

AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DE BIOFILMES COM EXTRATO DE *Spondias tuberosa* NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE MAÇÃS

EVALUATION OF THE EFFICACY OF BIOFILMS WITH *Spondias tuberosa* EXTRACT IN THE POSTHARVEST PRESERVATION OF APPLES

Informações dos autores:

Ana Lúcia Alves Medeiros 

analumus17@gmail.com

UNIFACISA – Centro Universitário, Campina Grande – PB, Brasil

Gustavo Luis Ferreira Barbosa 

gustavolfb123@gmail.com

Programa de Pós-graduação em Ciências Farmacêuticas (PGCF) - Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Campina Grande – PB, Brasil

Denilson Leal Rocha 

rochadenilsonn@gmail.com

UNIFACISA – Centro Universitário, Campina Grande – Paraíba, Brasil.

Maria Edhuarda Celerino Brayner Rangel 

edhuardabrayner@gmail.com

UNIFACISA – Centro Universitário, Campina Grande – PB, Brasil

Marconi Ewerthon Jorge de Sousa 

marconi.pharma@gmail.com

UNIFACISA – Centro Universitário, Campina Grande – Paraíba, Brasil.

Rodrigo Molina Martins 

rodrigo.martins@maisunifacisa.com.br

UNIFACISA – Centro Universitário, Campina Grande – Paraíba, Brasil.

Contribuição dos autores:

Medeiros A. L. A.– Contribuiu com conceituação, investigação, metodologia, redação.

Barbosa G. L. F. e Rocha D. L.- Contribuíram na metodologia, redação. Rangel M. E. C.

B. e Sousa M. E. J.– Contribuíram com a conceituação, na metodologia e revisão e edição.

Martins R. M.– Contribuiu com a conceituação, na metodologia, redação e edição.

RESUMO

Introdução: Frutas e hortaliças são alimentos essenciais para a saúde humana; entretanto, apresentam alta perecibilidade, o que resulta em perdas significativas ao longo da cadeia produtiva. Uma alternativa promissora para reduzir essas perdas é o uso de biofilmes comestíveis, que formam uma barreira protetora sobre a superfície dos alimentos, retardando a degradação

Indicação do autor para correspondência:

Nome Completo: Rodrigo Molina Martins

Endereço: RUA ANTONIO DE SOUSA LOPES, 100 AP 2101 Bloco A Campina Grande - PB (58410-180)

Email: rodrigo.martins@maisunifacisa.com.br

Recebido em: 14/12/2025
Aprovado em: 14/04/2026

e mantendo a qualidade pós-colheita. A *Spondias tuberosa* (umbuzeiro), espécie típica do Nordeste brasileiro, apresenta reconhecido potencial farmacológico, incluindo propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias. **Objetivos:** Desenvolver e avaliar biofilmes à base de gelatina contendo extrato hidroalcoólico dos ramos de *Spondias tuberosa*, aplicados na conservação de maçãs. **Metodologia:** As frutas foram distribuídas em três grupos experimentais: Controle (sem revestimento), Gelatina e Gelatina com Extrato. O extrato hidroalcoólico foi caracterizado quanto ao teor de sólidos totais e à atividade antioxidante. Posteriormente, os biofilmes foram aplicados nas maçãs, sendo avaliados parâmetros relacionados à conservação pós-colheita, com ênfase na perda de massa. **Resultados e Discussão:** O extrato apresentou teor de sólidos totais de $33,3 \pm 0,007$ mg/mL e elevada atividade antioxidante ($IC_{50} < 10$ µg/mL). As maçãs tratadas com o biofilme contendo o extrato demonstraram menor perda de massa em comparação aos demais grupos, indicando maior retenção de umidade e possível redução da liberação de gases associados ao processo de maturação. Esses achados sugerem que a incorporação do extrato potencializa a eficácia do biofilme na conservação dos frutos. **Conclusão:** Conclui-se que o biofilme enriquecido com extrato de *Spondias tuberosa* mostrou-se eficaz na conservação das maçãs, prolongando seu tempo de prateleira e demonstrando potencial como tecnologia sustentável para a preservação de frutas pós-colheita.

Palavras-chave: conservação pós-colheita; atividade antioxidante; revestimento comestível; qualidade de frutas; tecnologia sustentável.

