentração apresentando as melhores reduções de lesões e sintomas da antracnose, mas causando estresse oxidativo. O tratamento com as menores concentrações de ozônio (0,6 e 1,5 ppm) aumentaram a vida útil dos mamões de 6 para até 14 dias, sendo tão eficaz quanto fungicidas comerciais.

Além da forma gasosa o ozônio apresenta potencial na forma líquida, Costa et al. (2021) constataram que a aplicação de ozônio dissolvido em água $0,8 \text{ mg L}^{-1}$ por até 160 min controla a severidade da antracnose em mamão pós-colhido da variedade Golden, sem comprometer a qualidade dos frutos.

Controle biológico

Vários microrganismos antagônicos têm sido estudados para o controle de doenças pós-colheita. Entre eles, as leveduras frequentemente relatadas como agentes de biocontrole pós-colheita e são amplamente desenvolvidos em produtos registrados (DROBY *et al.*, 2009). Hernandez-Montiel et al. (2018) ao utilizar levedura *Debaryomyces hansenii* (Zoph) Lodder et Kreger-van Rij como controle biológico para antracnose no mamão verificaram que todas as concentrações de *D. hansenii* que estudadas inibiram significativamente o

crescimento de *C. gloeosporioides*. Observou-se que quanto maior a concentração da levedura, menor o crescimento do fungo. O fruto inoculado com a maior concentração (1×10^8 células/ML) testada de *D. hansenii* não apresentou incidência de antracnose e se manteve livre da doença durante todo o período de avaliação (10 dias a 25 °C). Além desses resultados promissores, os autores deste estudo observaram que o controle exercido pela levedura em todas as concentrações testadas foi superior ao do fungicida comercial Tecto 60. *D. hansenii* é uma levedura presente na superfície das frutas, atuando como antagonista de diversos fitopatógenos (HERNANDEZ-MONTIEL et al., 2018).

Outra levedura com potencial de controle da antracnose no mamoeiro é a *Trichosporon asahii*. Essa levedura diminuiu a germinação de esporos de *C. gloeosporioides* significativamente, de 90% para 30%, com o aumento da sua concentração de 5×10^4 para 5×10^8 células/mL (HASSAN et al., 2021). Além disso, o crescimento micelial de *C. gloeosporioides* foi completamente inibido por substâncias antifúngicas difusíveis produzidas pela levedura na concentração de 5×10^8 células/mL. Leveduras geralmente absorvem nutrientes mais rapidamente do que os patógenos, devido à ligação direta (DROBY et al., 1989), o que pode ter inibido a germinação de esporos e o crescimento micelial de *C. gloeosporioides*. Após oito dias de armazenamento, o fruto tratado com *T. asahii* mostrou severidade significativamente menor do que o controle, que foi de 50% de redução, embora não tenha conseguido evitar a incidência da doença significativamente. Além da produção de substâncias antifúngicas difusíveis, o sucesso na competição por espaço e nutrientes e o parasitismo direto, por ligação às hifas de *C. gloeosporioides*, são possíveis mecanismos de ação de *T. asahii* (HASSAN et al., 2021).

Além dos *Debaryomyces* spp., os gêneros *Beauveria*, *Metarhizium* e *Trichoderma* também se destacam como fungos potencialmente usados no biocontrole de doenças agrícolas. *Trichoderma* spp. é um dos fungos mais comumente utilizados na agricultura como agente de controle biológico. Espécies desse fungo são comercializados como biopesticidas, biofertilizantes, intensificadores de crescimento e estimulantes de resistência natural (SUTTHISA et al., 2024).

Avaliando diferentes métodos de controle da antracnose no mamão, Monteon-Ojeda et al. (2024) constataram que a aplicação pré-colheita de *Trichoderma harzianum* reduziu a

incidência da doença em 30% e a severidade dos sintomas em 85% em mamões. No manejo pós-colheita, *T. harzianum* foi tão eficaz quanto o controle químico (piraclostrobina + epoxiconazol), com 90% e 93% de eficácia, respectivamente, além de apresentar menor incidência (28%) e severidade (4,6%) da antracnose. Esse agente biológico combate fitopatógenos por meio da competição por nutrientes e espaço, produção de metabólitos antimicrobianos, micoparasitismo e indução de resistência no hospedeiro (LI et al., 2025).

Outra importante fonte de biocontrole são as bactérias. As bactérias biocontroladoras exercem seu efeito através de várias estratégias, como a produção de metabólitos antimicrobianos, a competição por recursos, a indução de resistência sistêmica e a produção de enzimas líticas. (RAAIJMAKERS et al., 2010). As mais estudadas incluem *Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp., *Streptomyces* spp. e *Stenotrophomonas* spp. Chiquito-Contreras et al. (2019) avaliaram as bactérias marinhas *Stenotrophomonas rhizophila* e *Bacillus amyloliquefaciens* na proteção do mamão contra *C. gloeosporioides*. *S. rhizophila* inibiu o crescimento micelial em 72%, enquanto *B. amyloliquefaciens* inibiu menos de 60%. Ambas foram mais eficientes que fungicidas sintéticos. A inibição da germinação de esporos por *S. rhizophila* e *B. amyloliquefaciens* foi de 73% e 65%, respectivamente, devido ao rápido consumo de sacarose, glicose e frutose pelas bactérias.

De acordo com Chiquito-Contreras et al. (2019), as bactérias marinhas foram mais eficazes na redução da incidência da doença e no diâmetro da lesão do que o fungicida e a alga marinha avaliada. *S. rhizophila* reduziu a incidência em 80% e o diâmetro da lesão em 97%. As bactérias competem por espaço e nutrientes com o patógeno e possuem mecanismos antagonistas, como a produção de enzimas líticas β -1,3-glucanases, quitinases, proteases) capazes de degradar a parede celular do fungo (SHAFI; TIAN; MINGSHAN, 2017), compostos orgânicos voláteis e antibióticos, que inibem o crescimento de fungos e estimulam a resistência do hospedeiro, sendo eficazes no biocontrole *in vivo* de doenças pós-colheita.

