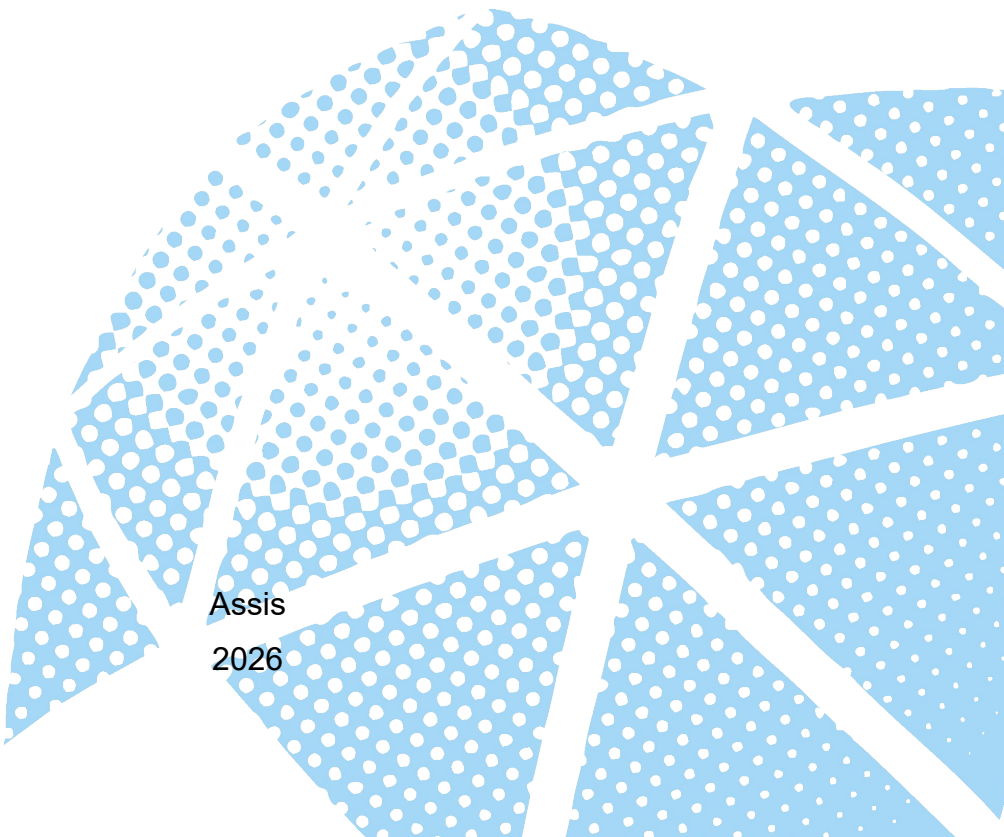


UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
Faculdade de Ciências e Letras - Campus de Assis

GABRIELLA GIANI PIERETTI GADELHA

**Desenvolvimento e aplicação de revestimentos comestíveis à base de farinhas
de casca de batata inglesa, mandioquinha-salsa e açafão-da-terra na
manutenção da qualidade fisiológica pós-colheita de tomates orgânicos**



Assis
2026

GABRIELLA GIANI PIERETTI GADELHA

Desenvolvimento e aplicação de revestimentos comestíveis à base de farinhas de casca de batata inglesa, mandioquinha-salsa e açafrão-da-terra na manutenção da qualidade fisiológica pós-colheita de tomates orgânicos

Tese apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Letras, Assis, para obtenção do título de Doutor em Biociências.

Área de Concentração: Caracterização e Aplicação da Diversidade Biológica

Orientador(a): Prof. Dr^a. Cassia Roberta Malacrida Mayer

Assis

2026

G124d

Gadelha, Gabriella Giani Pieretti

Desenvolvimento e aplicação de revestimentos comestíveis à base de farinhas de casca de batata inglesa, mandioquinha-salsa e açafrão-da-terra na manutenção da qualidade fisiológica pós-colheita de tomates orgânicos / Gabriella Giani Pieretti Gadelha. -- Assis, 2026
100 p.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Faculdade de Ciências e Letras, Assis

Orientadora: Cassia Roberta Malacrida Mayer

1. Sustentabilidade. 2. ODS. 3. revestimentos comestíveis. I. Título.

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

A pesquisa sobre a conservação pós-colheita de tomates orgânicos por meio da aplicação de revestimentos comestíveis elaboradas a partir de farinhas de casca de batata inglesa, mandioquinha-salsa e açafrão-da-terra apresenta relevância científica e tecnológica ao explorar resíduos agroindustriais como matérias-primas funcionais. O estudo contribui para o avanço do conhecimento em ciência e tecnologia de alimentos, especialmente no desenvolvimento de biopolímeros e sistemas ativos de revestimento capazes de preservar a qualidade físico-química e microbiológica dos frutos, além de representar uma alternativa sustentável às embalagens sintéticas convencionais.

Sob a perspectiva socioeconômica, a tecnologia proposta atua diretamente na redução das perdas pós-colheita, um dos principais gargalos da cadeia produtiva de hortaliças frescas. O prolongamento da vida útil dos tomates orgânicos favorece a disponibilidade do produto ao consumidor, reduz prejuízos ao longo da cadeia de comercialização e agrega valor aos resíduos agroindustriais, estimulando práticas alinhadas à economia circular e à geração de novas oportunidades para produtores, cooperativas e agroindústrias.

Do ponto de vista ambiental, a pesquisa se insere em estratégias globais de sustentabilidade ao propor o uso de materiais biodegradáveis e renováveis, contribuindo para a redução do descarte de resíduos e do impacto ambiental associado às embalagens plásticas. Ademais, os resultados apresentam potencial de aplicação em diferentes contextos produtivos, nacionais e internacionais, reforçando o papel da inovação científica no fortalecimento da segurança alimentar, da eficiência produtiva e do desenvolvimento sustentável.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

The research on the postharvest conservation of organic tomatoes through the application of edible coatings developed from potato peel flour, arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) peel flour, and turmeric presents significant scientific and technological relevance by exploring agro-industrial residues as functional raw materials. This study contributes to advances in food science and technology, particularly in the development of biopolymers and active coating systems capable of preserving the physicochemical and microbiological quality of fruits, while also representing a sustainable alternative to conventional synthetic packaging.

From a socioeconomic perspective, the proposed technology directly addresses the reduction of postharvest losses, one of the main bottlenecks in the fresh vegetable supply chain. Extending the shelf life of organic tomatoes increases product availability to consumers, reduces economic losses throughout the commercialization chain, and adds value to agro-industrial residues, thereby promoting practices aligned with the circular economy and creating new opportunities for producers, cooperatives, and agro-industries.

From an environmental standpoint, the research aligns with global sustainability strategies by proposing the use of biodegradable and renewable materials, contributing to the reduction of waste disposal and the environmental impact associated with plastic packaging. Moreover, the results show potential for application in different production contexts, both nationally and internationally, reinforcing the role of scientific innovation in strengthening food security, production efficiency, and sustainable development.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE GABRIELLA GIANI PIERETTI GADELHA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOCIÊNCIAS, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS E LETRAS - CÂMPUS DE ASSIS.

Aos 25 de fevereiro de 2026, às 8h30min, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de TESE DE DOUTORADO de GABRIELLA GIANI PIERETTI GADELHA, intitulada "Desenvolvimento e aplicação de películas comestíveis à base de farinhas de casca de batata inglesa, mandioquinha-salsa e açafrão-da-terra na manutenção da qualidade fisiológica pós-colheita de tomates orgânicos". A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Profa. Dra. CASSIA ROBERTA MALACRIDA MAYER (Orientador(a) - Participação Virtual) do(a) Departamento de Biotecnologia / UNESP / Câmpus de Assis - FCLAs, Profa. Dra. LUCINÉIA DOS SANTOS (Participação Virtual) do(a) Departamento de Biotecnologia / UNESP / Câmpus de Assis - FCLAs, Profa. Dra. GRASIELE SCARAMAL MADRONA (Participação Virtual) do(a) Universidade Estadual de Maringá (UEM), Profa. Dra. LÍVIA CIRINO DE CARVALHO (Participação Virtual) do(a) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná (IFPR), Profa. Dra. JANE MARTHA GRATON MIKCHA (Participação Virtual) do(a) Universidade Estadual de Maringá (UEM). Após a exposição pela doutoranda e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, a discente recebeu o conceito final: Aprovada. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.



Profa. Dra. CASSIA ROBERTA MALACRIDA MAYER

Dedico este trabalho a Deus, ao meu
marido, aos meus filhos, aos meus pais e
aos amigos que caminharam comigo,
oferecendo apoio, carinho e força ao
longo de toda esta trajetória.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por me permitir chegar até aqui e concluir um ciclo tão importante da minha vida pessoal e profissional. A conquista do doutorado só foi possível porque Ele esteve sempre ao meu lado, guiando e fortalecendo cada passo dessa caminhada.

À minha professora orientadora, Cassia, que confiou em mim desde o início, mesmo sem me conhecer pessoalmente, e que, por meio de e-mails e reuniões online, ofereceu todo o apoio, a orientação e a segurança necessários para a realização deste doutorado.

Ao meu marido, Fernando, pelo companheirismo, paciência e apoio em todos os momentos, fáceis e difíceis, e por acreditar em mim mesmo quando eu duvidava.

Aos meus filhos, Miguel e Benício, por serem minha maior alegria, por tornarem meus dias mais leves e por me incentivarem com tanto carinho ao longo dessa trajetória.

Aos meus pais, meu irmão, à minha família e aos meus amigos, que sempre torceram por mim, me apoiaram e nunca deixaram de acreditar que eu seria capaz de chegar até aqui.

Ao IFPR, pelo afastamento concedido durante o período do doutorado e pela disponibilização dos laboratórios, que foram fundamentais para a realização deste trabalho.

“Em seus corações os humanos planejam
o seu caminho, mas o Senhor determina
os seus passos.”

(Provérbios 16:9)

RESUMO

A valorização de resíduos agroindustriais é uma estratégia essencial para reduzir o desperdício de alimentos e fortalecer a sustentabilidade da cadeia produtiva de hortaliças. No Brasil, a batata inglesa (*Solanum tuberosum*) apresenta elevado consumo e gera grandes quantidades de resíduos, especialmente cascas, enquanto a mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza*), embora menos consumida, possui elevado potencial nutricional. Esta tese teve como objetivo desenvolver, caracterizar e aplicar farinhas obtidas das cascas desses tubérculos na formulação de revestimentos comestíveis, com e sem adição de açafrão-da-terra (*Curcuma longa*), avaliando sua eficiência na conservação pós-colheita de tomates orgânicos (*Solanum lycopersicum*). As cascas foram processadas em farinhas, obtendo-se rendimentos de 10,0% para batata inglesa (FB) e 11,46% para mandioquinha-salsa (FM). Ambas atenderam aos padrões legais de umidade (<15%), indicando estabilidade e potencial de armazenamento. Os teores de cinzas (6,05% e 5%) confirmaram elevada concentração mineral, enquanto lipídios e carboidratos permaneceram em níveis compatíveis com farinhas comerciais. O elevado teor de fibras (22,25% e 23,73%) apresentou um alto teor quando comparado com outros autores, e a farinha de casca de batata destacou-se pelo maior teor proteico (11,9%). As propriedades tecnológicas indicaram alta capacidade de absorção de água e óleo, adequado volume de intumescimento e solubilidade intermediária, demonstrando funcionalidade para aplicações alimentícias. Em termos bioativos, a farinha de batata apresentou maior teor de compostos fenólicos, enquanto a de mandioquinha exibiu maior atividade antioxidante. Ambas apresentaram baixa atividade de água (<0,2) e contagem microbiológica dentro do permitido pela legislação, assegurando viabilidade tecnológica e segurança microbiológica. As farinhas foram utilizadas na produção de revestimentos comestíveis por solubilização sob aquecimento controlado (60 - 70 °C), com e sem açafrão-da-terra. Os revestimentos apresentaram estabilidade físico-química, conformidade com os padrões microbiológicos e variações de cor e atividade antioxidante influenciadas pelo açafrão, que intensificou a coloração e elevou o conteúdo de compostos bioativos. Os revestimentos foram aplicados por imersão em tomates orgânicos, armazenados por 13 dias em condições ambiente (25 ± 2 °C) e refrigeradas (4 ± 2 °C), com frutos sem revestimento como controle. As análises de acompanhamento foram: perda de massa, pH, acidez titulável, sólidos solúveis, relação SST/ATT, vitamina C e cor. A análise microbiológica para *Salmonella* ssp. e *E. coli* foi realizada no último dia de armazenamento. Os frutos recobertos apresentaram menores perdas de massa, melhor preservação da cor e maior estabilidade físico-química. Os revestimentos à base de mandioquinha-salsa, em especial o que continha açafrão-da-terra, demonstraram maior eficiência na manutenção do equilíbrio metabólico, retardando o amadurecimento e preservando a acidez e a relação SST/ATT, além de reduzir a degradação da vitamina C e dos pigmentos, apresentando-se mais eficientes que os demais revestimentos desenvolvidos. De modo geral, os resultados demonstram que a conversão de cascas vegetais em farinhas e sua aplicação em revestimentos comestíveis é uma estratégia tecnológica eficaz, segura e sustentável para prolongar a vida útil de tomates orgânicos, agregando valor a resíduos agroindustriais e alinhando-se aos princípios da economia circular e dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

Palavras-chave: Sustentabilidade; desperdício alimentar; películas comestíveis; aproveitamento de resíduos agroindustriais; ODS.

ABSTRACT

The valorization of agro-industrial residues is an essential strategy to reduce food waste and strengthen the sustainability of vegetable production chains. In Brazil, potato (*Solanum tuberosum*) has high consumption and generates large amounts of residues, especially peels, while arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*), although less consumed, presents high nutritional potential. This thesis aimed to develop, characterize, and apply flours obtained from the peels of these tubers in the formulation of edible coatings, with and without the addition of turmeric (*Curcuma longa*), evaluating their efficiency in the postharvest preservation of organic tomatoes (*Solanum lycopersicum*). The peels were processed into flours, yielding 10.0% for potato peel flour (PF) and 11.46% for arracacha peel flour (AF). Both flours met the legal moisture standards (<15%), indicating stability and storage potential. Ash contents (6.05% and 5%) confirmed a high mineral concentration, while lipid and carbohydrate contents remained at levels comparable to commercial flours. The high fiber content (22.25% and 23.73%) was higher than that reported by other authors, and potato peel flour stood out for its higher protein content (11.9%). Technological properties indicated high water and oil absorption capacities, adequate swelling volume, and intermediate solubility, demonstrating their functionality for food applications. Regarding bioactive compounds, potato peel flour presented a higher content of phenolic compounds, whereas arracacha peel flour showed higher antioxidant activity. Both flours exhibited low water activity (<0.2) and microbiological counts within the limits established by legislation, ensuring technological feasibility and microbiological safety. The flours were used to produce edible coatings through solubilization under controlled heating (60–70 °C), with and without turmeric addition. The coatings showed physicochemical stability, compliance with microbiological standards, and variations in color and antioxidant activity influenced by turmeric, which intensified coloration and increased the content of bioactive compounds. The coatings were applied by immersion to organic tomatoes stored for 13 days under ambient (25 ± 2 °C) and refrigerated (4 ± 2 °C) conditions, with uncoated fruits used as control. The monitored analyses included weight loss, pH, titratable acidity, soluble solids, SS/TA ratio, vitamin C content, and color parameters. Microbiological analysis for *Salmonella* spp. and *Escherichia coli* was performed on the last day of storage. Coated fruits exhibited lower weight loss, better color preservation, and greater physicochemical stability. Coatings based on arracacha peel flour, particularly those containing turmeric, demonstrated greater efficiency in maintaining metabolic balance, delaying ripening and preserving acidity and the SS/TA ratio, as well as reducing the degradation of vitamin C and pigments, showing higher efficiency compared to the other developed coatings. Overall, the results demonstrate that the conversion of vegetable peels into flours and their application in edible coatings is an effective, safe, and sustainable technological strategy to extend the shelf life of organic tomatoes, adding value to agro-industrial residues and aligning with the principles of the circular economy and the Sustainable Development Goals.

Keywords: Sustainability; Food waste; Edible coatings; Agro-industrial residue utilization; Sustainable Development Goals (SDGs).

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA	Análise de variância
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ATT	Acidez total titulável
EC ₅₀	Coeficiente de inibição
C	Controle
Cr	Controle sob refrigeração
CAO	Capacidade de absorção de óleo
CF	Compostos fenólicos totais
CIELab	Commission Internationale de l'Éclairage
DPPH	2,2-difenil-1-picrilidrazil
EAG	Equivalente em ácido gálico
FAO	Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
FB	Farinha da casca da batata
FM	Farinha da casca da mandioquinha-salsa
FTIR	Espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier
IAA	Índice de absorção de água
IN	Instrução normativa
ONU	Organização das Nações Unidas

PB	Película com farinha da casca da batata
PBA	Película com farinha da casca da batata e açafrão-da-terra
PM	Película com farinha da casca da mandioquinha-salsa
PMA	Película com farinha da casca da mandioquinha-salsa e açafrão-da-terra
p/v	peso/volume
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
SA	Solubilidade em água
SST	Sólidos solúveis totais
UFC	Unidade formadora de colônia
VI	Volume de intumescimento

LISTA DE SÍMBOLOS

a^*	Parâmetro colorimétrico do eixo de cores vermelho (+) ao verde (-)
a_w	Atividade de água
b^*	Parâmetro colorimétrico do eixo de cores amarelo (+) ao azul (-)
CO_2	Gás Carbônico
c^*	Intensidade de cor
ΔE	Diferença total de cor
H_2SO_4	Ácido Sulfúrico
h°	Tonalidade de cor
L^*	Parâmetro colorimétrico que indica a luminosidade
$NaOH$	Hidróxido de sódio

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
OBJETIVOS	16
OBJETIVO GERAL	16
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
 ARTIGO 1 - APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS ALIMENTARES: PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FARINHAS A PARTIR DE CASCAS DE BATATA INGLESA E DE MANDIOQUINHA-SALSA	 17
1. INTRODUÇÃO	19
2. MATERIAIS E MÉTODOS	20
2.1 PRODUÇÃO E RENDIMENTO DAS FARINHAS	20
2.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS FARINHAS	21
2.3 PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS	22
2.4 EXTRAÇÃO, QUANTIFICAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE	22
2.5 ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO COM TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)	23
2.6 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA	24
2.6 ANÁLISE DE DADOS	24
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
3.1 RENDIMENTO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA	25
3.2 PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS	28
3.3 COMPOSTOS FENÓLICOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE	32
3.4 ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO COM TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)	34
3.5 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS	37
4. CONCLUSÃO	38
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
 ARTIGO 2 - DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS À BASE DE FARINHA DA CASCA DE BATATA INGLESA E MANDIOQUINHA-SALSA COM AÇAFRÃO-DA-TERRA E SEU EFEITO NA PRESERVAÇÃO DE TOMATES ORGÂNICOS	 50
1. INTRODUÇÃO	52
2. MATERIAIS E MÉTODOS	53
2.1 REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS	53
2.1.1 Desenvolvimento	53
2.1.2 Propriedades químicas	54
2.1.3 Extração e quantificação de compostos fenólicos e determinação da atividade antioxidante	55

	13
2.2 APLICAÇÃO DOS REVESTIMENTOS EM TOMATES ORGÂNICOS	55
2.3 AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS QUÍMICOS DE QUALIDADE DOS TOMATES	57
2.4 COLORIMETRIA	57
2.5 MICROBIOLOGIA	58
2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA	58
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
3.1 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DAS SOLUÇÕES FILMOGÊNICAS	58
3.1.1 Caracterização de qualidade e padronização	58
3.1.2 Compostos fenólicos totais (CF) e Atividade antioxidante (EC50)	61
3.1.3 Colorimetria	62
3.2 PARÂMETROS QUÍMICOS DE QUALIDADE DOS TOMATES	65
3.2.1 Perda de massa	65
3.2.2 pH	68
3.2.3 Acidez total titulável (ATT)	70
3.2.4 Sólidos solúveis totais (SST)	71
3.2.5 Relação SST/ATT	73
3.2.6 Colorimetria	75
3.2 CORRELAÇÕES DE PEARSON	84
3.2.1 Armazenamento em temperatura ambiente	91
3.2.2 Armazenamento sob refrigeração	92
3.2.3 Síntese comparativa e implicações tecnológicas	93
3.3 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS	93
4. CONCLUSÃO	95
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96
CONCLUSÃO GERAL	106
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA	107

INTRODUÇÃO

A redução do desperdício de alimentos configura-se como um dos principais desafios globais para a promoção da segurança alimentar, da sustentabilidade ambiental e da eficiência dos sistemas agroalimentares. Estimativas recentes indicam que cerca de 17% da produção mundial de alimentos é desperdiçada, enquanto milhões de pessoas permanecem em situação de insegurança alimentar, evidenciando falhas estruturais ao longo das cadeias de produção, distribuição e consumo (ONU, 2022; ONU, 2024). Esse cenário reforça a centralidade dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, especialmente o ODS 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável) e o ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis).

Associado a esse problema, o descarte inadequado de resíduos agroindustriais oriundos do processamento de frutas, hortaliças e raízes representa um impacto ambiental relevante, contribuindo para a contaminação ambiental e para a intensificação das emissões de gases de efeito estufa (COLLA, 2004; BRASIL, 2019). A valorização desses subprodutos, por meio de sua transformação em insumos de maior valor agregado, emerge como estratégia alinhada aos princípios da economia circular e às metas do ODS 13 (Ação contra a Mudança Global do Clima).

Frutas e hortaliças apresentam elevada perecibilidade pós-colheita em função do alto teor de água e da intensa atividade metabólica, resultando em perdas significativas durante o transporte, o armazenamento e a comercialização, especialmente em países de clima tropical (RANA *et al.*, 2015; BOTELHO *et al.*, 2016; CARVALHO, 2019; GUERRA *et al.*, 2017; ONU, 2024). Nesse contexto, o desenvolvimento de tecnologias de conservação pós-colheita eficientes, seguras e ambientalmente responsáveis constitui uma prioridade científica e tecnológica.

O aproveitamento de resíduos vegetais, como cascas e bagaços, tem se destacado como alternativa promissora, uma vez que esses materiais são ricos em fibras, amido, proteínas, minerais e compostos fenólicos com atividade antioxidante (ROSA *et al.*, 2011; SHEN *et al.*, 2022). A conversão desses resíduos em farinhas amplia suas possibilidades de aplicação nutricional e tecnológica, contribuindo para o desenvolvimento de ingredientes funcionais e para o fortalecimento do ODS 9 (Indústria, Inovação e Infraestrutura).

Nesse cenário, as revestimentos e revestimentos comestíveis despontam como soluções sustentáveis para a conservação de alimentos, atuando como barreiras semipermeáveis à umidade e aos gases, além de possibilitarem a incorporação de compostos bioativos que retardam a deterioração (KROCHTA; MULDER-JOHNSTON, 1997; KRUIJF; VAN BEEST, 2003; MUÑOZ-BONILLA; FERNÁNDEZ-GARCÍA, 2012; GOMES *et al.*, 2016). Essas tecnologias apresentam especial relevância para o tomate (*Solanum lycopersicum L.*), hortaliça amplamente consumida e altamente suscetível a perdas pós-colheita (FERREIRA, 2004; MARTINS *et al.*, 2019).

Diante desse contexto, esta tese propõe o reaproveitamento das cascas de batata inglesa e de mandioquinha-salsa para a produção de farinhas destinadas à formulação de revestimentos comestíveis incorporados com açafrão-da-terra, aplicadas à conservação pós-colheita de tomates orgânicos. Ao integrar inovação tecnológica, valorização de resíduos e preservação da qualidade dos alimentos, o estudo busca contribuir para a redução do desperdício, o fortalecimento da economia circular e o atendimento às metas de sustentabilidade estabelecidas na Agenda 2030.

OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

Desenvolver, caracterizar e aplicar revestimentos comestíveis à base de farinha da casca da batata, farinha da casca da mandioquinha-salsa e açafrão-da-terra a fim de acompanhar a manutenção da qualidade fisiológica pós-colheita de tomates orgânicos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obter farinhas das cascas de batata inglesa e de mandioquinha-salsa pelo método convencional;
- Caracterizar as farinhas obtidas quanto à composição centesimal, pH, acidez total titulável, concentração de compostos fenólicos totais, atividade antioxidante, colorimetria, índice de absorção de água, índice de absorção de óleo, solubilidade em água, volume de intumescimento e FTIR;
- Desenvolver formulações revestimentos comestíveis à base das farinhas e açafrão-da-terra;
- Caracterizar revestimentos quanto ao pH, acidez total titulável, sólidos solúveis totais, concentração de compostos fenólicos totais, atividade antioxidante e colorimetria;
- Realizar análises de acompanhamento dos tomates orgânicos com e sem revestimentos durante o armazenamento a temperatura ambiente e sob refrigeração, avaliando perda de massa; pH, acidez total titulável, sólidos solúveis totais, ácido ascórbico e colorimetria;
- Realizar análises microbiológicas nas farinhas, nos revestimentos e nos tomates com e sem revestimentos, conforme recomendação da RDC nº 724/22 e IN nº 161/22.

ARTIGO 1 - APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS ALIMENTARES: PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FARINHAS A PARTIR DE CASCAS DE BATATA INGLESA E DE MANDIOQUINHA-SALSA

RESUMO: A agroindústria brasileira constitui um dos principais pilares da economia nacional, e a valorização de resíduos agroindustriais tem se consolidado como estratégia fundamental para a redução do desperdício de alimentos e a promoção da sustentabilidade dos sistemas produtivos. Nesse contexto, as cascas de batata inglesa (*Solanum tuberosum*) e de mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza*) destacam-se pelo elevado volume de geração e pelo potencial nutricional ainda pouco explorado. Este estudo teve como objetivo produzir e caracterizar farinhas obtidas a partir dessas cascas, avaliando suas propriedades físico-químicas, funcionais, bioativas, microbiológicas, tecnológicas e estruturais. As farinhas apresentaram rendimentos de 10,0% para a batata inglesa e 11,46% para a mandioquinha-salsa, atendendo aos limites legais de umidade, o que indica adequada estabilidade e potencial de armazenamento. Os teores de cinzas (6,05% e 5%) evidenciaram elevada concentração de minerais, enquanto os conteúdos de lipídios e carboidratos foram compatíveis com os observados em farinhas comerciais. Ambas as farinhas apresentaram elevados teores de fibras (22,25% e 23,73%), destacando-se a farinha da casca de batata pelo maior teor proteico (11,9%). As propriedades tecnológicas indicaram elevada capacidade de absorção de água e óleo, bom volume de intumescimento e solubilidade intermediária, evidenciando funcionalidade adequada para aplicações alimentícias. A caracterização estrutural por espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) revelou perfis típicos de matrizes polissacarídicas, com predominância de bandas associadas a grupos hidroxila e ligações glicosídicas, confirmando a elevada afinidade por água e o potencial filmogênico dos materiais. A farinha de casca de batata apresentou maior teor de compostos fenólicos totais, enquanto a farinha de mandioquinha-salsa exibiu maior atividade antioxidante. As análises microbiológicas apresentaram conformidade com a legislação, e os baixos valores de atividade de água ($<0,2$) reforçaram a estabilidade microbiológica das farinhas. Em conjunto, os resultados demonstram que a conversão dessas cascas em farinhas constitui uma alternativa tecnicamente viável e ambientalmente sustentável, capaz de agregar valor a resíduos agroindustriais e fornecer ingredientes funcionais com potencial de aplicação em alimentos, em consonância com os princípios da economia circular.

Palavras-chave: resíduos agroindustriais; impacto ambiental; segurança alimentar; economia circular; sustentabilidade.

ABSTRACT: The Brazilian agribusiness sector is one of the main pillars of the national economy, and the valorization of agro-industrial residues has become a key strategy for reducing food waste and promoting the sustainability of production systems. In this context, potato peels (*Solanum tuberosum*) and arracacha peels (*Arracacia xanthorrhiza*) stand out due to their high generation volume and still underexplored nutritional potential. This study aimed to produce and characterize flours obtained from these peels by evaluating their physicochemical, functional, bioactive, microbiological, technological, and structural properties. The flours showed yields of 10.0% for potato peel and 11.46% for arracacha peel, meeting legal moisture limits, which indicates adequate stability and storage potential. Ash contents revealed a high concentration of minerals, while lipid and carbohydrate contents remained comparable to those observed in commercial flours. Both flours were classified as high-fiber ingredients (22.25% and 23.73%), with potato peel flour standing out for its higher protein content (11.9%). Technological properties indicated high water and oil absorption capacities, good swelling volume, and intermediate solubility, evidencing suitable functionality for food applications. Structural characterization by Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy revealed typical profiles of polysaccharide-based matrices, with a predominance of bands associated with hydroxyl groups and glycosidic linkages, confirming the high water affinity and film-forming potential of the materials. Potato peel flour presented a higher content of total phenolic compounds, while arracacha peel flour exhibited greater antioxidant activity. Microbiological analyses confirmed the absence of pathogens, and low water activity values reinforced the microbiological stability of the flours. Overall, the results demonstrate that converting these peels into flours is a technically feasible and environmentally sustainable alternative, capable of adding value to agro-industrial residues and providing functional ingredients with potential application in food systems, in accordance with the principles of the circular economy.

Keywords: agro-industrial residues; environmental impact; food safety; circular economy; sustainability.

1. INTRODUÇÃO

A agroindústria exerce papel estratégico na economia brasileira, tanto pelo volume de produção quanto por sua contribuição para a geração de emprego, renda e agregação de valor às matérias-primas agrícolas. Nesse contexto, a intensificação dos processos industriais tem sido acompanhada pela crescente geração de resíduos, o que impõe desafios ambientais e econômicos. Assim, o desenvolvimento de tecnologias voltadas ao reaproveitamento e à valorização de coprodutos agroindustriais tem sido apontado como uma das principais estratégias para a redução do desperdício e o fortalecimento de sistemas produtivos mais sustentáveis (EMBRAPA, 2020; VIANA; CRUZ, 2016).

Entre as culturas de maior relevância no Brasil, a batata inglesa (*Solanum tuberosum*) destaca-se pelo elevado consumo e pelo expressivo volume de resíduos gerados durante o processamento industrial, especialmente as cascas, que são frequentemente descartadas ou destinadas a usos de baixo valor agregado (SALVADOR; PEREIRA, 2021). De forma complementar, a mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza*), embora menos consumida, apresenta elevado potencial nutricional e tecnológico, e também gera subprodutos passíveis de aproveitamento. As cascas desses tubérculos são fontes relevantes de amido, fibras dietéticas, minerais e compostos fenólicos, características que as tornam matérias-primas promissoras para o desenvolvimento de ingredientes funcionais (CHOHAN *et al.*, 2020; FREITAS *et al.*, 2017; OLIVEIRA *et al.*, 2016).

A transformação de resíduos vegetais em farinhas tem sido amplamente investigada como alternativa para diversificar a cadeia produtiva, reduzir impactos ambientais e enriquecer alimentos do ponto de vista nutricional. Farinhas obtidas de cascas de frutas, raízes e tubérculos têm demonstrado boa funcionalidade tecnológica, além de apresentarem teores expressivos de compostos bioativos, especialmente antioxidantes naturais associados à prevenção de processos oxidativos e à promoção da saúde (ZANATTA *et al.*, 2010; ANVISA, 2005). Nesse sentido, o aproveitamento de cascas de batata e de mandioquinha-salsa para a produção de farinhas representa uma abordagem alinhada aos princípios da economia circular e do uso integral dos alimentos.

Apesar do potencial reconhecido desses resíduos, ainda são limitados os estudos que avaliam de forma integrada as propriedades físico-químicas,

tecnológicas, bioativas e microbiológicas de farinhas obtidas especificamente de cascas de batata inglesa e mandioquinha-salsa. A caracterização desses materiais é essencial para subsidiar sua aplicação em produtos alimentícios e para viabilizar sua inserção em cadeias produtivas de maior valor agregado (JEDDOU *et al.*, 2018; MALDONADO *et al.*, 2014).

Diante desse cenário, este estudo teve como objetivo produzir e caracterizar farinhas a partir das cascas de batata inglesa e de mandioquinha-salsa, avaliando suas propriedades nutricionais, funcionais, bioativas e microbiológicas, de modo a demonstrar o potencial desses resíduos como ingredientes sustentáveis para a indústria de alimentos e como alternativa efetiva para a redução do desperdício agroindustrial.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

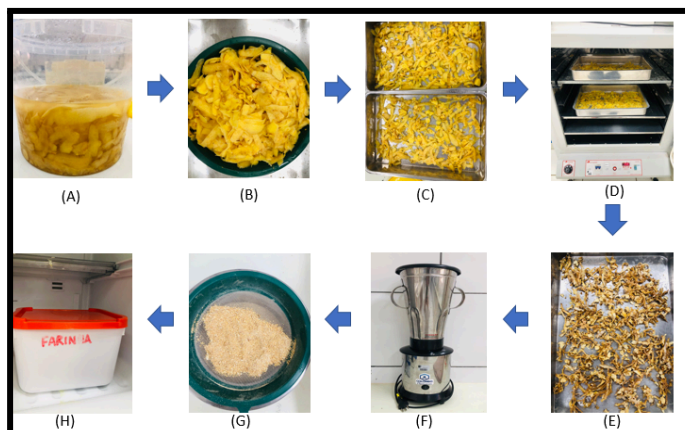
2.1 PRODUÇÃO E RENDIMENTO DAS FARINHAS

Para a produção das farinhas, foram utilizadas cascas de batata inglesa e mandioquinha-salsa fornecidas por uma empresa de massas artesanais localizada em Jacarezinho-PR. Os tubérculos foram selecionados, pré-lavados e, em seguida, submetidos à sanitização em solução de hipoclorito de sódio a 100 ppm por 15 minutos, conforme o protocolo proposto pela ANVISA (2010) para produtos minimamente processados e estudos de conservação pós-colheita. Após a sanitização, foram enxaguados em água potável e então descascados. As cascas foram armazenadas em recipientes com água filtrada sob refrigeração por no máximo 24 horas. Todas essas etapas descritas foram realizadas pelo estabelecimento.

