

FILME BIODEGRADÁVEL À BASE DE AMIDO REFORÇADO COM BORRA DE CAFÉ

Michaely V. S. SANTOS¹; Thalita F. M. de SOUZA²; Renan F. M. de SOUZA³

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo comparar filmes biodegradáveis produzidos a partir de amido de milho e filmes de amido de milho com adição de borra de café (15% m/m - porcentagem em massa em relação ao amido). As amostras foram avaliadas em relação aos aspectos visuais, espessura, estabilidade ao ar e propriedades mecânicas. A incorporação da borra de café na matriz de amido resultou no aumento da espessura do filme e redução na resistência à tração. Ambos os filmes apresentaram boa estabilidade ao ar (perda de massa de 4,2%). Os resultados demonstram que a adição de borra de café na matriz de amido modifica as propriedades importantes dos filmes, podendo ser uma alternativa para aplicações que demandem maior maleabilidade devido a deformação na ruptura alta.

Palavras-chave: Polímeros; Subproduto; Propriedades Mecânicas; Sustentabilidade.

1. INTRODUÇÃO

A crescente preocupação ambiental com os resíduos plásticos derivados do petróleo tem incentivado a pesquisa por materiais biodegradáveis, especialmente na área de embalagens. Os filmes à base de amido destacam-se por serem renováveis, biodegradáveis e de baixo custo. No entanto, a sua aplicação ainda é limitada devido a sua alta solubilidade em água e a sua baixa resistência mecânica (Souza; Ferrão, 2020; Liu *et al.*, 2009; Oliveira *et al.*, 2023). Visando superar essas limitações, a literatura (Mussatto *et al.*, 2011; Campos-Vega; Loarca-Piña; Oomah, 2015) mostra o reforço no amido com aditivos naturais, como os resíduos agroindustriais, agregando valor aos subprodutos descartados e favorecendo a economia circular.

A borra de café é um subproduto descartado que tem se destacado por sua abundância e composição que é rica em celulose, em hemicelulose, em lignina e em compostos fenólicos (Campos-Vega; Loarca-Piña; Oomah, 2015). Estudos recentes (Oliveira *et al.*, 2023; Coelho *et al.*, 2021) indicam que a borra de café pode melhorar a flexibilidade e a estabilidade térmica de matrizes poliméricas, embora a maioria das investigações foque em polímeros sintéticos. Ainda existem informações em relação ao comportamento da borra de café em filmes de amido, especialmente sobre o equilíbrio entre as propriedades mecânicas, a estabilidade ao ar e a biodegradação. Assim, este estudo tem como objetivo comparar os filmes de amido de milho e os filmes de amido de milho reforçado com borra de café (15% m/m - porcentagem em massa em relação ao amido) em relação aos aspectos visuais, a espessura, a estabilidade ao ar e o desempenho mecânico, investigando o potencial da borra de café como reforço sustentável no amido.

¹Bolsista, IFSULDEMINAS – Campus Carmo de Minas. E-mail: michaely.santos@alunos.ifsulde Minas.edu.br

²Orientador, IFSULDEMINAS – Campus Carmo de Minas. E-mail: thalita.menegassi@ifsulde Minas.edu.br

³Doutorando, UFABC- Universidade Federal do ABC E-mail: renan.menegassi@ufabc.edu.br