Indutores de resistência

Atualmente muitos compostos naturais têm sido utilizados para induzir resistência nas plantas contra fitopatógenos, tanto na fase pré quanto na pós-colheita, denominados de indutores ou elicitores de resistência em plantas (COSTA et al., 2022). Dentre os compostos

naturais com potencial de indutores de resistência, temos fosfito de potássio e compostos a base de silício.

Demartelaere et al. (2017) ao avaliarem elicitores no controle de antracnose e seu efeito na qualidade pós-colheita de mamão verificaram que fosfito de potássio, Rocksil®, Ecolife® e o fungicida comercial procloraz levaram aos menores diâmetros de lesão (11,50, 12,60, 13,50 e 8,10 mm, respectivamente), às menores áreas abaixo da curva de progresso da doença (1,17, 1,30, 1,47 e 1,15, respectivamente) e aos maiores percentuais de proteção (82,25, 79,15, 77,65 e 84,65%, respectivamente) contra *C. gloesporioides*. Além disso, verificou-se que os elicitores não alteraram a aparência dos frutos, mantendo sua qualidade pós-colheita. Os elicitores são eficazes no combate a patógenos em frutas devido a diferentes mecanismos de ação que bloqueiam infecções. O fosfito de potássio ativa defesas, aumentando a produção de proteínas, compostos sinalizadores e fitoalexinas. O Rocksil®, contendo silício, aumenta a resistência das plantas ao ataque de patógenos e ativa enzimas de defesa. O Ecolife® possui bioflavonoides, ácido ascórbico e fitoalexinas cítricas, oferecendo proteção aos frutos pela ação conjunta de seus componentes (DEMARTELAERE et al. 2017).

O silício por possuir atividade antifúngica foi estudado por Vidal-Vergara *et al.* (2022) contra a antracnose do mamão causada por *Colletotrichum brevisporum*, nas formas de silicato de potássio e silicato de sódio, em diferentes concentrações (0,30; 0,60; 0,80; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 e 3,0% *in vitro*) e (0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 e 3,0% *in vivo*). Os autores verificaram que SP a 3,0 e 2,5% foram as concentrações mais eficazes para inibir o crescimento micelial de *C. brevisporum* (93 e 91%, respectivamente) *in vitro*, e SS nessas mesmas concentrações inibiram totalmente o crescimento micelial do fungo. *In vivo*, SP a 1,5% e SS a 1,0% preveniram consistentemente a incidência de antracnose (6,3 e 0,0%, respectivamente) e todos os tratamentos com silicato de sódio reduziram consistentemente a severidade da antracnose (de 0,0-1,4 mm de diâmetro da lesão). Mergulhos preventivos com silicato de potássio a 1,5% por 60 s e silicato de sódio a 1,0% por 90 s, a 20 °C, reduziram significativamente a incidência de antracnose (6,7 e 0,0%, respectivamente).

Revestimento biodegradável com tratamento hidrotérmico

O uso combinado de revestimento biodegradável com outras técnicas de controle pós-colheita da antracnose no mamão tem sido avaliado, como a imersão em água quente seguida de revestimento com quitosana (VILLAPLANA et al., 2020), os mamões tratados com a combinação de água quente e 20 g/L de quitosana aumentou a vida útil dos frutos. Possivelmente isso ocorreu porque a imersão em água quente inibe o crescimento do tubo germinativo do fungo estabelecido na superfície do fruto (FALLIK, 2004) e o revestimento de quitosana apresenta propriedades antifúngicas (ELSABEE; ABDOL, 2013).

Vilaplana et al. (2020) ainda relataram que os mamões apresentaram redução de 62,8% da antracnose após 7 dias de vida útil a 20°C, enquanto frutos pulverizados com procloraz apresentaram redução de 37,9% da doença. As outras combinações de quitosana estudadas neste trabalho apresentaram maior redução de antracnose do que mamões tratados apenas com imersão em água quente e frutos não tratados. No entanto, após o período de vida útil, o melhor tratamento no controle do crescimento do patógeno foi a concentração de 20 g/L de quitosana, além de manter os parâmetros físico-químicos e sensoriais durante os períodos de armazenamento refrigerado e de vida útil.

De acordo com López-Zazueta et al. (2023), o peso molecular da quitosana pode influenciar seus efeitos fungicidas em comparação com o tiabendazol. Quitosana de 55 kDa reduziu a incidência e severidade da antracnose, além de manter os parâmetros de qualidade pós-colheita do mamão, as quitosanas de 55 kDa e 13 kDa favoreceram a síntese de ácido ascórbico, fenóis totais e capacidade antioxidante. Portanto, a quitosana de 55 kDa é uma alternativa eficaz para a proteção contra *C. gloeosporioides* e atua como estimulante do sistema antioxidante não enzimático em frutos de mamão durante o armazenamento.

Principais trabalhos e métodos encontrados

De acordo com os resultados obtidos na presente pesquisa, observou-se que atualmente, o uso de agroquímicos como medida de controle para a antracnose em mamão está diminuindo, e os estudos sobre tecnologias alternativas estão aumentando, devido à proibição de certos princípios ativos e aos limites de resíduos. Métodos como controle

biológico (bactérias antagonistas), controle físico (tratamento térmico e radiação UV-C), compostos antimicrobianos naturais (óleos essenciais), biofilmes, revestimentos comestíveis, uso de ozônio, sais inorgânicos e indutores de resistência foram explorados. No período de 2017 a 2025, os óleos essenciais e o controle biológico se destacaram como as principais estratégias no combate à antracnose em mamão, conforme ilustrado no Quadro 1.

Quadro 1 - Trabalhos publicados no período ente 2017-2025 sobre métodos e tecnologias utilizadas no controle da antracnose no mamão.