No laboratório, as cascas foram drenadas, em peneiras, por 30 minutos para a remoção do excesso de água, pesadas, para determinação da quantidade de casca úmida, e secas em estufa com circulação de ar forçada (Lucadema, LUCA-82/336) a 45 °C por 24 h, conforme Barnabé *et al.* (2020). O material seco foi triturado em liquidificador, peneirado para padronização granulométrica, pesados para determinação da massa de farinha obtida e armazenado a -18 °C em recipientes herméticos até o momento do uso. As farinhas obtidas foram

denominadas farinha da casca de batata inglesa (FB) e farinha da casca de mandioquinha-salsa (FM).

Figura 1 - Fluxograma de produção das farinhas



Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Legenda: (A) cascas em água filtrada e sob refrigeração; (B) lavagem e drenagem; (C) cascas úmidas; (D) secagem; (E) cascas secas; (F) moagem; (G) peneiramento; e (H) embalagem e armazenamento.

Para o cálculo do rendimento das farinhas produzidas, foi utilizada a equação 1, conforme a metodologia recomendada por Sá *et al.* (2021).

$$R (\%) = [F (g) / P(g)] * 100 \quad (1)$$

Em que R é o rendimento (%); F é a quantidade de farinha obtida; e P é a quantidade de casca úmida utilizada.

2.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS FARINHAS

A composição centesimal das farinhas foi determinada segundo os métodos oficiais da Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2012) e do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). Todas as análises foram realizadas em triplicata. O teor de umidade foi determinado por secagem em estufa (Sterilifer, SX 1.2 DS) a 105 °C até o peso constante. O teor de cinzas foi obtido por incineração em mufla (SPLabor, SP-1200) a 550 °C. O teor de lipídios foi determinado pelo método de Bligh & Dyer (1959) e o teor de proteínas totais pelo método de Kjeldahl. O teor de fibra bruta foi

determinado por extração sucessiva a quente com soluções de H₂SO₄ 1,25% (p/v) e NaOH 1,25% (p/v). O teor de carboidratos foi calculado por diferença.

A atividade de água (*a_w*) foi medida utilizando o equipamento Aqualab 4TE (Meter Group, EUA) a 25°C. O pH foi determinado em potenciômetro digital (Lucadema, LUCA-210), e a acidez total titulável foi expressa em equivalentes de ácido cítrico (AOAC, 2005).

2.3 PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS

As propriedades tecnológicas das farinhas - índice de absorção de água (IAA), capacidade de absorção de óleo (CAO), solubilidade em água (SA) e volume de intumescimento (VI) - foram determinadas conforme Wang *et al.* (2015), com adaptações, e os índices calculados conforme as equações abaixo.

$$IAA (g/g) = \text{água absorvida pela amostra (g)} / \text{amostra (g)} \quad (2)$$

$$CAO (g/g) = \text{óleo absorvido pela amostra (g)} / \text{amostra (g)} \quad (3)$$

$$SA (\%) = [\text{resíduo de evaporação (g)} / \text{amostra (g)}] * 100 \quad (4)$$

$$VI (mL/g) = \text{volume final da amostra} - \text{volume inicial da amostra} \quad (5)$$

A cor das farinhas foi avaliada em colorímetro Minolta (Konica Minolta, CR-400, Japão), utilizando o sistema CIELab, com obtenção dos parâmetros L* (luminosidade), a* (vermelho-verde) e b* (amarelo-azul). O ângulo de tonalidade (h°) e o croma (c*) foram calculados a partir dos valores de a* e b*, conforme Leão (2013), de acordo com as equações 6 e 7.

$$h^{\circ} = \arctan(b^{*} / a^{*}) \quad (6)$$

$$c^{*} = \sqrt{(a^{*})^2 + (b^{*})^2} \quad (7)$$

2.4 EXTRAÇÃO, QUANTIFICAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

Para obtenção dos extratos das farinhas, adaptou-se pelo protocolo de Rufino *et al.* (2007). Amostras de 5,0 g foram homogeneizadas em 40 mL de solvente extrator (etanol 80%, metanol 80% e etanol 50%) e deixou-se em repouso por 60

minutos, seguida de centrifugação (25.406,55 g, 15 min). O sobrenadante foi transferido para um balão volumétrico de 100 mL e o resíduo foi submetido a nova extração (etanol 80%, metanol 80% e acetona 70%). Os sobrenadantes foram combinados e completados para 100 mL com água destilada.

Para a determinação dos compostos fenólicos totais utilizou-se o reagente de Folin–Ciocalteu (Singleton; Rossi, 1965), sendo a absorbância medida a 765 nm. Os resultados foram expressos em mg de equivalentes ácido gálico (EAG) / 100 g de farinha. A atividade antioxidante foi determinada pelo método do DPPH conforme Rufino *et al.* (2007), avaliando-se a capacidade dos extratos em reduzir o radical livre a 515 nm, com curva padrão de 10 a 60 µM, e os resultados expressos como EC₅₀ (g farinha/g DPPH), obtido por regressão a partir da porcentagem de inibição em diferentes concentrações.

2.5 ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO COM TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)

A caracterização estrutural das farinhas foi realizada por espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR), em triplicata, visando identificar os principais grupos funcionais e interações químicas presentes nos materiais. As análises foram conduzidas em um espectrômetro FTIR modelo TENSOR 27 (Bruker®, Alemanha), equipado com fonte de laser He-Ne e detector DLaTGS, operando no modo de Refletância Total Atenuada (ATR). As amostras foram diretamente posicionadas sobre o cristal de ATR, sem necessidade de preparo adicional, garantindo contato adequado entre o material e a superfície do acessório óptico.

Os espectros foram obtidos na faixa espectral de 4000 a 400 cm⁻¹, com resolução de 4 cm⁻¹ e média de 256 varreduras por amostra, de modo a aumentar a relação sinal-ruído e assegurar reprodutibilidade dos resultados. Antes de cada análise, foi realizado o registro do espectro de fundo (*background*) nas mesmas condições experimentais, o qual foi automaticamente subtraído dos espectros das amostras.

2.6 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

As análises microbiológicas das farinhas obtidas a partir das cascas de batata inglesa e mandioquinha-salsa foram realizadas com o objetivo de avaliar a segurança microbiológica e verificar sua conformidade com os padrões microbiológicos estabelecidos pela legislação brasileira. Para esse fim, foram adotados os critérios definidos pela Resolução RDC nº 724/2022 e pela Instrução Normativa nº 161/2022, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA).

As análises microbiológicas incluíram a enumeração de *Escherichia coli*, a pesquisa de presença/ausência de *Salmonella* spp. e a contagem de *Bacillus cereus*, realizadas conforme as metodologias descritas nas normas ISO 9308-1, ISO 6579-1:2017 e ISO 7932:2004, respectivamente.

Todas as análises foram realizadas em triplicata, a fim de assegurar maior confiabilidade e reprodutibilidade dos resultados obtidos.

2.6 ANÁLISE DE DADOS

A análise estatística foi realizada utilizando os softwares R e RStudio (R Development Core Team, 2021). Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para verificar a homogeneidade das médias. Quando a homogeneidade foi confirmada ($p > 0,05$), aplicou-se o teste de Tukey para comparações múltiplas. Diferenças estatisticamente significativas foram consideradas quando $p < 0,05$.

Na análise microbiológica, os resultados foram expressos como presença/ausência para *Salmonella* spp. e em unidades formadoras de colônia por grama (UFC g⁻¹) para *E. coli* e *Bacillus cereus*. Os valores obtidos foram comparados aos limites microbiológicos estabelecidos pela Instrução Normativa nº 161/2022 (ANVISA, 2022).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 RENDIMENTO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

Neste estudo, as cascas de batata e de mandioquinha-salsa corresponderam, respectivamente, a 20,12 e 19,79% da massa total dos tubérculos, resultando em rendimentos de 10 e 11,46% na produção das farinhas. Esses valores estão de acordo com dados reportados por Galdino *et al.* (2024), que observaram 11,28% para farinha de casca de batata, e por Camargo (2018), que encontrou 9,53% em farinha de batata-doce biofortificada. As variações nos rendimentos podem ser atribuídas a fatores morfológicos e estruturais dos resíduos, à variabilidade genética das espécies e às condições de processamento. Aspectos como tempo e temperatura de secagem, granulometria da moagem e composição físico-química dos materiais exercem influência direta na eficiência do processo. Esses achados reforçam a importância de padronizar e otimizar protocolos de secagem e moagem, de modo a maximizar o aproveitamento de resíduos agroindustriais e ampliar suas aplicações na formulação de ingredientes funcionais.

Os resultados da composição centesimal estão apresentados na tabela 1 e, a atividade de água (a_w), pH e acidez total titulável (ATT) na tabela 2. Esses parâmetros são essenciais para compreender a estabilidade e o potencial de aplicação tecnológica das farinhas, uma vez que influenciam diretamente tanto a conservação quanto a segurança microbiológica e a qualidade sensorial e nutricional dos produtos obtidos a partir dessas matérias-primas.

Tabela 1 - Composição centesimal (%) das farinhas da casca de batata inglesa (FB) e de mandioquinha-salsa (FM)

	FB	FM
Umidade	8,60 ^a ± 0,11	8,98 ^a ± 0,25
Cinzas	6,05 ^a ± 0,02	5,00 ^b ± 0,03
Lipídeos	0,91 ^b ± 0,08	1,56 ^a ± 0,04
Proteínas	11,90 ^a ± 0,25	2,93 ^b ± 0,02
Fibra bruta	22,25 ^a ± 1,20	23,73 ^a ± 1,12
Carboidratos	50,29 ^b ± 0,72	57,80 ^a ± 1,05

*Média (n=3) ± desvio padrão

**Letras iguais na mesma linha indicam que não houve diferença estatisticamente significativa pelo teste de Tukey (p < 0,05).

Tabela 2 - Caracterização química das farinhas de casca de batata inglesa (FB) e de mandioquinha-salsa (FM)

	FB	FM
aw	0,18 ^a ± 0,03	0,20 ^a ± 0,02
pH	5,42 ^a ± 0,03	5,03 ^a ± 0,01
ATT (% ác. cítrico)	0,29 ^a ± 0,91	0,21 ^b ± 1,04

*Média (n=3) ± desvio padrão

**Letras iguais na mesma linha indicam que não houve diferença estatisticamente significativa pelo teste de Tukey (p < 0,05).

Ambas as farinhas apresentaram teores de umidade abaixo de 15%, atendendo à RDC nº 711/2022 (BRASIL, 2022), o que, associado aos baixos valores de atividade de água, indica estabilidade físico-química e microbiológica. Essa relação direta entre umidade e atividade de água reforça a eficiência do processo de secagem empregado, uma vez que menores teores desses parâmetros reduzem a suscetibilidade a reações enzimáticas e ao crescimento microbiano. Gonçalves (2022) relatou 15,15% de umidade para farinha de casca de batata, e Nolasco (2022) 10% de umidade para farinha de casca de batata destinada à produção de filmes comestíveis.

Os teores de cinzas observados em ambas as farinhas foram superiores aos valores estabelecidos para farinhas convencionais, destacando a elevada concentração de minerais dos resíduos. Jacinto *et al.* (2020) relataram 3,8% e

Pereira (2022) 9,32% de cinzas em formulações com farinha de casca de batata. Cozma *et al.* (2024) estudaram o pó de casca de batata relatando teores de cinzas na faixa de 5,11 a 6,57%. Os teores de lipídios apresentaram-se estatisticamente diferentes porém condizentes com valores relatados por Fernandes *et al.* (2008) de 1,6% para casca de batata e 2,73% encontrados por Beling *et al.* (2017) em folhas de mandioquinha-salsa. Apesar de baixos, esses teores contribuem para características de textura e sabor em potenciais aplicações alimentícias.

O teor protéico da farinha da casca de batata inglesa (11,90%) foi significativamente superior ao da farinha de mandioquinha-salsa (2,93%), destacando-se, segundo a RDC nº 54/2012 (BRASIL, 2012), como alimento “fonte de proteínas”. Cozma *et al.* (2024) relataram teores entre 9,33 e 11,38% em amostras secas por diferentes métodos de casca de batata; Vescovo *et al.* (2025) reportaram de 2 a 17 % em função da cultivar e do processamento da casca da batata. Essa diferença reflete a composição intrínseca dos resíduos e a influência de fatores como espécie e método de secagem (JIMÉNEZ-CHAMPI *et al.*, 2023). Esse resultado evidencia não apenas o elevado valor nutricional da farinha de casca de batata, mas também seu potencial tecnológico como ingrediente enriquecedor em formulações alimentares.

As análises de fibra bruta evidenciaram elevados teores nas farinhas obtidas, com valores de 22,25% para a farinha de casca de batata inglesa e 23,73% para a farinha de casca de mandioquinha-salsa. Esses resultados reforçam o potencial dessas matrizes como ingredientes funcionais, especialmente para o enriquecimento de formulações alimentícias com fibras dietéticas. Os valores observados estão em concordância com a literatura, que reporta teores de fibra bruta em resíduos vegetais na faixa de 15% a 30% (COELHO; WOSIACKI, 2010) e, especificamente para casca de batata, entre 20% e 30%, dependendo da cultivar e do processamento (SINGH; KAUR, 2015). Adicionalmente, Sharma *et al.* (2022) evidenciaram que a incorporação de farinhas de resíduos vegetais ricas em fibras pode melhorar as propriedades nutricionais e tecnológicas de alimentos processados. Dessa forma, o elevado potencial das farinhas avaliadas como fontes de fibra bruta e reforçando sua aplicabilidade na valorização de resíduos agroindustriais, com impacto positivo na sustentabilidade e no desenvolvimento de alimentos funcionais.

Por fim, os teores de carboidratos, calculados sem a inclusão de fibras, variaram de 50,29 a 57,80%, apresentando diferença significativa entre as duas

farinhas. Tais resultados demonstram o potencial das farinhas de cascas de batata e mandioquinha-salsa como fontes relevantes de carboidratos e fibra bruta, reforçando sua aplicabilidade em produtos funcionais e sustentáveis destinados à alimentação humana.

Quanto aos parâmetros químicos, os valores de atividade de água (a_w) observados para as farinhas de casca de batata inglesa (0,18) e de casca de mandioquinha-salsa (0,20) indicam um material altamente estável do ponto de vista microbiológico e físico-químico. Singh *et al.* (2018) analisaram farinha de casca de batata e observaram valores de a_w inferiores a 0,30, associando-os à elevada estabilidade microbiológica e ao aumento da vida de prateleira durante o armazenamento. Schieber e Saldaña (2017), ao investigarem o aproveitamento de subprodutos da batata para aplicações alimentícias, destacaram que farinhas de casca apresentam baixa a_w , fator determinante para a redução de reações deteriorativas.

As farinhas apresentaram pH de 5,42 (FB) e 5,03 (FM), e baixa acidez total titulável, com valores de 0,29% (FB) e 0,21 (FM). Esses resultados foram semelhantes ao encontrado por Garmus *et al.* (2009), que relataram pH de 5,7 em farinha de casca de batata. Em relação à acidez, Cozma *et al.* (2024), encontraram acidez total titulável de 0,18% em farinha de casca de batata, e Vescovo *et al.* (2025) relataram acidez total titulável de 0,22% em formulações com cascas de batata. O baixo teor de acidez, o pH levemente ácido e a baixa a_w indicam boa estabilidade química e menor suscetibilidade ao crescimento microbiano, favorecendo a conservação do produto. Assim, o equilíbrio entre pH e acidez total titulável confirma a qualidade e a estabilidade das farinhas, reforçando seu potencial tecnológico e funcional em formulações alimentícias sustentáveis.

3.2 PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS

A Tabela 3 apresenta os resultados do Índice de Absorção de Água (IAA), Capacidade de Absorção de Óleo (CAO), Solubilidade em Água (SA) e Volume de Intumescimento (VI) das farinhas, parâmetros essenciais para caracterizar suas propriedades funcionais e potenciais aplicações tecnológicas. Observou-se diferença significativa entre as amostras para todas as variáveis, evidenciando que a

composição química e a estrutura física das farinhas influenciam diretamente sua funcionalidade e potencial de aplicação em formulações alimentícias.

Tabela 3 - Propriedades tecnológicas das farinhas de casca de batata inglesa (FB) e de mandioquinha-salsa (FM)

	FB	FM
IAA (g/g)	5,88 ^a ± 0,036	3,93 ^b ± 0,049
CAO (g/g)	2,10 ^a ± 0,121	1,70 ^b ± 0,05
SA (%)	18,10 ^b ± 0,12	20,40 ^a ± 0,3
VI (ml/g)	7,20 ^a ± 0,19	6,07 ^b ± 0,18

Legenda: Índice de Absorção de Água (IAA), Capacidade de Absorção de Óleo (CAO), Solubilidade em Água (SA) e Volume de Intumescimento (VI) das farinhas

*Média (n=3) ± desvio padrão

**Médias seguidas de letras iguais na mesma linha, não diferem ao um nível de significância de 5%

O Índice de Absorção de Água (IAA) reflete a capacidade da matriz da farinha em reter água, característica associada à presença de grupos hidrofílicos. No presente estudo, os valores obtidos foram considerados elevados de acordo com Mendes *et al.* (2023), que classifica valores acima de 4 g água/g farinha como indicativos de alta retenção. Farinhas com alto IAA são vantajosas em produtos de panificação, sopas, molhos instantâneos e alimentos extrusados, contribuindo para melhor textura, viscosidade e sensação de maciez. Silva (2024), observou IAA entre 6,06 e 6,12 g/g em farinhas de batata-doce.

A Capacidade de Absorção de Óleo (CAO) indica a quantidade de óleo que uma farinha consegue incorporar, influenciada principalmente pelos teores de proteínas e fibras, que apresentam afinidade por lipídios. Os resultados do estudo foram considerados elevados, acima de 1,5 g óleo/g farinha, corroborando com resultados obtidos por Mendes *et al.* (2023) que encontraram 1,2–2,2 g/g em farinhas obtidas de resíduos agroindustriais e Menezes *et al.* (2020) que verificaram 0,3-1,8 g/g para farinha de casca de batata, dependendo do processamento. A farinha de casca de batata destacou-se por apresentar maior CAO, alinhada ao seu maior teor de proteínas e fibra bruta. Altos valores de CAO favorecem a textura, palatabilidade e retenção de gordura em produtos de panificação e extrudados, além

de indicarem potencial emulsificante (BRANDÃO; SILVA; GOMES, 2019; PAIVA; SILVA; OLIVEIRA, 2019).

A Solubilidade em Água (SA) reflete a dispersão dos constituintes solúveis, influenciando a textura, viscosidade e estabilidade dos produtos. Os valores observados foram considerados intermediários, entre 15 e 30% (Menezes *et al.*, 2020), permitindo solubilidade parcial em água. Paiva *et al.* (2019) verificaram SA de 12 a 28% em farinha de casca de batata, consideradas porcentagens baixas a moderadas. Farinhas com maior SA podem ser aplicadas em alimentos instantâneos, molhos e sobremesas, atuando como espessantes ou estabilizantes (LEONEL; FREITAS; MISCHAN, 2009).

O Volume de Intumescimento (VI) expressa a capacidade de expansão da farinha após hidratação, estando relacionado à porosidade estrutural, densidade e retenção hídrica (ROBERTSON *et al.*, 2000). Os elevados valores observados neste estudo indicam adequada capacidade de hidratação e formação de estrutura gelificada, característica desejável em aplicações tecnológicas. Resultados semelhantes foram descritos para farinhas de casca de batata por Akyildiz *et al.* (2010), que reportaram VI entre 6,8 e 9,4 mL/g, associando esses valores à presença de fibras insolúveis e amido residual. Estudos com farinhas de tubérculos andinos, incluindo mandioquinha-salsa, reportaram VI variando de 5,2 a 8,6 mL/g (Santana *et al.*, 2017), atribuídos à estrutura da parede celular e ao grau de processamento. Esses achados confirmam que farinhas provenientes de cascas de raízes e tubérculos apresentam comportamento funcional expressivo, reforçando o potencial tecnológico das matérias-primas avaliadas neste trabalho.

De modo geral, a avaliação conjunta de IAA, CAO, SA e VI evidencia que as farinhas obtidas de cascas de batata e mandioquinha-salsa possuem elevado potencial tecnológico e funcional. Esses parâmetros determinam a capacidade de modulação de textura, retenção de água e óleo, estabilidade e aceitação sensorial em produtos alimentícios. Assim, os resultados reforçam que farinhas de resíduos agroindustriais constituem insumos sustentáveis, de alto valor agregado e amplamente aplicáveis em formulações diversificadas da indústria de alimentos.

Os resultados da análise colorimétrica das farinhas estão apresentados na Tabela 4, considerando os parâmetros de luminosidade (L^*), tonalidade de cor (h°) e intensidade de cor (c^*). Verificou-se que h° e c^* não apresentaram variações, mantendo a mesma média entre as amostras. Já a luminosidade (L^*) demonstrou

diferenças relevantes entre as farinhas, evidenciando variações no grau de claridade.

Tabela 4 - Parâmetros colorimétricos das farinhas de casca de batata (FB) e de mandioquinha-salsa (FM)

	L*	h°	c*
FB	52,15 ^b ± 0,64	63,33 ^a ± 0,05	16,99 ^a ± 0,14
FM	67,33 ^a ± 0,64	63,33 ^a ± 0,17	16,99 ^a ± 0,19

*Média (n=3) ± desvio padrão

**Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna, não diferem ao um nível de significância de 5%

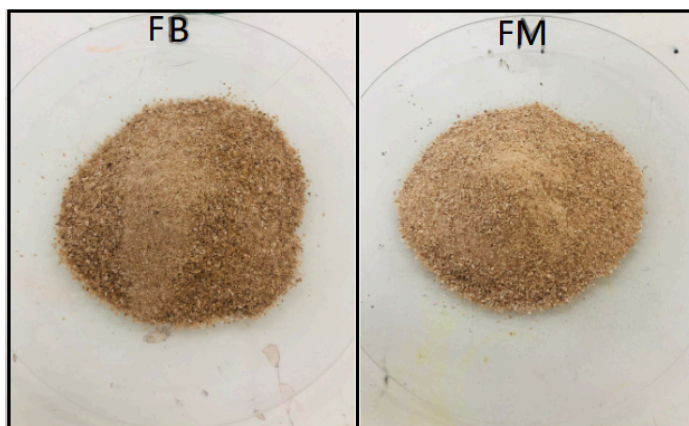
A luminosidade (L*), que varia de 0 (preto) a 100 (branco), é um indicativo de quão claro ou escuro é um material (CAMPANHA *et al.*, 2010). A farinha da casca de mandioquinha-salsa apresentou valores mais elevados, indicando maior claridade em comparação à farinha da casca de batata, o que também foi corroborado pelas observações visuais na Figura 2. Estudos prévios reportaram valores similares, como Garcia (2013), que encontrou luminosidade entre 52,95 e 66,81 em cascas de diferentes cultivares de batata, e Fernandes (2006), que registrou L* de 59,52 em farinha de casca de batata. Ressalta-se que farinhas com tonalidade mais clara e brilhante tendem a ser preferidas pelos consumidores, uma vez que a aparência é determinante na aceitação de alimentos processados.

A tonalidade (h°) é a propriedade que define a cor pura. É representada por um ângulo em um círculo de cores, onde 0° é vermelho e 90° amarelo, por exemplo. Ambas as farinhas apresentaram média de 63,33, sugerindo predomínio da cor amarela.

O parâmetro croma (c*) expressa a pureza, vivacidade ou grau de saturação, sendo uma forma de quantificar a intensidade da cor. Valores próximos de zero indicam cores suaves, apagadas ou acinzentadas, enquanto valores mais elevados refletem tons mais vivos (MCGUIRE, 1992). As farinhas apresentam valores intermediários, caracterizando coloração relativamente neutra. Dessa forma, as farinhas avaliadas neste estudo apresentam coloração em tons de amarelo claro (Fig. 2), o que possibilita sua incorporação em diferentes formulações sem

comprometer a qualidade sensorial relacionada à cor, ampliando sua aplicabilidade tecnológica no setor de alimentos.

Figura 2 - Farinhas das cascas de batata inglesa (FB) e de mandioquinha-salsa (FM)



Fonte: Arquivo pessoal, 2025

3.3 COMPOSTOS FENÓLICOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

A concentração dos compostos fenólicos totais (CF) e de outros fitoquímicos varia conforme a espécie vegetal, condições ambientais, práticas de cultivo e estágio de maturação (SUCUPIRA *et al.*, 2012; PODSEDEK, 2007). Para a quantificação dos CF, foi construída uma curva de calibração com ácido gálico ($y = 4,93E-0,03x + 0,0751$; $R^2 = 0,986$), e os resultados obtidos são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Quantificação de compostos fenólicos totais - CF (mg EAG/100 g) e atividade antioxidante - EC₅₀ (g de farinha/g DPPH) das farinhas de casca de batata inglesa (FB) e de mandioquinha-salsa (FM)

	E80	M80	E50 + A70
CF- FB	143,38 ^{a,B} ± 0,074	122,59 ^{a,C} ± 0,022	166,30 ^{a,A} ± 0,004
CF- FM	87,60 ^{b,C} ± 0,00	95,41 ^{b,B} ± 0,013	162,96 ^{a,A} ± 0,026
EC₅₀ - FB	29,97 ^{a,A} ± 0,33	28,58 ^{a,A} ± 0,087	12,88 ^{a,B} ± 0,016
EC₅₀ - FM	13,14 ^{b,A} ± 0,042	12,53 ^{b,A} ± 0,082	5,21 ^{b,B} ± 0,18

*Média (n=3) ± desvio padrão

**Letras minúsculas iguais na mesma coluna e no mesmo parâmetro, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade;

***Letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Entre as amostras analisadas, a farinha da casca de batata (FB) apresentou teores mais elevados de compostos fenólicos totais em comparação à farinha da casca de mandioquinha-salsa (FM), independentemente do solvente extrator. A exceção ocorreu com a combinação etanol 50% e acetona 70% (E50 + A70), na qual não houve diferença significativa entre as amostras, sendo observados os maiores valores de extração (166,30 mg EAG/100 g para FB e 162,96 mg EAG/100 g para FM), evidenciando a elevada eficiência dessa mistura na solubilização de compostos fenólicos. Resultados recentes da literatura corroboram esses achados para farinha de casca de batata. Batista *et al.* (2022) reportaram 91,01 mg EAG/100 g utilizando extração hidroalcoólica assistida por ultrassom e 72,09 mg EAG/100 g sem ultrassom, demonstrando a influência do método extrativo no rendimento fenólico. Reis (2024) encontrou 78,62 mg EAG/100 g em farinha de casca de batata submetida a tratamentos tecnológicos, reforçando que as condições de processamento e o sistema solvente impactam diretamente a quantificação desses compostos. Assim, os valores obtidos neste estudo, especialmente com a combinação E50 + A70, mostram-se superiores aos relatados recentemente, indicando elevado potencial antioxidante das farinhas avaliadas e destacando a importância da escolha adequada do sistema extrator para maximizar a recuperação de compostos bioativos.

A elevada eficiência observada com o uso de etanol e acetona sugere que estes solventes apresentam maior afinidade para romper as interações químicas entre os compostos fenólicos e os constituintes da matriz vegetal. Embora as soluções hidroalcoólicas sejam amplamente utilizadas por apresentarem baixa toxicidade e boa aceitação para aplicações alimentares, sua eficiência na extração de compostos de maior complexidade estrutural é limitada. Em contrapartida, o etanol e a acetona apresentaram melhor desempenho, corroborando estudos prévios com diferentes resíduos vegetais (FIDELIS, 2020; SERENO *et al.*, 2020; DAS CHAGAS *et al.*, 2020).

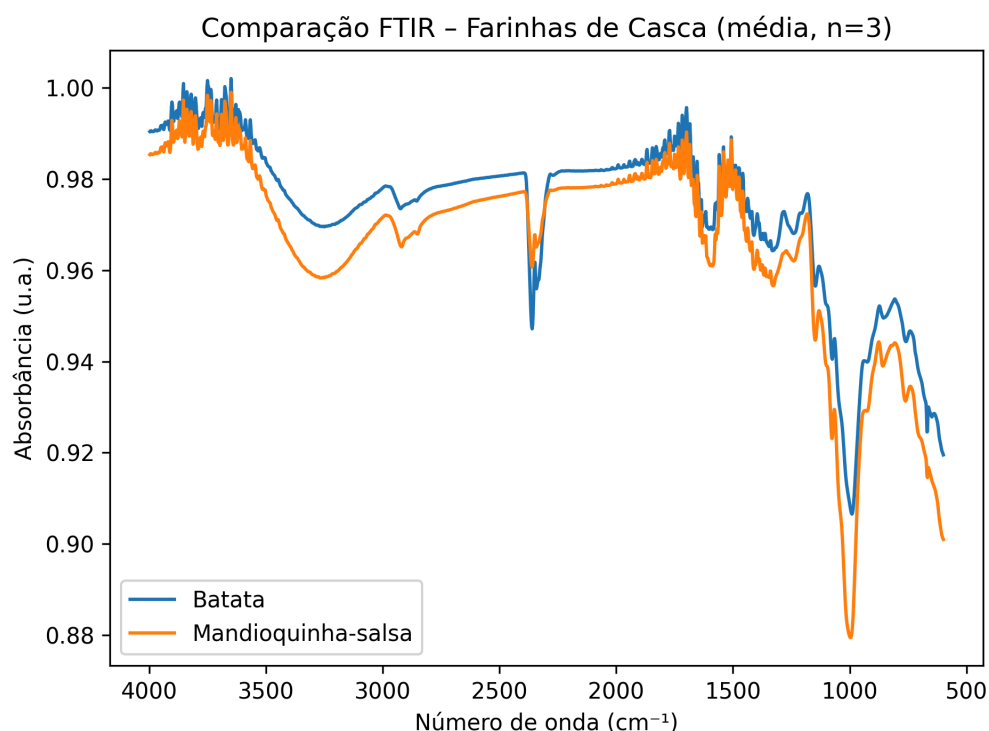
A análise da atividade antioxidante pelo método DPPH reforçou o efeito positivo da combinação etanol e acetona, que resultou nos menores valores de EC_{50} , evidenciando maior capacidade de neutralização de radicais livres. Embora a FB tenha apresentado maior teor de fenólicos totais, a FM exibiu atividade antioxidante significativamente superior em todas as condições testadas. Esse resultado indica que a capacidade antioxidante não depende apenas da quantidade total de compostos, mas também do perfil estrutural e funcional dos mesmos, influenciado pelo grau de hidroxilação, glicosilação e reatividade (HEIM; TAGLIAFERRO; BOBILYA, 2002). A presença de flavonoides glicosilados e derivados de ácidos fenólicos na FM pode ter contribuído para sua elevada atividade antioxidante, conforme relatado em estudos de Zhu *et al.* (2019) e Droguett *et al.* (2017).

Os menores valores de EC_{50} foram obtidos para a farinha de casca de mandioquinha-salsa (FM), com 5,21 g de farinha/g DPPH, enquanto a farinha de casca de batata inglesa (FB) apresentou menor valor de 12,88 g de farinha/g DPPH, ambos utilizando o sistema de extração E50 + A70. Considerando que o valor de EC_{50} é inversamente proporcional à atividade antioxidante, os resultados indicam que a FM apresenta maior eficiência na neutralização do radical DPPH em comparação à FB. Valores próximos foram reportados por Jeddou *et al.* (2016) para resíduos de batata inglesa (11,58 g/g DPPH), corroborando os resultados obtidos para a FB no presente estudo. Nesse contexto, o valor observado para a FM (5,21 g/g DPPH) destaca-se como superior, indicando maior capacidade antioxidante e sugerindo maior concentração ou eficiência de compostos bioativos. Esses resultados reforçam o potencial funcional da farinha de casca de mandioquinha-salsa como uma fonte promissora e sustentável de antioxidantes naturais, com aplicação potencial no desenvolvimento de alimentos com propriedades bioativas.

3.4 ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO COM TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)

A FTIR demonstrou que as farinhas da casca de batata e de mandioquinha-salsa apresentam perfil espectral característico de matrizes lignocelulósicas ricas em polissacarídeos, com predominância de bandas associadas a grupos hidroxila e ligações glicosídicas. A elevada similaridade entre os espectros estão apresentados na figura 3, que confirma que ambos os resíduos agroindustriais compartilham uma base estrutural comum, composta majoritariamente por amido, celulose e hemicelulose, conforme amplamente relatado para subprodutos de tubérculos e raízes (ALVARENGA *et al.*, 2021; DEUFRAS *et al.*, 2020).

Figura 3 - Espectros FTIR do comparativo das farinhas de casca de batata inglesa e de mandioquinha-salsa



A banda larga observada na região entre 3600 e 3000 cm^{-1} , atribuída ao estiramento dos grupos O-H, foi intensa em ambas as farinhas, refletindo a abundância de hidroxilas livres e água estrutural fortemente ligada à matriz polimérica. Esse comportamento é típico de materiais ricos em carboidratos e tem sido amplamente descrito para farinhas de casca de batata (KOWALSKI *et al.*, 2019;

SCHMIDT *et al.*, 2021). No presente estudo, a farinha de casca de mandioquinha-salsa apresentou banda O-H mais larga e ligeiramente mais intensa quando comparada à farinha de casca de batata, sugerindo uma maior densidade de ligações de hidrogênio, o que pode estar associado a diferenças na proporção e organização dos polissacarídeos estruturais.