ABSTRACT

Introduction: Fruits and vegetables are essential foods for human health; however, they are highly perishable, resulting in significant losses throughout the production chain. A promising alternative to reduce these losses is the use of edible biofilms, which form a protective barrier on the surface of foods, slowing degradation and maintaining postharvest quality. *Spondias tuberosa* (umbuzeiro), a species typical of Northeastern Brazil, has recognized pharmacological potential, including antioxidant and anti-inflammatory properties. **Objectives:** To develop and evaluate gelatin-based biofilms containing hydroalcoholic extract from the branches of *Spondias tuberosa*, applied to the preservation of apples. **Methodology:** The fruits were divided into three experimental groups: Control (without coating), Gelatin, and Gelatin with Extract. The hydroalcoholic extract was characterized for total solids content and antioxidant activity. Subsequently, the biofilms were applied to the apples, and parameters related to postharvest preservation were evaluated, with emphasis on mass loss. **Results and Discussion:** The extract showed a total solids content of 33.3 ± 0.007 mg/mL and high antioxidant activity ($IC_{50} < 10$ µg/mL). Apples treated with the biofilm containing the extract exhibited lower mass loss compared to the other groups, indicating greater moisture retention and a possible reduction in the release of gases associated with the ripening process. These findings suggest that the incorporation of the extract enhances the effectiveness of the biofilm in preserving the fruits. **Conclusion:** It is concluded that the biofilm enriched with *Spondias tuberosa* extract was effective in preserving apples, extending their shelf life and demonstrating potential as a sustainable technology for postharvest fruit preservation.

Keywords: postharvest conservation; antioxidant activity; edible coating; fruit quality; sustainable technology.

1 INTRODUÇÃO

A necessidade de preservar alimentos por períodos mais prolongados, reduzindo contaminações químicas, microbiológicas e o ataque de insetos, tem aumentado significativamente, em função da crescente preocupação com a saúde e com práticas sustentáveis. Nas últimas décadas, estudos têm reforçado a importância do consumo regular de frutas e vegetais, destacando seus benefícios nutricionais e funcionais, como o aporte de fibras, antioxidantes e compostos bioativos capazes de reduzir o risco de doenças crônicas não transmissíveis (Zhu *et al.*, 2021; Rodrigues *et al.*, 2022).

No Brasil, as perdas pós-colheita de frutas e hortaliças continuam elevadas, podendo alcançar valores de até 40%, sendo ocasionadas por falhas no manuseio, armazenamento e transporte (FAO, 2021; Lopes *et al.*, 2023). Esses desperdícios representam não apenas perdas econômicas, mas também consumo significativo de recursos naturais e emissões desnecessárias de carbono, comprometendo a sustentabilidade da cadeia produtiva (Santos *et al.*, 2022).

Como estratégia para reduzir essas perdas, os biofilmes e revestimentos comestíveis têm ganhado destaque como tecnologias simples, biodegradáveis e eficientes na manutenção da qualidade pós-colheita. Esses revestimentos formam uma barreira semipermeável que modula as trocas gasosas, a umidade e o crescimento microbiano, prolongando a vida útil dos frutos (Benítez *et al.*, 2021; Azeredo, 2022). Além disso, diversas pesquisas têm investigado o uso de compostos naturais bioativos, como extratos vegetais ricos em antioxidantes e antimicrobianos, para reforçar as propriedades funcionais dos biofilmes (Martins *et al.*, 2023; Sharma; Yadav, 2024).

A incorporação de extratos vegetais permite não apenas retardar processos oxidativos e enzimáticos, mas também preservar a coloração, reduzir a taxa respiratória, minimizar a perda de massa e manter compostos nutricionais importantes dos frutos (Sharma *et al.*, 2021; Khalil *et al.*, 2023). Entre as plantas brasileiras com potencial biotecnológico, destacam-se as espécies do gênero *Spondias*. Em especial, *Spondias tuberosa* Arruda (umbu), típica da Caatinga, apresenta ampla utilização popular e reconhecidas propriedades farmacológicas, incluindo elevada capacidade antioxidante, atividade anti-inflamatória e efeitos fotoprotetores, conforme demonstrado em estudos recentes. Seus extratos possuem elevado teor de compostos fenólicos, tornando-se candidatos promissores para aplicação em biofilmes funcionais (Lima *et al.*, 2021; Oliveira *et al.*, 2023).

Diante disso, o uso do extrato de *Spondias tuberosa* pode potencializar a ação protetora dos biofilmes aplicados a frutas, como a maçã, retardando o escurecimento, preservando características sensoriais e prolongando a vida útil. Assim, o objetivo deste trabalho foi desenvolver biofilmes contendo extrato hidroalcoólico dos ramos de *Spondias tuberosa* e avaliar seu efeito sobre o tempo de conservação pós-colheita.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material vegetal

O extrato foi produzido a partir de ramos de *Spondias tuberosa*, obtidos por meio de coleta

in natura em um sítio localizado na Rua Pedro Acácio Galvão, na cidade de Campina Grande – PB (7°15'44.3"S; 35°58'00.7"W). Uma exsicata foi depositada no Herbário Manuel de Arruda Câmara (HACAM), da Universidade Estadual da Paraíba, sendo avaliada e identificada pelo Professor Doutor José Iranildo Miranda de Melo, sob o nº de tombo HACAM00005261.2.