Tecnologia aplicada	Referências	Título	Principais resultados
Extrato natural (pterostilbeno-PTE)	Gao et al. (2025)	Efficacy of pterostilbene inhibition of postharvest anthracnose on papaya fruit and antifungal mechanisms against <i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	O pterostilbeno (PTE) inibiu o crescimento do micélio, a germinação de conídios e a formação de apressórios de <i>C. gloeosporioides</i> . Além disso, afetou significativamente as vias relacionadas ao metabolismo de carboidratos e lipídios, que são essenciais para a integridade e a função normal da parede celular, da membrana plasmática e das mitocôndrias das células fúngicas. Desta forma, o PTE foi eficaz na redução da antracnose pós-colheita em frutos de mamão.
Controle químico	Chan-Cupul et al. (2024)	Efficacy of chemical fungicides against the anthracnose disease caused by <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> in <i>Carica papaya</i> fruits	Após 12 dias da inoculação, a mistura de azoxistrobina + fludioxinil mostrou eficácia de 63,0% (250 mg/kg) a 77,52% (1000 mg/kg). O tiabendazol teve uma eficácia variando de 12,8% (250 mg/kg) a 74% (1000 mg/kg). Ambos os fungicidas foram mais eficazes na dose de 1000 mg/kg, superando cipronil + fludioxinil (38,5%) e boscalida + piraclostrobina (55,6%). A área sob a curva de progresso da doença foi similar para azoxistrobina + fludioxinil, cipronil + fludioxinil e boscalida + piraclostrobina, enquanto o tiabendazol teve menor área sob a curva nas concentrações de 750 e 1000 mg/kg.
Extratos natural	Herrera-Parra et al. (2024)	Antifungal effect of <i>Bonellia flammea</i> extracts against <i>Colletotrichum magnum</i> in postharvest fruits of <i>Carica papaya</i> cv. Maradol	Os extratos aquosos e etanólicos da casca do caule de <i>B. flammea</i> se mostraram altamente eficazes na inibição do crescimento micelial (91,53–94,49%), inibição da esporulação (99,32–99,65%) e inibição da germinação de esporos (91,65–100%) de <i>C. magnum</i> na concentração de 3% (p/v). Uma

			diluição em série do extrato aquoso de <i>B. flammea</i> demonstrou que as concentrações de 2,35% e 3% (p/v) foram extremamente eficazes contra <i>C. magnum</i> in vitro, e ambas as concentrações foram aplicadas aleatoriamente em mamões Maradol pós-colheita através de imersão.
Óleos essenciais e controle biológico	Monteon-Ojeda et al. (2024)	Evaluación de estrategias de manejo ecológico de antracnosis de la papaya en campo y poscosecha	<p>Inibição do crescimento In Vitro: O tratamento atingiu os maiores níveis de inibição, seguido pelo óleo essencial de <i>C. sinensis</i> e pelo extrato de <i>A. mexicana</i>.</p> <p>Fase de campo: <i>T. harzianum</i>: 80,7% de eficiência e 8% de incidência. Óleo essencial de <i>E. globulus</i>: 73% de eficiência. Óleo essencial de <i>C. sinensis</i>: 66% de eficiência.</p> <p>Pré-colheita: Aplicações sucessivas de <i>T. harzianum</i> reduziram a severidade em 81% e a incidência em frutos de peito em 30%. Óleo essencial de <i>E. globulus</i>: 64% de eficiência. Óleo essencial de <i>C. sinensis</i>: 68% de eficiência.</p> <p>Fase de armazenamento: <i>T. harzianum</i>: 89% de eficiência de controle. Óleo essencial de <i>C. sinensis</i>: 84% de eficiência. Óleo essencial de <i>E. globulus</i>: 85% de eficiência. Extrato de <i>A. mexicana</i>: 76,46% de inibição.</p>
Radiação Ultravioleta	Morais et al. (2024)	Efeito de diferentes doses de UV pulsada no controle de fungos em fruto de mamão destinados à exportação	Observou-se que aos 35 dias de armazenamento, os frutos de mamão tratados com a dose 0.9 J.cm ⁻² , não apresentaram incidência fúngica.
Tratamento hidrotérmico	Alias et al. (2023)	Use of hot water treatment in papaya cultivation (<i>Carica papaya</i> L. cv. Exótica II) to elucidate disease resistance and maintain post-harvest quality	O tratamento com água quente em frutos de mamão resultou em uma maior redução na incidência e gravidade de doenças. Além disso, preservou as propriedades físico-químicas, prolongou a vida útil e aumentou os níveis de fenólicos e flavonoides, regulando metabólitos envolvidos na tolerância ao estresse.
Revestimento comestível combinado com óleos essenciais	García-Mateos et al. (2023)	Recubrimiento biodegradable antifúngico a base de quitosano y aceite esencial de cítricos para la conservación de papaya (<i>Carica papaya</i> L.) en poscosecha	A quitosana contendo óleos essenciais usada como revestimento melhorou significativamente a vida útil do mamão e diminuiu os danos causados pela antracnose em 80%.

Revestimento comestível	López-Zazueta et al. (2023)	Effect of chitosan with different molecular weights on the antifungal activity against <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> and activation of the non-enzymatic antioxidant system on infected papaya	A quitosana com pesos moleculares Ch-55, Ch-25 e 13 kDa inibiram o desenvolvimento de <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> , demonstrando efeitos fungicidas comparáveis ao tiabendazol. Ch-55 kDa reduziu a incidência e severidade da antracnose e manteve a qualidade pós-colheita dos mamões. Além disso, Ch-55 e Ch-13 kDa aumentaram a síntese de ácido ascórbico, fenólicos totais e a capacidade antioxidante. Assim, Ch-55 kDa é uma alternativa eficaz para proteção contra <i>C. gloeosporioides</i> e estimula o sistema antioxidante não enzimático durante o armazenamento dos mamões.
Indutor de resistência	Nasahi et al. (2022)	Effect of calcium chloride on reducing <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> (Penz.) Sacc.	No décimo dia após a aplicação, a intensidade do ataque da doença não mostrou resultados significativos. No entanto, o ensaio <i>in vivo</i> indicou que a concentração de 8% de cloreto de cálcio (CaCl ₂) pode inibir o crescimento de <i>C. gloeosporioides</i> em até 20,93%. Os mamões tratados com 8% de CaCl ₂ foram totalmente infectados no quinto dia, enquanto aqueles tratados com concentrações de 2%, 4%, 6% e o controle foram infectados no terceiro dia. O tratamento com 8% de CaCl ₂ suprime a incidência e a gravidade da antracnose.
Indutor de resistência (silício nas formas silicato de potássio e silicato de sódio)	Vidal-Vergara et al. (2022)	Antifungal effect of silicon against anthracnose on fruit in Papaya Maradol	O silicato de potássio nas concentrações de 3,0 e 2,5% foram mais eficazes para inibir o crescimento micelial de <i>C. brevisporum</i> (93 e 91%, respectivamente) <i>in vitro</i> , e o silicato de sódio nessas mesmas concentrações inibiram totalmente o crescimento micelial do fungo. <i>In vivo</i> , silicato de potássio a 1,5% e silicato de sódio a 1,0% preveniram consistentemente a incidência de antracnose (6,3 e 0,0%, respectivamente) e todos os tratamentos com silicato de sódio reduziram consistentemente a severidade da antracnose.
Ozônio na forma líquida	Costa et al. (2021)	Use of ozonated water to control anthracnose in papaya (<i>Carica papaya</i> L.) and its effect on fruit quality	A aplicação de ozônio dissolvido em água a 0,8 mg L ⁻¹ por até 160 min é uma alternativa viável para controlando a severidade da antracnose em mamão pós-colhido da variedade Golden, sem afetando negativamente a qualidade dos frutos.
Combinação de revestimento comestível com óleo essencial	Landi et al. (2021)	Changes in gene expression and postharvest decay inhibition of papaya (<i>Carica papaya</i> L.) treated with chitosan and <i>Ruta graveolens</i> L. essential oil alone and in combination	A junção da quitosana com o óleo essencial de <i>Ruta graveolens</i> L foram capazes de reduzir a deterioração pós-colheita e afetar a expressão gênica em mamão.