Segundo Yang *et al.* (2018), a intensidade e o alargamento da banda O-H estão diretamente relacionados à capacidade de interação intermolecular e à afinidade por água, fatores determinantes para a formação de filmes comestíveis flexíveis e coesos. Dessa forma, os resultados obtidos indicam que a farinha de casca de mandioquinha-salsa pode apresentar maior potencial filmogênico, especialmente em sistemas onde a retenção de umidade e a flexibilidade do material são desejáveis.

As bandas localizadas entre 2920 e 2850 cm^{-1} , atribuídas ao estiramento assimétrico e simétrico das ligações C-H de grupos metileno e metila, foram observadas em ambas as farinhas, com intensidades semelhantes. Essas bandas são comumente associadas às cadeias alifáticas dos polissacarídeos e a pequenas frações lipídicas naturalmente presentes na casca dos vegetais (LIU *et al.*, 2019).

Na região em torno de 1640 cm^{-1} , observou-se uma banda atribuída principalmente à deformação angular do grupo O-H da água adsorvida. Essa banda é frequentemente relatada em materiais lignocelulósicos e indica a presença de água fortemente associada à estrutura polimérica (FANG *et al.*, 2020). A intensidade relativamente elevada dessa banda em ambas as farinhas reforça o caráter hidrofílico dos materiais, aspecto relevante para a formação de revestimentos comestíveis capazes de interagir com a superfície dos frutos e atuar como barreira sem comprometer as trocas gasosas.

Bandas de baixa intensidade na região entre 1540 e 1500 cm^{-1} , atribuídas à amida II, indicam a presença de pequenas quantidades de proteínas residuais. Resultados semelhantes foram descritos por Deufra *et al.* (2020) ao avaliarem resíduos de casca de batata e por Silva *et al.* (2020) em farinhas de raízes tropicais, evidenciando que, embora minoritária, a fração proteica pode contribuir para interações intermoleculares adicionais, favorecendo a coesão estrutural dos filmes.

A região espectral entre 1200 e 900 cm^{-1} apresentou as bandas mais intensas em ambas as farinhas, sendo atribuída às vibrações de estiramento C-O, C-O-C e às vibrações do anel glicosídico. Essa região é considerada a impressão digital dos

polissacarídeos, especialmente do amido e da celulose (ZHANG *et al.*, 2019). No presente estudo, a farinha de casca de mandioquinha-salsa apresentou maior intensidade relativa nessa região quando comparada à farinha de casca de batata, sugerindo maior contribuição de polissacarídeos estruturais ou diferenças na organização molecular dessas cadeias.

Diferenças na intensidade das bandas entre 1000 e 900 cm^{-1} também foram observadas entre as amostras, indicando possíveis variações na cristalinidade relativa do amido. Estudos demonstram que variações na organização do amido influenciam diretamente propriedades mecânicas e de barreira de filmes comestíveis (MARTINS *et al.*, 2021). Assim, as diferenças espectrais observadas entre batata e mandioquinha-salsa podem explicar comportamentos distintos dos revestimentos desenvolvidos a partir dessas farinhas.

De forma geral, os resultados de FTIR obtidos neste estudo estão em consonância com a literatura e confirmam que tanto a farinha da casca de batata quanto a farinha da casca de mandioquinha-salsa são matrizes polissacarídicas altamente hidrofílicas, estruturalmente adequadas para aplicação em revestimentos comestíveis. A maior intensidade das bandas associadas a grupos hidroxila e ligações glicosídicas na farinha de mandioquinha-salsa sugere um potencial superior para formação de revestimentos mais flexíveis e homogêneas, enquanto a farinha de casca de batata apresenta características que podem favorecer maior rigidez estrutural.

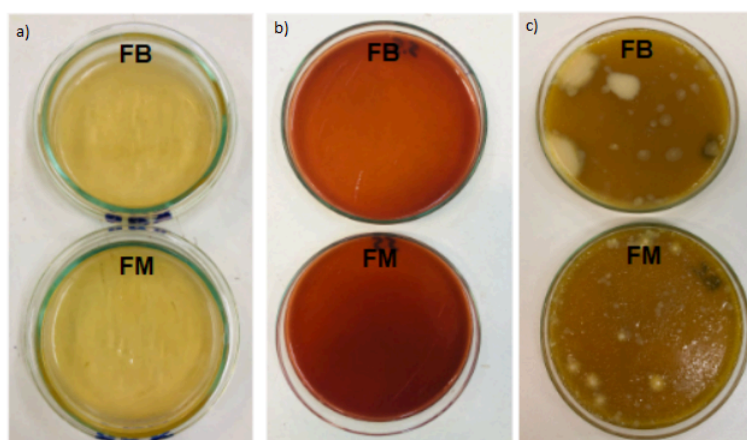
3.5 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

Os resultados microbiológicos das farinhas obtidas a partir das cascas de batata inglesa e mandioquinha-salsa, estão apresentados na tabela 6, e demonstraram conformidade com os limites estabelecidos pela legislação sanitária vigente (BRASIL, 2022), indicando adequadas condições de higiene e segurança alimentar. Esses resultados reforçam o potencial dessas farinhas como ingredientes seguros para aplicação em formulações alimentícias.

Tabela 6 - Avaliação microbiológica das farinhas de casca de batata (FB) e mandioquinha-salsa (FM)

Microrganismos	FB	FM	Limites
<i>Escherichia coli</i> /g	<10	<10	10
<i>Salmonella</i> spp/25g	ausência	ausência	ausência
<i>Bacillus cereus</i> presuntivo /g	<10	<10	10 ²

Figura 4 - Placas após incubação.



Fonte: Arquivo pessoal, 2025

Legenda: a) ágar Harlequin[®]; b) ágar Hektoen; c) ágar para *B. cereus*.

A conversão das cascas vegetais em farinhas resultou em menor teor de umidade e atividade de água, parâmetros diretamente relacionados à estabilidade microbiológica e à extensão da vida útil. A redução da *a_w* inibe o crescimento microbiano e minimiza reações deteriorativas, como oxidação lipídica e escurecimento enzimático, preservando a qualidade físico-química e sensorial do produto (ARAÚJO *et al.*, 2017; STORCK *et al.*, 2015). Assim, além de seguras, as farinhas desenvolvidas apresentam características que as tornam alternativas sustentáveis e tecnicamente adequadas ao aproveitamento de resíduos agroindustriais na produção de alimentos funcionais.

4. CONCLUSÃO

A produção de farinhas a partir das cascas de batata inglesa e de mandioquinha-salsa demonstrou ser uma alternativa tecnicamente viável e ambientalmente sustentável para o aproveitamento de resíduos agroindustriais, contribuindo para a redução do desperdício de alimentos e para o fortalecimento dos princípios da economia circular. Os rendimentos obtidos (10,0% e 11,46%), aliados à composição centesimal, evidenciaram que esses subprodutos podem ser convertidos em ingredientes de valor agregado, com teores expressivos de fibras, proteínas e minerais, reforçando seu potencial nutricional e tecnológico.

As análises físico-químicas e bioativas evidenciaram características favoráveis à aplicação industrial, incluindo coloração naturalmente amarelada e funcionalidade adequada em diferentes formulações. Destaca-se que a farinha da casca de batata inglesa apresentou maiores teores de compostos fenólicos totais (166,30 mg EAG/100 g), enquanto a farinha da mandioquinha-salsa exibiu maior atividade antioxidante (EC_{50} de 5,21 g de farinha/g DPPH), demonstrando o potencial de ambas como ingredientes funcionais e nutraceuticos.

A caracterização estrutural por espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) confirmou que ambas as farinhas apresentam perfis típicos de matrizes polissacarídicas, com predominância de bandas associadas a grupos hidroxila e ligações glicosídicas, indicando elevada afinidade por água e capacidade de estabelecer interações intermoleculares. Esses resultados corroboram as propriedades tecnológicas observadas, especialmente as elevadas capacidades de absorção de água e óleo, a solubilidade intermediária e a formação de estruturas adequadas para aplicações alimentícias e potenciais sistemas filmogênicos.

Por fim, a segurança microbiológica associada aos baixos valores de atividade de água, umidade e pH, assegurou a segurança e a estabilidade das farinhas obtidas. Dessa forma, os resultados consolidam a utilização das cascas de batata inglesa e de mandioquinha-salsa como uma estratégia promissora para o desenvolvimento de ingredientes funcionais, seguros e sustentáveis, capazes de agregar valor à cadeia produtiva de alimentos e promover benefícios ambientais, econômicos e nutricionais.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKYILDIZ, A.; AKYILDIZ, B.; KARA, S. Functional properties of potato peel powder as affected by drying method. *International Journal of Food Engineering*, v. 6, n. 5, p. 1–10, 2010.
- ALMEIDA, R. L. J.; SOUZA, M. F.; PEREIRA, L. S.; COSTA, F. A.; OLIVEIRA, T. R. Análises físico-química e microbiológicas de farinha elaborada do aproveitamento da casca de kiwi. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 3, p. e92932522, 2020.
- ALVARES, V. D. S.; SILVA, R. P.; LIMA, C. F.; SANTOS, A. L. Enriquecimento de farinha de mandioca com matérias-primas regionais amazônicas. 2021.
- AMADEU, L. T. S.; MOREIRA, R. C.; SOUZA, D. F.; ALMEIDA, J. P. Características físicas e físico-químicas da casca da batata-baroa. 2018.
- ANDERSON, R. A.; CONWAY, V. F. P.; GRIFFIN, E. L. Gelatinization of corn grits by roll-and extrusion-cooking. *Cereal Science Today*, v. 14, n. 1, p. 4-7, 1969.
- ANDREWS, W. H.; JACOBSON, A.; HAMMACK, T. Salmonella. In: *Bacteriological Analytical Manual Online*. FDA, 2011. Disponível em: <https://www.fda.gov/food/laboratorymethods-food/bam-chapter-5-salmonella>. Acesso em: 20 jan. 2023.
- ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução RDC nº 724, de 1º de julho de 2022. Dispõe sobre os padrões microbiológicos de alimentos e sua aplicação. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 6 jul. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa>. Acesso em: 20 jan. 2023.
- ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Instrução Normativa nº 161, de 1º de julho de 2022. Estabelece os padrões microbiológicos dos alimentos. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 6 jul. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa>. Acesso em: 20 jan. 2023.
- AOAC INTERNATIONAL. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 18. ed. Gaithersburg, MD: AOAC International, 2005.
- AOAC INTERNATIONAL. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 19. ed. Gaithersburg, MD: AOAC International, 2012.
- ARAÚJO, K. T. A.; SILVA, M. F.; PEREIRA, L. R.; COSTA, F. J. Caracterização físico-química de farinhas de frutas tropicais. *Revista Brasileira de Agrotecnologia*, v. 7, n. 2, p. 110–115, 2017.
- ARO, S. O.; OKONKWO, P. O.; EBONG, C. O.; UMAR, A. Proximate composition and amino acid profile of differently processed cassava peels. *Livestock Research for Rural Development*, v. 20, n. 11, 2008.

ALVARENGA, F.; MORAES, J. O.; SILVA, R. C.; LUCAS, A. A. Edible coatings from food processing by-products: a sustainable approach for fruit conservation. *Food Hydrocolloids*, v. 119, p. 106–123, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA BATATA. Batata. 2024. Disponível em: <https://www.abbabatatabrasileira.com.br/caracteristicas-da-batata/>. Acesso em: 12 ago. 2024.

BACKES, E., & GENENA, A. K. (2020). Investigação da valorização de três variedades de casca de batata como fonte antioxidante natural. *Revista Cultivando o Saber*, 13(3), 36-46.

BARNABÉ, B. P.; SILVA, R. T.; MORAES, L. F.; ALMEIDA, C. R. Produção de bioplástico a partir da casca de batata. In: CONGRESSO NACIONAL UNIVERSIDADE, EAD E SOFTWARE LIVRE, 2020. Anais... Local de publicação: Editora, 2020.

BARROS, A. P.; SANTOS, L. F.; PEREIRA, M. M.; COSTA, S. M. Postharvest physiology and quality changes of tomatoes subjected to different storage conditions. *Postharvest Biology and Technology*, v. 188, p. 111–122, 2022.

BATISTA, R. D. Compostos fenólicos e atividade antioxidante de farinha de casca de batata (*Solanum tuberosum* L.) obtida por diferentes métodos de extração. 2022. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2022.

BATISTA, G.; SILVA, P.; DRUMMOND, A. L. Análise de acidez titulável em farinhas. In: 59º Congresso Brasileiro de Química, João Pessoa, PB, 2019. Disponível em: <https://www.abq.org.br/cbq/2019/trabalhos/4/852-26675.html>. Acesso em: 30 ago. 2024.

BELING, P. C.; SOUZA, R. L.; MENDES, F. A.; ALMEIDA, T. R. Produção e caracterização nutricional de farinha do resíduo agroindustrial de batata-mandioquinha (*Arracacia xanthorrhiza*). In: FONTES ALTERNATIVAS DE ÁGUA E SEU TRATAMENTO VISANDO O REÚSO, 2020. Anais... Local de publicação: Editora, 2020.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, p. 911-917, 1959.

BRAHMI, F.; MATEOS-APARICIO, I.; GARCIA-ALONSO, A.; ABACI, N.; SAOUDI, S.; SMAIL-BENAZZOUZ, L.; GUEMGHAR-HADDADI, H.; MADANI, K.; BOULEKBACHE-MAKHLOUF, L. Optimization of conventional extraction parameters for recovering phenolic compounds from potato (*Solanum tuberosum* L.) peels and their application as an antioxidant in yogurt formulation. *Antioxidants*, v. 11, n. 7, p. 1401, 2022. DOI: 10.3390/antiox11071401.

BRANDÃO, A. D. C. A. S.; SILVA, M. F.; PEREIRA, L. R.; OLIVEIRA, T. R. Composição centesimal, índice de absorção em água e índice de solubilidade em água de farinha de trigo comercializada em Teresina-PI. *A Produção do Conhecimento nas Ciências da Saúde*, v. 2, 2019.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT – Food Science and Technology*, v. 28, n. 1, p. 25–30, 1995.

BRASIL. Resolução n.º 12 - CNNPA, de 24 de julho de 1978. Aprova padrões de identidade e qualidade relativos a alimentos e bebidas.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa n.º 161, de 1º de julho de 2022. Estabelece os padrões microbiológicos dos alimentos.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Resolução de Diretoria Colegiada n.º 724, de 1º de julho de 2022. Dispõe sobre os padrões microbiológicos dos alimentos e sua aplicação.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Resolução de Diretoria Colegiada n.º 711, de 1º de julho de 2022. Dispõe sobre os requisitos sanitários dos amidos, biscoitos, cereais integrais, cereais processados, farelos, farinhas, farinhas integrais, massas alimentícias e pães.

CHEN, X.; BERTIN, R.; FROLDI, G. EC50 estimation of antioxidant activity in DPPH assay using several statistical programs. *Food Chemistry*, v. 138, n. 1, p. 414–420, 2012.

CHOHAN, N. A.; IQBAL, H. M. N.; KHAN, A.; HUSSAIN, S.; SALEEM, M.; NIAZI, M. B. Valorisation of potato peel wastes for bioethanol production using simultaneous saccharification and fermentation: Process optimization and kinetic assessment. *Renewable Energy*, v. 146, p. 1031–1040, 2020.

COELHO, L. M.; WOSIACKI, G. Avaliação sensorial de produtos panificados com adição de farinha de bagaço de maçã. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 30, n. 3, p. 582-588, 2010.

COZMA, A.; POPA, M.; ION, D.; VASILE, C.; MARIN, R. Determination of some nutritional parameters of potato peel powder obtained by different drying methods. *Research Journal of Agricultural Science*, v. 56, n. 2, p. 87–94, 2024.

CRISTO, T. W.; SILVA, M. R.; PEREIRA, L. F.; OLIVEIRA, A. C. Barra de cereais com adição de farinha de casca de chuchu: caracterização físico-química e sensorial entre crianças. *Semina: Ciências Biológicas e da Saúde*, v. 36, n. 2, p. 85–96, 2015.

DA SILVA SOUSA, C.; ALMEIDA, R. L.; MENDES, F. A.; SANTOS, L. G. Propriedades tecnológicas de farinhas de resíduos agroindustriais de abacaxi.

Desafios: Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins, v. 10, n. 3, 2023.

DAS CHAGAS, E. G. R.; MORAES, R. L.; OLIVEIRA, T. R.; PEREIRA, L. S.; SILVA, M. F. Chemical characterization and antioxidant potential of mango peel flour (*Mangifera indica* L.). *Journal of Food Science and Technology*, v. 57, p. 3250–3258, 2020.

DEUFRAS, F.; SANTOS, J. S.; MARTINS, J. T.; CERQUEIRA, M. A. Valorization of potato peel waste: chemical composition, structural characterization and application in biodegradable films. *Carbohydrate Polymers*, v. 230, p. 115–128, 2020.

DROGUETT, C.; SALAZAR, C.; SEPÚLVEDA, E.; MURILLO, P.; SÁNCHEZ, E. Phenolic composition and antioxidant capacity of Chilean dried plums (*Prunus domestica* L.): Evaluation of hot air- and vacuum-drying processes. *Food Chemistry*, v. 217, p. 85–92, 2017.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Ciência que transforma: resultados e impactos positivos da pesquisa agropecuária na economia, no meio ambiente e na mesa do brasileiro*. Brasília, DF: Embrapa, 2020.

FANELLI, F.; ROCHA, P. M.; SILVA, L. F.; ALMEIDA, R. L. Chemical composition of cassava-based feed ingredients. *Animal Bioscience*, v. 36, n. 4, p. 512–520, 2023.

FANG, J.; YANG, Y.; ZHANG, L.; WANG, S. Structural characterization of polysaccharide-based films by FTIR and its relationship with mechanical properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 150, p. 12–21, 2020.

FERNANDES, A. F.; SOUZA, M. F.; PEREIRA, L. F.; OLIVEIRA, A. C. Efeito da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de casca de batata (*Solanum tuberosum* L.). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 28, supl., p. 56–65, 2008.

FIDELIS, M.; SILVA, R. P.; MORAES, L. F.; ALMEIDA, C. R.; SANTOS, T. R. Camu-camu seed (*Myrciaria dubia*) – From side stream to an antioxidant, antihyperglycemic, antiproliferative, antimicrobial, antihemolytic, anti-inflammatory, and antihypertensive ingredient. *Food Chemistry*, v. 310, p. 125909, 2020.

FREITAS, E. C.; SOUZA, L. R.; MENDES, F. A.; ALMEIDA, T. R. Constituintes fenólicos e screening da capacidade antioxidante de coprodutos desidratados de *Theobroma grandiflorum*. *Revista Virtual Química*, v. 9, p. 2193–2203, 2017.

GALDINO, A. S.; SILVA, M. F.; PEREIRA, L. R.; ALMEIDA, R. L. Farinha de casca de batata inglesa (*Solanum tuberosum*): obtenção, rendimento e caracterização. In: *Anais do Congresso Brasileiro Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia*, Diamantina (MG), 2024. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/cobicet2024/814822>. Acesso em: 30 jul. 2025.

GARMUS, T. T.; SOUZA, E. R.; LIMA, R. S.; PEREIRA, A. C. Elaboração de biscoitos com adição de farinha de casca de batata (*Solanum tuberosum* L.). *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, v. 3, n. 2, 2009.

GOMES, P. M. A.; PRIMO, D. M. B.; BARBOSA, A. A. Elaboração da farinha da casca de batata-doce e utilização na produção de barras de cereais. *Revista Brasileira de Agrotecnologia*, v. 11, n. 2, p. 931-935, abr./jun. 2021.

GONÇALVES, L. P. Elaboração de farinha de casca de batata (*Solanum tuberosum*) como proposta de aproveitamento de resíduos de alimento. 2022.

HEIM, K. E.; TAGLIAFERRO, A. R.; BOBILYA, D. J. Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, v. 13, n. 10, p. 572-584, 2002.

HOFFMANN, F. L. Fatores limitantes à proliferação de microrganismos em alimentos. *Brasil Alimentos*, n. 9, jul./ago. 2001.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos*. 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985. v. 1, p. 27.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. 4. ed. São Paulo: IAL, 2008. 1018 p.

ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 9308-1:2014. Water quality — Enumeration of *Escherichia coli* and coliform bacteria — Part 1: Membrane filtration method. Geneva: ISO, 2014.

ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 6579-1:2017. Microbiology of the food chain — Horizontal method for the detection, enumeration and serotyping of *Salmonella* — Part 1: Detection of *Salmonella* spp. Geneva: ISO, 2017.

ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 7932:2004. Microbiology of food and animal feeding stuffs — Horizontal method for the enumeration of presumptive *Bacillus cereus* — Colony-count technique at 30 °C. Geneva: ISO, 2004.

JACINTO, G.; SILVA, R. P.; ALMEIDA, L. T.; MENDES, F. A.; OLIVEIRA, C. R. Effect of potato peel, pumpkin seed, and quinoa flours on sensory and chemical characteristics of gluten-free breads. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 23, e2019169, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.16919>.

JAROSZEWSKI DA ROSA, D.; VICENZI, R. Avaliação da qualidade de farinhas produzidas a partir de diferentes cultivares de batata-doce. *Salão do Conhecimento*, v. 6, n. 6, 2020.

JEDDOU, K. B.; MCHICH, A.; CHAABOUNI, S. E.; GHARBI, R.; HAMDI, M. Structural, functional, and antioxidant properties of water-soluble polysaccharides from potato peels. *Food Chemistry*, v. 205, p. 97–105, 2016.

JEDDOU, K. B.; MCHICH, A.; CHAABOUNI, S. E.; GHARBI, R.; HAMDI, M. Structural, functional, and biological properties of potato peel oligosaccharides. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 112, p. 1146–1155, 2018.

JIMÉNEZ-CHAMPI, M.; LÓPEZ, R.; MARTÍNEZ, A.; GARCÍA, P.; HERNÁNDEZ, L. Bioactive compounds in potato peels: extraction and applications. *Foods*, v. 12, n. 8, p. 1552, 2023.

KOWALSKI, R.; KOWALSKA, G.; PANEK, A. Chemical composition and FTIR analysis of potato peel as an agricultural waste. *Journal of Food Science and Technology*, v. 56, n. 8, p. 3866–3875, 2019.

LEAL, L.; CAMILLOTO, G. P.; CRUZ, R. S. Substituição parcial da farinha de trigo pela mistura de farinha de casca de batata e casca de manga, variedade Tommy Atkins. 2023.

LEÃO, D. P. Avaliação comparativa do potencial de farelo de trigo comercial e pericarpo de pequi como substratos na produção de fibras com capacidade antioxidante. 2013. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

LEONEL, M.; FREITAS, T. S.; MISCHAN, M. M. Physical characteristics of extruded cassava starch. *Scientia Agricola*, v. 66, n. 4, p. 486-493, 2009.

LIMA, A. W. O.; SOUSA, C. P. Infecções e intoxicações alimentares. In: *Aspectos da ciência e tecnologia de alimentos*. João Pessoa: Nova Idéia, 2002. p. 175-199.

LIMA, I. D. S.; SILVA, J. F.; ARAÚJO, R. M.; OLIVEIRA, L. G. Avaliação das potencialidades dos extratos vegetais de jurema preta (*Mimosa tenuiflora*) e cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) para uso em embalagens ativas antimicrobianas e antioxidantes. 2021.

LIU, D.; ZHANG, L.; YANG, Y.; LI, S. FTIR and physicochemical characterization of plant-based biopolymer films. *Food Chemistry*, v. 274, p. 215–223, 2019.

MA, M.; ZHANG, H.; LIU, X.; WANG, X. Effect of drying methods on physicochemical properties and antioxidant capacity of potato peel flour. *LWT – Food Science and Technology*, v. 136, p. 110352, 2021.

MACHADO, A. M. R.; SILVA, L. R.; GOMES, F. S.; ALMEIDA, P. N. Caracterização físico-química de farinhas de resíduos agroindustriais para uso em produtos de panificação. *Brazilian Journal of Food Research*, v. 11, n. 2, p. 1–14, 2020.

MACIEL, M. I. S.; SOUZA, E. R. B.; LIMA, R. S.; PEREIRA, A. C. Produção de biscoitos com adição de farinha de casca de batata-doce. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 15, n. 1, p. 8–14, 2020.

MARTINS, J. T.; CERQUEIRA, M. A.; VICENTE, A. A. Influence of polysaccharide structure on the properties of edible films and coatings. *Food Hydrocolloids*, v. 112, p. 106–134, 2021.

MARTINS, Z. E.; PINHO, O.; FERREIRA, I. M. P. L. V. O. Effects of different drying methods on the nutritional and antioxidant properties of potato peel flour. *Food Chemistry*, v. 354, p. 129534, 2021.

MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L. A. G. Capacidade antioxidante de farinhas de resíduos vegetais. *Revista Ciência Agronômica*, v. 49, n. 2, p. 199-207, 2018.

MELO, P. S.; BERGAMASCHI, K. B.; TIVERON, A. P.; MASSARIOLI, A. P.; OLDONI, T. L. C.; ZANUS, M. C.; ALENCAR, S. M. Antioxidant activity and polyphenol content of peel and pulp of Brazilian potatoes. *Food Chemistry*, v. 273, p. 441-449, 2019.

MENEZES, E. W.; GIUNTINI, E. B.; LAJOLO, F. M.; CORDENUNSI, B. R.; FRANCO, C. M. L. Propriedades funcionais de farinhas de batata. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 23, e2019183, 2020.

MENDES, C. E.; SANTOS, L. C.; PEREIRA, M. J.; OLIVEIRA, A. R.; COSTA, F. N. Produção e caracterização de biscoitos enriquecidos com farinha de casca de batata. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, v. 79, 2020.

MENDES, R. A.; OLIVEIRA, D. S.; LIMA, F. T.; BARBOSA, J. P.; ALMEIDA, R. C. Propriedades tecnofuncionais de farinhas obtidas de resíduos agroindustriais. *Ciência Rural*, v. 53, n. 5, e20220031, 2023.

MONDAL, K. C.; MALHOTRA, V.; JAIN, R.; SINGH, N. Fruit ripening: metabolic changes and applications in postharvest technology. *Postharvest Biology and Technology*, v. 54, p. 345-352, 2009.

OLIVEIRA, A. C.; SILVA, M. F.; PEREIRA, L. R.; ALMEIDA, R. L.; SANTOS, T. R. Elaboração de bolo enriquecido com farinha de casca de batata. *Revista Brasileira de Agroindústria*, v. 15, p. 89–96, 2019.

OLIVEIRA, J. A.; MENDES, F. A.; LIMA, R. S.; ALMEIDA, C. R.; SOUZA, L. R. Avaliação da composição centesimal e da atividade antioxidante de farinha de casca de batata-doce. *Revista Ciências Exatas e Naturais*, v. 22, n. 2, p. 77–88, 2020.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Relatório sobre desperdício de alimentos. Roma: FAO, 2019.

PAIVA, A. P.; SILVA, M. F.; LIMA, R. S.; ALMEIDA, C. R. Composição centesimal e propriedades funcionais de farinha da casca de batata. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 42, p. 345–352, 2019.

PEREIRA, D. D.; MENDES, F. A.; OLIVEIRA, J. A.; SILVA, L. F.; ALMEIDA, R. L. Desenvolvimento e avaliação de biscoitos com adição de farinha da casca de batata inglesa (*Solanum tuberosum* L.). *Revista Agrotecnologia*, v. 10, n. 2, p. 120–130, 2019.

PEREIRA, E. C.; SOUZA, M. F.; LIMA, R. S.; SILVA, C. R.; ALMEIDA, L. T. Aproveitamento de resíduos agroindustriais na produção de alimentos funcionais. *Revista Verde*, v. 15, n. 2, p. 67–74, 2020.

REIS, L. M. M. Efeito da ozonização sobre compostos bioativos e atividade antioxidante de casca de batata (*Solanum tuberosum* L.). 2024. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Federal de São João del-Rei, São João del-Rei, 2024.

PRADO, R. S.; SILVA, M. F.; OLIVEIRA, A. C.; LIMA, R. S.; ALMEIDA, C. R. Elaboração de cookies enriquecidos com farinha de casca de batata. *Revista da Universidade Vale do Rio Verde*, v. 18, n. 1, p. 1–12, 2020.

ROBERTSON, J. A.; MONREDON, F. D.; DYSSER, F.; GUILLON, F.; AMADO, R.; THIBAUT, J. F. Hydration properties of dietary fibre and resistant starch: a European collaborative study. *LWT – Food Science and Technology*, v. 33, n. 2, p. 72–79, 2000.

ROCHA, R. P.; SILVA, L. F.; ALMEIDA, R. L.; MENDES, F. A.; OLIVEIRA, J. A. Caracterização e aplicação de farinha da casca de mandioquinha-salsa. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 23, e2019187, 2020.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007. 4 p. (Comunicado Técnico, 127).

SALGADO, J. M.; SOUZA, M. F.; ALMEIDA, C. R.; SILVA, R. F.; LIMA, R. S. Produção de farinha de resíduos agroindustriais e sua aplicação em produtos alimentícios. *Revista de Alimentos e Nutrição*, v. 30, n. 2, p. 1–12, 2019.

SANTANA, F. C.; SILVA, M. A. P.; SOUZA, E. C. Caracterização funcional de farinhas de tubérculos andinos. *Journal of Food Science and Technology*, v. 54, n. 8, p. 2450–2458, 2017.

SCHMIDT, V. C.; LAURINDO, J. B.; YAMASHITA, F. Characterization of starch-based biodegradable films reinforced with agro-industrial residues. *Carbohydrate Polymers*, v. 247, p. 116–128, 2021.

- SERENO, A. C.; SILVA, M. F.; LIMA, R. S.; ALMEIDA, C. R.; SOUZA, L. R. Caracterização química e atividade antioxidante da casca e polpa de maná-cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal). *Food Research International*, v. 137, p. 109426, 2020.
- SHARMA, P.; KAUR, M.; SINGH, B.; et al. Utilization of fruit and vegetable by-products for the development of functional foods: a review. *Journal of Food Processing and Preservation*, v. 46, n. 5, e16512, 2022.
- SILVA, A. A.; MENDES, F. A.; LIMA, R. S.; ALMEIDA, R. L. Propriedades tecnológicas de farinhas obtidas a partir de resíduos vegetais. *Revista de Ciências Exatas e da Terra*, v. 10, p. 45–53, 2019.
- SILVA, F. A.; OLIVEIRA, A. C.; MENDES, F. A.; ALMEIDA, C. R. Desenvolvimento de bolos com farinha de casca de batata-doce. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 7, p. 48123–48134, 2020.
- SILVA, J. C.; ALMEIDA, R. L.; MENDES, F. A.; SILVA, L. F.; OLIVEIRA, A. C. Obtenção e caracterização de farinha da casca de batata inglesa. *Revista Científica de Produção e Consumo Sustentável*, v. 9, p. 122–132, 2019.
- SILVA, R. F.; ALMEIDA, C. R.; MENDES, F. A.; OLIVEIRA, J. A.; SILVA, M. F. Uso de farinha da casca de batata na elaboração de snacks extrusados. *Revista Brasileira de Agroindústria*, v. 15, p. 143–152, 2019.
- SILVA, T. A.; SOUZA, C. F.; ALMEIDA, R. L. J. Chemical and structural characterization of tropical root flours by FTIR spectroscopy. *Journal of Food Processing and Preservation*, v. 44, n. 3, e14321, 2020.
- SILVA, T. A.; SOUZA, L. R.; ALMEIDA, R. L.; MENDES, F. A.; OLIVEIRA, J. A. Elaboração de barras de cereais com adição de farinha da casca de batata. *Revista Saúde e Pesquisa*, v. 12, n. 3, p. 509–518, 2019.
- SINGH, J.; KAUR, L. Potato peel as a source of dietary fiber: composition and potential applications. *Journal of Food Science and Technology*, v. 52, n. 7, p. 3943–3952, 2015.
- SOARES, R. R.; SILVA, M. F.; ALMEIDA, C. R.; LIMA, R. S.; MENDES, F. A. Produção e caracterização de farinhas de resíduos agroindustriais para panificação. *Revista Ciência em Foco*, v. 13, n. 1, p. 33–45, 2020.
- SOUZA, V. F.; SILVA, L. F.; GERMANI, R.; LIMA, R. M.; SANTOS, M. M. Efeito da granulometria na atividade de água em farinha mista extrusada de cascas e albedo de maracujá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) e arroz (*Oryza sativa* L.). *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 1, p. 12619–12628, 2020.
- SPINELLI, M. C.; SILVA, L. F.; ALMEIDA, R. L.; MENDES, F. A.; OLIVEIRA, J. A. Composição de farinha de casca de batata inglesa. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 24, n. 3, p. 182–190, 2020.

TORRES, J. D.; ALMEIDA, C. R.; SILVA, M. F.; MENDES, F. A.; OLIVEIRA, A. C. Aplicação de farinha de casca de batata em produtos de panificação. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, v. 14, p. 101–110, 2020.

UNITED STATES. Food and Drug Administration (FDA). *Bacteriological analytical manual*. 8. ed. Silver Spring: FDA, 2017. Disponível em: <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bacteriological-analytical-manual-bam>

VENDRUSCOLO, J. L.; SILVA, M. F.; ALMEIDA, R. L.; MENDES, F. A.; OLIVEIRA, J. A. Produção de biscoitos utilizando farinha de casca de batata inglesa. *Revista Alimentos e Nutrição*, v. 29, p. 1–9, 2018.