Os ramos foram limpos e selecionados para a realização do processo de extração. Em seguida, foram triturados utilizando um triturador semi-industrial (Metalúrgica Visa, LQL.6) e secos em estufa de ar circulante (Ethik Technology-400D). Posteriormente, foram submetidos ao processo de extração com uma mistura hidroalcoólica (70:30), por maceração estática durante 48 horas. Após esse período, realizou-se a filtração, e o filtrado foi concentrado em sistema de rotaevaporação, utilizando um rotaevaporador (Solab, evaporador rotativo SL-126). A concentração do material foi realizada até a completa eliminação do etanol.

2.2 Determinação do teor de sólidos totais

A determinação dos sólidos totais foi realizada em triplicata, seguindo a Farmacopeia Brasileira (2019), por meio do método gravimétrico. Esse método baseia-se na eliminação do solvente presente no extrato, permitindo quantificar a massa de sólidos remanescentes.

Inicialmente, os cadinhos foram pesados, e foram adicionados 2 mL do extrato aquoso a cada um. As amostras foram submetidas à secagem em estufa de ar circulante a 50 °C, permanecendo até a evaporação total do solvente. O experimento foi encerrado quando as amostras apresentaram massa constante.

O teor de sólidos totais foi determinado pela diferença entre a massa do cadinho contendo a amostra seca e a massa do cadinho vazio. Os dados foram expressos em g/mL.

2.3 Determinação da atividade antioxidante

Para a determinação da atividade antioxidante, utilizou-se 0,01 g do reagente 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH) dissolvido em 250 mL de álcool etílico a 99,5%, para a preparação da solução etanólica de DPPH. Após agitação, a solução foi mantida ao abrigo da luz, e, após um período de repouso, a absorbância foi medida em espectrofotômetro UV, utilizando comprimento de onda de 525 nm.

Antes das leituras, foi preparado um branco contendo apenas etanol. As soluções foram preparadas a partir do extrato aquoso concentrado. Para o preparo da solução-mãe e de suas respectivas diluições, utilizou-se o teor de sólidos previamente determinado. As concentrações utilizadas foram: 1, 2, 3, 4, 5 e 6 µg/mL.

Cada concentração foi preparada em triplicata, em tubos de ensaio, adicionando-se 1,5 mL da solução da amostra e 1,5 mL da solução etanólica de DPPH. As misturas foram homogeneizadas e mantidas em repouso por 20 minutos, período necessário para a ocorrência da reação, evidenciada pela descoloração da solução na presença de atividade antioxidante. Em seguida, procedeu-se à leitura em espectrofotômetro, no comprimento de onda de 525 nm.

O mesmo procedimento foi realizado para todas as concentrações e amostras. A porcentagem

de inibição antioxidante foi estimada por meio da seguinte equação:

$$\% \text{ inibição} = 100 - \frac{[(ABSAMOSTRA - ABSBRANCO) \times 100]}{ABSCONTROLE}$$

Onde:

- *ABSAMOSTRA* corresponde à absorbância da fração;
- *ABSBRANCO* corresponde à absorbância do etanol;
- *ABSCONTROLE* corresponde à absorbância da solução de DPPH em etanol.

Os valores obtidos por meio dessa fórmula foram utilizados para determinar o valor de CE_{50} ou IC_{50} , que representa a concentração da amostra necessária para sequestrar 50% dos radicais DPPH.

2.4 Produção e aplicação do biofilme nas frutas

O biofilme foi preparado utilizando 10 g de gelatina incolor dissolvidos em 100 mL de extrato aquoso de umbu (5% de sólidos totais), sendo a solução mantida em repouso por 1 hora para hidratação. Após esse período, a solução foi aquecida a 85 °C por 10 minutos, finalizando a preparação do biofilme.

Após a seleção de 21 unidades de maçãs, estas foram devidamente higienizadas e imersas por 30 minutos em solução de água com hipoclorito (0,01%). Em seguida, foram retiradas da solução e mantidas em temperatura ambiente até a secagem completa. As maçãs secas e higienizadas foram divididas em três grupos, com sete unidades cada:

- Grupo 1 (controle): frutas imersas em água destilada por 1 minuto;
- Grupo 2: frutas imersas em gelatina incolor por 1 minuto;
- Grupo 3: frutas imersas em gelatina contendo o extrato por 1 minuto.