2. MATERIAL E MÉTODOS

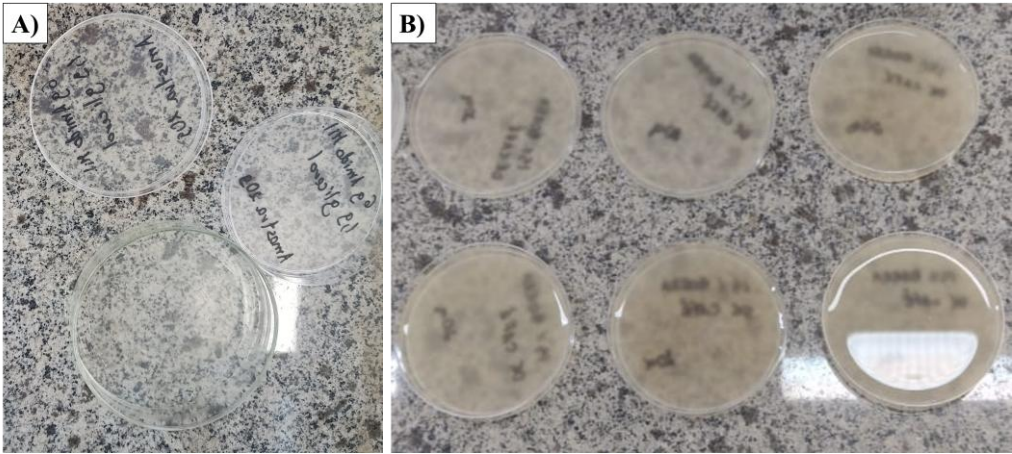
Para o preparo dos filmes, 6 g de amido de milho foram dissolvidos em 200 mL de água destilada sob aquecimento a 80 °C (± 5 °C) com agitação magnética por 10 min. Após, foi adicionado 1,9 mL de glicerol, como plastificante, mantendo-se a temperatura e agitação por 10 min. O sistema foi resfriado a 60 °C e, em seguida, a borra de café peneirada e seca foi adicionada na proporção de 15% m/m (0,9 g). A mistura foi agitada a 60 °C por 10 min para garantir a completa homogeneização. No filme contendo apenas amido de milho, não houve a incorporação de aditivos. As soluções filmogênicas foram transferidas para placas de Petri de plástico propileno com diâmetro de 9 cm, com aproximadamente 20 g de material em cada placa. As placas foram mantidas em estufa a 40 °C por 36 h, até que os filmes estivessem completamente secos.

Então, os filmes foram submetidos às caracterizações físico-químicas e mecânicas. A espessura foi medida com micrômetro externo manual (Cosa Intermáquinas®, precisão de 0,001 mm), em triplicata. A estabilidade ao ar foi avaliada monitorando a perda de massa após 35 dias de exposição em ambiente atmosférico, em duplicata. Os ensaios de tração foram realizados em um equipamento Instron® (5582 UTM) de acordo com a norma ASTM D882-95a usando cinco corpos de prova por filme (10 × 70 mm). O ensaio foi realizado com a separação das garras em 50 mm, a velocidade de 4 mm/min e uma célula de carga de 50 kN. A análise foi realizada na Universidade Federal do ABC (UFABC). A análise estatística foi realizada pela análise de variância (ANOVA) usando o software SISVAR (Ferreira, 2019). As diferenças estatísticas entre os valores foram avaliadas pelo teste de Tukey com nível de significância de $p = 0,05$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O filme de amido de milho apresentou transparência, homogeneidade e aspecto fosco, com poucas bolhas e rachaduras, atribuídos à eficiente dispersão da matriz, como mostra a Figura 1. Já o filme com 15% m/m de borra de café exibiu coloração amarronzada e homogeneidade regular, com partículas visíveis decorrentes da dificuldade de completa solubilização do resíduo, como mostra a Figura 2. Mussatto *et al.* (2011) observaram que a presença de componentes lignocelulósicos na borra de café influencia diretamente na coloração e dispersão do material.

Figura 1. Imagens fotográficas do A) Filme de amido de milho (controle); e B) Filme de amido de milho com 15% m/m de borra de café.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos nas caracterizações físico-químicas e mecânicas.

Tabela 1. Valores das análises físico-químicas e mecânicas dos filmes

Filme	Espessura (mm)	Estabilidade ao ar (%)	Resistência à tração (MPa)	Deformação na ruptura (%)
Controle	0,114 ± 0,007 ^a	4,2 ± 4,2 ^a	3,4 ± 0,4 ^a	12,1 ± 3,7 ^a
Borra de café (15% m/m)	0,118 ± 0,006 ^b	4,2 ± 2,5 ^a	1,7 ± 0,3 ^b	22,4 ± 14,4 ^a

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

O filme de amido de milho com 15% m/m de borra de café apresentou maior espessura do que o filme de amido de milho (controle). Esse resultado pode ser atribuído à presença de partículas sólidas da borra de café na matriz de amido, que dificultam a compactação uniforme durante o processo de secagem, resultando em filmes ligeiramente mais espessos, como já reportado em estudos de adição de fibras lignocelulósicas em biopolímeros (Coelho *et al.*, 2021).