VESCOVO, M.; SILVA, R. F.; ALMEIDA, C. R.; MENDES, F. A.; OLIVEIRA, J. A. The valorization of potato peels as a functional ingredient. *Processes*, v. 13, n. 4, p. 705, 2025.

YANG, Y.; LIU, D.; WU, Z.; ZHANG, L. Relationship between hydroxyl group density and film-forming ability of polysaccharide-based materials. *Carbohydrate Polymers*, v. 181, p. 467–476, 2018.

ZHANG, Y.; LI, Y.; ZHOU, X.; WANG, H. FTIR analysis of polysaccharides: structural features and functional implications. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 123, p. 512–520, 2019.

ZHU, F.; LUO, X.; WANG, Y.; LI, R.; CHEN, J. Phenolic compounds and antioxidant properties of potato (*Solanum tuberosum* L.) peel extracts. *Journal of Functional Foods*, v. 60, p. 103438, 2019.

ARTIGO 2 - DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS À BASE DE FARINHA DA CASCA DE BATATA INGLESA E DE MANDIOQUINHA-SALSA COM AÇAFRÃO-DA-TERRA E SEU EFEITO NA PRESERVAÇÃO DE TOMATES ORGÂNICOS

RESUMO: A crescente demanda por soluções sustentáveis na cadeia agroalimentar tem impulsionado o aproveitamento de resíduos agroindustriais como matérias-primas funcionais. Nesse contexto, este estudo teve como objetivo desenvolver, caracterizar e aplicar revestimentos comestíveis à base de farinhas das cascas de batata inglesa (*Solanum tuberosum*) e mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza*), com e sem adição de açafrão-da-terra (*Curcuma longa*), visando à conservação pós-colheita de tomates orgânicos (*Solanum lycopersicum*). Os revestimentos foram obtidos por solubilização sob aquecimento controlado (60–70 °C) e caracterizados quanto às propriedades físico-químicas, colorimétricas, teor de compostos fenólicos totais, atividade antioxidante e qualidade microbiológica, apresentando conformidade com os limites legais. A incorporação de açafrão-da-terra promoveu intensificação da coloração ($c^* \approx 55$; $h^\circ \approx 87$), além de aumento no teor de compostos fenólicos (PBA = 2,65 mg EAG/L) e na atividade antioxidante (PMA = 1,80 g revestimento/g DPPH). Os revestimentos foram aplicados por imersão, e os frutos armazenados por 13 dias sob condições ambiente (25 ± 2 °C) e refrigeradas (4 ± 2 °C), com controle sem revestimento. Durante o armazenamento, foram monitorados perda de massa, pH, acidez titulável, sólidos solúveis totais, relação SST/ATT, parâmetros colorimétricos e qualidade microbiológica. Os frutos revestidos apresentaram menor perda de massa e maior estabilidade físico-química e visual em comparação ao controle. Os revestimentos à base de mandioquinha-salsa destacaram-se por retardar o amadurecimento, preservando a acidez, a relação SST/ATT e a integridade dos pigmentos. A análise de correlação de Pearson evidenciou forte interdependência entre os atributos de qualidade, com destaque para a correlação negativa entre acidez titulável e sólidos solúveis, confirmando a dinâmica metabólica associada ao amadurecimento e demonstrando que os revestimentos modulam essas relações, promovendo maior estabilidade fisiológica. As análises microbiológicas confirmaram a segurança dos frutos, em conformidade com a legislação vigente. Em conjunto, os resultados demonstram que os revestimentos comestíveis à base de farinhas de cascas, especialmente aqueles formulados com mandioquinha-salsa, constituem uma estratégia eficaz, segura e sustentável para prolongar a vida útil de tomates orgânicos e agregar valor a resíduos agroindustriais.

Palavras-chave: Cobertura comestível; resíduos alimentares; sustentabilidade; reaproveitamento de resíduos; conservação pós-colheita.

ABSTRACT: The growing demand for sustainable solutions in the agri-food chain has driven the valorization of agro-industrial residues as functional raw materials. In this context, this study aimed to develop, characterize, and apply edible coatings based on flours obtained from potato peels (*Solanum tuberosum*) and arracacha peels (*Arracacia xanthorrhiza*), with and without the addition of turmeric (*Curcuma longa*), for the postharvest preservation of organic tomatoes (*Solanum lycopersicum*). The coatings were produced through solubilization under controlled heating (60–70 °C) and characterized in terms of physicochemical properties, color parameters, total phenolic compounds, antioxidant activity, and microbiological quality, all complying with regulatory standards. The incorporation of turmeric enhanced color intensity ($c^* \approx 55$; $h^\circ \approx 87$), as well as increased total phenolic content (PBA = 2.65 mg GAE/L) and antioxidant activity (PMA = 1.80 g coating/g DPPH). The coatings were applied by immersion, and the tomatoes were stored for 13 days under ambient (25 ± 2 °C) and refrigerated (4 ± 2 °C) conditions, with uncoated fruits used as control. Throughout storage, mass loss, pH, titratable acidity, total soluble solids, TSS/TA ratio, color parameters, and microbiological quality were evaluated. Coated fruits exhibited reduced mass loss and improved physicochemical and visual stability compared to the control. Coatings based on arracacha peel flour showed superior performance, delaying ripening, preserving acidity and TSS/TA ratio, and reducing pigment degradation. Pearson correlation analysis revealed strong interdependence among quality attributes, particularly the negative correlation between titratable acidity and total soluble solids, confirming the metabolic dynamics associated with ripening and demonstrating that the coatings modulate these interactions, promoting greater physiological stability. Microbiological analyses confirmed the safety of the fruits, in accordance with current regulations. Overall, the results demonstrate that edible coatings based on peel flours, especially those formulated with arracacha, represent an effective, safe, and sustainable strategy to extend the shelf life of organic tomatoes while adding value to agro-industrial residues.

Keywords: edible coating; food residues; sustainability; waste valorization; postharvest conservation.

1. INTRODUÇÃO

A intensificação dos debates globais sobre sustentabilidade e segurança alimentar tem impulsionado o desenvolvimento de tecnologias voltadas ao reaproveitamento de resíduos agroindustriais e à redução do desperdício de alimentos. Em 2019, aproximadamente 931 milhões de toneladas de resíduos alimentares foram geradas mundialmente, sendo cerca de 20% provenientes de frutas e hortaliças (PNUMA, 2021). Nesse contexto, a valorização de subprodutos vegetais, especialmente as cascas, destaca-se como estratégia relevante para mitigar impactos ambientais, promover a economia circular e maximizar o uso de recursos naturais ao longo da cadeia produtiva.

O reaproveitamento de cascas vegetais para obtenção de farinhas constitui uma alternativa tecnologicamente viável e nutricionalmente vantajosa, uma vez que esses materiais apresentam elevados teores de fibras, amido e compostos bioativos. As cascas de batata inglesa e de mandioquinha-salsa, por exemplo, são fontes relevantes de compostos fenólicos e antioxidantes, que podem ser incorporados em matrizes alimentares funcionais (HOSSAIN *et al.*, 2015; ACHINAS *et al.*, 2019). A conversão desses resíduos em ingredientes de valor agregado amplia sua aplicabilidade em sistemas inovadores, como os revestimentos comestíveis.

Os revestimentos comestíveis representam uma tecnologia sustentável emergente, capaz de prolongar a vida útil de frutas e hortaliças por meio da formação de uma barreira semipermeável que regula as trocas gasosas, a perda de umidade e a qualidade microbiana. Produzidas a partir de biopolímeros naturais, como amido, proteínas e lipídios, esses revestimentos também podem substituir embalagens plásticas sintéticas de baixa degradabilidade (SANTOS *et al.*, 2011; FAKHOURI *et al.*, 2015). Dessa forma, contribuem simultaneamente para a conservação pós-colheita e para a redução do impacto ambiental.

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) destaca-se como um modelo relevante para a aplicação desta tecnologia devido à sua elevada perecibilidade e importância econômica. Apesar do aumento do consumo de frutas e hortaliças, perdas significativas de tomates ainda ocorrem durante o armazenamento e o transporte, em decorrência de alterações fisiológicas e microbiológicas aceleradas (FERREIRA, 2004; MARTINS *et al.*, 2019). Tais perdas são intensificadas em regiões de clima

tropical, o que reforça a necessidade de estratégias de conservação mais eficazes e ambientalmente responsáveis.

Adicionalmente, a incorporação de compostos naturais bioativos, como o açafrão-da-terra (*Curcuma longa* L.), tem sido investigada como forma de potencializar a funcionalidade dos revestimentos comestíveis. A curcumina, principal composto ativo do açafrão, apresenta reconhecida atividade antioxidante e antimicrobiana, contribuindo para a estabilidade e segurança dos alimentos revestidos (PRIYADARSINI, 2014; HEWLINGS; KALMAN, 2017; BUNGHEZ *et al.*, 2019).

Nesse contexto, o presente estudo propõe o desenvolvimento e a caracterização de revestimentos comestíveis à base de farinha da casca da batata inglesa, farinha da casca da mandioquinha-salsa e açafrão-da-terra, bem como a avaliação de sua aplicação em tomates orgânicos, visando a ampliação da vida útil pós-colheita sob diferentes condições de armazenamento.

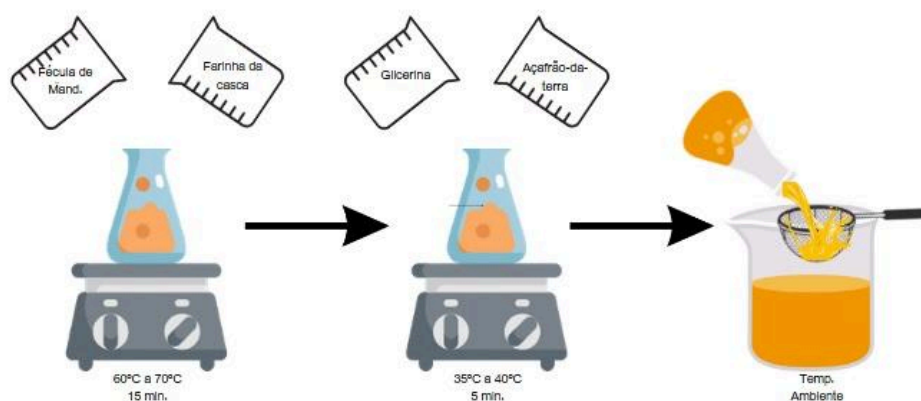
2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS

2.1.1 Desenvolvimento

As farinhas da casca de batata inglesa (*Solanum tuberosum* L.) e de mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza*) foram utilizadas nas formulações dos revestimentos, bem como fécula de mandioca, glicerina e açafrão-da-terra (*Curcuma longa* L.) em pó. Foram desenvolvidas quatro formulações, conforme porcentagens detalhadas na Tabela 1.

O processo de solubilização da farinha e da fécula foi conduzido conforme figura 1, em chapa aquecedora com agitação contínua, elevando a temperatura até a faixa de gelatinização do amido conforme a literatura para batata (60-69 °C) e mandioquinha-salsa (58-66 °C) (HOOVER, 2001; SINGH *et al.*, 2006; MAJZOBI; BEPARVA, 2014; MUÑOZ *et al.*, 2015). Após aproximadamente 15 minutos, a temperatura foi reduzida para 40 °C e, em chapa aquecedora e sob agitação, adicionou-se a glicerina e o açafrão-da-terra (nas formulações correspondentes) por mais 5 minutos. Em seguida, as soluções filmogênicas foram peneiradas para garantir uniformidade e resfriadas à temperatura ambiente.

Figura 1 - Fluxograma do desenvolvimento dos revestimentos.

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Tabela 1 - Porcentagens (m/v) das matérias-primas na composição dos revestimentos.

revestime ntos	FB	FM	Fécula de mandioca	Açafrão-da-terra	Glicerina
PBA	2	-	1	1	1
PMA	-	1	1	1	1
PB	3	-	1	-	1
PM	-	2	1	-	1

*Farinha da casca de batata (FB); farinha da casca de mandioquinha-salsa (FM); película com farinha da casca de batata (PB), película com farinha da casca de mandioquinha-salsa (PM), película com farinha da casca de batata e açafrão (PBA) e película com farinha da casca de mandioquinha-salsa e açafrão (PMA).

2.1.2 Propriedades químicas

A caracterização química das soluções filmogênicas foi realizada em triplicata, de acordo com os métodos padronizados da Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2012) e do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), contemplando as determinações de teor de umidade, cinzas, atividade de água (a_w), pH, acidez total titulável (ATT) e sólidos solúveis totais (SST). A atividade de água foi medida utilizando-se um analisador Aqualab (Meter, modelo 4TE). O teor de SST, expresso em °Brix, foi continuamente monitorado durante o preparo das soluções e utilizado como critério para a definição do ponto final de concentração das soluções filmogênicas, sendo padronizado em 3,5 °Brix.

A densidade das formulações foi determinada por picnometria, conforme o método descrito por Bezerra (2020), sendo os cálculos realizados a partir da equação 1.

$$\rho = (m_{pic. com película} - m_{pic. vazio}) / (m_{pic. com água} - m_{pic. vazio}) \quad (1)$$

2.1.3 Extração e quantificação de compostos fenólicos e determinação da atividade antioxidante

Os extratos das soluções filmogênicas foram preparados com base no procedimento descrito por Rufino *et al.* (2007), com adaptações. Alíquotas de 5,0 g de cada amostra foram submetidas à extração utilizando 40 mL de solventes (etanol 80%, metanol 80% e etanol 50%), permanecendo em repouso por 60 min, seguidas de centrifugação a 25.406,55 g por 15 min. Os sobrenadantes obtidos foram transferidos para balões volumétricos de 100 mL, enquanto os resíduos sólidos passaram por uma segunda etapa de extração empregando etanol 80%, metanol 80% e acetona 70%. Os extratos resultantes foram reunidos e o volume final ajustado para 100 mL com água destilada.

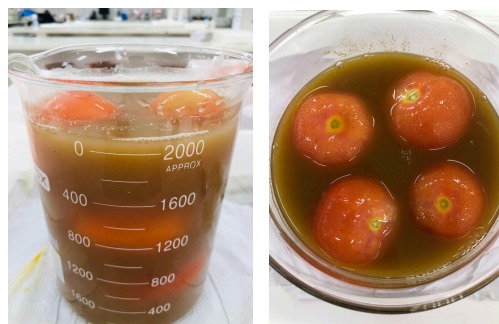
O teor de compostos fenólicos totais foi determinado pelo método de Folin–Ciocalteu, utilizando ácido gálico como padrão (Singleton; Rossi, 1965), com leitura da absorbância em 765 nm, sendo os resultados expressos em miligramas de equivalentes de ácido gálico (EAG) por 100 g de revestimentos. A atividade antioxidante foi avaliada pelo ensaio de sequestro do radical livre DPPH, conforme metodologia de Rufino *et al.* (2007), por meio da medição da redução da absorbância a 515 nm, empregando curva padrão entre 10 e 60 µM. Os resultados foram expressos como EC₅₀ (g de película / g de DPPH), calculado por regressão linear a partir das porcentagens de inibição obtidas em diferentes concentrações dos extratos.

2.2 APLICAÇÃO DOS REVESTIMENTOS EM TOMATES ORGÂNICOS

Os tomates orgânicos foram colhidos em lote único e uniforme, em estágio de maturação laranja-avermelhada, lavados em água corrente, sanitizados em solução de hipoclorito de sódio 100 ppm por 15 min (ANVISA, 2010), enxaguados e secos naturalmente. Os frutos foram imersos nas soluções filmogênicas (Figura 2), durante

1 min, formando uma única camada. Após, foram colocados sobre suportes vazados (Figura 3), para secagem à temperatura ambiente (23°C , 12h), e em seguida acondicionados em bandejas de isopor recobertas por filme plástico (Figura 4). Após, foram armazenados em duas condições diferentes: temperatura ambiente ($23 \pm 2^{\circ}\text{C}$) e sob refrigeração ($4 \pm 2^{\circ}\text{C}$). Como controle, foram utilizados tomates sem o revestimento, armazenados sob as mesmas condições, a fim de avaliar a influência dos revestimentos na conservação dos frutos ao longo do tempo.

Figura 2 - Imersão dos tomates nas soluções filmogênicas.



Fonte: Arquivo pessoal, 2025

Figura 3 - Secagem dos tomates após aplicação dos revestimentos



Fonte: Arquivo pessoal, 2025

Figura 4 - Tomates com e sem revestimentos acondicionados em bandejas



Fonte: Arquivo pessoal, 2025

2.3 AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS QUÍMICOS DE QUALIDADE DOS TOMATES

O delineamento experimental envolveu cinco tratamentos (controle = C; película com farinha de casca de batata = PB; película com farinha de casca de batata + açafrão = PBA; película com farinha de casca de mandioquinha-salsa = PM; película com farinha de casca de mandioquinha-salsa + açafrão = PMA) avaliados a cada três dias durante 13 dias de armazenamento. Foram utilizados 3 tomates para cada tratamento por dia de análise. As análises seguiram os métodos oficiais da Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2012) e do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 1985; 2008), sendo: perda de massa (%), pH, acidez total titulável (ATT), sólidos solúveis totais (SST) e relação SST/ATT.

2.4 COLORIMETRIA

A cor foi avaliada tanto nas soluções filmogênicas como nos tomates inteiros com e sem revestimentos, com auxílio de um colorímetro Konica Minolta (escala CIELab). Foram obtidos os valores de L^* (luminosidade), a^* (verde-vermelho) e b^* (azul-amarelo). A partir de a^* e b^* calculou-se a tonalidade (h°) e a intensidade de cor (c^*), que correspondem à percepção visual da cor e à saturação cromática, respectivamente, conforme as equações 2 e 3 descritas por Leão (2013).

$$h^\circ = \arctan(b^*/a^*) \quad (2)$$

$$c^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (3)$$

Além disso, a equação 4 foi utilizada para determinar a diferença total de cor (ΔE) dos tomates inteiros durante o período de armazenamento, proporcionando uma avaliação detalhada das variações cromáticas resultantes do uso das revestimentos nas diferentes temperaturas testadas.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (4)$$

2.5 MICROBIOLOGIA

Embora não existam normas específicas para filmes ou revestimentos comestíveis, aplicaram-se, por analogia, os critérios para frutas *in natura* segundo a Resolução RDC nº 724/2022 e a Instrução Normativa nº 161/2022 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Foram realizadas as análises de

Escherichia coli (meio cromogênico Agar Harlequin® *E.coli*/coliform) e de *Salmonella* spp. tanto nas soluções filmogênicas quanto nos tomates com e sem revestimentos conforme os procedimentos descritos no Bacteriological Analytical Manual (UNITED STATES, 2017).

2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram analisados no software R (R Development Core Team, 2021) por meio de análise de variância (ANOVA), seguida do teste de Tukey quando aplicável, adotando-se nível de significância de 5% ($p < 0,05$). As correlações entre as variáveis físico-químicas dos tomates foram determinadas pelo coeficiente de Pearson (r), utilizando-se os valores médios de cada tratamento ao longo do armazenamento. Como cada matriz foi calculada com cinco pontos temporais por tratamento (dias 1, 4, 7, 10 e 13), os resultados foram interpretados como uma análise exploratória da dinâmica conjunta das variáveis ao longo do armazenamento, sendo considerados como muito fortes os coeficientes com $|r| \geq 0,90$, fortes aqueles entre 0,70 e 0,89, moderados entre 0,50 e 0,69 e fracos quando $|r| < 0,50$.

Os resultados microbiológicos foram expressos em UFC g⁻¹ para *E. coli* e ausência/presença para *Salmonella* spp. e comparados aos limites estabelecidos pela IN nº 161/2022 da ANVISA.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DAS SOLUÇÕES FILMOGÊNICAS

3.1.1 Caracterização de qualidade e padronização

Os resultados referentes às propriedades de caracterização das soluções filmogênicas (tabela 2) elaboradas a partir das farinhas de cascas de batata inglesa e mandioquinha-salsa, com e sem adição de açafrão-da-terra, indicaram ausência de diferenças estatisticamente significativas para o teor de umidade, atividade de água, sólidos solúveis totais e densidade. Essa constatação sugere que a variação na composição das formulações não afetou substancialmente essas variáveis, demonstrando a consistência dos parâmetros básicos de caracterização e mantendo um padrão de identidade e qualidade das soluções filmogênicas.

Tabela 2- Caracterização físico-química das soluções filmogênicas compostas de farinha da casca da batata inglesa com açafrão-da-terra, (PBA), farinha da casca da mandioquinha-salsa com açafrão-da-terra (PMA), farinha da casca da batata inglesa (PB) e farinha da casca da mandioquinha-salsa (PM)

Parâmetros	PBA	PMA	PB	PM
Umidade (%)	92,33 ^a ± 0,02	92,54 ^a ± 0,02	92,2 ^a ± 0,11	92,31 ^a ± 0,04
aW	0,9962 ^a ± 0,00	0,9958 ^a ± 0,00	0,9956 ^a ± 0,00	0,9951 ^a ± 0,00
pH	5,90 ^a ± 0,05	5,42 ^b ± 0,04	6,12 ^a ± 0,09	5,28 ^b ± 0,08
Acidez (%)	0,96 ^c ± 0,14	1,04 ^c ± 0,09	2,55 ^a ± 0,10	1,36 ^b ± 0,09
SST (°Brix)	3,56 ^a ± 0,14	3,62 ^a ± 0,07	3,55 ^a ± 0,04	3,60 ^a ± 0,08
Densidade (g/ml)	1,027 ^a ± 0,00	1,026 ^a ± 0,00	1,026 ^a ± 0,01	1,025 ^a ± 0,00

*Médias (n=3) e desvio padrão

**Letras iguais nas linhas indicam que não houve diferença estatisticamente significativa pelo teste de Tukey (p < 0,05).

A determinação do teor de umidade e da atividade de água é fundamental na caracterização de biomateriais poliméricos. O teor de umidade está diretamente relacionado à flexibilidade, coesão e resistência mecânica dos revestimentos, influenciando sua eficiência funcional. Por sua vez, a atividade de água constitui um dos principais indicadores da estabilidade microbiológica do sistema. Nesse contexto, a avaliação conjunta desses parâmetros não se limita à análise da qualidade microbiológica dos revestimentos, mas também permite verificar sua padronização, assegurando uniformidade no conteúdo de água e, conseqüentemente, maior reprodutibilidade e consistência na aplicação dos revestimentos.

Adicionalmente, os valores de pH e acidez foram os únicos a apresentarem diferenças estatísticas entre as soluções filmogênicas, assumindo um papel estratégico no desempenho funcional das revestimentos, uma vez que afetam a estabilidade química da matriz e suas interações com o alimento recoberto. No caso específico dos tomates, a manutenção de um revestimento com equilíbrio ácido-base adequado é determinante para a preservação da cor, do sabor e da integridade estrutural, reduzindo perdas pós-colheita.

De modo complementar, o controle do teor de sólidos solúveis totais (SST) durante a formulação atua como um indicador tecnológico, permitindo avaliar a viabilidade da produção e a consistência entre diferentes lotes, aspecto crucial para aplicações em escala industrial. Essa análise foi utilizada como ponto de parada durante o preparo das formulações, mantendo o padrão de qualidade em todas as soluções filmogênicas. Outro parâmetro relevante é a densidade, diretamente relacionada à proporção entre sólidos e água na matriz polimérica. Essa característica interfere na espessura, na uniformidade e na adesão da película à superfície do alimento, impactando a eficiência da barreira física formada.

A literatura científica acerca das propriedades físico-químicas de revestimentos comestíveis ainda é limitada, visto que a maior parte dos estudos prioriza avaliações mecânicas e funcionais, não de soluções. Nesse sentido, os resultados aqui obtidos contribuem de forma inédita ao fornecer informações fundamentais sobre a composição e estabilidade desses biomateriais. A caracterização físico-química deve ser considerada etapa estratégica, pois subsidia a padronização e a reprodutibilidade tecnológica, aspectos essenciais para sua aplicação em escala industrial.

Este trabalho avança ao integrar análises pouco exploradas, fortalecendo a compreensão do desempenho dos revestimentos em condições práticas de uso. Dessa forma, a caracterização físico-química realizada neste estudo não se limita à descrição de propriedades, mas se posiciona como base para formulações mais eficientes e sustentáveis, contribuindo para preencher lacunas da literatura e ampliando as perspectivas de aplicação tecnológica dos revestimentos comestíveis no setor alimentício.

3.1.2 Compostos fenólicos totais (CF) e Atividade antioxidante (EC₅₀)

A Tabela 3 apresenta os resultados referentes à quantificação de compostos fenólicos totais e à atividade antioxidante das soluções filmogênicas. Observou-se um comportamento contrastante entre as formulações elaboradas apenas com farinhas de casca de batata inglesa (PB) e de mandioquinha-salsa (PM) e aquelas suplementadas com açafrão-da-terra (PBA e PMA). Enquanto PB e PM apresentaram valores reduzidos ou não detectáveis de fenólicos, as formulações com açafrão-da-terra evidenciaram teores expressivos, além de diferenças

significativas entre si, com destaque para PBA, que apresentou maior concentração de compostos fenólicos.

Tabela 3 - Compostos fenólicos - CF (mg EAG/L) e Atividade antioxidante - EC₅₀ (g revestimento/g DPPH) das soluções filmogênicas a base de farinha da casca da batata inglesa com (PBA) e sem (PB) açúcar-da-terra, e da mandioquinha-salsa com (PMA) e sem (PM) açúcar-da-terra

	E80	M80	E50 + A70
CF - PBA	2,48 ^{aA} ± 0,04	0,68 ^{bB} ± 0,02	2,65 ^{aA} ± 0,007
CF - PMA	1,19 ^{bA} ± 0,060	0,81 ^{aB} ± 0,013	0,81 ^{bB} ± 0,026
CF - PB	0,18 ^{cA} ± 0,020	ND	0,09 ^{cA} ± 0,004
CF - PM	ND	ND	ND
EC₅₀ - PBA	2,04 ^{bB} ± 0,090	2,54 ^{bA} ± 0,074	1,89 ^{bB} ± 0,060
EC₅₀ - PMA	2,04 ^{bB} ± 0,042	2,60 ^{bA} ± 0,082	1,80 ^{bC} ± 0,180
EC₅₀ - PB	3,10 ^{aB} ± 0,018	3,55 ^{aA} ± 0,028	3,15 ^{aB} ± 0,003
EC₅₀ - PM	3,13 ^{aB} ± 0,010	3,59 ^{aA} ± 0,014	3,18 ^{aB} ± 0,010

*Média ± desvio padrão (n=3)

**ND: não detectado (abaixo do limite de detecção do método)

***Letras minúsculas iguais na mesma coluna e mesmo parâmetro, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade;

****Letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Na película PM não foram detectados fenólicos pelo método de Folin-Ciocalteu em nenhuma das soluções extratoras, assim como em PB analisada na solução extratora metanol 80% (M80), ainda que essas amostras tenham exibido atividade antioxidante. Esse resultado pode estar associado à baixa concentração de fenólicos intrínsecos, possivelmente abaixo do limite de detecção do método, bem como às limitações de extração impostas pela matriz polimérica dos revestimentos. A ausência de detecção, portanto, não implica necessariamente ausência de compostos bioativos, mas pode refletir tanto restrições metodológicas quanto dificuldades de solubilização dos fenólicos.

Nas soluções contendo açúcar-da-terra, os fenólicos foram quantificados de forma consistente e associados a menores valores de atividade antioxidante, sobretudo quando extraídos com a combinação de etanol 50% + acetona 70% (E50

+ A70) e etanol 80% (E80), a qual se mostraram mais eficiente que metanol 80%. Esse comportamento está relacionado à presença de curcuminoides, em especial a curcumina, reconhecida por sua potente ação antioxidante e elevada solubilidade em solventes polares (PRIYADARSINI, 2014).

Entretanto, a atividade antioxidante observada não pode ser atribuída exclusivamente aos compostos fenólicos. Substâncias como carotenóides, vitaminas, peptídeos bioativos, açúcares redutores e compostos sulfurados também podem contribuir para a neutralização de radicais livres. Assim, a detecção de atividade antioxidante em soluções sem fenólicos quantificáveis confirma a contribuição de diferentes classes de metabólitos, em sinergia ou isoladamente. Esse comportamento, já descrito por Pereira *et al.* (2018), evidencia que a relação entre fenólicos totais e atividade antioxidante nem sempre é linear em matrizes complexas, reforçando a necessidade de análises complementares para compreender plenamente a funcionalidade desses revestimentos.

3.1.3 Colorimetria

Os parâmetros colorimétricos das soluções filmogênicas (L^* , h° e c^*) estão apresentados na tabela 4. A luminosidade (L^*), que varia de 0 (preto) a 100 (branco), destacou contrastes relevantes: as soluções elaboradas com farinha de casca de batata exibiram valores mais baixos, caracterizando tonalidades mais escuras, enquanto aquelas produzidas com farinha de casca de mandioquinha-salsa apresentaram luminosidade significativamente superior, conferindo aparência mais clara. Contudo, a adição de açafrão-da-terra não promoveu diferenças significativas na luminosidade entre soluções obtidas a partir da mesma matéria-prima, sugerindo que o efeito desse condimento foi menos expressivo nesse parâmetro em comparação à natureza das farinhas. Tais resultados corroboram o papel determinante dos pigmentos intrínsecos à batata e do elevado teor de amido presente na mandioquinha-salsa, que contribuem para intensificar ou atenuar o escurecimento ou não das formulações.

A análise da tonalidade (h°), parâmetro associado à posição da cor no círculo cromático, revelou maior sensibilidade à presença do açafrão-da-terra. As soluções contendo esse ingrediente apresentaram valores próximos a 90° , compatíveis com a coloração amarela intensa atribuída à elevada concentração de curcuminoides, diferindo estatisticamente das formulações sem o condimento. Nas soluções sem

açafrão-da-terra, os valores variaram entre 75 e 76°, indicando uma coloração amarelada menos pronunciada. Essa predominância da matiz amarela está em consonância com a literatura, que associa tonalidades dessa natureza à presença de carotenoides e compostos fenólicos, frequentemente relatados em farinhas vegetais minimamente processadas. Além de definirem a aparência, tais compostos são reconhecidos por suas propriedades bioativas, contribuindo para agregar valor funcional aos revestimentos comestíveis.

Tabela 4 - Parâmetros colorimétricos das soluções filmogênicas compostas por farinha da casca da batata com açafrão-da-terra, (PBA), farinha da casca da mandioquinha-salsa com açafrão-da-terra (PMA), farinha da casca da batata (PB) e farinha da casca da mandioquinha-salsa (PM)

revestimentos	L*	h°	c*
PBA	29,01 ^b ± 1,40	87,53 ^a ± 0,02	55,90 ^a ± 1,16
PMA	72,25 ^a ± 1,14	86,77 ^a ± 0,00	54,26 ^a ± 0,50
PB	26,16 ^b ± 0,12	75,32 ^b ± 0,04	5,5 ^c ± 0,51
PM	69,95 ^a ± 1,36	76,87 ^b ± 0,00	10,13 ^b ± 0,98

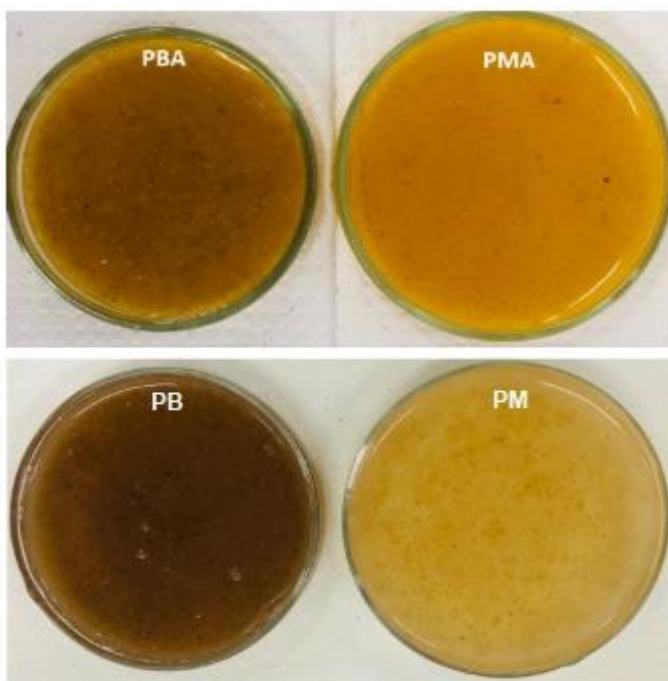
*Médias (n=3) ± desvio padrão seguidas de letras iguais na mesma coluna, não diferem ao um nível de significância de 5%

Quanto a cromaticidade (c*), indicador da pureza ou saturação da cor, verificou-se que as soluções isentas de açafrão-da-terra apresentaram valores mais baixos, distinguindo-se significativamente entre si, o que sugere colorações neutras e pouco saturadas. Já as formulações contendo o condimento não diferiram estatisticamente entre si, apresentando croma elevado, que promoveu intensificação da tonalidade amarela, com elevados níveis de saturação. Essa característica reforça que a presença de pigmentos de alta concentração é determinante para cores mais vivas, conforme descrito por McGuire (1992).