Após a aplicação dos tratamentos, as maçãs permaneceram em temperatura ambiente por 12 horas, até a completa secagem da cobertura.

A análise estatística foi realizada por meio do software GraphPad Prism® (versão 8.00). Os resultados foram expressos como média ± erro padrão da média (EPM). As comparações entre os diferentes grupos experimentais foram realizadas utilizando análise de variância (ANOVA) de uma via, seguida do teste de Tukey, para identificação de diferenças significativas entre os grupos. Foram consideradas estatisticamente significativas as diferenças com $p < 0,05$.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Determinação do teor de sólidos

A determinação do teor de sólidos solúveis no extrato aquoso de *Spondias tuberosa* apresentou valor de 33,3 mg/mL ± 0,007, fornecendo uma estimativa da concentração dos compostos solúveis presentes na amostra, incluindo metabólitos bioativos com potencial atividade antioxidante.

Essa abordagem foi adotada para evitar a necessidade de secagem completa do extrato,

procedimento que poderia ocasionar degradação de compostos termossensíveis, como fenólicos e flavonoides, comprometendo a representatividade química da amostra. Ao avaliar diretamente o conteúdo de sólidos solúveis no extrato líquido, aumenta-se a integridade dos compostos hidrossolúveis, permitindo uma caracterização mais fiel da matriz vegetal e favorecendo análises subsequentes da atividade antioxidante.

Pesquisas recentes reforçam a importância dessa medida como ferramenta complementar na caracterização físico-química de extratos vegetais, especialmente quando o objetivo é correlacionar a concentração de compostos solúveis à presença de metabólitos bioativos (Silva *et al.*, 2021; Almeida *et al.*, 2022).

3.2 Determinação da atividade antioxidante

Os resultados obtidos por meio do método do DPPH podem ser expressos de diferentes formas, sendo a determinação da porcentagem de inibição e o valor de IC_{50} os mais utilizados. A porcentagem de inibição é especialmente útil em triagens iniciais (screenings) de múltiplas amostras, enquanto o IC_{50} é preferível quando se busca uma avaliação mais refinada da atividade antioxidante, pois indica a quantidade necessária para reduzir 50% da concentração de DPPH na solução (Souza *et al.*, 2011; Alves; Costa; Santos, 2023).

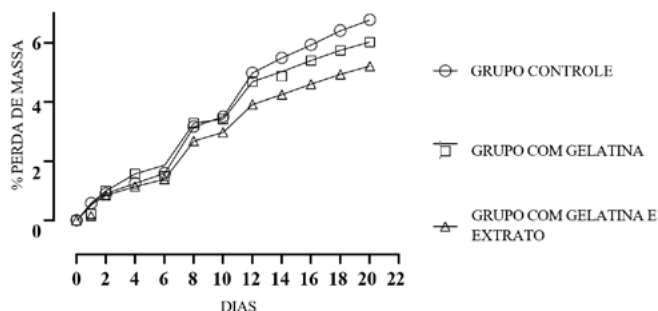
No presente estudo, observou-se que a amostra analisada apresentou atividade antioxidante significativa, com IC_{50} de 5,91 $\mu\text{g/mL}$, o que evidencia elevada capacidade de neutralização de radicais livres. Resultados semelhantes foram reportados por Zeraik *et al.* (2016), que encontraram IC_{50} de aproximadamente 40 $\mu\text{g/mL}$ para extratos dos galhos de *Spondias tuberosa*, valor superior ao obtido neste experimento, sugerindo que a amostra analisada apresenta atividade antioxidante ainda mais expressiva.

Tais diferenças podem estar relacionadas ao método de extração, à origem botânica, aos solventes utilizados e às variações no perfil fitoquímico. O uso do IC_{50} como parâmetro comparativo, amplamente empregado em estudos recentes, favorece análises mais padronizadas entre diferentes extratos e condições experimentais (Sá *et al.*, 2021). Dessa forma, o valor reduzido encontrado neste estudo reforça o potencial antioxidante da amostra analisada.

3.3 Perda percentual de massa das frutas

A Figura 1 apresenta a análise da perda percentual de massa das maçãs ao longo de 20 dias. A partir do segundo dia, foi possível identificar variações na massa, com os três grupos registrando aproximadamente 1% de redução em relação ao peso inicial (Tabela 1).