Controle biológico com <i>Trichosporon asahii</i>	Hassan et al. (2021)	Selecting antagonistic yeast for postharvest biocontrol of <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> in papaya fruit and possible mechanisms involved	Das 110 cepas isoladas, cinco cepas mostraram mais de 55% de inibição do crescimento radial de <i>C. gloeosporioides</i> . A cepa F001, identificada como <i>Trichosporon asahii</i> , demonstrou a maior atividade biocontroladora, com reduções de 66,7% na incidência da doença e 25% na severidade da doença em testes <i>in vivo</i> .
Óleo essencial em combinação com cera de carnaúba	Nascimento (2020)	Cobertura enriquecida com óleos essenciais no controle de <i>Colletotrichum truncatum</i> e <i>Alternaria alternata</i> em mamão	A cera de carnaúba incorporada com óleo essencial de <i>Cymbopogon flexuosus</i> e de <i>Cymbopogon martini</i> a 0,25% controlou a antracnose em frutos de mamão.
Combinação de revestimento biodegradável com tratamento hidrotérmico	Vilaplana et al. (2020)	Combination of hot water treatment and chitosan coating to control anthracnose in papaya (<i>Carica papaya</i> L.) during the postharvest period	O tratamento combinado de imersão em água quente e revestimento de quitosana a 20g L ⁻¹ (HW-CH20) foi mais eficaz do que a imersão em água quente isoladamente ou o tratamento com fungicida sintético. Este método reduziu a severidade da antracnose e manteve os parâmetros físico-químicos e sensoriais dos mamões durante o armazenamento refrigerado e a vida útil.
Radiação ultravioleta	Terão et al. (2019)	Aplicação da radiação ultravioleta-C para controle da podridão peduncular do mamão	Em frutos, doses $\geq 0,5$ kJ m ⁻² prolongaram o período de incubação e diminuíram a taxa de progresso da podridão peduncular, sendo ótima a dose considerada entre 0,5 e 1,5 kJ m ⁻² . A epiderme do mamão é sensível à radiação UV-C, portanto a aplicação desta radiação deve ser direcionada apenas ao pedúnculo, e o restante do fruto dever ser protegido.
Ozônio na forma gasosa	Silva Neto et al. (2019)	Ozone slows down anthracnose and increases shelf life of papaya fruits	O uso de ozônio reduziu a severidade da antracnose a curto prazo (3,3 ppm) e a longo prazo (1,5 ppm), demonstrando eficácia comparável ao fungicida comercial. Além disso, o ozônio prolongou a vida útil dos frutos de mamão em sete dias e manteve sua qualidade pós-colheita.
Controle biológico com <i>Stenotrophomonas rhizophila</i> e <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Chiquito-Contreras et al. (2019)	Effect of marine bacteria and ulvan on the activity of antioxidant defense enzymes and the bio-protection of papaya fruit against <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> .	As bactérias marinhas <i>S. rhizophila</i> e <i>B. amyloliquefaciens</i> inibiram o crescimento <i>in vitro</i> de <i>C. gloeosporioides</i> ; Além disso, a aplicação de bactérias marinhas e raios UV na mamão protege contra a antracnose.
Controle biológico com	Hernandez-Montiel et al. (2018)	Mechanisms employed by <i>Debaryomyces hansenii</i> in biological	A <i>D. hansenii</i> tem um grande potencial como agente de biocontrole contra a antracnose causada por <i>C. gloeosporioides</i> em frutos de mamão Maradol. Os