Essas evidências demonstram que os atributos cromáticos das soluções filmogênicas são diretamente modulados pela composição química e pigmentária das matérias-primas utilizadas. A variação entre tonalidades mais neutras ou intensas possui relevância prática, uma vez que a cor constitui um dos principais

critérios de aceitação por parte do consumidor, influenciando diretamente a percepção de qualidade, naturalidade e frescor dos alimentos (COSTA, 2021). Assim, compreender a relação entre ingredientes, pigmentos naturais e parâmetros colorimétricos torna-se fundamental para o desenvolvimento de revestimentos comestíveis que conciliam viabilidade tecnológica e atratividade sensorial, sobretudo em aplicações destinadas à conservação e valorização de frutas e hortaliças.

Figura 5- Soluções filmogênicas a base de: farinha da casca da batata com açafrão-da-terra (PBA), farinha da casca da batata (PB), farinha da casca da mandioquinha-salsa com açafrão-da-terra (PMA) e farinha da casca da mandioquinha-salsa (PM)



Fonte: Elaborado pelos autores (2025)

3.2 PARÂMETROS QUÍMICOS DE QUALIDADE DOS TOMATES

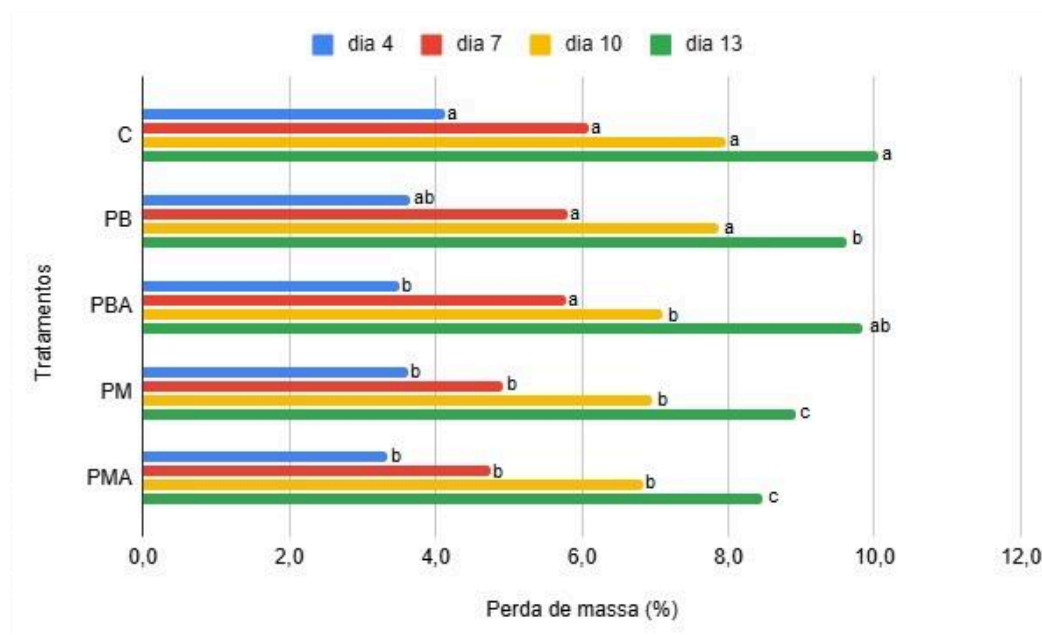
3.2.1 Perda de massa

O amadurecimento de frutos é um processo fisiológico intrinsecamente complexo e dinâmico, marcado por intensas modificações metabólicas que ocorrem de forma sequencial ou sinérgica. No caso dos tomates, frutos climatéricos por excelência, esse processo é potencializado pelo aumento da atividade respiratória e

pela produção acentuada de etileno, fatores que aceleram a senescência e reduzem drasticamente a vida útil pós-colheita quando armazenados em condições ambientais (MONDAL *et al.*, 2009; CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Os valores médios encontrados para a perda de massa ao longo dos 13 dias de armazenamento a temperatura ambiente estão apresentados na figura 6.

Figura 6 - Perda de massa (%) dos tomates com e sem revestimentos, ao longo do armazenamento à temperatura ambiente



*Controle (C), película com farinha de casca de batata (PB), película com farinha de casca de batata e açafrão-da-terra (PBA), película com farinha de casca de mandioquinha-salsa (PM) e película com farinha de casca de mandioquinha-salsa e açafrão-da-terra (PMA);

**Letras minúsculas iguais no mesmo dia de armazenamento, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade;

Nesse contexto, a perda de massa constitui um dos indicadores mais relevantes para avaliar a eficácia de tecnologias de conservação. Observou-se um padrão crescente de perdas ao longo do armazenamento, com diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos. Destaca-se que as revestimentos elaboradas com farinha de casca de mandioquinha-salsa (PM e PMA) apresentaram consistentemente os menores índices de perda, confirmando maior eficiência em retardar a transpiração e apresentando diferença significativa ($p < 0,05$) entre C, PB e PBA desde o 7º dia. Em contrapartida, o revestimento formulado com farinha da casca de batata e açafrão-da-terra, PBA, foi o único que não diferiu do controle no 13º dia. Quantitativamente, as perdas médias foram de 10,1% (C),

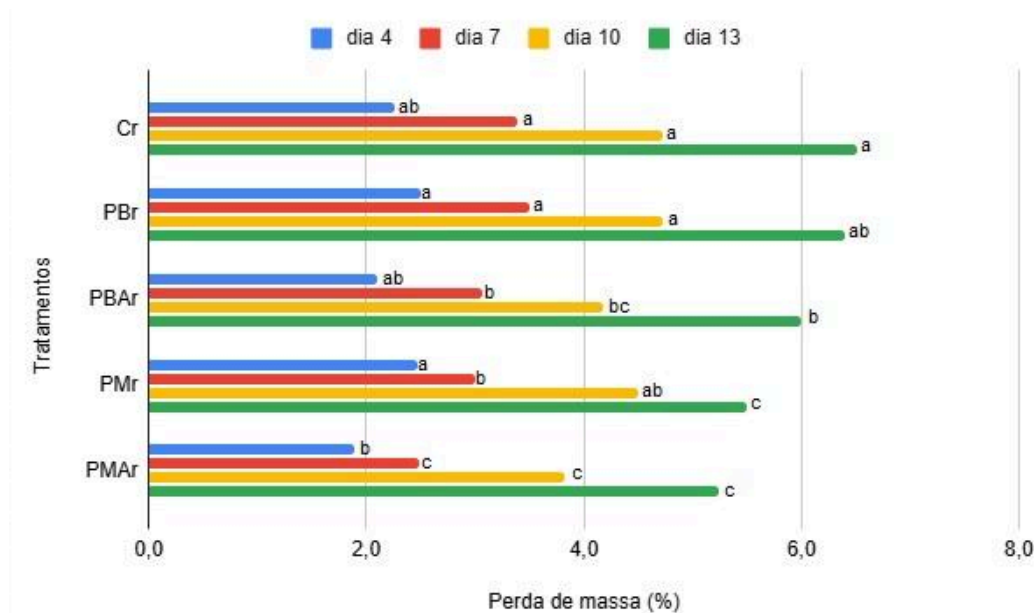
9,5% (PB), 9,8% (PBA), 8,9% (PM) e 8,5% (PMA), evidenciando que a incorporação da mandioquinha-salsa proporcionou maior efeito protetor.

Esses achados convergem com os relatados por Santos *et al.* (2023), que verificaram reduções significativas da perda de massa em tomates recobertos com revestimentos à base de microalgas, obtendo variações entre 3,82% e 9,69%. Jaiswal *et al.* (2018) também observaram efeito semelhante em tomates revestidos com formulações contendo nim, Aloe vera e ácido cítrico, os quais apresentaram perdas significativamente menores em relação ao controle.

Na figura 7, estão apresentados os valores médios encontrados para a perda de massa das amostras mantidas sob refrigeração. Constatou-se que a baixa temperatura exerceu efeito determinante, restringindo as perdas de massa a patamares inferiores aos observados em ambiente. Ainda assim, diferenças significativas ao longo do armazenamento foram verificadas entre os tratamentos, com destaque novamente para as revestimentos de mandioquinha-salsa (PMr e PMAr) e para PBAr, que registraram os menores valores médios: 6,51% (Cr), 6,4% (PBr), 6,0% (PBAr), 5,5% (PMr) e 5,2% (PMAr), apresentando diferença significativa ($p < 0,05$) entre Cr no 13º dia.

Tais resultados corroboram a literatura, que aponta a refrigeração como estratégia indispensável para prolongar a vida útil de frutas e hortaliças, retardando processos metabólicos e mantendo atributos físico-químicos de interesse comercial (FEITOSA *et al.*, 2010). Fagundes *et al.* (2015), ao avaliarem tomates-cereja, demonstraram que a associação de atmosfera modificada e refrigeração estendeu a vida de prateleira em até 25 dias. De modo semelhante, Rinaldi *et al.* (2011) observaram maior longevidade pós-colheita em tomates da cultivar Dominador armazenados sob refrigeração, quando comparados às condições ambientais.

Figura 7 - Perda de massa (%) dos tomates com e sem revestimentos ao longo do armazenamento sob refrigeração



Legenda: Controle (Cr), película com farinha de casca de batata (PBr), película com farinha de casca de batata e açafrão-da-terra (PBAr), película com farinha de casca de mandioquinha-salsa (PMr) e película com farinha de casca de mandioquinha-salsa e açafrão-da-terra (PMAr);

*Letras minúsculas iguais no mesmo dia de armazenamento, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade;

O mecanismo de ação dos revestimentos comestíveis na redução da perda de massa relaciona-se, principalmente, à formação de uma barreira semipermeável que regula as trocas gasosas e limita a transpiração, retardando a síntese de etileno e o avanço da maturação (NAWAB *et al.*, 2017) e demonstrando que, as revestimentos elaboradas com farinha de casca de mandioquinha-salsa apresentaram desempenho superior no controle da perda de massa, tanto em condições ambientais quanto sob refrigeração, representando uma estratégia tecnológica e ambientalmente sustentável, alinhada às crescentes demandas da indústria de alimentos por soluções que conciliam segurança, eficiência e responsabilidade ambiental.

3.2.2 pH

A Tabela 5 apresenta a evolução dos valores de pH dos tomates orgânicos ao longo de 13 dias de armazenamento, submetidos a diferentes condições e tratamentos.

Com relação aos tomates armazenados a temperatura ambiente, verificou-se que a amostra controle (C) apresentou a maior amplitude de variação, com valores

oscilando entre 4,32 e 4,64, entretanto, a partir do 10º dia de armazenamento, as amostras não evidenciaram diferenças estatisticamente significativas entre si, indicando uma possível tendência de estabilização do pH nos estágios mais avançados do experimento. Carvalho *et al.* (2022), que relataram valores médios de pH variando entre 4,43 e 4,64 em tomates recobertos com revestimentos biodegradáveis, corroborando os resultados aqui apresentados.

Tabela 5 - Valores do pH para frutos revestidos e não revestidos ao longo do período de armazenamento em temperatura ambiente e sob refrigeração.

revestimentos	Dias de armazenamento				
	1	4	7	10	13
C	4,45 ^{aA} ± 0,05	4,32 ^{aB} ± 0,07	4,46 ^{bA} ± 0,04	4,49 ^{aA} ± 0,02	4,64 ^{aA} ± 0,04
PB	4,47 ^{aAB} ± 0,10	4,39 ^{aB} ± 0,03	4,60 ^{aA} ± 0,04	4,49 ^{aAB} ± 0,04	4,64 ^{aA} ± 0,01
PBA	4,50 ^{aAB} ± 0,03	4,35 ^{aB} ± 0,07	4,59 ^{aA} ± 0,01	4,55 ^{aA} ± 0,08	4,54 ^{aA} ± 0,01
PM	4,54 ^{aAB} ± 0,04	4,43 ^{aB} ± 0,04	4,59 ^{aA} ± 0,02	4,48 ^{aB} ± 0,05	4,65 ^{aA} ± 0,02
PMA	4,50 ^{aAB} ± 0,02	4,41 ^{aB} ± 0,01	4,57 ^{abA} ± 0,01	4,55 ^{aA} ± 0,02	4,55 ^{aA} ± 0,01
Cr	4,45 ^{aA} ± 0,06	4,38 ^{bA} ± 0,1	4,45 ^{bA} ± 0,01	4,46 ^{aB} ± 0,01	4,47 ^{aA} ± 0,03
PBr	4,48 ^{aA} ± 0,10	4,50 ^{aA} ± 0,04	4,51 ^{abA} ± 0,06	4,39 ^{aA} ± 0,01	4,48 ^{aA} ± 0,01
PBAr	4,43 ^{aB} ± 0,04	4,47 ^{abB} ± 0,02	4,61 ^{aA} ± 0,05	4,39 ^{aB} ± 0,01	4,46 ^{aB} ± 0,01
PMr	4,44 ^{aA} ± 0,05	4,50 ^{aA} ± 0,04	4,51 ^{abA} ± 0,01	4,43 ^{aA} ± 0,06	4,45 ^{aA} ± 0,05
PMAr	4,43 ^{aAB} ± 0,02	4,44 ^{abAB} ± 0,03	4,60 ^{aA} ± 0,02	4,45 ^{aAB} ± 0,04	4,46 ^{aB} ± 0,01

*Média ± desvio padrão (n=3)

**Letras minúsculas iguais na mesma coluna e sob a mesma temperatura de armazenamento, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade;

***Letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Nos tratamentos que aliaram o uso de revestimentos comestíveis e refrigeração, as variações de pH foram mais discretas ao longo do tempo. Ainda que não tenham sido observadas diferenças estatísticas entre os diferentes tipos de tratamentos a partir do 10º dia, a menor amplitude de variação nos tratamentos refrigerados reforça o papel determinante da refrigeração como estratégia de conservação pós-colheita. Essa condição atua na redução da taxa respiratória e na desaceleração das reações enzimáticas, preservando de forma mais eficaz os

constituintes químicos do fruto e atenuando as alterações de acidez (FEITOSA *et al.*, 2010).

Portanto, infere-se que a dinâmica do pH em tomates não foi influenciada pelos diferentes tratamentos aplicados, pois não depende apenas das estratégias de conservação adotadas, mas também de fatores intrínsecos e extrínsecos, como a cultivar, o estágio de maturação na colheita, as condições edafoclimáticas e os processos metabólicos inerentes à fisiologia do fruto.

3.2.3 Acidez total titulável (ATT)

A Tabela 6 apresenta a evolução da acidez total titulável (ATT) dos tomates orgânicos ao longo dos 13 dias de armazenamento em diferentes condições de armazenamento e tratamento.

Tabela 6 - Valores de acidez total titulável (% ác. cítrico/g) para frutos com e sem revestimentos ao longo do armazenamento em temperatura ambiente e sob refrigeração.

revestimentos	Dias de armazenamento				
	1	4	7	10	13
C	0,72 ^{aA} ± 0,06	0,65 ^{aA} ± 0,03	0,52 ^{aB} ± 0,01	0,33 ^{bC} ± 0,02	0,27 ^{bC} ± 0,02
PB	0,74 ^{aA} ± 0,02	0,68 ^{aC} ± 0,02	0,49 ^{abB} ± 0,00	0,42 ^{aBC} ± 0,02	0,35 ^{aC} ± 0,03
PBA	0,73 ^{aA} ± 0,02	0,68 ^{aA} ± 0,02	0,42 ^{bB} ± 0,04	0,41 ^{aB} ± 0,04	0,35 ^{aB} ± 0,05
PM	0,76 ^{aA} ± 0,03	0,68 ^{aA} ± 0,01	0,47 ^{abB} ± 0,02	0,43 ^{aB} ± 0,06	0,36 ^{aC} ± 0,06
PMA	0,74 ^{aA} ± 0,01	0,68 ^{aA} ± 0,04	0,45 ^{abB} ± 0,01	0,41 ^{aB} ± 0,05	0,36 ^{aB} ± 0,05
Cr	0,77 ^{aA} ± 0,04	0,71 ^{aA} ± 0,02	0,66 ^{aAB} ± 0,05	0,59 ^{aB} ± 0,03	0,49 ^{aC} ± 0,03
PBr	0,74 ^{aA} ± 0,00	0,72 ^{aA} ± 0,01	0,68 ^{aAB} ± 0,04	0,61 ^{aB} ± 0,03	0,49 ^{aC} ± 0,02
PBAr	0,74 ^{aA} ± 0,01	0,73 ^{aA} ± 0,01	0,68 ^{aAB} ± 0,01	0,62 ^{aB} ± 0,02	0,48 ^{aC} ± 0,02
PMr	0,75 ^{aA} ± 0,03	0,71 ^{aA} ± 0,02	0,68 ^{aAB} ± 0,02	0,59 ^{aB} ± 0,02	0,47 ^{aC} ± 0,03
PMAr	0,75 ^{aA} ± 0,03	0,72 ^{aA} ± 0,00	0,68 ^{aAB} ± 0,02	0,61 ^{aB} ± 0,01	0,48 ^{aC} ± 0,02

*Média ± desvio padrão (n=3)

**Letras minúsculas iguais na mesma coluna e sob a mesma temperatura de armazenamento, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade;

***Letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

De maneira geral, observou-se que a ATT exibiu comportamento contrário ao pH, sendo decrescente em ambos os regimes de armazenamento, ambiente e refrigeração, refletindo o padrão fisiológico esperado para frutos climatéricos, nos quais os ácidos orgânicos são consumidos progressivamente como substratos respiratórios e convertidos em açúcares, contribuindo para a elevação gradual dos SST, do pH, e diminuição da acidez (RAI *et al.*, 2012; ABISO *et al.*, 2015).

Em temperatura ambiente, a amostra controle destacou-se pela maior amplitude de variação, com redução de 59,7% nos teores de ATT ao longo do experimento. Esse decréscimo foi estatisticamente diferente em relação às amostras recobertas com revestimentos a partir do 10º dia, evidenciando a efetividade dos revestimentos desenvolvidos em retardar a degradação dos ácidos orgânicos. Ao final do período experimental, a amostra controle atingiu o menor valor (0,27%), reforçando a contribuição das revestimentos na manutenção da ATT em condições não refrigeradas e, conseqüentemente, no prolongamento da estabilidade físico-química dos frutos.

Por outro lado, para os frutos armazenados sob refrigeração, não foram detectadas diferenças significativas entre os tratamentos ao longo dos 13 dias. Esse resultado demonstra que a baixa temperatura, por si só, mostrou-se suficiente para manter níveis de acidez adequados ao longo do armazenamento.

Vieira (2022) encontrou valores de ATT variando entre 0,29 e 0,36% em tomates agroecológicos sob refrigeração, e por Benetti *et al.* (2018), que registraram valores entre 0,41 e 0,45% em diferentes cultivares. Heine *et al.* (2015) destacam ainda que frutos de elevada qualidade sensorial devem apresentar ATT superior a 0,32%, faixa em que se assegura equilíbrio entre acidez e palatabilidade, o que confere relevância prática aos valores aqui observados. Dessa forma, os resultados confirmam que a aplicação de revestimentos comestíveis exerce efeito positivo na preservação da acidez de tomates armazenados em temperatura ambiente

3.2.4 Sólidos solúveis totais (SST)

A Tabela 7 apresenta os resultados dos teores de sólidos solúveis totais em tomates orgânicos ao longo dos 13 dias de armazenamento, apresentando um incremento progressivo esperado em frutos climatéricos em função do amadurecimento. Esse aumento reflete a intensificação de processos metabólicos

associados à degradação de polissacarídeos e ácidos orgânicos, culminando no acúmulo de açúcares solúveis e outros constituintes da fração hidrossolúvel celular.

Tabela 7 - Concentração de sólidos solúveis totais (°Brix) em tomates com e sem revestimentos ao longo do armazenamento em temperatura ambiente e sob refrigeração.

revestimentos	Dias de armazenamento				
	1	4	7	10	13
C	3,73 ^{aC} ± 0,06	3,70 ^{bC} ± 0,09	3,87 ^{aB} ± 0,06	4,02 ^{bB} ± 0,01	4,80 ^{aA} ± 0,02
PB	3,72 ^{aD} ± 0,13	3,77 ^{abCD} ± 0,01	3,83 ^{aC} ± 0,08	3,97 ^{bB} ± 0,03	4,33 ^{bcA} ± 0,09
PBA	3,74 ^{aB} ± 0,07	3,81 ^{aB} ± 0,07	3,80 ^{aB} ± 0,06	4,12 ^{aA} ± 0,07	4,21 ^{cdA} ± 0,04
PM	3,73 ^{aC} ± 0,09	3,83 ^{aBC} ± 0,03	3,85 ^{aB} ± 0,09	4,05 ^{abB} ± 0,06	4,39 ^{ba} ± 0,11
PMA	3,72 ^{aC} ± 0,01	3,82 ^{aBC} ± 0,04	3,81 ^{aBC} ± 0,07	4,11 ^{aB} ± 0,08	4,20 ^{da} ± 0,05
Cr	3,60 ^{aB} ± 0,05	3,70 ^{aAB} ± 0,03	3,75 ^{aA} ± 0,05	3,80 ^{aA} ± 0,06	4,23 ^{aC} ± 0,06
PBr	3,51 ^{bC} ± 0,04	3,68 ^{aB} ± 0,08	3,69 ^{aB} ± 0,07	3,73 ^{aB} ± 0,05	4,08 ^{ba} ± 0,07
PBAr	3,60 ^{aC} ± 0,05	3,72 ^{aB} ± 0,06	3,68 ^{aB} ± 0,08	3,74 ^{aB} ± 0,06	4,08 ^{ba} ± 0,11
PMr	3,55 ^{abC} ± 0,07	3,66 ^{aBC} ± 0,09	3,71 ^{aB} ± 0,08	3,75 ^{aB} ± 0,09	4,07 ^{ba} ± 0,06
PMAr	3,64 ^{aC} ± 0,03	3,69 ^{aBC} ± 0,07	3,69 ^{aBC} ± 0,07	3,78 ^{aB} ± 0,01	4,03 ^{ba} ± 0,02

*Média ± desvio padrão (n=3)

**Letras minúsculas iguais na mesma coluna e sob a mesma temperatura de armazenamento, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade;

***Letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Nos frutos armazenados à temperatura ambiente, a amostra controle (C) apresentou maior amplitude de variação nos teores de SST, evidenciando a aceleração do amadurecimento em frutos não submetidos a barreiras físicas. Diferenças significativas em relação à amostra inicial foram observadas a partir do 7º dia, com exceção dos tratamentos contendo açafrão-da-terra (PBA e PMA), nos quais a variação ocorreu apenas a partir do décimo dia. A uniformidade dos valores obtidos nos primeiros dias de avaliação demonstra a homogeneidade inicial das amostras utilizadas, reduzindo a influência de diferenças prévias no estágio de maturação e fortalecendo a confiabilidade dos resultados. Ao final do experimento,

todos os tratamentos diferiram do controle, confirmando a eficiência dos revestimentos na preservação da qualidade dos frutos.

Sob refrigeração, os teores de SST apresentaram comportamento semelhante ao observado em temperatura ambiente, porém com variações mais discretas, atribuídas à redução da atividade respiratória em baixas temperaturas. Novamente, o controle registrou a maior amplitude de variação, destacando a vulnerabilidade dos frutos não recobertos. Diferenças significativas entre os revestimentos e o controle foram verificadas apenas no 13º dia de armazenamento. Esses achados evidenciam que, mesmo em condições refrigeradas, os revestimentos conseguiram exercer efeito protetor adicional, reforçando sua relevância como estratégia complementar de conservação.

3.2.5 Relação SST/ATT

A relação entre sólidos solúveis totais (SST) e acidez total titulável (ATT) é um parâmetro amplamente aceito para avaliação da qualidade sensorial de tomates, por integrar a percepção de doçura e acidez em um único índice. Esse equilíbrio é determinante para a aceitação do fruto pelo consumidor, já que valores elevados da relação estão associados a maior harmonização entre os açúcares e ácidos presentes no alimento, conferindo sabor mais agradável e melhor experiência sensorial.

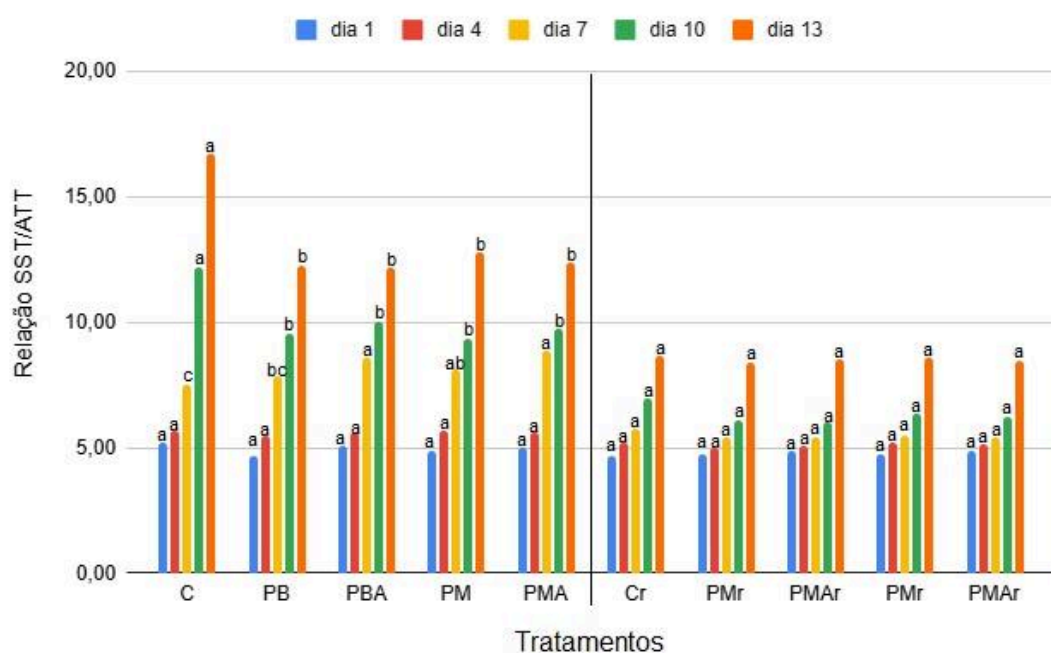
De acordo com Ferreira (2004), altos valores de SST/ATT indicam sabor suave e tornam os frutos adequados tanto para processamento quanto para consumo in natura. Kader *et al.* (1978) e Minami e Haag (1989) sugerem que frutos de alta qualidade apresentam valores superiores a 10, o que reflete um perfil de sabor considerado excelente. Em contrapartida, Monteiro *et al.* (2008) destacam que valores inferiores a esse patamar estão associados a uma concentração excessiva de ácidos, resultando em um sabor ácido e menos agradável ao paladar. A Figura 8 apresenta os resultados dessa relação.

Nas condições de temperatura ambiente, a partir do 10º, todos os tratamentos com revestimentos (PB, PBA, PM e PMA) apresentaram diferenças em relação ao controle (C), sugerindo que os revestimentos retardaram a evolução da maturação sem alterar a trajetória metabólica natural dos frutos. Também a partir do 10º, todos os tratamentos apresentaram valores próximos ou superiores a 10, caracterizando frutos sensorialmente de qualidade. Entre os diferentes tipos de revestimentos não

foram observadas diferenças significativas, o que indica comportamento semelhante entre as formulações testadas.

Sob refrigeração, os frutos apresentaram médias mais moderadas na relação, próximas de 8, o que demonstra a atenuação do metabolismo respiratório e da degradação dos ácidos orgânicos em função das baixas temperaturas. Não foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos durante os 13 dias de armazenamento. Esses resultados evidenciam que a refrigeração exerce papel predominante na manutenção da qualidade, sendo capaz de postergar as transformações bioquímicas independentemente da aplicação dos revestimentos.

Figura 8 - Relação entre SST/ATT em tomates com e em revestimentos ao longo do período de armazenamento em temperatura ambiente e sob refrigeração.



*Controle (C), película a base de farinha de casca de batata (PB), película a base de farinha de casca de batata e açafrão-da-terra (PBA), película a base de farinha de casca de mandioquinha-salsa (PM) e película a base de farinha de casca de mandioquinha-salsa e açafrão-da-terra (PMA);

**Siglas seguidas de "r", armazenadas sob refrigeração;

***Letras minúsculas iguais no mesmo dia e temperatura de armazenamento, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Do Nascimento *et al.* (2023) relataram valores de SST/ATT entre 12 e 19 em polpas de tomate comercializadas em São Luís - Maranhão, enquanto Hauth *et al.* (2017) observaram média de 8,2 em frutos da cidade de Sinop - Mato Grosso. Dessa

forma, confirma-se que o armazenamento em temperatura ambiente favorece a intensificação dos atributos sensoriais desejáveis, embora acelere a senescência, enquanto a refrigeração prolonga a vida útil, mas pode comprometer a intensidade de sabor. Assim, a análise conjunta de SST, ATT e da relação SST/ATT se mostra essencial para compreender a dinâmica de amadurecimento e avaliar a eficácia das estratégias de conservação, evidenciando o potencial das revestimentos comestíveis como alternativa complementar para a manutenção da qualidade pós-colheita.

3.2.6 Colorimetria

Com relação a avaliação colorimétrica dos tomates orgânicos, a luminosidade (L^*) assume papel central, sobretudo na decisão de compra do consumidor (COELHO, 2021). Os resultados estão dispostos na tabela 8. Observou-se que os tomates armazenados à temperatura ambiente apresentaram inicialmente uma discreta redução nos valores de L^* , seguida por um aumento sutil ao longo do período experimental, sem diferenças significativas entre o 1º e o 13º dia. Observou-se ainda homogeneidade entre os tratamentos, uma vez que não foram verificadas diferenças estatísticas nos dias 1, 7 e 13, indicando que a aplicação dos revestimentos não exerceu efeito expressivo sobre este parâmetro sob tais condições.

Tabela 8 - Parâmetro de Luminosidade (L^*) ao longo do armazenamento em tomates com e sem revestimentos

revestimentos	Dias de armazenamento				
	1	4	7	10	13
C	36,75 ^{aAB} ±2,03	34,93 ^{bB} ±0,54	37,49 ^{aA} ±1,34	36,14 ^{bAB} ±1,31	38,38 ^{aA} ±1,03
PB	38,15 ^{aA} ±1,95	37,77 ^{aA} ±1,51	38,17 ^{aA} ±0,91	39,08 ^{aA} ±0,40	39,22 ^{aA} ±0,22
PBA	36,73 ^{aAB} ±1,11	35,39 ^{abB} ±1,37	37,66 ^{aAB} ±0,54	37,96 ^{aA} ±1,07	38,2 ^{aA} ±0,42
PM	37,31 ^{aAB} ±1,35	35,57 ^{abB} ±1,77	37,91 ^{aA} ±0,54	37,98 ^{aA} ±1,77	38,39 ^{aA} ±0,10
PMA	38,05 ^{aA} ±1,06	37,21 ^{aA} ±1,06	38,39 ^{aA} ±0,14	38,42 ^{aA} ±0,59	38,9 ^{aA} ±0,33
Cr	38,66 ^{aA} ±1,56	37,58 ^{aA} ±1,56	36,87 ^{abA} ±1,26	35,85 ^{bA} ±0,57	34,01 ^{cB} ±1,10
PBr	38,48 ^{aA} ±2,5	36,05 ^{abB} ±1,50	38,15 ^{aA} ±1,06	38,62 ^{aA} ±0,92	36,47 ^{bA} ±1,38
PBAr	37,37 ^{aA} ±1,21	35,35 ^{bA} ±1,21	37,46 ^{aA} ±1,52	35,69 ^{bA} ±1,69	36,53 ^{bA} ±0,44
PMr	36,98 ^{aAB} ±1,82	35,42 ^{bB} ±1,40	35,92 ^{bB} ±1,61	35,15 ^{bB} ±0,72	38,59 ^{aA} ±1,37
PMAr	37,49 ^{aAB} ±1,10	36,42 ^{abB} ±1,33	36,12 ^{aA} ±1,56	37,23 ^{aAB} ±0,42	38,63 ^{aA} ±0,73

*Média ± desvio padrão (n=3)

**Letras minúsculas iguais na mesma coluna e sob a mesma temperatura de armazenamento, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade;

***Letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Em condições de refrigeração, contudo, verificou-se comportamento diferenciado. As amostras Cr, PBr e PBAr apresentaram redução da luminosidade entre o início e o final do armazenamento, embora apenas a amostra controle tenha exibido diferença estatisticamente significativa entre os dois pontos avaliados. Já as amostras PMr e PMAr apresentaram comportamento semelhante ao registrado em temperatura ambiente, apresentando um sutil aumento. Além disso, ao final do período, observou-se que a amostra controle diferiu significativamente daquelas recobertas por revestimentos, demonstrando que a combinação de refrigeração e revestimento contribuiu para a manutenção da luminosidade dos frutos ao longo de 13 dias.

A diminuição da luminosidade é um indicativo do escurecimento progressivo, enquanto seu aumento está relacionado à maior claridade e brilho superficial (COELHO, 2021). Resultados semelhantes foram descritos por Da Silva, Sarto e Rocha (2022), que verificaram a preservação da luminosidade em tomates italianos recobertos com filmes comestíveis à base de amido e cera de abelha. Dessa forma,

os achados do presente estudo reforçam o potencial dos revestimentos, sobretudo quando associadas à refrigeração, como estratégia eficiente na conservação da cor e, conseqüentemente, na qualidade pós-colheita dos tomates.

Na tabela 9 estão apresentados os valores calculados para a tonalidade dos tomates ao longo do armazenamento.