Figura 1: Análise da perda percentual de massa durante 20 dias.



Fonte: Próprio autor (2025).

A partir do quarto dia, as diferenças nos valores de perda de massa entre os três grupos começaram a se acentuar. De modo geral, o grupo controle apresentou maior perda de massa ao longo do experimento, enquanto os grupos revestidos com gelatina e com gelatina associada ao extrato apresentaram menores variações percentuais, indicando maior retenção de umidade. Esse comportamento reforça a eficiência dos biofilmes na redução da desidratação e na modulação da troca gasosa na superfície do fruto, fatores diretamente relacionados ao retardo do processo de maturação e à extensão da vida de prateleira (Santos *et al.*, 2021).

A Figura 2 demonstra a evolução percentual da perda de massa das maçãs ao longo de todo o período experimental, comparando os três grupos avaliados (Grupo Controle – GC, Grupo Gelatina – GG e Grupo Gelatina + Extrato – GGE) nos diferentes dias de análise. No 1º dia, as perdas foram mínimas, registrando-se $0,58 \pm 0,06\%$ no GC, $0,51 \pm 0,08\%$ no GG e $0,47 \pm 0,10\%$ no GGE. No 2º dia, observou-se um leve aumento, com perdas de $0,90 \pm 0,08\%$ para o GC, $0,87 \pm 0,04\%$ para o GG e $0,70 \pm 0,02\%$ para o GGE. No 4º dia, os valores continuaram a aumentar, atingindo $1,25 \pm 0,10\%$ no GC, $1,19 \pm 0,20\%$ no GG e $1,05 \pm 0,40\%$ no GGE.

No 6º dia de análise, as perdas atingiram $1,59 \pm 0,10\%$ no GC, $1,48 \pm 0,10\%$ no GG e $1,26 \pm 0,30\%$ no GGE. Já no 8º dia, ocorreu uma elevação mais acentuada, especialmente no grupo controle, que apresentou $3,16 \pm 0,20\%$ de perda, enquanto o GG registrou $2,57 \pm 0,20\%$ e o GGE, $2,34 \pm 0,70\%$. No 10º dia, os valores foram de $3,50 \pm 0,30\%$ (GC), $3,04 \pm 0,60\%$ (GG) e $2,59 \pm 0,50\%$ (GGE), sendo o GGE o grupo com menor perda em comparação aos demais.

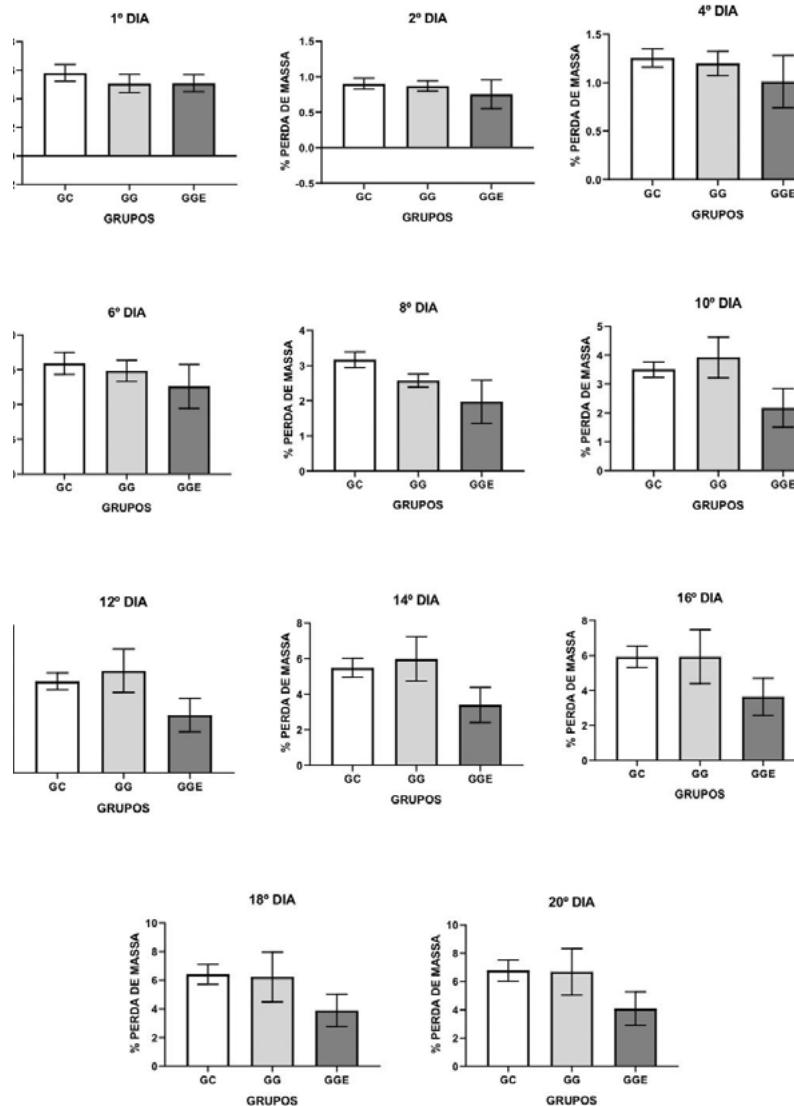
No 12º dia, a perda de massa se intensificou, com $4,98 \pm 0,50\%$ no GC, $3,62 \pm 0,30\%$ no GG e $3,13 \pm 0,90\%$ no GGE, mantendo-se este último como o grupo com menor perda. A tendência de maior perda no GC permaneceu ao longo do experimento. No 14º dia, os valores foram de $5,48 \pm 0,50\%$ para o GC, $3,90 \pm 0,10\%$ para o GG e $3,69 \pm 0,30\%$ para o GGE. No 16º dia, observaram-se perdas de $5,93 \pm 0,60\%$ no GC, $4,17 \pm 0,30\%$ no GG e $3,64 \pm 0,10\%$ no GGE. No 18º dia, as perdas continuaram aumentando, com $6,41 \pm 0,70\%$ no GC, $4,44 \pm 0,40\%$ no GG e $3,89 \pm 0,10\%$ no GGE. Finalmente, no 20º dia, registraram-se perdas de $6,77 \pm 0,70\%$ no GC, $4,64 \pm 0,40\%$ no GG e $4,09 \pm 0,20\%$ no GGE.