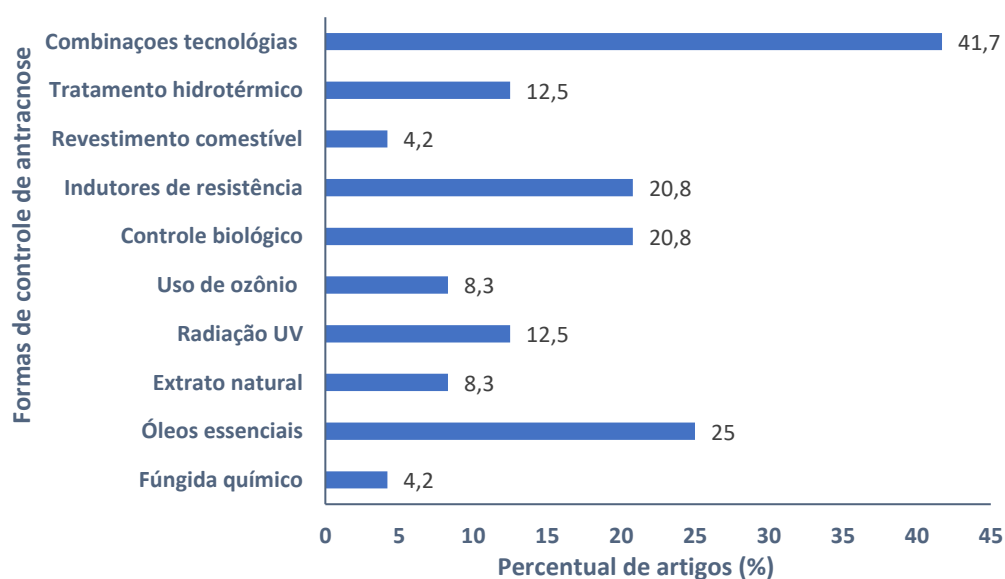
<i>Debaryomyces hansenii</i>		control of anthracnose disease on papaya fruit	modos potenciais de ação podem incluir a produção de compostos orgânicos voláteis e enzimas líticas e competição por nutrientes e espaço.
Controle biológico integrado ao indutor de resistência (bicarbonato de sódio)	Ferreira et al. (2018)	A safe method to control the anthracnose in papaya	A levedura apresentou redução de severidade da doença em 93,7%, o bicarbonato de sódio em 100%, e o controle biológico integrado ao bicarbonato de sódio demonstrou redução de 84,4%.
Combinação de radiação ultravioleta, revestimento biodegradável e óleo essencial	Vázquez-Ovando et al. (2018)	Uso combinado de radiación UV-C y biorecubrimiento de quitosán con aceites esenciales para el control de hongos en papaya Maradol	O efeito sinérgico do uso de biorrecobrimento de quitosana com óleos essenciais e energia UV-C controlam o desenvolvimento de fungos causadores de antracnose e podridão branca em frutos de mamão Maradol.
Óleo essencial combinado com revestimento biodegradável	Zillo et al. (2018)	Carboxymethylcellulose coating associated with essential oil can increase papaya shelf life	O óleo essencial de <i>L. sidoides</i> apresentou atividade antifúngica dose-dependente <i>in vitro</i> e sua associação com carboximetilcelulose foi eficiente na redução da severidade da antracnose em mamões, quando aplicado de forma preventiva.
Indutor de resistência	Demartelaere et al. (2017)	Elicitors on the control of anthracnose and post-harvest quality in papaya fruits	Os elicitores fosfito de potássio, Rocksil® e Ecolife® foram eficazes em reduzir os sintomas da antracnose em frutos de mamoeiro após 12 dias de armazenamento.
Tratamento hidrotérmico combinado com indutor de resistência (cloreto de cálcio)	Ayón-Reyna et al. (2017)	Effect of the Combination Hot Water - Calcium Chloride on the <i>In vitro</i> Growth of <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> and the Postharvest Quality of Infected Papaya	<i>In vitro</i> , os conídios tratados com HW-Ca mostraram crescimento micelial e germinação reduzidos. <i>In vivo</i> , o tratamento com HW-Ca no mamão infectado atrasou em 5 dias o início dos sintomas de antracnose e preservou a qualidade pós-colheita do mamão. O tratamento combinado HW-Ca foi mais eficaz do que qualquer um dos tratamentos individuais tanto para inibir o desenvolvimento <i>in vitro</i> de <i>C. gloeosporioides</i> quanto para reduzir os efeitos negativos da antracnose do mamão. Esses resultados demonstram a eficácia do tratamento combinado HW-Ca na redução da antracnose e na melhoria da qualidade pós-colheita do mamão.

Fonte: O Autor (2025).

De acordo com o quadro 1, verificou-se que o uso de óleos essenciais, controle biológico e indutores de resistência são as formas de controle mais estudadas nos últimos 7 anos. Observa-se que o controle químico está deixando de ser a principal fonte de controle do fungo *Colletotrichum* spp. em frutos de mamão (Figura 1), representando apenas 4.2% dos resultados encontrados na presente revisão de literatura.

Entre 2017 e 2025, os óleos essenciais foram amplamente adotados para controlar a antracnose em frutos de mamão representado 25% de todos os trabalhos analisados (Figura 1), esse resultado se deve provavelmente à sua eficácia no combate a antracnose e aos benefícios adicionais, como a redução do impacto ambiental e a promoção de uma agricultura mais saudável e segura.

Figura 1 - Percentual de artigos encontrados nas plataformas Scopus, Web of Science e Google Acadêmico referentes às formas de controle da antracnose em frutos de mamão no período de 2017-2025.



Fonte: O Autor, 2025.

Considerações finais

A revisão sobre métodos de controle para antracnose foi essencial, pois essa doença, causada por fungos do gênero *Colletotrichum* spp., afeta diversas culturas agrícolas, resultando em grandes perdas de produção.

A identificação de métodos mais eficazes contribui para o desenvolvimento de estratégias de manejo mais eficientes e sustentáveis na pós-colheita em mamões.

Os dados obtidos evidenciaram que o uso de óleos essenciais podem ser uma excelente alternativa para minimizar as doenças pós-colheita que comprometem os frutos do mamão e por não deixar resíduos que comprometam a saúde do consumidor. Entretanto, faz-se necessário e importante o desenvolvimento de produtos comerciais à base destes óleos e ou dos extratos naturais, para o incremento e aprimoramento do uso mais expressivo para o controle da doença.

Concluindo, a utilização de diferentes combinações de técnicas de manejo e tecnologias, tem um papel importante na proteção de frutos de mamão a *Colletotrichum* spp, na pós-colheita, sendo uma estratégia mais ambientalmente sustentável e que pode viabilizar o manejo mais efetivo da antracnose. As a natural, multifaceted approach, purified metabolites align well with sustainable farming practices and present a viable method to control *Fusarium* disease. play a central role in plant defence against combinação de diferentes tecnologias se mostrou como uma das estratégias mais representativas no controle da antracnose em pós-colheita de mamão.