Tabela 9 - Ângulo de tonalidade (h°) ao longo do armazenamento em tomates com e sem revestimentos

revestimentos	Dias de armazenamento				
	1	4	7	10	13
C	0,96 ^{bA} ±0,05	0,82 ^{bB} ±0,05	0,78 ^{bC} ±0,00	0,70 ^{bD} ±0,01	0,65 ^{bD} ±0,05
PB	1,02 ^{abA} ±0,06	0,87 ^{bB} ±0,10	0,87 ^{aB} ±0,00	0,77 ^{abC} ±0,02	0,77 ^{aC} ±0,01
PBA	1,07 ^{aA} ±0,09	0,97 ^{aA} ±0,04	0,87 ^{aB} ±0,03	0,80 ^{aBC} ±0,02	0,76 ^{aC} ±0,04
PM	0,99 ^{bA} ±0,11	0,82 ^{bB} ±0,02	0,83 ^{abB} ±0,01	0,79 ^{aB} ±0,04	0,79 ^{aB} ±0,05
PMA	1,02 ^{abA} ±0,04	0,98 ^{aA} ±0,00	0,81 ^{bB} ±0,04	0,82 ^{aB} ±0,00	0,82 ^{aB} ±0,16
Cr	0,98 ^{cA} ±0,03	0,93 ^{bA} ±0,08	0,93 ^{bA} ±0,03	0,89 ^{bB} ±0,04	0,85 ^{bB} ±0,01
PBr	1,04 ^{aA} ±0,03	0,99 ^{abA} ±0,06	0,98 ^{aB} ±0,02	0,96 ^{aB} ±0,09	0,98 ^{aA} ±0,01
PBAr	1,07 ^{aA} ±0,06	0,97 ^{abB} ±0,04	0,96 ^{aB} ±0,04	0,92 ^{aB} ±0,04	0,96 ^{aA} ±0,06
PMr	1,04 ^{aA} ±0,04	0,97 ^{abB} ±0,06	0,96 ^{aB} ±0,08	0,95 ^{aB} ±0,01	0,97 ^{aA} ±0,02
PMAr	1,03 ^{aA} ±0,05	1,02 ^{aA} ±0,07	1,00 ^{aA} ±0,05	0,96 ^{aB} ±0,04	0,97 ^{aA} ±0,07

*Média ± desvio padrão (n=3)

**Letras minúsculas iguais na mesma coluna e sob a mesma temperatura de armazenamento, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade;

***Letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Em temperatura ambiente, verificou-se que os valores médios do h° diminuíram significativamente ao longo do armazenamento, sendo que todas as amostras diferiram dos valores iniciais no final do período. Essa diminuição confirma a predominância da tonalidade vermelha e reflete a evolução natural do processo de amadurecimento. O controle apresentou a maior variação, evidenciando maior suscetibilidade à maior alteração de tonalidade. Em contrapartida, os tomates recobertos com revestimentos, especialmente as amostras PM e PMA, mantiveram maior estabilidade da cor, sem diferenças significativas entre os dias 7 e 13. Além disso, todas as amostras com revestimento diferiram do controle no 13º dia,

reforçando a eficácia dos biofilmes na preservação da tonalidade em condições não refrigeradas.

Sob refrigeração, a redução dos valores de h^o foi menos acentuada em todos os tratamentos, sendo a amostra controle, a única a apresentar diferença estatística entre as medições inicial e final, o que pode ser atribuído à desaceleração do metabolismo e da síntese de pigmentos associada às baixas temperaturas. Em contraste, as quatro amostras recobertas com revestimentos não apresentaram diferenças significativas ao longo do período, indicando que a associação entre refrigeração e revestimento comestível potencializou a conservação da tonalidade. No 13º dia, todas diferiram significativamente do controle, confirmando a contribuição dos biofilmes na manutenção da cor.

Bischoff *et al.* (2012), relataram valores de tonalidade entre 0,64 e 0,67 em tomates embalados com biofilme comestível e filme de PVC, além da tendência de redução progressiva desse parâmetro durante o armazenamento, independentemente do tipo de embalagem. Assim, evidencia-se que tanto a aplicação de revestimentos comestíveis quanto a refrigeração desempenham papel determinante na preservação da tonalidade, atributo que impacta diretamente a aceitação sensorial e o valor comercial do fruto.

A cromaticidade (c^*) reflete diretamente a saturação dos pigmentos responsáveis pelas mudanças visuais durante o amadurecimento. Os valores calculados para c^* estão apresentados na tabela 10 e situam-se entre 22 e 36, faixa compatível com frutos em estágio de saturação intermediária. Esse intervalo está de acordo com a percepção visual descrita para as amostras (Fig. 11) e com os dados relatados por Borguini e Silva (2009), que identificaram valores de croma entre 31 e 36 em tomates de cultivos orgânicos e convencionais.

Independentemente da condição de armazenamento, o comportamento dos tomates revelou tendência semelhante, com incremento significativo dos valores de c^* entre o início e o final do experimento em todos os tratamentos. A intensificação da cor observada reflete o avanço natural do amadurecimento, resultado da síntese e acúmulo de carotenoides, pigmentos responsáveis pela tonalidade vermelha característica do tomate maduro. Entre as amostras analisadas, os frutos controles (C e Cr) apresentaram as maiores variações ao longo do período, enquanto os frutos recobertos exibiram menor amplitude de alteração, sugerindo que os revestimentos atuaram no retardo da evolução da cor.

Tabela 10 - Cromaticidade (c^*) em tomates com e em revestimentos ao longo do período de armazenamento em temperatura ambiente e sob refrigeração

revestimentos	Dias de armazenamento				
	1	4	7	10	13
C	25,38 ^{aC} ±0,41	25,06 ^{abC} ±1,82	25,53 ^{abC} ±0,29	29,08 ^{aB} ±0,04	33,87 ^{aA} ±0,63
PB	25,46 ^{aB} ±0,65	24,52 ^{abB} ±1,69	26,10 ^{aB} ±0,65	26,36 ^{bAB} ±1,19	28,17 ^{cA} ±1,19
PBA	23,77 ^{bB} ±1,17	23,61 ^{bB} ±1,95	24,07 ^{bcB} ±0,20	27,97 ^{abA} ±0,93	29,60 ^{bcA} ±0,79
PM	22,29 ^{bC} ±1,12	22,34 ^{bC} ±0,64	23,20 ^{cC} ±0,67	25,73 ^{bB} ±0,23	28,56 ^{cA} ±0,18
PMA	23,01 ^{bB} ±1,97	23,39 ^{bB} ±1,86	24,59 ^{bcB} ±0,68	28,17 ^{aA} ±1,12	30,70 ^{bA} ±0,54
Cr	26,25 ^{aB} ±1,21	23,33 ^{cC} ±1,72	34,98 ^{aA} ±1,56	36,89 ^{aA} ±1,30	36,65 ^{aA} ±1,76
PBr	24,08 ^{bC} ±1,74	26,54 ^{bB} ±1,75	24,38 ^{cC} ±1,98	26,56 ^{cB} ±1,17	29,77 ^{bA} ±1,76
PBAr	25,39 ^{abB} ±1,10	28,31 ^{aA} ±1,26	30,19 ^{bA} ±1,17	28,79 ^{bA} ±1,52	30,73 ^{bA} ±0,88
PMr	23,18 ^{bC} ±0,90	28,38 ^{aB} ±0,58	28,78 ^{bB} ±0,58	29,75 ^{bAB} ±0,38	31,04 ^{bA} ±1,63
PMAr	26,19 ^{aB} ±1,44	27,08 ^{abB} ±1,11	30,59 ^{bA} ±0,71	29,37 ^{bA} ±1,36	29,70 ^{bA} ±1,34

*Média ± desvio padrão (n=3)

**Letras minúsculas iguais na mesma coluna e sob a mesma temperatura de armazenamento, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade;

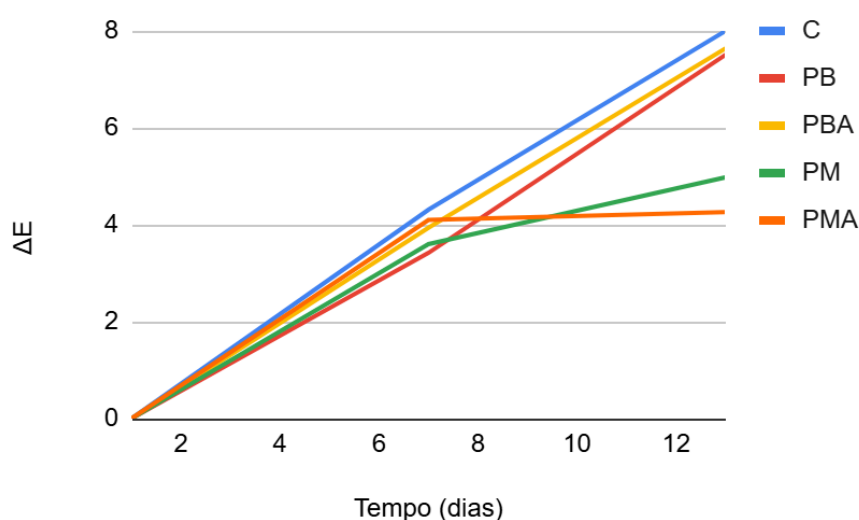
***Letras maiúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

No que se refere às comparações entre os tratamentos, observou-se que, tanto em temperatura ambiente quanto sob refrigeração, todas as amostras revestidas apresentaram diferenças significativas em relação às amostras controle no 13º dia de armazenamento. Esse comportamento reforça a eficiência dos revestimentos em modular a progressão da cromaticidade, reduzindo a velocidade das alterações visuais associadas ao amadurecimento. Assim, os revestimentos se mostraram eficazes em prolongar a estabilidade da cor, atributo essencial para a aceitação do consumidor e para a manutenção da qualidade pós-colheita.

A partir dos parâmetros colorimétricos, foi calculada a evolução da diferença total de cor (ΔE), permitindo uma avaliação integrada e objetiva das variações cromáticas decorrentes da aplicação dos revestimentos nos tomates ao longo do armazenamento. As Figuras 9 e 10 apresentam a variação de ΔE nos frutos revestidos e não revestidos, sob condições de temperatura ambiente e refrigeração, respectivamente. Esse parâmetro é amplamente empregado em estudos

pós-colheita por sintetizar, em um único valor, as alterações de cor associadas ao amadurecimento e à senescência, além de refletir a eficiência dos tratamentos aplicados. Do ponto de vista perceptivo, diferenças de cor inferiores a $\Delta E \approx 2$ são consideradas imperceptíveis ao olho humano, enquanto valores entre 2 e 5 indicam variações perceptíveis, porém ainda aceitáveis, e valores superiores a 5 representam alterações visuais evidentes (CIE, 2004; BERNIS, 2000; FAIRCHILD, 2013).

Figura 9 - Variação total da cor (ΔE) a temperatura ambiente

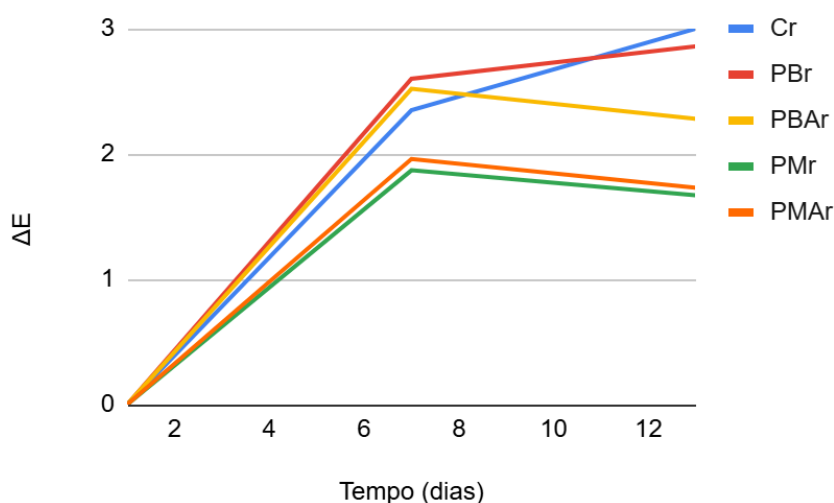


*Controle (C), película a base de farinha de casca de batata (PB), película a base de farinha de casca de batata e açafrão-da-terra (PBA), película a base de farinha de casca de mandioquinha-salsa (PM) e película a base de farinha de casca de mandioquinha-salsa e açafrão-da-terra (PMA);

Sob condições ambiente, observou-se que as diferenças entre os tratamentos se tornaram mais pronunciadas a partir do 7º dia de armazenamento, sendo que, até esse período, todos os valores de ΔE permaneceram inferiores a 5, indicando alterações cromáticas ainda dentro de um limite aceitável do ponto de vista visual. No 13º dia, apenas os tomates recobertos com PBA não diferiram estatisticamente do C, sendo que os tratamentos PB e PBA apresentaram valores de ΔE próximos de 7,5 enquanto a amostra C atingiu $\Delta E = 8$, caracterizando mudanças de cor claramente perceptíveis. Em contrapartida, os revestimentos PM e PMA destacaram-se por manter valores de ΔE inferiores a 5 ao longo do armazenamento, evidenciando maior eficiência na conservação da coloração característica dos frutos e retardando as alterações visuais associadas ao amadurecimento.

Sob refrigeração, os tratamentos PMr e PMAr também apresentaram desempenho superior, com valores de ΔE próximos a 1,7 durante todo o período de armazenamento, indicando variações praticamente imperceptíveis. Esses tratamentos diferiram significativamente das demais formulações a partir do 4º dia, demonstrando maior eficácia na preservação da qualidade visual dos frutos. No 13º dia, apenas o tratamento PB ($\Delta E = 2,86$) não apresentou diferença estatística em relação ao controle ($\Delta E = 3$), ambos ainda situados em uma faixa de variação perceptível, porém aceitável. De modo geral, as alterações cromáticas sob refrigeração foram significativamente inferiores às observadas em temperatura ambiente, corroborando a eficiência dessa condição na redução da taxa metabólica e na preservação da aparência dos tomates. Além disso, a partir do 7º dia, apenas os tratamentos Cr e PBr apresentaram aumento contínuo nos valores de ΔE , enquanto os revestimentos PBAr, PMr e PMAr demonstraram tendência de estabilização ou redução, indicando maior controle das transformações cromáticas.

Figura 10 - Variação total da cor (ΔE) sob refrigeração



*Controle (Cr), película a base de farinha de casca de batata (PBr), película a base de farinha de casca de batata e açafrão-da-terra (PBAr), película a base de farinha de casca de mandioquinha-salsa (PMr) e película a base de farinha de casca de mandioquinha-salsa e açafrão-da-terra (PMAr).

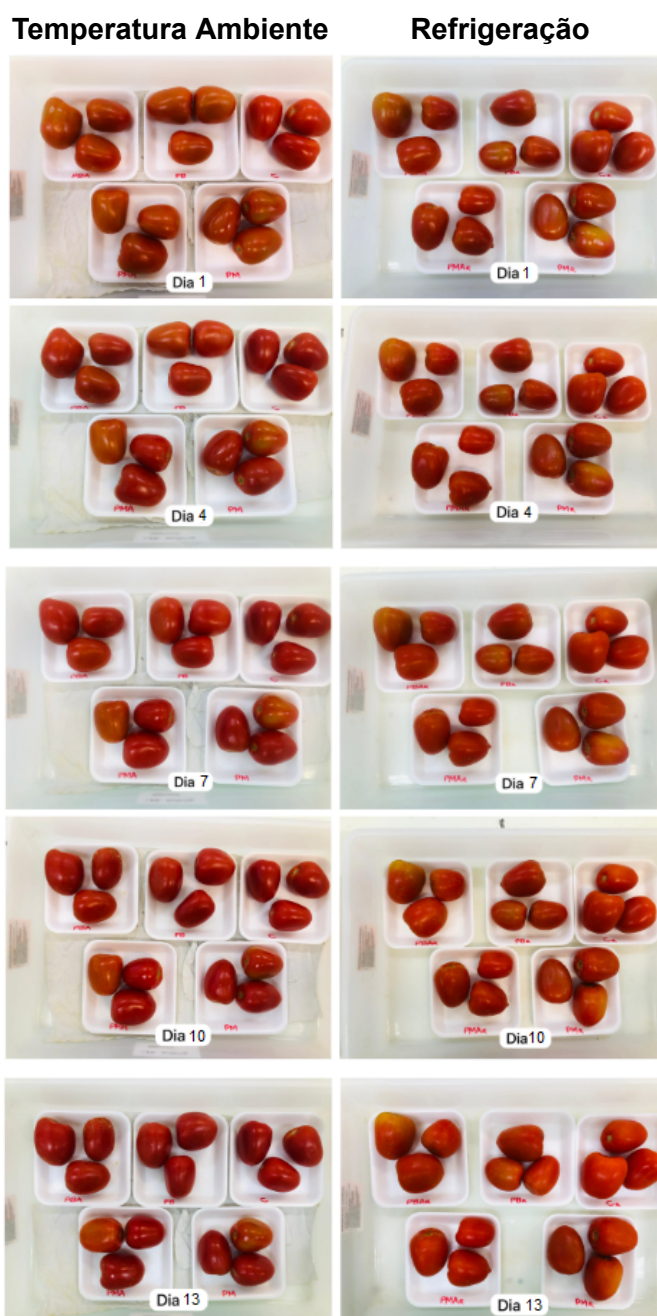
Os resultados evidenciam que os revestimentos formulados com farinha da casca de mandioquinha-salsa atuaram de forma eficaz como barreira protetora frente às alterações visuais decorrentes do processo de amadurecimento. Embora a progressão fisiológica do amadurecimento seja inevitável, a aplicação dessas

coberturas comestíveis contribuiu significativamente para a atenuação das variações de cor, prolongando a manutenção do aspecto visual característico dos frutos. Considerando que a aparência é um dos principais atributos de qualidade percebidos pelo consumidor é fator determinante na aceitação comercial, esses achados reforçam o potencial dos revestimentos comestíveis como estratégia tecnológica sustentável para a extensão da vida útil e agregação de valor a tomates orgânicos.

As Figuras 11 e 12 ilustram claramente os efeitos visuais dos revestimentos sobre a progressão da coloração, fornecendo suporte empírico às observações quantitativas.

Na Figura 11 observa-se que, durante os sete primeiros dias, os tomates apresentaram coloração vermelho-alaranjada, com aspecto semelhante entre os frutos armazenados à temperatura ambiente e sob refrigeração. No entanto, a partir do 10º dia, os frutos mantidos em temperatura ambiente apresentaram coloração vermelho-escura mais intensa, característica de maior avanço no processo de amadurecimento, enquanto os frutos sob refrigeração mostraram evolução mais lenta, evidenciando o efeito combinado do armazenamento refrigerado e da aplicação dos revestimentos.

Figura 11 - Aspectos visuais dos tomates durante os 13 dias de armazenamento em temperatura ambiente e sob refrigeração



A Figura 12, que apresenta exclusivamente o último dia de armazenamento, corrobora essas observações. Os tratamentos C, PB e PBA, em ambas as condições de armazenamento, exibiram coloração vermelho mais escura, enrugamento acentuado na região do pedúnculo (“olho” do tomate) e aspecto murcho, características visuais típicas de senescência avançada e que, do ponto de vista sensorial, indicam inadequação para consumo in natura, sendo mais apropriados

apenas para processamento, como a elaboração de molhos. Em contraste, os frutos recobertos com os revestimentos PM e PMA mantiveram coloração vermelho-alaranjada mais estável, apresentaram apenas início de enrugamento e permaneceram mais firmes ao tato, evidenciando maior preservação da integridade estrutural. Essas diferenças foram observadas em ambas as temperaturas de armazenamento, embora com menor intensidade nos tomates mantidos sob refrigeração.

Figura 12 - Comparação visual entre todos os tratamentos aplicados no 13º dia de armazenamento



*Controle (C), película a base de farinha de casca de batata (PB), película a base de farinha de casca de batata e açafrão-da-terra (PBA), película a base de farinha de casca de mandioquinha-salsa (PM) e película a base de farinha de casca de mandioquinha-salsa e açafrão-da-terra (PMA);

**Siglas seguidas de "r", armazenadas sob refrigeração.

De forma integrada, os resultados instrumentais e visuais confirmam que os revestimentos produzidos a partir da farinha da casca de mandioquinha-salsa foram as mais eficientes na manutenção da coloração característica, do aspecto atrativo e da textura superficial dos tomates durante o período de armazenamento. Esses achados consolidam o potencial da tecnologia como ferramenta inovadora para a conservação pós-colheita, ressaltando sua aplicabilidade prática em cadeias de produção e comercialização de frutos orgânicos.

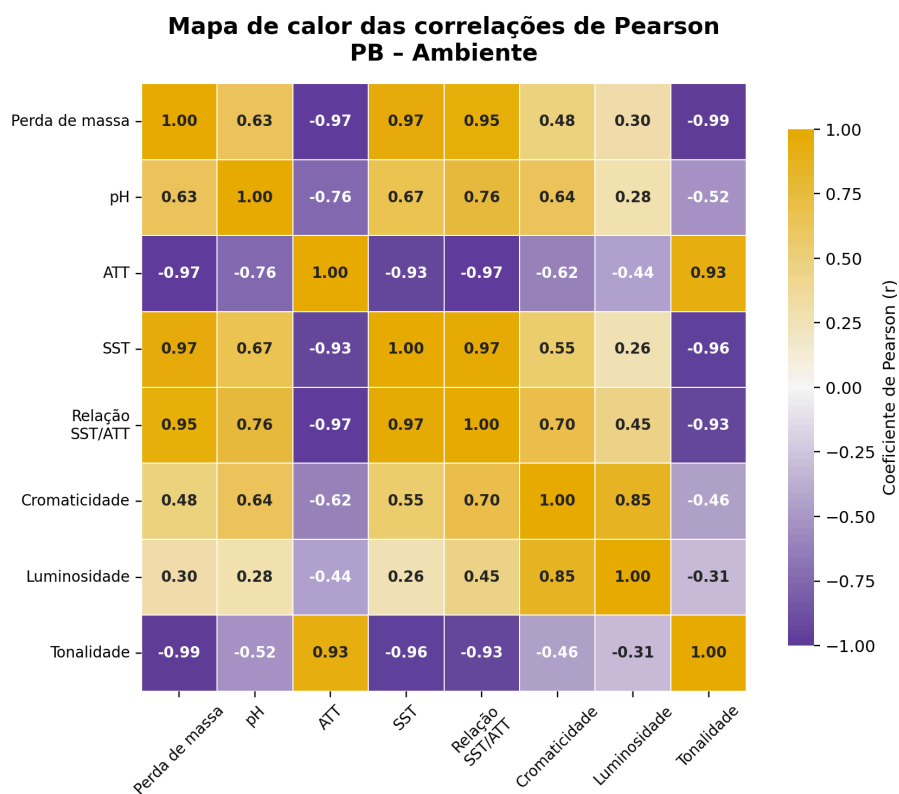
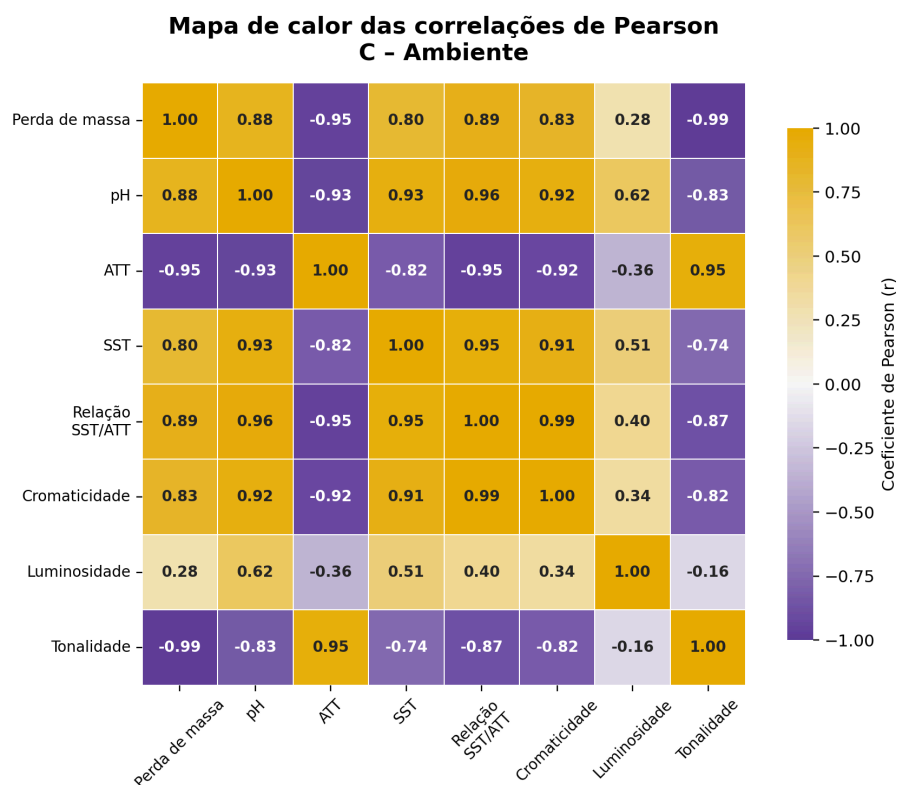
3.2 CORRELAÇÕES DE PEARSON

As Figuras 13 e 14 apresentam os mapas de calor das correlações entre variáveis físico-químicas dos tomates para cada tratamento realizado sob armazenamento em temperatura ambiente e refrigeração, respectivamente. Estes foram construídos utilizando escala cromática divergente, variando de roxo (correlações negativas) a amarelo (correlações positivas), com tons claros próximos ao branco representando correlações fracas. A intensidade da cor é proporcional ao

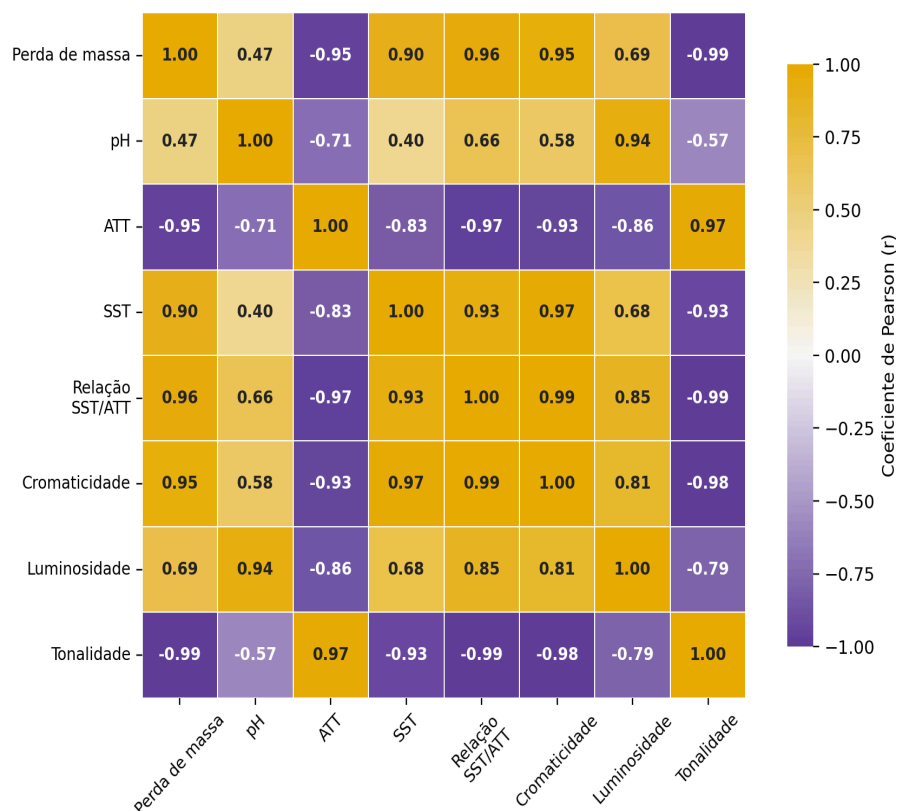
valor absoluto do coeficiente de correlação (r), de modo que cores mais saturadas indicam associações mais fortes entre as variáveis. foram considerados como muito fortes os coeficientes com $|r| \geq 0,90$, fortes aqueles entre 0,70 e 0,89, moderados entre 0,50 e 0,69 e fracos quando $|r| < 0,50$.

De modo geral, as matrizes de correlação mostraram que a evolução pós-colheita dos tomates foi governada por um conjunto articulado de variáveis ligadas ao amadurecimento: redução da acidez titulável, aumento da relação SST/ATT, incremento da perda de massa e reconfiguração dos atributos de cor. Em praticamente todos os tratamentos, a ATT apresentou correlação negativa com SST e, sobretudo, com a relação SST/ATT, enquanto a perda de massa tendeu a se associar positivamente com SST e com a relação SST/ATT e negativamente com ATT. Esse padrão é fisiologicamente coerente, pois durante o amadurecimento há consumo de ácidos orgânicos, concentração relativa dos sólidos solúveis e progressão das alterações metabólicas e estruturais do fruto.

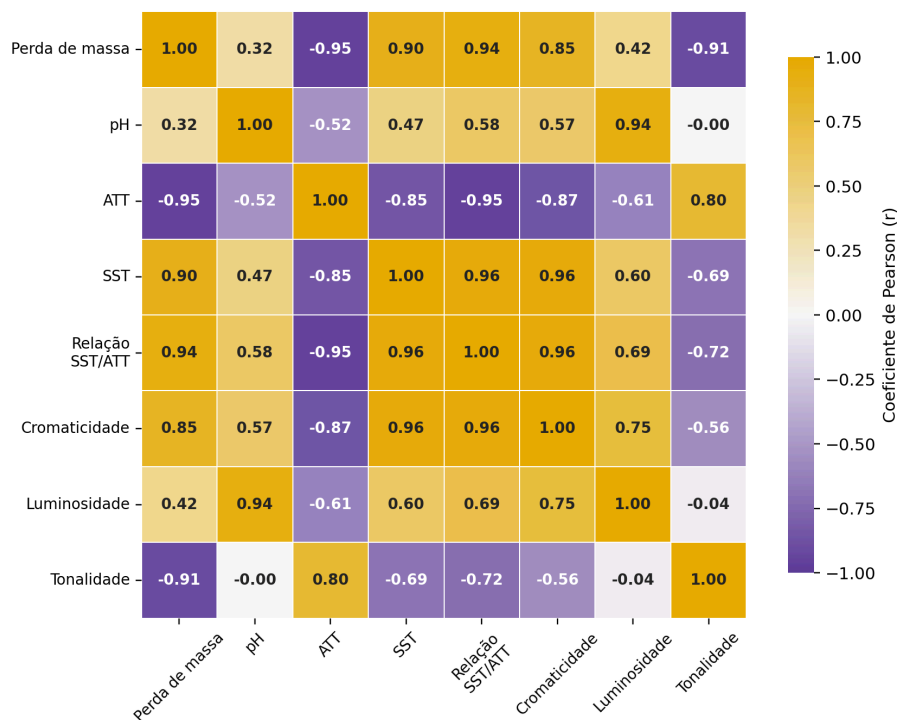
Figura 13 - Mapa de calor para os tratamentos armazenados em temperatura ambiente.