Com base nesses resultados, observa-se que, especialmente a partir do décimo dia, o grupo controle apresentou perdas substancialmente maiores que os grupos revestidos. Esse comportamento

está alinhado à literatura, que destaca que revestimentos comestíveis à base de biopolímeros, como a gelatina, atuam como barreiras semipermeáveis, reduzindo a migração de água e a difusão de gases como O_2 e CO_2 , o que retarda processos fisiológicos como respiração, transpiração e deterioração (Flores-López *et al.*, 2022). Além disso, quando o revestimento é enriquecido com extratos vegetais ricos em compostos antioxidantes, seus efeitos antimicrobianos e antioxidantes podem potencializar a estabilidade do fruto, reduzindo reações que aceleram o amadurecimento (Almeida *et al.*, 2023).

Assim, os dados obtidos ao longo dos 20 dias demonstram que os revestimentos comestíveis, sobretudo quando associados a extratos bioativos, atuaram de forma eficiente como barreiras físicas e funcionais, reduzindo a perda de umidade e retardando a deterioração das maçãs, enquanto o grupo controle se mostrou mais suscetível aos processos naturais de degradação, conforme demonstra na Figura 02:

Figura 02: Análise comparativa dos grupos com ou sem biofilme



Fonte: Próprio autor (2025).

Valores expressos como média \pm EPM ($n = 10$). ANOVA de uma via seguida do teste de Tukey ($p < 0,05$). Símbolos diferentes indicam diferença estatística significativa. Abreviações: Grupo Controle – GC, Grupo

Gelatina – GG e Grupo Gelatina + Extrato – GGE.

3.4 Análise visual das frutas

A análise visual das maçãs ao longo do experimento revelou diferenças importantes entre os grupos avaliados. No grupo controle (GC), além da perda de massa confirmada nas pesagens, observou-se perda de cor, aumento da opacidade e redução da uniformidade da casca, conferindo às frutas um aspecto mais envelhecido (Figura 3).

Nos grupos tratados (GG e GGE), verificou-se que ambos apresentaram padrões de maturação semelhantes. Embora também tenham apresentado perda de massa, não foram observadas alterações visuais marcantes ao longo do período experimental. As maçãs desses grupos mantiveram o brilho proporcionado pela aplicação da gelatina e preservaram melhor suas características superficiais. De modo geral, não foi detectada deterioração significativa em nenhum dos três grupos. Quanto à presença de contaminantes, não se observou crescimento aparente de fungos na superfície das frutas.

Estudos prévios, como o realizado por Araújo et al. (2021), identificaram a presença de flavonoides, derivados cinâmicos, triterpenos, esteroides, proantocianidinas e leucoantocianidinas em extratos de acetato de etila dos ramos de *Spondias tuberosa*, compostos associados a forte atividade antioxidante. Esse perfil fitoquímico pode justificar a melhor conservação observada nas maçãs tratadas com o extrato no grupo GGE.