Referências bibliográficas

ALIAS, M. R.; SOMASUNDRAM, C.; RAZALI, Z. Use of hot water treatment in papaya cultivation (Carica papaya L. cv. Eksotika II) to elucidate disease resistance and maintain post-harvest quality. International. **Food Research Journal**, v. 30, n. 3, p. 577-590, 2023

AYÓN-REYNA L. E.; LÓPEZ-VALENZUELA, J. Á.; DELGADO-VARGAS, F.; LÓPEZ-LÓPEZ, M. E.; MOLINA-CORRAL, F. J.; CARRILLO-LÓPEZ, A.; VEGA-GARCÍA, M. O. Effect of the combination hot water - calcium chloride on the *in vitro* growth of *Colletotrichum gloeosporioides* and the postharvest quality of infected papaya. **The Plant Pathology Journal**, v. 33, n. 6, p. 572-581, 2017.

BORDOH, P. K.; ALI, A.; DICKINSON, M.; SIDDIQUI, Y.; ROMANAZZI, G. A review on the management of postharvest anthracnose in dragon fruits caused by *Colletotrichum* spp. **Crop Protection**, v. 130, p. 105067, 2020.

CAO, Y.; SONG, X., XU, G., ZHANG, X., YAN, H., FENG, J., ... & WANG, Y. *et al.* Study on the antifungal activity and potential mechanism of natamycin Against *Colletotrichum fructicola*. **J. Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 71, n. 46, p. 17713-17722. 2023.

CHAN-CUPUL, W.; RUELAS-JURADO, J.; SÁNCHEZ-RANGEL, J. C.; BUENROSTRO-NAVA, M. T.; MANZO-SÁNCHEZ, G. Efficacy of chemical fungicides against the anthracnose disease caused by *Colletotrichum gloeosporioides* in *Carica papaya* fruits. **Agro Productividad**, v. 17, n. 4, p. 35-45, 2024.

CHIKUITO-CONTRERAS, R. G.; MURILLO-AMADOR, B.; CARMONA-HERNANDEZ, S.; CHIKUITO-CONTRERAS, C. J.; HERNANDEZ-MONTIEL, L. G. Effect of marine bacteria and ulvan on the activity of antioxidant defense enzymes and the bio-protection of papaya fruit against *Colletotrichum gloeosporioides*. **Antioxidants**, v. 8, n. 12, p. 580, 2019.

CIOFINI, A.; NEGRINI, F.; BARONCELLI, R.; BARALDI, E. Management of post-harvest anthracnose: current approaches and future perspectives. **Plants**, v. 11, n. 14, p. 1856, 2022.

COSTA, A. R.; FARONI, L. R. D. A.; SALOMÃO, L. C. C.; CECON, P. R.; DE ALENCAR, E. R. Use of ozonized water to control anthracnose in papaya (*Carica papaya* L.) and its effect on the quality of the fruits. **Ozone: Science & Engineering**, v. 43, n. 4, p. 384–393, 2021.

COSTA, D. S.; ALVIANO MORENO, D. S.; ALVIANO, C. S.; DA SILVA, A. J. R. Extension of Solanaceae food crops shelf life by the use of elicitors and sustainable practices during postharvest phase. **Food and Bioprocess Technology**, v. 15, n. 2, p. 249-274, 2022.

DANTAS S. A. F.; OLIVEIRA, S.; MICHEREFF, S. J.; NASCIMENTO, L. C.; GURGEL, L.; PESSOA, W. R. Doenças fúngicas pós-colheita em mamões e laranjas comercializados na Central de Abastecimento do Recife. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, p. 528-533, 2003.

DEMARTELAERE, A. C. F.; NASCIMENTO, L. C. D.; GUIMARÃES, G. H. C.; SILVA, J. A. D.; LUNA, R. G. D. Elicitors on the control of anthracnose and post-harvest quality in papaya fruits. **Pesquisa Agropecuaria Tropical**, v. 47, p. 211-217, 2017.

DIAS, B. L.; COSTA, P. F.; DAKIN, M. S.; DIAS, F. R.; DE SOUSA, R. R.; DE SOUZA FERREIRA, T. P.; CAMPOS, F. S.; DOS SANTOS, G. R. Control of papaya fruits anthracnose by essential oils of medicinal plants associated to different coatings. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 14, n. 6, p. 239-246, 2020.

DICKMAN, M. B.; ALVAREZ, A. M. Latente infection of papaya caused by *Colletotrichum gloeosporioides*. **Plant Disease**, v. 67, p. 748-750, 1983.

DROBY, S. *et al.* Twenty years of postharvest biocontrol research: Is it time for a new paradigm? **Postharvest Biology and Technology**, v. 52, n. 2, p. 137-145, 2009.

DROBY, S.; CHALUTZ, E.; WILSON, C. L.; WISNIEWSKI, M. *et al.* Characterization of the biocontrol activity of *Debaryomyces hansenii* in the control of *Penicillium digitatum* on grapefruit. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 35, n. 8, p. 794-800, 1989.

ELSABEE, M. Z.; ABDOL, E. S. Chitosan based edible films and coatings: A review. **Materials Science and Engineering: C**, v. 33, n. 4, p. 1819-1841, 2013.

FALLIK, E. Prestorage hot water treatments (immersion, rinsing and brushing). **Postharvest Biology and Technology**, v. 32, n. 2, p. 125-134, 2004.

FAOSTAT. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/>>. Acesso em: 01 out. 2024.

FENG G.; ZHANG, X. S.; ZHANG, Z. K.; YE, H. C.; LIU, Y. Q.; YANG, G. Z.; ZHANG, J. X.; ZHANG, J. Fungicidal activities of camptothecin semisynthetic derivatives against *Colletotrichum gloeosporioides* in vitro and in mango fruit. **Postharvest Biol. Technol.**, v. 147, p. 139-147, 2019.

FERRAZ ALMEIDA, R., MARTINS, J. C. C. Pontos de perdas de produção do Mamão Papaya (*Carica papaya* L.) na cadeia de pós-colheita na região de Linhares, Espírito Santo. **Revista de Extensão e Estudos Rurais**, v. 11, n. 1, p. 59-69, 2022.

FERREIRA, M. E. S.; MALTA, C. M.; BICALHO, J. O.; PIMENTA, R. S. A safe method to control the anthracnose in papaya. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 3, p.1-6, 2018.

GAO, J. Efficacy of pterostilbene inhibition of postharvest anthracnose on papaya fruit and antifungal mechanisms against *Colletotrichum gloeosporioides*. **Postharvest Biology and Technology**, v. 221, p. 1-16, 2025.