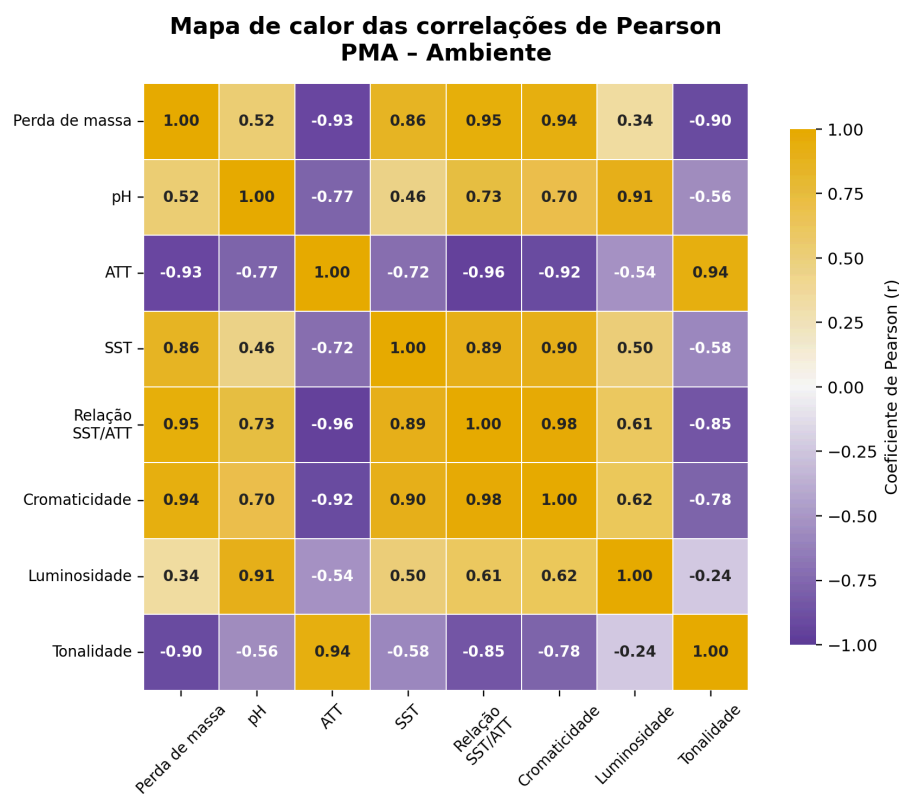


**Mapa de calor das correlações de Pearson
PBA - Ambiente**



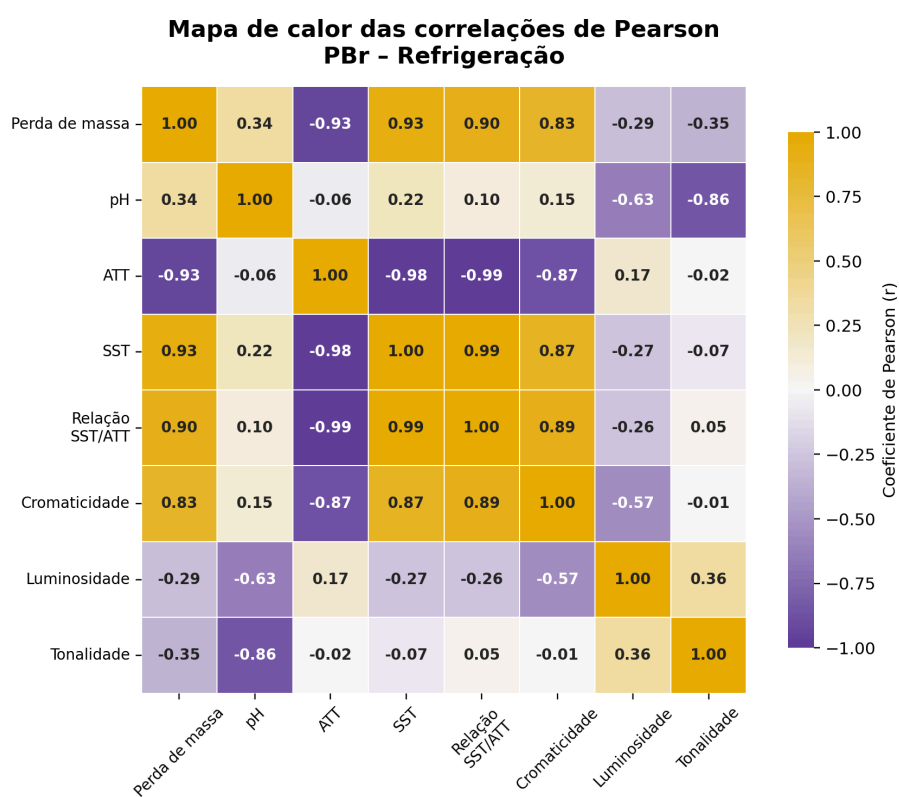
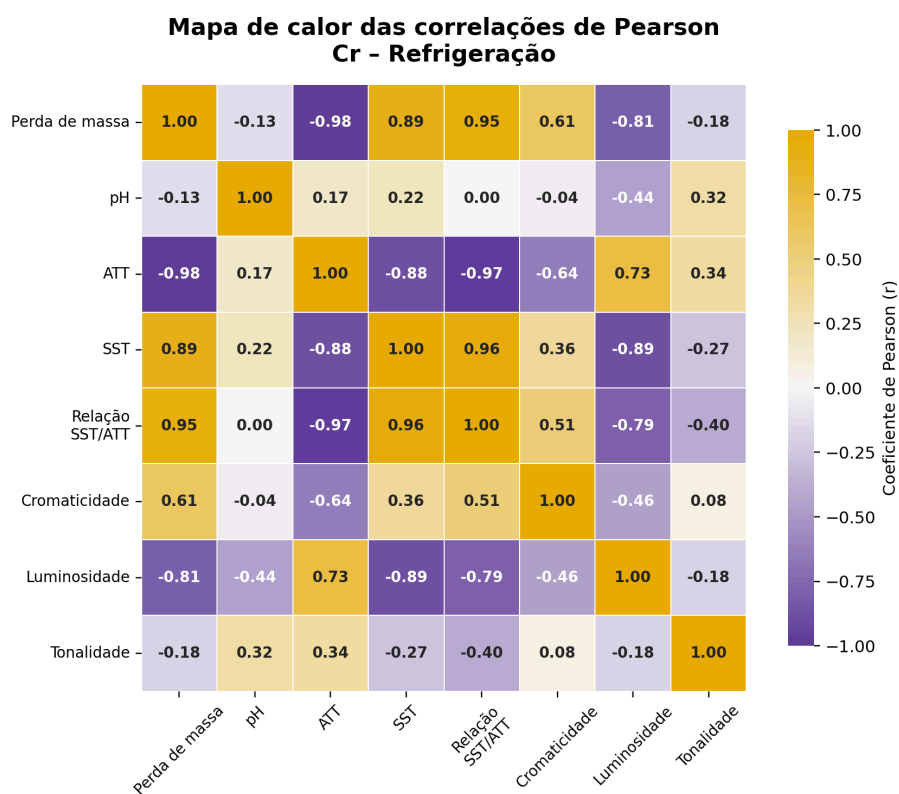
**Mapa de calor das correlações de Pearson
PM - Ambiente**



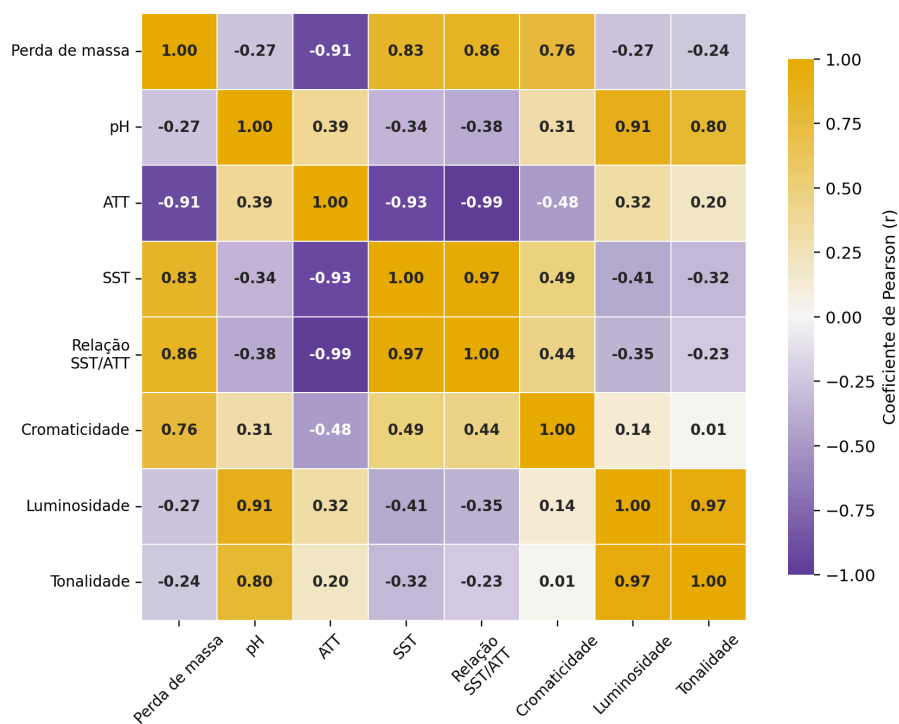


*Valores da correlação de Pearson variando de -1 (correlação inversa forte) a $+1$ (correlação direta forte).

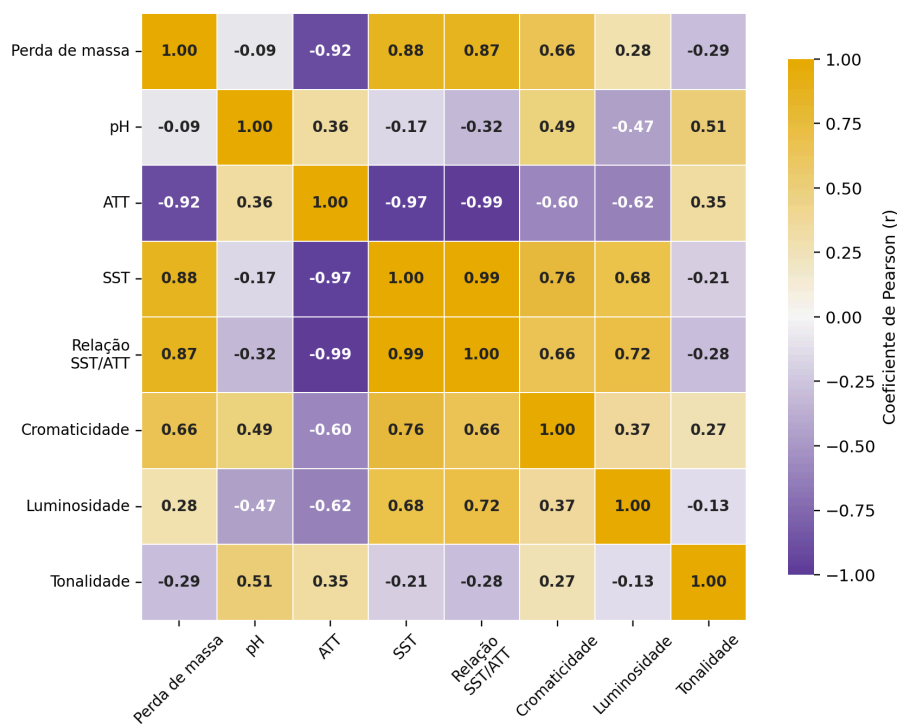
Fonte: Arquivo pessoal (2025).

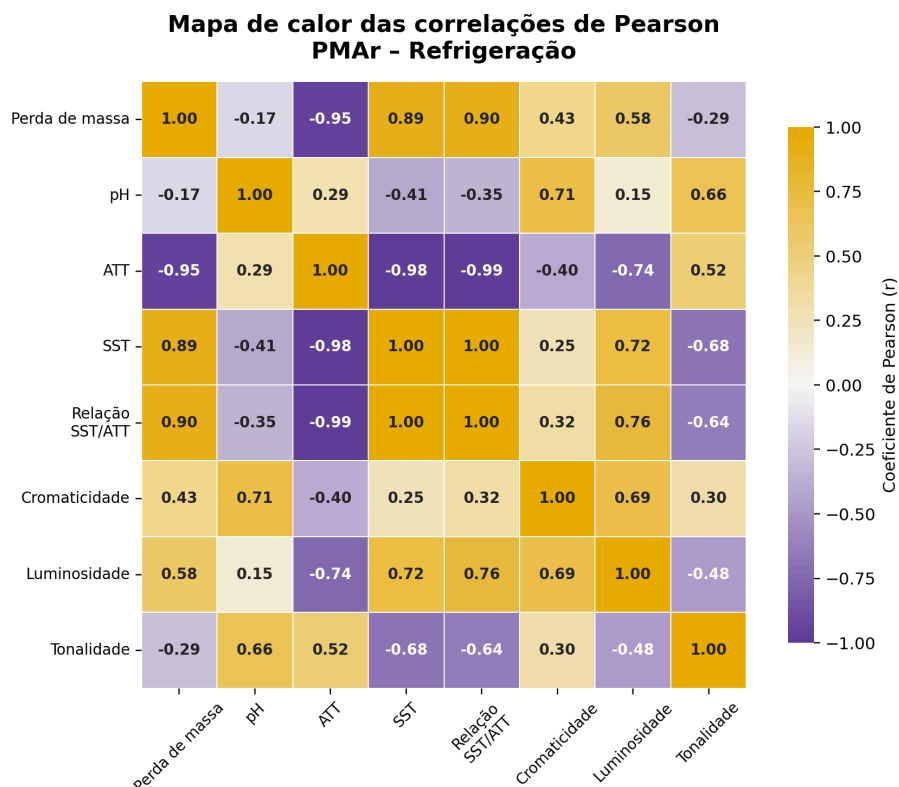
Figura 14 - Mapa de calor para os tratamentos refrigerados

**Mapa de calor das correlações de Pearson
PBAr - Refrigeração**



**Mapa de calor das correlações de Pearson
PMr - Refrigeração**





*Valores da correlação de Pearson variando de -1 (correlação inversa forte) a +1 (correlação direta forte).

Fonte: Arquivo pessoal (2025).

3.2.1 Armazenamento em temperatura ambiente

Nas amostras mantidas em ambiente, as correlações envolvendo parâmetros de cor foram mais expressivas, indicando que a evolução visual do fruto acompanhou de forma mais estreita as mudanças químicas e a perda de massa. No controle, destacaram-se as correlações muito fortes e negativas entre perda de massa e tonalidade ($r = -0,99$) e entre ATT e relação SST/ATT ($r = -0,95$), além da associação muito forte e positiva entre relação SST/ATT e cromaticidade ($r = 0,99$). Esse conjunto sugere que, sem revestimento, o avanço do amadurecimento foi acompanhado simultaneamente por desidratação, redução da acidez e intensificação das mudanças cromáticas.

No tratamento PB, repetiu-se o padrão de elevada integração entre perda de massa, ATT, SST e tonalidade. As correlações perda de massa $\times$ tonalidade ($r = -0,99$), SST $\times$ relação SST/ATT ($r = 0,97$) e ATT $\times$ relação SST/ATT ($r = -0,97$) indicam que o revestimento à base de batata, em ambiente, não rompeu a forte dependência entre os processos de concentração de sólidos, queda da acidez e

transformação da cor. Em termos fisiológicos, isso sugere que as alterações pós-colheita continuaram intensamente acopladas.

O tratamento PBA mostrou uma matriz particularmente marcada por associações entre o índice de maturação e os atributos colorimétricos. As correlações relação SST/ATT × cromaticidade ($r = 0,99$), relação SST/ATT × tonalidade ($r = -0,99$) e cromaticidade × tonalidade ($r = -0,98$) indicam que, nessa formulação, a cor respondeu de maneira muito sensível à progressão do amadurecimento. Além disso, a correlação negativa muito forte entre perda de massa e tonalidade ($r = -0,99$) evidencia que o avanço da desidratação acompanhou a mudança do matiz dos frutos.

Nos revestimentos formulados com farinha de casca de mandioquinha-salsa, observou-se um padrão semelhante, porém com sinal de maior organização fisiológica. Em PM, destacaram-se SST × relação SST/ATT ($r = 0,96$), relação SST/ATT × cromaticidade ($r = 0,96$) e ATT × relação SST/ATT ($r = -0,95$). Em PMA, novamente a relação SST/ATT assumiu papel central, correlacionando-se fortemente com cromaticidade ($r = 0,98$) e perda de massa ($r = 0,95$), enquanto ATT manteve correlação negativa muito forte com a própria relação SST/ATT ($r = -0,96$). Esses resultados indicam que as formulações com mandioquinha-salsa, mesmo em temperatura ambiente, modularam as mudanças visuais de forma mais estável e coerente com o estado de maturação, reforçando a interpretação de melhor conservação da aparência ao longo do armazenamento.

3.2.2 Armazenamento sob refrigeração

Sob refrigeração, as matrizes tornaram-se mais homogêneas e o núcleo das correlações concentrou-se nas variáveis ATT, SST, relação SST/ATT e perda de massa. Esse comportamento evidencia que a baixa temperatura reduziu a velocidade das transformações visuais bruscas e deslocou a maior parte da variabilidade para os indicadores químicos clássicos de amadurecimento. No controle refrigerado, as correlações mais fortes foram perda de massa × ATT ($r = -0,98$), ATT × relação SST/ATT ($r = -0,97$) e SST × relação SST/ATT ($r = 0,96$), confirmando que, mesmo sem revestimento, o resfriamento reorganizou a dinâmica pós-colheita para um eixo predominantemente químico.

Nos tratamentos refrigerados com revestimento à base de batata, o padrão foi ainda mais nítido. Em PBr, a tríade ATT–SST–relação SST/ATT apresentou

correlações extremamente elevadas: SST $\times$ relação SST/ATT ($r = 0,99$), ATT $\times$ relação SST/ATT ($r = -0,99$) e ATT $\times$ SST ($r = -0,98$). Em PBAr, além desse mesmo eixo químico, destacou-se a forte associação entre luminosidade e tonalidade ($r = 0,97$), sugerindo maior sincronização entre os atributos visuais sob a ação conjunta do revestimento com açafrão e da refrigeração. Ainda assim, a progressão do amadurecimento permaneceu ancorada na queda da ATT e no aumento relativo da relação SST/ATT.

Os revestimentos com mandioquinha-salsa apresentaram o comportamento mais consistente sob refrigeração. Em PMr, observaram-se correlações muito fortes entre SST $\times$ relação SST/ATT ($r = 0,99$), ATT $\times$ relação SST/ATT ($r = -0,99$) e ATT $\times$ SST ($r = -0,97$), acompanhadas de associações relevantes entre perda de massa e esse mesmo eixo químico. Em PMAr, esse padrão atingiu a maior intensidade de todo o estudo, com SST $\times$ relação SST/ATT ($r = 1,00$; precisamente $r = 0,9967$), ATT $\times$ relação SST/ATT ($r = -0,99$) e ATT $\times$ SST ($r = -0,98$). A elevada coerência interna dessa matriz indica que o tratamento PMAr foi o que melhor organizou a trajetória metabólica dos frutos refrigerados, associando menor dispersão do comportamento fisiológico a uma evolução mais previsível dos atributos de qualidade.

3.2.3 Síntese comparativa e implicações tecnológicas

Comparativamente, os resultados sugerem que a temperatura ambiente favoreceu uma maior interdependência entre variáveis de cor, perda de massa e indicadores químicos, o que é compatível com amadurecimento mais acelerado e maior instabilidade visual. Já a refrigeração concentrou as correlações mais fortes em ATT, SST e relação SST/ATT, atenuando o peso relativo dos parâmetros colorimétricos na estrutura das matrizes. Em outras palavras, o resfriamento desacelerou o metabolismo do fruto e tornou a progressão das mudanças de qualidade menos caótica.

Entre os revestimentos, as formulações com farinha de casca de mandioquinha-salsa, sobretudo PMAr, apresentaram o arranjo correlacional mais robusto e fisiologicamente consistente. A repetição do eixo ATT–SST–relação SST/ATT, associada a correlações menos dispersas entre os atributos de cor, sustenta a interpretação de que esses revestimentos contribuíram para modular a maturação, preservando a qualidade visual e reduzindo a intensidade das alterações desordenadas. Em contraste, o controle e, em parte, o tratamento PB em ambiente

exibiram maior participação de perda de massa e tonalidade entre as correlações extremas, o que sugere evolução pós-colheita mais diretamente impactada por desidratação e mudança aparente de cor.

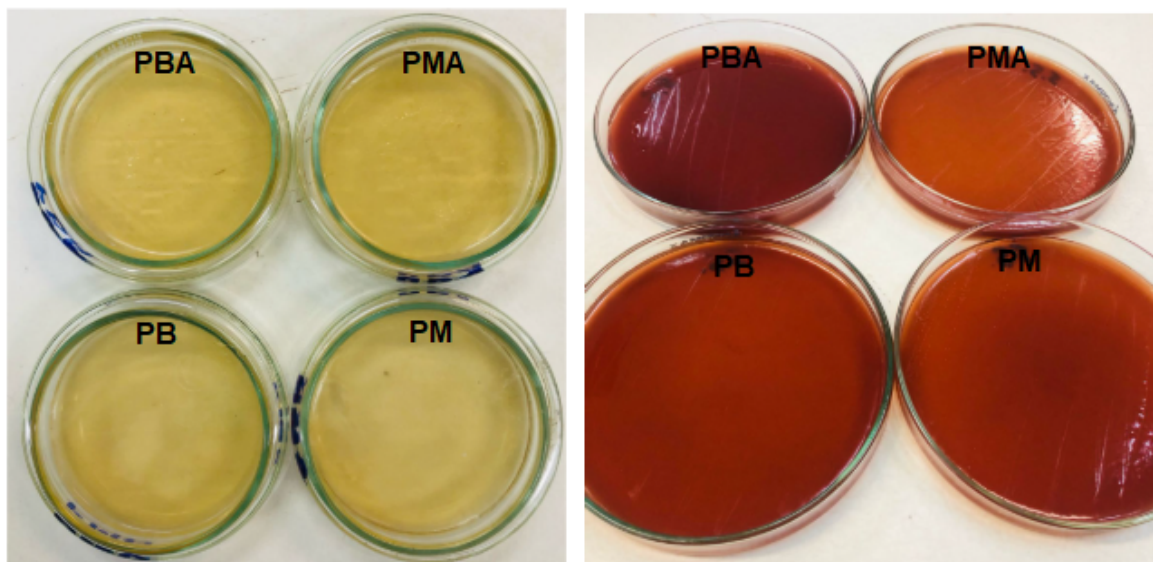
Assim, a análise de Pearson reforça a interpretação de que a combinação entre revestimentos comestíveis e refrigeração não apenas retardou as alterações pós-colheita, mas também reorganizou a interação entre os atributos físico-químicos e colorimétricos dos tomates. Do ponto de vista tecnológico, isso amplia a compreensão dos mecanismos de conservação: mais do que modificar isoladamente um parâmetro, os revestimentos mais eficientes, especialmente os formulados com farinha de casca de mandioquinha-salsa, atuaram sobre o sistema como um todo, promovendo maior estabilidade fisiológica durante o armazenamento.

3.3 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

As análises microbiológicas centraram-se na enumeração de *Escherichia coli* e na detecção da presença de *Salmonella* spp., microrganismos indicadores amplamente utilizados na avaliação da qualidade sanitária de alimentos. Para tanto, foram seguidos os protocolos descritos no Bacteriological Analytical Manual (BAM, 8ª edição online), reconhecido internacionalmente como referência metodológica em microbiologia de alimentos. As amostras foram submetidas à análise em triplicata.

Em nenhuma das amostras de soluções filmogênicas foi observada a formação de colônias típicas dos microrganismos alvo nos referidos meios seletivos, figura 15, estando de acordo com os limites estabelecidos pela legislação. Esses resultados atestam a qualidade microbiológica das formulações desenvolvidas, dispensando a necessidade de tratamentos adicionais de descontaminação.

Figura 15 - Plaqueamento após incubação nos meios Harlequin e SS das soluções filmogênicas a base de farinha da casca da batata com açafraão-da-terra, (PBA), farinha da casca da mandioquinha-salsa com açafraão-da-terra (PMA), farinha da casca da batata (PB) e farinha da casca da mandioquinha-salsa (PM)



Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Para os tomates, com e sem revestimentos, as análises foram conduzidas no 13º dia de armazenamento, contemplando, a ausência de *Salmonella* sp. e níveis de tolerância para *Escherichia coli*, sendo padrões estabelecidos pela Instrução Normativa nº 161, de 1º de julho de 2022 (BRASIL, 2022). Esses achados evidenciam a eficácia do processo de higienização dos frutos antes da aplicação dos revestimentos, bem como o rigor adotado nas etapas de desenvolvimento, manipulação e aplicação dos revestimentos.

A garantia de qualidade microbiológica é um aspecto central na conservação e comercialização de tomates revestidos, sobretudo considerando que esses frutos podem ser disponibilizados ao consumidor final sem a necessidade de lavagem prévia, uma vez que já passaram por etapas de seleção, limpeza, higienização, aplicação do revestimento e acondicionamento em bandejas de isopor recobertas com filme plástico. Assim, além de prolongar a vida útil e preservar a qualidade pós-colheita, o uso de revestimentos comestíveis se configura como uma alternativa segura e prática para o consumo, conciliando aspectos de durabilidade e inocuidade alimentar.

4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos demonstram que os revestimentos comestíveis desenvolvidos a partir de farinhas da casca de batata inglesa e da mandioquinha-salsa, com ou sem adição de açafrão-da-terra, apresentam propriedades físico-químicas, funcionais e microbiológicas adequadas para aplicação pós-colheita. A estabilidade de parâmetros como umidade, atividade de água, pH e acidez, aliada à ausência de microrganismos patogênicos, assegura a inocuidade e a compatibilidade dessas matrizes poliméricas para contato direto com alimentos. Esses achados evidenciam o potencial de resíduos agroindustriais como matérias-primas viáveis para a obtenção de materiais biodegradáveis seguros e eficientes, reforçando sua aplicabilidade no contexto de embalagens e revestimentos sustentáveis.

A composição dos revestimentos influenciou diretamente suas propriedades ópticas e bioativas. Revestimentos formulados com farinha de mandioquinha-salsa apresentaram maior luminosidade, enquanto a incorporação de açafrão-da-terra intensificou a coloração amarela e a saturação, resultando em aspecto visual atrativo sem prejuízo da integridade estrutural. Adicionalmente, o açafrão promoveu incremento significativo no teor de compostos fenólicos e na atividade antioxidante, agregando valor funcional aos revestimentos e ampliando seu potencial na mitigação de processos oxidativos associados ao armazenamento de frutos.

A aplicação dos revestimentos em tomates orgânicos comprovou sua eficiência em retardar o amadurecimento e atenuar alterações pós-colheita, especialmente quando associada à refrigeração. Revestimentos à base de mandioquinha-salsa, com ou sem adição de açafrão, destacaram-se na redução da perda de massa, na preservação da acidez e na estabilização da cor, evidenciando sua atuação como barreira às trocas gasosas e à perda de água, podendo ser considerados os tratamentos de melhor desempenho. A análise das correlações de Pearson evidenciou que os revestimentos promoveram uma reorganização da dinâmica metabólica dos frutos, reduzindo a intensidade das associações entre variáveis diretamente relacionadas à senescência, como perda de massa, acidez e sólidos solúveis, e favorecendo uma evolução mais equilibrada e controlada dos atributos de qualidade.

Em conjunto, esses resultados confirmam que os revestimentos desenvolvidos constituem uma alternativa promissora, sustentável e tecnologicamente viável para prolongar a vida útil de tomates orgânicos, contribuindo para a redução de perdas pós-colheita, para o fortalecimento da economia circular e para o avanço de soluções inovadoras na conservação de alimentos frescos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLA, G.; MUSSAGY, C. U.; BRASIL, G. S. A. P.; SCONTRI, M.; DA SILVA SASAKI, J. C.; SU, Y.; HERCULANO, R. D. Eco-sustainable coatings based on chitosan, pectin, and lemon essential oil nanoemulsion and their effect on strawberry preservation. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 249, p. 126016, 2023.

A LAVOURA. Produção de tomate tem alto custo no país, aponta estudo da Conab. Disponível em: <https://alavoura.com.br/colunas/panorama/producao-de-tomate-tem-alto-custo-no-pais-aponta-estudo-da-conab/>. Acesso em: 22 out. 2024.

ALI, A.; MAQBOOL, M.; RAMACHANDRAN, S.; ALI, A. Gum arabic as a novel edible coating for enhancing shelf-life and improving postharvest quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, v. 58, n. 1, p. 42-47, 2010.

ALMEIDA, C. Determinação da firmeza e cor do tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill), visando o estabelecimento de correlações entre medidas sensoriais e físicas ao longo do tempo de maturação. 1995. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) — Universidade de Campinas, Campinas, 1995.

AOAC INTERNATIONAL. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 19. ed. Gaithersburg, MD: AOAC International, 2012.

ALVARENGA, F.; SILVA, R.; PEREIRA, L.; MOREIRA, T. Edible coatings from food processing by-products: A sustainable approach for fruit conservation. *Food Hydrocolloids*, v. 119, p. 106-123, 2021.

BACKES, E.; GENENA, A. K. Valorização de cascas de batata como antioxidantes naturais. In: *Simpósio de Alimentos e Nutrição*, 2017, Campinas. Anais [...]. Campinas: Galoá, 2017. Disponível em: <https://proceedings.science/sian/papers/valorizacao-de-cascas-de-batata-como-antioxidantes-naturais>. Acesso em: 23 maio 2022.

BARNABÉ, B. P.; SANTOS, A. C.; CALIXTO, A. L.; GUSMÃO, F. F. Produção de bioplástico a partir da casca de batata. In: *Congresso Nacional Universidade, EAD e Software Livre*, 2., 2020. Anais [...].

BARROS, A. P.; MENDES, C. F.; ALMEIDA, D. M.; LOPES, R. B. Postharvest physiology and quality changes of tomatoes subjected to different storage conditions. *Postharvest Biology and Technology*, v. 188, p. 111-122, 2022.

BERNS, Roy S. *Billmeyer and Saltzman's Principles of Color Technology*. 3. ed. New York: Wiley-Interscience, 2000.

BEZERRA, D. V. F. Potencial de aproveitamento da semente de maracujá na tecnologia de tratamento de efluentes através da técnica de adsorção e floculação iônica. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2020.

BHOWMIK, P. K.; MATSUI, T. Effects of ripening on the content of ascorbic acid, sugar and organic acid in tomato fruit. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, v. 72, n. 3, p. 223-229, 2003.

BISCHOFF, T. Z.; SCHOENINGER, V.; DO PRADO, N. V.; PRAMIU, P. V.; COELHO, S. R. M. Qualidade e aparência do tomate embalado com biofilme comestível e filme de PVC. *Revista Cultivando o Saber*, v. 5, n. 4, p. 1-7, 2012.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, v. 37, p. 911-917, 1959.

BOHATCH, A.; MARCHI, J. F.; CASAGRANDE, A. *Transformação artesanal de frutas: sucos, néctares e polpas*. Curitiba: EMATER-PR, Série Produtor, n. 82, 2001. 44 p.

BORGUINI, R. G.; SILVA, M. D. Características físico-químicas e sensoriais do tomate (*Lycopersicon esculentum*) produzido por cultivo orgânico em comparação ao convencional. *Alimentos e Nutrição*, v. 16, n. 4, p. 355-361, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Instrução Normativa nº 37, de 1º de outubro de 2018. Estabelece a classificação do tomate. Brasília, DF: MAPA, 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa nº 161, de 1º de julho de 2022. Estabelece os padrões microbiológicos dos alimentos. Brasília, DF, 2022

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Manual de higiene para serviços de alimentação. Brasília, DF: ANVISA, 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012. Dispõe sobre o regulamento técnico sobre informação nutricional complementar. Brasília, DF, 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RDC nº 724, de 1º de julho de 2022. Dispõe sobre os padrões microbiológicos dos alimentos, 2022.

BRAZEIRO, F. S. G.; RODRIGUES, M. D.; FERRAZ, M. B.; PERES, L. M.; GODOY, H. T. Atividade antimicrobiana de filmes de gelatina de pescado contendo quitosana. *Anais Congrega*, p. 799-800, 2017.

BUNGHEZ, I. R.; RUNCAN, A. C.; BUTNARIU, M. Incorporation of curcumin into biopolymeric films for food applications. *Romanian Biotechnological Letters*, v. 24, n. 1, p. 98-105, 2019.

CARVALHO, L. C. F. Otimização de formulação de revestimento comestível para conservação pós-colheita de goiaba (*Psidium guajava*). 2019. 106 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2019.

CARVALHO, S. A.; NETO, A. F.; DE SOUSA COSTA, M.; DE SOUZA COSTA, J. D.; PEREIRA FILHO, A.; ARAGÃO, C. A. Efeitos da aplicação de revestimentos biodegradáveis na conservação pós-colheita de tomate. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 9, p. e59011931677, 2022.

CHERMAN, K. A.; BARCELOS, M. F. P.; COUTINHO, L. C.; ALMEIDA, G. C.; OLIVEIRA, J. E. Caracterização de cobertura comestível à base de alginato e óleos essenciais. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 2, p. e52911226145, 2022.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. *Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio*. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005.

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ÉCLAIRAGE (CIE). *Colorimetry*. 3. ed. Vienna: CIE Central Bureau, 2004. (CIE Publication n. 15:2004).

COSTA, L. C.; FREITAS, L. C.; SANTOS, M. A.; SANTANA, R. C. Aplicação de diferentes revestimentos comestíveis na conservação pós-colheita de goiabas (*Psidium guajava* L.). *Brazilian Journal of Food Research*, v. 8, n. 2, p. 16-31, 2017.

COSTA, M. C. C.; AZEVEDO, C. R.; DE SOUSA, R. M. L.; DOS SANTOS, A. F.; BARROQUEIRO, Â. T. S. Embalagens de alimentos à base de biofilmes comestíveis: uma revisão de literatura. *Revista Ceuma Perspectivas*, v. 30, n. 3, p. 88-100, 2019.

COSTA, R. R. D. Caracterização físico-química de revestimento comestível de pectina do maracujá com adição de nanopartículas de zinco na *shelf life* da seriguela (*Spondias purpurea* L.). [S. l.: s. n.], 2021.

DA SILVA, L. G. M.; SARTO, L. E.; ROCHA, M. C. Influence of edible coating based on starch and beeswax on the preservation of postharvest quality of Italian tomatoes. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 7, p. e54111728387, 2022.

DEUFRASNE, A.; MARTIN, G.; LEMOINE, L.; CHARLES, D. Vitamin C degradation in fresh produce: mechanisms and influencing factors. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 92, p. 103-118, 2020.

DOMICIANO, S. A.; CARNEIRO, A. C.; OLIVEIRA, G. S.; ROCHA, M. C.; CARVALHO, C. A. Análise sensorial, físico-química e bioquímica de tomate italiano cultivado nos sistemas orgânico e convencional. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v. 12, n. 3, p. 72-81, 2021.

DO NASCIMENTO, A. S. M.; ALMEIDA, A. F.; SILVA, J. W.; SOUSA, R. A. Qualidade pós-colheita de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) obtido de diferentes estabelecimentos na cidade de São Luís, Maranhão. *Revista Foco*, v. 16, n. 5, p. 18-36, 2023.

EL-ANANY, A. M.; HASSAN, G. F. A.; RAFIQ, M. M. Effects of edible coatings on the shelf-life and quality of Anna apple (*Malus domestica* Borkh) during cold storage. *Journal of Food Technology*, v. 7, p. 5-11, 2009.

EVANGELISTA, R. M.; MOREIRA, G. F.; LAGE, L. F.; MENDES, S. M.; PINHEIRO, A. M. Uso de revestimentos comestíveis e gelatina na conservação de frutos de mini tomate orgânico 'sweetgrape'. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, v. 15, n. 2, p. 168-176, 2014.

FAGUNDES, C.; MORAES, K.; PÉREZ-GAGO, M. B.; PALOU, L.; MARASCHIN, M.; MONTEIRO, A. R. Effect of active modified atmosphere and cold storage on the postharvest quality of cherry tomatoes. *Postharvest Biology and Technology*, v. 109, p. 73-81, 2015.