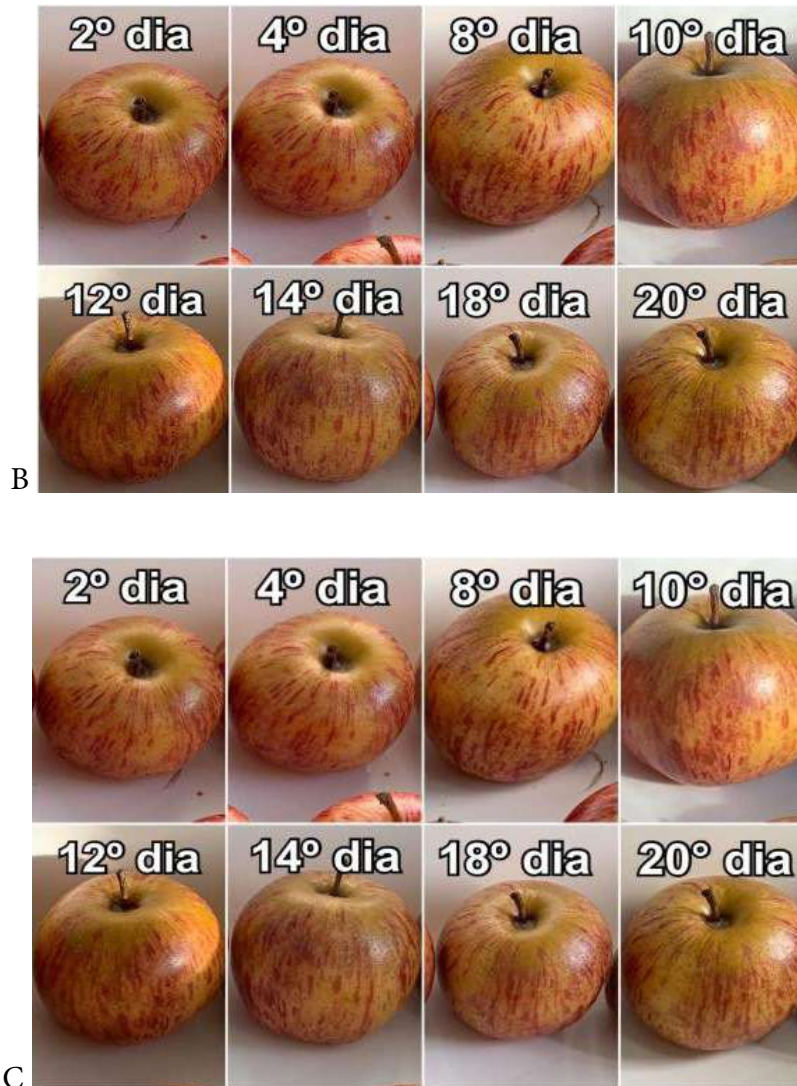
Os resultados obtidos mostram-se promissores, indicando que o uso de biofilmes, especialmente quando associado ao extrato de *Spondias tuberosa*, reduz a perda de água para o ambiente, diminui a volatilização de compostos e retarda processos oxidativos. Como consequência, as frutas podem manter por mais tempo suas características naturais, como cor, brilho, volume, aroma e uniformidade da casca, além de apresentarem maturação mais lenta.

Esses achados reforçam a eficácia do biofilme como estratégia de conservação pós-colheita.

Figura 3: Evolução das frutas tratadas com ou sem biofilme durante 20 dias.



Continuação. Figura 3: Evolução das frutas tratadas com ou sem biofilme durante 20 dias.



Fonte: Próprio autor (2025).

Onde: A- grupo sem tratamento, B- grupo tratado com gelatina e C- grupo tratado com gelatina associado ao extrato de *Spondias tuberosa*.

4 CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo demonstraram que o biofilme incorporado ao extrato de *Spondias tuberosa* (GGE) apresentou maior eficácia na conservação das maçãs, evidenciada pela menor perda de massa e pela melhor manutenção das características físicas ao longo do período experimental, em comparação ao grupo controle (GC) e ao grupo tratado apenas com gelatina (GG).

Dessa forma, os achados indicam que o uso de revestimentos comestíveis associados a extratos vegetais com atividade antioxidante constitui uma estratégia promissora, de baixo custo e fácil aplicação, para a conservação pós-colheita de frutas. Além de atuar como barreira física, o biofilme enriquecido com compostos bioativos contribui para a redução de processos oxidativos e da

perda de umidade, favorecendo a manutenção da qualidade e o prolongamento da vida de prateleira.