HASSAN, H.; MOHAMED, M. T. M.; YUSOFF, S. F.; HATA, E. M.; TAJIDIN, N. E. Selecting antagonistic yeast for postharvest biocontrol of *Colletotrichum gloeosporioides* in papaya fruit and possible mechanisms involved. **Agronomy**, v. 11, n. 4, p. 760, 2021.

HEJAZI, M.; GRANTB, J. H.; PETERSONC, E. Trade impact of maximum residue limits in fresh fruits and vegetables. **Food Policy**, v. 106, p. 1-12, 2022.

HERNANDEZ-MONTIEL, L. G.; GUTIERREZ-PEREZ, E. D.; MURILLO-AMADOR, B.; VERO, S.; CHIQUITO-CONTRERAS, R. G.; RINCON-ENRIQUEZ, G. Mechanisms employed by *Debaryomyces hansenii* in biological control of anthracnose disease on papaya fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 139, p. 31-37, 2018.

HERRERA-PARRA, E.; CRISTÓBAL-ALEJO, J.; MAGAÑA-ALVAREZ, A.; MEDINA-BAIZABAL, I. L.; GAMBOA-ANGULO, M. Antifungal effect of *Bonellia flammea* extracts against *Colletotrichum magnum* in postharvest fruits of *Carica papaya* cv. Maradol. **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 131, p. 1685–1694, 2024.

KOUL, B.; PUDHUVAI, B.; SHARMA, C.; KUMAR, A.; SHARMA, V.; YADAV, D.; JIN, J. O. *Carica papaya* L.: a tropical fruit with benefits beyond the tropics. **Diversity**, v. 14, n. 8, 2022.

LANDI, L.; PERALTA-RUIZ, Y.; CHAVES-LÓPEZ, C.; ROMANAZZI, G. Chitosan coating enriched with *Ruta graveolens* L. essential oil reduces postharvest anthracnose of papaya (*Carica papaya* L.) and Modulates Defense-Related Gene Expression. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, p. 1-14, 2021.

LI, X.; LIAO, Q.; ZENG, S.; WANG, Y.; LIU, J. The use of *Trichoderma* species for the biocontrol of postharvest fungal decay in fruits and vegetables: Challenges and opportunities. **Postharvest Biology and Technology**, v. 219, p. 113236, 2025.

LIMA, G. P.; KAPLAN, M. A. C.; CRUZ, A. V. D. M. Influência dos fatores abióticos na produção e variabilidade de terpenóides em plantas. **Floresta e Ambiente**, v. 10, n. 2, p. 71-77, 2013.

LÓPEZ-ZAZUETA, B. A.; AYÓN-REYNA, L. E.; GUTIÉRREZ-DORADO, R.; RODRÍGUEZ-GÓMEZ, F. A.; LÓPEZ-LÓPEZ, M. E.; LÓPEZ-VELÁZQUEZ, J. G.; DÍAZ-CORONA, D. A.; VEGA-GARCÍA, M. O. Effect of chitosan with different molecular weights on antifungal activity against *Colletotrichum gloeosporioides* and activation of the non-enzymatic antioxidant system in infected papaya, **J. Food Sci.** v. 88, p.1979–1993, 2023.

LUCENA, C. C.; GERUM, A. F. A. de A., SANTANA, M. do A., SOUZA, J. da S. **Aspectos socioeconômicos**. In: OLIVEIRA, A. M. G.; MEISSNER FILHO, P. E. A cultura do mamoeiro. Ed. 1, Brasília-DF, Editores Técnicos – EMBRAPA, p. 9- 40, 2021.

MONTEON-OJEDA, A.; HERNANDEZ-CASTRO, E.; ROMERO-ROSALES, T.; PIEDRAGIL-OCAMPO, B.; LÁZARO-DZUL, M. O.; AZUARA-DOMÍNGUEZ, A. Evaluación de estrategias de manejo ecológico de antracnosis de la papaya en campo y poscosecha. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v. 27, n. 98, p. 1-10, 2024.

MORAIS, M. A. S; CASAJUS, V.; BERNAY, E.; RAMOS, R.; LOURENCO, A. B.; SILVA, E. de O.; MARTÍNEZ, G.; MORAIS, P. L. D. de. **Efeito de diferentes doses de UV pulsada no controle de fungos em fruto de mamão destinados à exportação**. In Congresso Brasileiro de Processamento Mínimo e Pós-colheita de Frutas, Flores e Hortalças, 3, 2024. Anais... Piracicaba: ESALQ/USP, 2024, p. 95

MORANDI, M. A. B; BETTIOL, W. **Controle Biológico de Doenças de Plantas no Brasil**. In: Biocontrole de Doenças de Plantas: Uso e Perspectivas. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, cap. 9, p. 140, 2009.

MOREIRA, A. C. P.; LIMA, E. D. O.; WANDERLEY, P. A.; CARMO, E. S.; SOUZA, E. L. D. Chemical composition and antifungal activity of *Hyptis suaveolens* (L.) poit leaves essential oil against *Aspergillus* species. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 41, p. 28-33, 2010.

NASAH, C.; IDA, H.; RIKI, M.; DENNY, K.; NABILAH, S. P. S. Effect of calcium chloride on reducing *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. infection on post-harvest fruits of *Carica papaya* L. **Research on Crops**, v. 23, n. 3, p.608-612, 2022.

NASCIMENTO, M. T. A. **Cobertura enriquecida com óleos essenciais no controle de *Colletotrichum truncatum* e *Alternaria alternata* em mamão**. 42f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Mossoró-RN, 2020.

PRAJAPATI, H. N.; PATIL, R. K.; SHUKLA, Y. M. Studies on biochemical changes and changes in cell wall degrading enzymes in papaya fruit inoculated with *Colletotrichum demetium*. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 6, n. 7, p. 1953-1961, 2017.

RAAIJMAKERS, J. M.; BRUIJN, I.; NYBROE, O.; ONGENA, M. Natural functions of lipopeptides from *Bacillus* and *Pseudomonas*: more than surfactants and antibiotics. **FEMS Microbiol Ver**, n. 34, p. 1037–1062, 2010.