Em relação a estabilidade ao ar atmosférico, não foi observado diferença significativa, sendo que ambos os filmes apresentaram perda de massa idêntica de 4,2%. Estes dados indicam que a adição da borra de café, neste percentual (15% m/m), não comprometeu a estabilidade higroscópica do material em ambiente atmosférico, como reportado por Souza *et al.* (2024).

Os testes de resistência à tração demonstraram que a adição de 15% m/m de borra de café alterou significativamente as propriedades mecânicas dos filmes. A resistência à tração diminuiu de 3,4 MPa para 1,7 MPa no filme de amido de milho com 15% m/m de borra de café, resultado atribuído à menor coesão da matriz devido à limitada interação entre o amido e as partículas insolúveis da borra (Oliveira *et al.*, 2023). Por outro lado, não foram observadas alterações significativas na deformação

na ruptura, o que não era o esperado já que a presença das partículas de borra de café atua como pontos de dispersão de tensões, permitindo deformação mais elevada antes da ruptura (Mäder *et al.*, 2025).

4. CONCLUSÃO

A adição de 15% m/m de borra de café aos filmes de amido de milho promoveu mudanças significativas no material produzido, aumentando a espessura e reduzindo a resistência mecânica. Contudo, manteve boa estabilidade ao ar (perda de massa de 4,2 %) e conferiu coloração amarronzada com partículas visíveis, atribuídas à presença de componentes lignocelulósicos da borra de café. Esses resultados demonstram que o aditivo tem potencial, porém, mais estudos precisam ser realizados para que a borra de café possa atuar como reforço sustentável em embalagens.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - IFSULDEMINAS pelo fomento à pesquisa. A Universidade Federal do ABC (UFABC) pela parceria na realização do teste de propriedades mecânicas.

REFERÊNCIAS

- CAMPOS-VEGA, G. LOARCA-PIÑA, G; OOMAH, B. D. Spent coffee grounds: A review on current research and future prospects. *Trends in Food Science & Technology*, v. 45, n. 1, p. 24-36, 2015.
- COELHO, E *et al.* Development and characterization of biopolymeric films comprised mostly of galactomannans recovered from spent coffee grounds. *Polymers*, v. 13, n. 12, p. 2004, 2021.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. *Brazilian Journal of Biometrics*, Lavras, MG, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.
- LIU, H. *et al.* Thermal processing of starch-based polymers. *Progress in Polymer Science*, v. 34, n. 12, p. 1348-1368, 2009.
- MÄDER, G. *et al.* Utilizing spent coffee grounds as sustainable fillers in biopolymer composites: influence of particle size and content. *Food Biopolymers*, Zurich University of Applied Sciences, v. 4, p. 220–230, 2025.
- MUSSATTO, S. I.; *et al.* A study on chemical constituents and sugars extraction from spent coffee grounds. *Carbohydrate Polymers*, v. 83, n. 2, p. 368-374, 2011.
- OLIVEIRA, L. S. *et al.* Development of Films from Spent Coffee Grounds' Polysaccharides. *Foods*, v. 12, n. 13, p. 2520, 2023.
- SOUZA, D. R.; FERRÃO, S. P. Biodegradable packaging: Status and trends. *Revista Virtual de Química*, v. 12, n. 5, p. 1191-1210, 2020.
- SOUZA, E. J. *et al.* Utilização de Subprodutos da Indústria de Laranjas para Formulação de Filmes Comestíveis para Frutas. *Revista Virtual de Química*, v. 17, n. 2, p. 440-455, 2025.