Por fim, recomenda-se a realização de estudos adicionais visando à caracterização detalhada do perfil fitoquímico do extrato, bem como à avaliação de sua atividade antimicrobiana e aplicação em diferentes matrizes alimentares, a fim de ampliar sua aplicabilidade tecnológica e potencial de uso na indústria de alimentos.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. R. G. S.; SANTOS, A. C.; NASCIMENTO, A. M. Phenolic profile and antioxidant capacity of aqueous and ethanolic plant extracts: correlation with total soluble solids. **Plants**, v. 11, n. 4, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/journal/plants>. Acesso em: 24 abr. 2026.
- ALMEIDA, J. S. *et al.* Edible coatings incorporated with plant extracts: effects on physicochemical stability and shelf life of fresh fruits. **Food Chemistry**, v. 405, p. 134912, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134912>. Acesso em: 24 abr. 2026.
- ALVES, M.; COSTA, D.; SANTOS, P. Atividade antioxidante de extratos vegetais: métodos e aplicações. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 57, e19703, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/>. Acesso em: 24 abr. 2026.
- ARAÚJO, F. C. *et al.* Composição fitoquímica e atividade antioxidante de extratos de *Spondias tuberosa*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 23, n. 2, p. 115–123, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/>. Acesso em: 24 abr. 2026.
- AZEREDO, H. M. C. Edible coatings and films in postharvest conservation of fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, v. 45, n. 3, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2022/3234561>. Acesso em: 24 abr. 2026.
- BENÍTEZ, S. *et al.* Edible coatings and their impact on postharvest quality of fruits: a review. **Postharvest Biology and Technology**, v. 182, p. 111742, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2021.111742>. Acesso em: 24 abr. 2026.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Food loss and waste database**. Rome, 2021. Disponível em: <https://www.fao.org/platform-food-loss-waste/en/>. Acesso em: 24 abr. 2026.
- FLORES-LÓPEZ, M. L. *et al.* Biopolymer-based edible coatings for improving shelf life and quality of fresh produce: recent advances and applications. **Postharvest Biology and Technology**, v. 192, p. 111023, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2022.111023>. Acesso em: 24 abr. 2026.
- LIMA, V. L. A. G. *et al.* Phytochemical profile and antioxidant capacity of *Spondias tuberosa*. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 15, n. 2, p. 45–53, 2021. Disponível em: <https://academicjournals.org/journal/JMPR/article-full-text/>. Acesso em: 24 abr. 2026.
- SÁ, L. *et al.* Evaluation of antioxidant activity by DPPH assay of extracts from Brazilian native plants. **Food Chemistry**, v. 345, p. 128725, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j>.

foodchem.2020.128725. Acesso em: 24 abr. 2026.

SANTOS, R. M. *et al.* Effectiveness of biodegradable edible coatings in reducing postharvest weight loss and preserving fruit quality: a systematic review. **Journal of Food Preservation**, v. 45, n. 8, e15789, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jfpp.15789>. Acesso em: 24 abr. 2026.

SHARMA, R. *et al.* Plant-derived antioxidants in postharvest fruit preservation. **Food and Bioprocess Technology**, v. 14, p. 188–200, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11947-020-02574-3>. Acesso em: 24 abr. 2026.

SHARMA, R.; YADAV, S. Bioactive edible coatings from plant extracts: mechanisms and applications. **Journal of Food Science**, v. 89, n. 1, p. 221–233, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16912>. Acesso em: 24 abr. 2026.

SILVA, L. M.; COSTA, C. A.; PEREIRA, E. Q. Chemical characterization and antioxidant activity of tropical fruit extracts: influence of extraction methods and soluble solids content. **Journal of Food Biochemistry**, v. 45, n. 3, e13642, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jfbc.13642>. Acesso em: 24 abr. 2026.

SOUZA, M. F. *et al.* **Métodos de avaliação de atividade antioxidante: princípios e aplicações.** Química Nova, v. 34, n. 3, p. 531–539, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422011000300026>. Acesso em: 24 abr. 2026.

ZERAIK, M. L. *et al.* Antioxidant activity and chemical composition of *Spondias tuberosa* extracts. **Journal of Food Science**, v. 81, n. 2, p. C285–C293, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13161>. Acesso em: 24 abr. 2026.

ZHU, Z. *et al.* Nutritional and functional roles of fruits and vegetables in human health. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 61, n. 6, p. 954–968, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1744519>. Acesso em: 24 abr. 2026.