RAO, A.; ZHANG, Y.; MUEND, S.; RAO, R. Mechanism of antifungal activity of terpenoid phenols resembles calcium stress and inhibition of the TOR pathway. **Antimicrobial Agents and Chemotherapy**, v. 54, n. 12, p. 5062-5069, 2010.

RAO, J.; CHEN, B.; MCCLEMENTS, D. J. Improving the efficacy of essential oils as antimicrobials in foods: mechanisms of action. **Annual Review of Food Science and Technology**, v. 10, n. 1, 2019.

RASHID, M. H. A.; BORMAN, B. C.; HASNA, M. K.; BEGUM, H. A. Effects of non-chemical treatments on postharvest diseases, shelf life and quality of papaya under two different maturity stages: maturity stage and shelf-life extension of papaya. **Journal of the Bangladesh Agricultural University**, v. 17, n. 1, p. 4-25, 2019.

RIFNA, E. J., RAMANAN, K. R., & MAHENDRAN, R. Emerging technology applications for improving seed germination. **Trends in Food Science & Technology**, v. 86, p. 95–108., 2019.

RODRIGUES, J. P.; DE SOUZA COELHO, C. C.; SOARES, A. G.; FREITAS-SILVA, O. O. Current technologies to control fungal diseases in postharvest papaya (*Carica papaya* L.). **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v.36, 2021.

SANTOS FILHO, H. P.; OLIVEIRA, A. A. R. **Doenças causadas por fungos, oomicetos e bactérias**. In: OLIVEIRA, A. M. G.; MEISSNER FILHO, P. E. A cultura do mamoeiro. Ed. 1, Brasília-DF, Editores Técnicos – EMBRAPA, p. 237-275, 2021.

SHAFI, J., TIAN, H., MINGSHAN, J. I. *Bacillus* species as versatile weapons for plant pathogens: a review. **Biotechnology & Biotechnological Equipment**, v. 31, n. 3, p. 446-459, 2017.

SILVA NETO, O. P.; PINTO, E. V. D. S.; OOTANI, M. A.; SILVA JUNIOR, J. L. D.; LIMA, J. L. D. S. B.; SOUSA, A. E. D. D. Ozone slows down anthracnose and increases shelf life of papaya fruits. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 41, p. e-439, 2019.

SUTTHISA, W.; POPRANOM, A.; TADDEETRAKOOL, A.; KHANKHUM, S. Development of *Trichoderma* formulation and application to control durian anthracnose disease. **Trends in Sciences**, v. 21, n. 1, p. 7276-7276, 2024.

TERAO, D.; SASAKI, F.; NECHET, K. D. L.; FRIGHETTO, R.; KONDA, E.; ERICA TIEMI KONDA, F. A. **Aplicação da radiação ultravioleta-C para controle da podridão peduncular do mamão**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2019. 20 p. il. color. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Meio Ambiente, 1516-4675; 81)

USALL, J.; IPPOLITO, A.; SISQUELLA, M.; NERI, F. Physical treatments to control postharvest diseases of fresh fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v. 122, p. 30-40, 2016.

VÁZQUEZ-OVANDO, A.; LÓPEZ-HILERIO, H.; SALVADOR-FIGUEROA, M.; ADRIANO-ANAYA, L.; ROSAS-QUIJANO, R.; GÁLVEZ-LÓPEZ, D. Uso combinado de radiación UV-C y biorecubrimiento de quitosán con aceites esenciales para el control de hongos en papaya Maradol. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 3, p.1-12, 2018.

VIDAL-VERGARA, A. A.; MOSCOSO-RAMÍREZ, P. A.; GARCÍA-DE LA CRUZ, R.; LANDERO-VALENZUELA, N. Antifungal effect of silicon against anthracnose on fruit in Papaya Maradol. **Silicon**, v. 14, p. 8243-8254, 2022.

VILAPLANA, R.; CHICAIZA, G.; VACA, C.; VALENCIA-CHAMORRO, S. Combination of hot water treatment and chitosan coating to control anthracnose in papaya (*Carica papaya* L.) during the postharvest period. **Crop Protection**, v. 128, p. 105007, 2020.

ZHANG, B.; GAO, X.; WANG, Q.; LI, Y.; HE, C.; LUO, H.; AN, B. Integrated application of transcriptomics and metabolomics provides insights into the antifungal activity of α -phenylcinnamic acid against *Colletotrichum gloeosporioides*. **Postharvest Biol. Technol.**, v. 186, 111834, 2022.

ZILLO, R. R.; SILVA, P. P. M. da; OLIVEIRA, J. de; GLÓRIA, E. M. da; SPOTO, M. H. F. Carboxymethylcellulose coating associated with essential oil can increase papaya shelf life. **Scientia Horticulturae**, v. 239, p. 70-77, 2018.

Organizadoras



Doutora em Entomologia Agrícola, Mestre em Fitossanidade, com ênfase em Entomologia e graduada em Agronomia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). É professora Titular do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano (IFSertãoPE), Campus Petrolina Zona Rural. Atua nas áreas de Tecnologias Digitais aplicadas à Agricultura e Manejo Integrado de Pragas, com experiência em sistemas produtivos de uva, manga e cebola. Possui interface de atuação em Empreendedorismo e Empoderamento Feminino, integrando ensino, pesquisa e inovação, com foco na formação técnica e científica e no fortalecimento da agricultura no semiárido brasileiro. Currículo lattes: <http://lattes.cnpq.br/8278473711651758>.



Doutora em Ciências Agrárias (UFRB), Mestre em Agronomia (UFPB) e Engenheira Agrônoma (IFSertãoPE). Desenvolve atividades acadêmicas e profissionais nas áreas de Microbiologia Agrícola e Fitopatologia, com ênfase no controle biológico de doenças de plantas. Atua como professora substituta no Instituto Federal do Sertão Pernambucano, ministrando disciplinas na área de Fitossanidade. Possui experiência como consultora em certificações internacionais, atuando na implementação e no acompanhamento de sistemas de qualidade, rastreabilidade e segurança dos alimentos no campo e na pós-colheita, com foco na adoção de Boas Práticas Agrícolas e de Manipulação. Currículo lattes: <http://lattes.cnpq.br/0726169901856459>.



**INSTITUTO
FEDERAL**
Sertão Pernambucano