FAIRCHILD, Mark D. *Color Appearance Models*. 3. ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2013.

FARIAS, M. G.; OLIVEIRA, V. T.; CARVALHO, L. M.; SANTOS, A. M.; CABRAL, M. M. Caracterização físico-química de filmes comestíveis de amido adicionado de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.). *Química Nova*, v. 35, n. 3, p. 546-552, 2012.

FEITOSA, H. O.; OLIVEIRA, J. S.; ROCHA, F. C.; SILVA, A. P. Uso de filme comestível na conservação de frutos de figo refrigerados e não refrigerados produzidos em sistema orgânico. *Agropecuária Técnica*, v. 31, n. 2, p. 164-169, 2010.

FILIPINI, G. DA S.; ROMANI, V. P.; MARTINS, V. G. Biodegradable and active-intelligent films based on methylcellulose and jambolão (*Syzygium cumini*) skins extract for food packaging. *Food Hydrocolloids*, v. 109, p. 106139, 2020.

GAINOKOSKI, A. C. K.; ROSA, D. S.; GUIMARÃES, V. M. Estudo da biodegradabilidade de filmes poliméricos à base de pectina. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v. 22, n. 4, p. 415-420, 2012.

GARCÍA, M. A.; MARTINO, M. N.; ZARITZKY, N. E. Plasticized starch-based coatings to improve strawberry (*Fragaria × ananassa*) quality and stability. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 46, p. 3758-3767, 1998.

GOMES, M. B.; ROCHA, D. H. A.; FACHI, J. L. C.; SILVA, D. P. M.; RESENDE, J. V. Caracterização físico-química de filmes comestíveis formulados com diferentes concentrações de amido de milho e gelatina. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, v. 67, n. 389, p. 39-47, 2012.

GONÇALVES, A. C.; DA SILVA, L. C.; SOUZA, R. R.; VIEIRA, M. L.; PEREIRA, A. S. Influência de revestimentos comestíveis na conservação pós-colheita de tomates. *Revista Verde*, v. 16, n. 3, p. 546-554, 2021.

GONTARD, N.; DUCHEZ, C.; CUQ, J.-L.; GUILBERT, S. Edible composite films of wheat gluten and lipids: water vapour permeability and other physical properties. *International Journal of Food Science & Technology*, v. 29, n. 1, p. 39–50, 1994.

GUIMARÃES, J. T.; FREITAS, M. Q.; SILVA, R.; SILVEIRA, R. Starch-based biodegradable films for fruit preservation: A review. *Carbohydrate Polymers*, v. 301, p. 120452, 2023.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL). *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. 4. ed. São Paulo: IAL, 2008. 1020 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Pesquisa de Orçamentos Familiares 2017–2018: análise do consumo alimentar pessoal no Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

KADER, A. A. Flavor quality of fruits and vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 88, p. 1863-1868, 2008.

KAZEMI, F.; REZAEE, M.; HOSSEINI, S. M.; KHODAVERDI, M. Preservation of tomatoes by using edible coatings with natural antimicrobial compounds: a review. *Scientia Horticulturae*, v. 242, p. 68–75, 2018.

KHAN, M. R.; NAZ, S.; SULTAN, M. T.; KHAN, M. I.; JOYA, G.; AHMAD, S. Tomato fruit quality and shelf-life improvement using natural edible coatings. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, v. 15, n. 4, p. 447–456, 2016.

KHEDMAT, L.; ENTEZARI, M. H. Enhancement of the shelf life of cherry tomatoes by a chitosan-curcumin edible coating. *Food Chemistry*, v. 285, p. 102–110, 2019.

KOBLITZ, M. G. B. *Matérias-primas alimentícias: composição, propriedades e aplicações*. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2019.

LÓPEZ-CABALLERO, M. E.; GÓMEZ-GUILLÉN, M. C.; PÉREZ-MATEOS, M.; MONTERO, P. A chitosan–gelatin blend as a coating for fresh fish. *Food Chemistry*, v. 98, n. 3, p. 478–484, 2006.

NASCIMENTO, A. C. C.; LIMA, S. A. L.; SANTOS, A. P. N.; LUNA, A. S.; BARBOSA, M. I. M. J. Filmes biodegradáveis à base de amido de mandioca reforçados com fibras agroindustriais. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v. 27, p. 99-108, 2017.

NIGAM, S.; DAS, A. K.; PATIDAR, M. K. Synthesis, characterization and biodegradation of bioplastic films produced from *Parthenium hysterophorus* by incorporating a plasticizer (PEG600). *Environmental Challenges*, 5, 100280, 2021.

NUNES, M. C. N. *Fresh fruits and vegetables: quality changes during postharvest handling and storage*. Ames: Wiley-Blackwell, 2015.

OLIVEIRA, A. R.; FONSECA, S.; CARDOSO, M.; BRAGA, A. Edible coatings for reducing postharvest losses of horticultural products. *Food Packaging and Shelf Life*, v. 26, p. 100-141, 2020.

OLIVEIRA, S. M. R.; CEREDA, M. P. Utilização de resíduos da industrialização da fécula de mandioca na produção de filmes biodegradáveis. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 34, n. 12, p. 2329-2338, 1999.

OLIVEIRA, T. A.; BARROS, E. A.; MELO, P. S.; FERREIRA, A. M. Revestimentos comestíveis na conservação de tomate cereja. *Journal of Agronomic Sciences*, v. 11, n. 2, p. 89–97, 2022.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA (FAO). Perdas e desperdícios de alimentos na América Latina e no Caribe. Disponível em: <http://www.fao.org/americas/noticias/ver/pt/c/239394/>. Acesso em: 23 out. 2020.

O'SHEA, N.; KAUR, K.; KATRIB, M.; SMITH, A.; CRONIN, D. Food waste valorisation—opportunities and challenges. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, v. 58, n. 1, p. 1–5, 2019.

PARK, S. I.; MARSHALL, M. R.; WEI, C. I. Antimicrobial activity of ϵ -polylysine against salmonella and *Listeria monocytogenes* in tomato. *Journal of Food Protection*, v. 64, n. 6, p. 879–884, 2001.

PÉREZ-GAGO, M. B.; SARGENT, S. A.; BERRY, A. D. Film-forming mechanisms and applications of edible coatings in fruits and vegetables. *Food Engineering Reviews*, v. 4, n. 1, p. 1–16, 2012.

PÉREZ-VERGARA, L. D.; CIFUENTES, M. T.; FRANCO, A. P.; PÉREZ-CERVERA, C. E.; ANDRADE-PIZARRO, R. D. Development and characterization of edible films based on native cassava starch, beeswax, and propolis. *NFS Journal*, v. 21, p. 39–49, 2020.

PINHEIRO, A. M.; ALMEIDA, D. P.; LOPES, J. R.; SILVA, L. C. Revestimento comestível à base de goma xantana no prolongamento da vida pós-colheita de tomates. *Journal of Postharvest Technology*, v. 10, n. 1, p. 18–28, 2022.

PRIYADARSHINI, K. I. The chemistry of curcumin: from extraction to therapeutic agent. *Molecules*, v. 19, p. 20091-20112, 2014.

RODRIGUES, D.; BARBOSA, J.; MOURA, L.; FERREIRA, S. Oxidative stability and vitamin C retention in tomatoes during storage. *LWT – Food Science and Technology*, v. 149, p. 111-119, 2021.

RODRIGUES, L. B.; FREIRE, M. T. L.; DELGADO, J. C. F.; CAVALCANTE, C. L. Filmes comestíveis à base de amido: propriedades e aplicações. *Alimentos: Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente*, v. 4, n. 2, p. 34–50, 2021.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007. 4 p. (Comunicado Técnico, 127).

SANTOS, A. B.; JESUS, M. R.; MENDES, S. M.; RIBEIRO, J. C.; CUNHA, R. L. Desenvolvimento e caracterização de filmes comestíveis de amido de milho adicionados de farinha de casca de batata. *Food Research International*, v. 145, p. 110393, 2021.

SILVA, A. C.; MARTINS, D. A.; MOURA, R. M.; ROCHA, D. H. A. Filmes comestíveis contendo açafraão-da-terra: propriedades físicas e atividade antioxidante. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 23, p. 1–10, 2020.

SANTOS, J. R.; LIMA, M. C.; MACHADO, T.; GOMES, H. Relationship between color parameters and antioxidant compounds in tomatoes during ripening. *Food Chemistry*, v. 286, p. 90-98, 2019.

SHARMA, Gaurav; WU, Wencheng; DALAL, Edul N. The CIEDE2000 color-difference formula: implementation notes, supplementary test data, and mathematical observations. *Color Research and Application*, Hoboken, v. 30, n. 1, p. 21–30, 2005.

SOTO-CABEZAS, M. E.; GARCÍA-PÉREZ, P.; SALAS-GONZÁLEZ, I.; CASTRO-MARTÍNEZ, C.; BARRERA-RODRÍGUEZ, S.; MARTÍNEZ-GONZÁLEZ, A. I. Edible coatings based on natural extracts for preservation of fresh tomatoes: a review. *Journal of Food Science and Technology*, v. 59, p. 2133–2144, 2022.

TAVARES, E. A.; RESENDE, J. V.; COELHO, A. C. V.; SILVA, E. P. Filmes comestíveis de amido adicionados de extratos naturais. *Food Science and Technology*, v. 36, n. 3, p. 471–477, 2016.

TOMATTO, M.; RIBEIRO DA SILVA, A. S.; BRITO, V. P.; TAVARES, A. B. Shelf-life of tomatoes coated with cassava starch. *Journal of Food Processing and Preservation*, v. 40, n. 6, p. 1–8, 2016.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). *Food Waste Index Report 2021*. Nairobi: UNEP, 2021.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). *Tomatoes: nutrient values database*. Washington, D.C.: USDA, 2021.

VIEIRA, P. F.; LOPES, V. A.; AUGUSTO, R. S.; ALMEIDA, A. P.; DIAS, M. L. revestimentos comestíveis produzidas a partir de resíduos alimentares: revisão de literatura. *Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 11, n. 1, p. 21–33, 2023.

WILLS, R.; McGLASSON, B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. *Postharvest: An introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals*. 6. ed. Oxford: CAB International, 2016.

ZHANG, H.; TANG, W.; LI, X.; ZHOU, F.; LIU, S. Application of starch-based edible coatings enriched with plant extracts for quality maintenance of fresh tomatoes. *Food Hydrocolloids*, v. 97, p. 105–113, 2019.

CONCLUSÃO GERAL

Os resultados obtidos ao longo desta tese permitem concluir que o reaproveitamento das cascas de batata inglesa e de mandioquinha-salsa para a produção de farinhas destinadas à formulação de revestimentos comestíveis é técnica, econômica e ambientalmente viável, atendendo plenamente aos objetivos propostos. A transformação desses resíduos agroindustriais em ingredientes de valor agregado demonstrou potencial significativo para a redução do desperdício de alimentos, a promoção da economia circular e o alinhamento às diretrizes de sustentabilidade da Agenda 2030.

A caracterização estrutural por espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) confirmou que as farinhas de casca de batata inglesa e de mandioquinha-salsa apresentam perfis típicos de matrizes polissacarídicas, com predominância de bandas associadas a grupos hidroxila e ligações glicosídicas. Esses resultados evidenciaram elevada afinidade por água e capacidade de estabelecer interações intermoleculares, fornecendo base estrutural para explicar as propriedades tecnológicas observadas, como as elevadas capacidades de absorção de água e óleo, a solubilidade intermediária e o desempenho adequado das farinhas na formação de revestimentos coesos. As diferenças espectrais observadas entre as farinhas também contribuíram para a compreensão das variações nas propriedades ópticas e funcionais dos revestimentos desenvolvidos.

A caracterização físico-química, bioativa, tecnológica e microbiológica das farinhas e das soluções filmogênicas confirmou que ambos os materiais apresentam estabilidade, segurança e desempenho compatíveis com o contato direto com alimentos. As soluções formuladas com as farinhas, com ou sem adição de açafraão-da-terra, exibiram propriedades adequadas de umidade, atividade de água, pH e acidez, além de ausência de microrganismos patogênicos, assegurando sua inocuidade. A composição das farinhas influenciou diretamente as propriedades ópticas e funcionais dos revestimentos, destacando-se a maior luminosidade das revestimentos à base de mandioquinha-salsa e o efeito do açafraão-da-terra na intensificação da coloração e no aumento do teor de compostos fenólicos e da atividade antioxidante, agregando valor bioativo às formulações.

A aplicação das revestimentos em tomates orgânicos evidenciou sua eficácia na conservação pós-colheita, com destaque para a redução da perda de massa, a preservação da acidez, a estabilização da cor e o retardo do amadurecimento,

especialmente quando associadas ao armazenamento sob refrigeração. A análise multivariada, por meio das correlações de Pearson, contribuiu para a elucidação dos mecanismos de ação dos revestimentos, demonstrando que as revestimentos foram capazes de reorganizar a dinâmica metabólica do amadurecimento climatérico, atenuando correlações clássicas associadas à senescência, à oxidação e à deterioração fisiológica e microbiológica. Esses resultados indicam que os revestimentos atuam de forma multifatorial, combinando efeito de barreira física com a ação de compostos antioxidantes e antimicrobianos.

Como contribuição científica e tecnológica, esta tese demonstra que resíduos vegetais amplamente disponíveis podem ser convertidos em soluções inovadoras, sustentáveis e eficazes para a conservação de alimentos frescos. As revestimentos comestíveis desenvolvidas, especialmente aquelas à base de farinha de mandioquinha-salsa, com ou sem adição de açafraão-da-terra, configuram-se como alternativas promissoras para o prolongamento da vida útil de tomates orgânicos, preservando atributos físico-químicos, fisiológicos e microbiológicos e ampliando a aceitabilidade do produto. Dessa forma, o trabalho avança no conhecimento sobre o uso de subprodutos agroindustriais na pós-colheita, oferecendo subsídios técnicos para futuras aplicações industriais e reforçando o papel da ciência de alimentos no desenvolvimento de sistemas alimentares mais sustentáveis, circulares e responsáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

ABIB – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE BIOMASSA E ENERGIA RENOVÁVEL. *Atlas Brasileiro Biomassa e Energia*. Curitiba: ABIB, 2016. Disponível em: <https://es.calameo.com/read/0008953904f21ebb5e908>. Acesso em: 6 ago. 2024.

ACHINAS, S.; LI, Y.; ACHINAS, V.; EUVERINK, G. J. W. Biogas potential from the anaerobic digestion of potato peels: Process performance and kinetics evaluation. *Energies*, v. 12, n. 12, 2019.

AGUIRRE-JOYA, J. A.; DE LEÓN-ZAPATA, M. A.; ÁLVAREZ-PÉREZ, O. B.; TORRES-LEÓN, C.; NIETO-OROPEZA, D. E.; VENTURA-SOBREVILLA, J. M.; AGUILAR, M. A.; RUELAS-CHACÓN, X.; ROJAS, R.; RAMOS-AGUIÑAGA, M. E.; AGUILAR, C. N. Basic and applied concepts of edible packaging for foods. In: GRUMEZESCU, A. M.; HOLBAN, A. M. (Ed.). *Food packaging and preservation*. Cambridge, MA: Academic Press, 2018. p. 1–61. DOI: 10.1016/B978-0-12-811516-9.00001-4.

AKOETHEY, W.; BRITAIN, M. M.; MORAWICKI, R. O. Potential use of byproducts from cultivation and processing of sweet potatoes. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 47, n. 5, e20160610, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20160610>.

ALFREDO, A. P. C.; GONÇALVES, J. R. dos S.; RODRIGUES, I. C. A.; SILVA, J. L. da; SANTOS, K. V. dos; PEREIRA, L. F.; ALMEIDA, R. C.; LIMA, T. A. Adsorção de azul de metileno em casca de batata utilizando sistema em batelada e coluna de leito fixo. *Revista Virtual de Química*, v. 7, n. 6, p. 1909–1920, 2015.

ALMEIDA, P. H. F. de; CORRÊA, N. S.; LOPES, V. M.; SANTOS, G. M.; SILVA, L. M.; SOUZA, R. P.; FERREIRA, A. B. The anti-inflammatory action of *Curcuma longa* L. as a herbal medicine: a literature review. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 14, p. e600111436644, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i14.36644.

ALMEIDA, R. L. J.; SILVA, C. P.; SANTOS, M. D. R.; OLIVEIRA, P. H. M.; COSTA, F. D. G.; PEREIRA, T. R.; LIMA, E. F. Análises físico-químicas e microbiológicas de farinha elaborada do aproveitamento da casca de kiwi. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 3, p. e92932522, 2020.

AMADEU, L. T. S.; RODRIGUES, P. H. F.; SANTOS, R. C.; MENEZES, L. A.; ALVES, G. S.; LIMA, D. V.; PEREIRA, M. A. Características físicas e físico-químicas da casca da batata-baroa. 2018.

ALVARENGA, M. A. R. *Tomate: produção em campo, casa de vegetação e hidroponia*. Lavras: Editora Universitária de Lavras, 2013.

ASSIS, O. B. G.; BRITTO, D. D. Revisão: coberturas comestíveis protetoras em frutas: fundamentos e aplicações. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 17, p. 87-97, 2014.

AZEVEDO, G. A. Caracterização física de bananas 'prata' comercializadas no município de Chapadinha-MA. 2024.

BARBOZA, H. T. G.; SOARES, A. G.; FERREIRA, J. C. S.; SILVA, O. F. Filmes e revestimentos comestíveis: conceito, aplicação e uso na pós-colheita de frutas, legumes e vegetais. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 9, p. e9911931418-e9911931418, 2022.

BENÍTEZ, R. O. Perdas e desperdícios de alimentos na América Latina e no Caribe. FAO, 2014. Disponível em: <http://www.fao.org/americas/noticias/ver/pt/c/239394/>. Acesso em: 30 jul. 2024.

BEZERRA, P. Q. M.; REBELO DE MATOS, M. F.; DRUZIAN, J. I.; NUNES, I. L. Estudo prospectivo da *Curcuma longa* L. com ênfase na aplicação como corante de alimentos. *Cadernos de Prospecção*, v. 6, n. 3, p. 366-378, 2013.

BOTELHO, R. V.; SOUZA, C. M.; CARVALHO, A. L.; PINTO, F. A. Pós-colheita de frutas e hortaliças: desafios e perspectivas na conservação de produtos perecíveis. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 38, n. 2, p. 234–243, 2016.

BOTREL, N.; MADEIRA, N. R. Diferentes condições de embalagem para comercialização de mandioquinha-salsa. *Horticultura Brasileira*, v. 30, n. 2, p. 7574-7581, 2012.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 3 ago. 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Política Nacional de Resíduos Sólidos: Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 e Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010*. Brasília: MMA, 2019.

BRASIL. *Política e Programa Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos*. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Departamento de Assistência Farmacêutica. Ministério da Saúde. Brasília, 2016. 190 p.

CARMO, E. L. Potencialidades da mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Brancroft) para processamento industrial. 2011. 115 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2011.

CARNEIRO, L. C. Revestimentos à base de amido na conservação pós-colheita de pedúnculos de caju anão precoce CCP-76 e goiabas Paluma. 2019.

CARVALHO, C. R. B. *Tecnologias de conservação pós-colheita de frutas e hortaliças*. São Paulo: Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), 2019.

CHALÁN, G.; MARDELID, R. Efecto de recubrimientos comestibles a base de proteína de soya y almidón de yuca en la conservación de saúco (*Sambucus peruviana* HBK). 2019.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. *Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manejo*. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

COLLA, L. M. *Aproveitamento de resíduos agroindustriais: alternativas sustentáveis para o setor alimentício*. Porto Alegre: UFRGS, 2004.

COLLINS, P.; PLUMBLY, J. Natural colors: stable future? *Food Tech Europe*, v. 49, n. 2, p. 64-70, 1995.

CONTRIGIANI, A. C.; MARJOTTA-MAISTRO, M. C.; MONTEBELLO, A. E. S.; SAUTIER, D. Circuitos curtos de comercialização. São Carlos: UFSCar/CPOI, 2020.

COSTA NETA, C. de M.; MARTINS, A. K. V.; AMORIM, D. J.; SILVA, M. das D. S.; FERREIRA, L. S.; SILVA, M. das D. de C.; PIRES, I. C. G.; ALMEIDA, E. I. B. Perdas pós-colheita e destinação final de frutas em segmentos comerciais de Teresina (PI). *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v. 11, n. 3, p. 440–453, 2020. DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2020.003.0034.

DA SILVEIRA, F.; LERMEN, F. H.; AMARAL, F. G. An overview of agriculture 4.0 development: Systematic review of descriptions, technologies, barriers, advantages, and disadvantages. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 189, p. 106405, 2021.

DUARTE, R. D.; BOVI, O. A.; MAIA, N. B. Corantes - programa de pesquisa do Instituto Agrônomo de Campinas. In: *SEMINÁRIO DE CORANTES NATURAIS PARA ALIMENTOS*, 1., 1989, Campinas. Anais... Campinas: ITAL, 1989. p. 45-53.

DURIGAN, J. F. Pós-colheita de frutas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 35, 2013.

EMBRAPA. *Sistema de Produção da Batata*. 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/hortalicas/batata/origem-e-botanica>. Acesso em: 21 ago. 2022.

FAO – Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#home>. Acesso em: 21 jun. 2022.

FERNÁNDEZ HERRERA, E. M. *Curcuma longa L., de la cocina al botiquín*. Universidade Sevilla, 2021.

FRÁGUAS, R. M. *Tratamento pós-colheita de goiabas Pedro Sato com quitosanas*. 2016. 89 f. Tese (Doutorado em Agroquímica) – Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 2016.

FURLAN, J. A. A viabilidade da produção e comercialização de batata salsa em uma propriedade rural do município de Mangueirinha – Paraná. In: *VI CONTEXTOS E CONCEITOS - MOSTRA DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA E EXTENSÃO*, 2016, Paraná. Anais... 2016.

FUKELMANN, M. É batata. 2004. Disponível em: <http://www.folhaonline.com.br/pensata>. Acesso em: out. 2022.

GARMUS, T. T.; BEZERRA, J. R. M. V.; RIGO, M.; CÓRDOVA, K. R. V. Elaboração de biscoitos com adição de farinha de casca de batata (*Solanum tuberosum* L.). *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, v. 3, n. 2, p. 56-65, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.3895/S1981-36862009000200007>. Acesso em: 14 maio 2024.

GALUS, S.; KADZIŃSKA, J. Food applications of emulsion-based edible films and coatings. *Trends in Food Science & Technology*, v. 45, n. 2, p. 273-283, 2015.

GOMES, C. A.; SILVA, M. L.; PEREIRA, R. C. revestimentos comestíveis como alternativa sustentável para conservação pós-colheita de frutas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 36, n. 4, p. 589–598, 2016.

GUERRA, A. M. N. de M.; COSTA, A. C. M.; FERREIRA, J. B. A.; TAVARES, P. R. F.; VIEIRA, T. S.; MEDEIROS, A. C. de. Avaliação das principais causas de perdas pós-colheita de hortaliças comercializadas em Santarém, Pará. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, Pombal, v. 12, n. 1, p. 34–40, 2017. DOI: 10.18378/rvads.v12i1.4809.

HENZ, G. P.; SOUZA, R. M.; PEIXOTO, J. R.; BLUMER, L. Danos causados pelo impacto de queda na qualidade pós-colheita de raízes de mandioquinha-salsa. *Horticultura Brasileira*, v. 23, n. 4, p. 881–886, 2005.

HOSSAIN, M. B. et al. Recovery of steroidal alkaloids from potato peels using pressurized liquid extraction. *Molecules*, v. 20, p. 8560–8573, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/molecules20058560>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Em abril, IBGE prevê safra de 299,6 milhões de toneladas para 2024. 2023. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/40079-release-lspa-abril>. Acesso em: 14 maio 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Culturas temporárias e permanentes. Produção agrícola municipal. 2022. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 2 fev. 2023.

KROCHTA, J. M.; MULDER-JOHNSTON, C. D. Edible and biodegradable polymer films: Challenges and opportunities. 1997.

KRUIJF, N.; VAN BEEST, M. Packaging as an active component in food preservation. *Food Additives and Contaminants*, v. 20, n. 10, p. 903–910, 2003.

KUMAR, V.; SHARMA, A.; KOHLI, S. K.; YADAV, P.; BALI, S.; BAKSHI, P.; PARIHAR, R. D.; YUAN, H.; YAN, D.; HE, Y.; WANG, J.; YANG, Y.; BHARDWAJ, R.; THUKRAL, A. K.; ZHENG, B. Amino acids distribution in economically important plants: a review. *Biotechnology Research and Innovation*, v. 3, n. 2, p. 197–207, 2019. DOI: 10.1016/j.biori.2019.06.004.

LERMEN, A. M.; OLIVEIRA, J. T. F.; SILVA, R. P.; SOUZA, C. F.; SANTOS, F. R.; ALMEIDA, M. S.; COSTA, B. L. A utilização de resíduos agroindustriais para adsorção do corante azul de metileno: uma breve revisão. *Revista Brasileira de Ciência Aplicada*, v. 5, n. 1, p. 273–288, 2021. DOI: 10.34115/basrv5n1-017.

MADEIRA, N. R.; SOUZA, R. J. Mandioquinha-salsa: alternativa para o pequeno produtor. *Boletim Técnico*, n. 60, p. 1-71. Lavras: Editora UFLA, 2004. Disponível em: <http://livraria.editora.ufla.br/upload/boletim/tecnico/boletim-tecnico-60.pdf>.

MALDONADO, A. F. S.; MUDGE, E.; GÄNZLE, M. G.; SCHIEBER, A. Extraction and fractionation of phenolic acids and glycoalkaloids from potato peels using acidified water/ethanol-based solvents. *Food Research International*, v. 65, p. 27–34, 2014. DOI: 10.1016/j.foodres.2014.06.018.

MORAES, C. C. de. Mitigação do desperdício de alimentos: práticas e causas na díade fornecedor-supermercado. 2020.

MUÑOZ-BONILLA, A.; FERNÁNDEZ-GARCÍA, M. Polymeric materials with antimicrobial activity. *Progress in Polymer Science*, v. 37, n. 2, p. 281–339, 2012.

NASCIMENTO FILHO, W. B.; FRANCO, C. R. Avaliação do potencial dos resíduos produzidos através do processamento agroindustrial no Brasil. *Revista Virtual de Química*, v. 7, n. 6, p. 1978-1987, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5935/1984-6835.20150116>. Acesso em: 14 maio 2024.

NASCIMENTO, A. dos R.; SOARES JÚNIOR, M. S.; CALIARI, M.; FERNANDES, P. M.; RODRIGUES, J. P. M.; CARVALHO, W. T. de. Qualidade de tomates de mesa cultivados em sistema orgânico e convencional no estado de Goiás. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 31, n. 4, p. 628–635, 2013. DOI: 10.1590/S0102-05362013000400020.

OLSEN, H. S. Potato processing in a multipurpose production plant. 2005. Disponível em: <http://www.novozyns.com/library/Publication/Biotimes>. Acesso em: 15 fev. 2024.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. *Food Waste Index Report 2022*. Nova York: ONU, 2022.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Glossário de termos do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 12: assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis. Brasília, DF: ONUBR, 2019. Disponível em: <https://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/library/ods/glossario-do-ods-12---consumo-e-producao-responsaveis.html>. Acesso em: 11 jul. 2024.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Índice de desperdício de alimentos 2024. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/264460-%C3%ADndice-de-desperd%C3%ADcio-de-alimentos-2024>. Acesso em: 29 jul. 2024.

OSMAN, A. I. Mass spectrometry study of lignocellulosic biomass combustion and pyrolysis with NO_x removal. *Renewable Energy*, v. 146, p. 484–496, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.06.155>.

PARFITT, J.; BARTHEL, M.; MACNAUGHTON, S. Food Waste within Food Supply Chains: Quantification and Potential for Change to 2050. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 2010.

PEREIRA, A. da S. A evolução da cultura da batata no Brasil. *Horticultura Brasileira*, v. 29, n. 2, p. S5701-S5710, jul. 2011. Trabalho apresentado no 51º Congresso Brasileiro de Olericultura, Viçosa, MG. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/62091/1/Digitalizar0018.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2023.

PEREIRA, A. Desenvolvimento de preparado fitoterápico de *Curcuma longa*: atividade larvicida sobre larvas em pré-pupas de *Cochliomyia hominivorax* (Diptera: Calliphoridae). 2019.

PINHEIRO, A. C.; CERQUEIRA, M. A.; SOUZA, B. W. S.; MARTINS, J. T.; TEIXEIRA, J. A.; VICENTE, A. A. Utilização de revestimentos/filmes edíveis para aplicações alimentares. *Boletim de Biotecnologia*, Braga, v. 85, n. 18, p. 18-28, 2010. Disponível em: <https://hdl.handle.net/1822/16725>

PORTUGAL-PEREIRA, J.; SORIA, R.; RATHMANN, R.; SCHAEFFER, R.; SZKLO, A. Agricultural and agro-industrial residues to energy: Techno-economic and environmental assessment in Brazil. *Biomass and Bioenergy*, v. 81, p. 521-533, 2015. DOI: 10.1016/j.biombioe.2015.08.010.

QUEIROS, P. F. de. Uso de embalagens plásticas na conservação, pós-colheita e qualidade de goiabas “Pedro Sato”. 2017.

RANA, S.; SINGH, R.; BHAT, M.; PANDEY, R. Postharvest management and preservation of fruits and vegetables: an overview. *Journal of Food Science and Technology*, v. 52, n. 1, p. 1–12, 2015.

ROSA, M. F.; SOARES, R. M. D.; MAIA, F. D.; PINTO, L. A. A. Aproveitamento de resíduos agroindustriais para obtenção de produtos de valor agregado. *Revista Ciência Agrícola*, v. 8, n. 2, p. 45–56, 2011.

SALGADO, P. R. et al. Edible films and coatings containing bioactives. *Current Opinion in Food Science*, v. 5, p. 86-92, 2015.

SALVADOR, C. A.; PEREIRA, J. R. Prognóstico agropecuário de olericultura 2021/2022. Departamento de Economia Rural – DERAL, Governo do Estado do Paraná, v. 113, n. 37, 2021.

SAPPER, M.; CHIRALT, A. Starch-based coatings for preservation of fruits and vegetables. *Coatings*, v. 8, n. 5, p. 152, 2018.

SEIBEL, N. F.; RODRIGUES, D. D. Aproveitamento de resíduos agroindustriais de origem vegetal para alimentação humana. In: *Ciência & Tecnologia de Alimentos: Pesquisa e Práticas Contemporâneas*. Guarujá-SP: Editora Científica, 2021. p. 90-105.

SHEN, N.; WANG, T.; GAN, Q.; LIU, S.; WANG, L.; JIN, B. Plant flavonoids: Classification, distribution, biosynthesis, and antioxidant activity. *Food Chemistry*, v. 383, p. 132531, 2022. DOI: 10.1016/j.foodchem.2022.132531.

SINGH, P. P.; SALDAÑA, M. D. A. Subcritical water extraction of phenolic compounds from potato peel. *Food Research International*, v. 44, n. 8, p. 2452-2458, 2011.

STORCK, C. R.; HEREDIA, G. A.; SCHIFFER, B.; FERREIRA, V. S.; MÜLLER, F. A.; RODRIGUES, A. L. M. Folhas, talos, cascas e sementes de vegetais: composição nutricional, aproveitamento na alimentação e análise sensorial de preparações. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 43, n. 3, p. 537-543, 2013. DOI: 10.1590/S0103-84782013000300014.

SILVA, R. C.; OLIVEIRA, J. P.; MOREIRA, L. S.; ALVES, P. H.; COSTA, M. T.; SANTOS, T. R. Reaproveitamento de resíduo para construção de secador solar e sua eficiência. 2018.

TORRES, M. D.; MOREIRA, J. F.; CARVALHO, A. L.; SANTOS, L. M.; ROCHA, P. S.; LIMA, H. B. Biorefinery concept for discarded potatoes: Recovery of starch and bioactive compounds. *Journal of Food Engineering*, v. 275, p. 109886, 2020. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2019.109886.

VERMA, R. K.; KHARE, M.; SHARMA, A.; SINGH, P.; KUMAR, A. Medicinal properties of turmeric (*Curcuma longa* L.): A review. *International Journal of Chemical Studies*, v. 6, n. 4, p. 1354-1357, 2018.

VIEIRA, R. C. *Gestão de resíduos sólidos: o que diz a lei*. 2. ed. São Paulo: Trevisan, 2013.

VILLADIEGO, A. M. D.; SOARES, N. D. F. F.; DE ANDRADE, N. J.; PUSCHMANN, R.; MINIM, V. P. R.; CRUZ, R. Filmes e revestimentos comestíveis na conservação de produtos alimentícios. *Ceres*, Viçosa, v. 52, n. 300, p. 221-244, 2005.

WOICIECHOWSKI, A. L.; DALMAS NETO, C. J.; DE SOUZA VANDENBERGHE, L. P.; DE CARVALHO NETO, D. P.; NOVAK SYDNEY, A. C.; LETTI, L. A. J.; KARP, S. G.; ZEVALLOS TORRES, L. A.; SOCCOL, C. R. Lignocellulosic biomass: Acid and alkaline pretreatments and their effects on biomass recalcitrance - Conventional processing and recent advances. *Bioresource Technology*, v. 304, p. 122848, 2020. DOI: 10.1016/j.biortech.2020.122848.

ZARO, M. *Desperdício de alimentos: velhos hábitos, novos desafios*. Caxias do Sul, RS: Educs, 2018.