

AVALIAÇÃO DA BIODEGRADABILIDADE DE FILMES CONSTITUÍDOS POR COPRODUTOS DE ABACATE

BIANCA CECCHERINI¹
MÔNICA R. S. SCAPIM²
ANA PAULA Q. LARROSA^{3*}

A busca por polímeros naturais no desenvolvimento de embalagens vem crescendo atualmente, fazendo com que novas matrizes sejam descobertas com potenciais aplicações para preservação de determinados produtos. Para atender a indústria de alimentos, que é maior usuária do setor de embalagens, pesquisas vêm sendo realizadas para substituir os polímeros sintéticos por materiais que possam se degradar mais rapidamente e, desta forma atender à demanda de sustentabilidade e segurança ambiental. Desta forma, este trabalho teve como objetivo avaliar a biodegradação de filmes poliméricos obtidos por coprodutos de abacate. Os filmes foram obtidos pela técnica *casting* utilizando farinha de caroço, casca e a sua blenda, amido e glicerol como agente plastificante. Os filmes foram enterrados em contato com terra vegetal em ambiente semi-controlado a 25 °C e umidade relativa de 55 %, umidificado a cada 3 dias. Os resultados foram mensurados pela perda de massa e registro visual, onde os filmes contendo apenas farinha de casca apresentaram maior perda de massa de 77 %. Além disso, foi observado que todos os filmes mostraram comportamento biodegradável alcançando um tempo médio de 65 dias de decomposição.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos de abacate; sustentabilidade; decomposição; embalagens biodegradáveis.

¹Discente de graduação, Curso de Engenharia de Alimentos/ Universidade Estadual de Maringá.

²Docente, Departamento de Engenharia de Alimentos/Universidade Estadual de Maringá.

³Docente, Departamento de Engenharia de Alimentos/Universidade Estadual de Maringá.

*E-mail para correspondência: apqlarrosa2@uem.br

1. INTRODUÇÃO

A maioria das embalagens utilizadas na conservação de alimentos são feitas de plásticos sintéticos à base de petróleo com uma taxa lenta de degradação (SHIVANGI et al., 2021). Dentre os polímeros mais utilizados encontram-se o policloreto de vinila (PVC), polietileno, polipropileno, poliamida e copolímeros de etileno com acetato, devido sua grande disponibilidade, baixo custo, bom desempenho mecânico e boa barreira aos gases (SHAIKH et al., 2021). Contudo, o uso destas embalagens leva a sérios problemas ecológicos, principalmente se não são recicláveis de forma adequada, ou podem liberar substâncias nocivas ao meio ambiente quando incinerados (LIU; HUANG; YANG, 2010).

Desta forma, uma conscientização contínua em relação à poluição ambiental e o resultado da necessidade de um ambiente seguro e ecológico leva uma mudança de paradigma sobre o uso de materiais biodegradáveis, especialmente da agricultura renovável e resíduos da indústria de processamento (THARANATHAN, 2003). Neste contexto, há uma busca constante por polímeros naturais e biodegradáveis como alternativas sustentáveis para futuras aplicações industriais (SHAIKH et al., 2021).

A recuperação de biomassa oriunda de frutas e vegetais não comestíveis, como os seus resíduos, é uma forte tendência de crescimento devido ao impacto positivo no meio ambiente através do modelo de economia circular (OTONI et al., 2017). A fim de obter filmes biopoliméricos biodegradáveis, pesquisas vem mostrando potencial aplicação de farinhas de resíduos agroindustriais ou de uma macromolécula presente nestes coprodutos, como o amido (ANDRADE; FERREIRA; GONÇALVES, 2016; HALIM; KUMARI; PHILLIP, 2018; ADMASE; SENDEKIE; ALENE, 2022).

Um dos coprodutos agroindustriais de grande importância polimérica são a casca e o caroço do abacate, os quais apresentam fontes de celulose, hemicelulose e de amido (MERINO et al., 2021). Pesquisadores avaliaram a obtenção de filmes de amido de caroço de abacate (BRITO, 2019; SÁNCHEZ et al., 2021; RAMESH et al., 2021; CASTRO-GARCÍA et al., 2022) e de farinhas destes coprodutos (MERINO et al., 2021), mostrando a viabilidade de obtenção de bioplásticos. No entanto, não há relatos sobre a sua biodegradação. Neste sentido, este trabalho teve como objetivo de avaliar a decomposição dos filmes biopoliméricos constituídos por farinhas de coprodutos de abacate oriundos do caroço e da casca da fruta.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Preparo dos filmes

As soluções filmogênicas aquosas foram preparadas utilizando uma concentração de 3% (m/v) de farinha dos coprodutos. Estas farinhas foram obtidas por meio da secagem dos caroços e cascas de abacate (fornecidos por um restaurante mexicano da cidade de Maringá-PR) em estufa com circulação de ar forçado a $60 \pm 2^\circ\text{C}$ por 6 horas, até atingir uma umidade 12 % (b.u.). Os

coprodutos foram triturados em um moinho de facas e posterior peneiramento para padronizar o seu tamanho, utilizando uma peneira da série Tyler/ASTM de 35 mesh.

As soluções foram previamente aquecidas a 75°C por 45 min em banho de aquecimento, e posteriormente filtradas em voil, segundo a metodologia de Andrade, Ferreira e Gonçalves (2016). Nas soluções filtradas, 1% (m/v) de amido e 10% de glicerol foram adicionados sob agitação mecânica constante (10.000 rpm) mantidas em chapa de aquecimento a 90°C por 10 min. Os filmes foram elaborados por meio da técnica de *casting* em placas de acrílico de 15 x 15 cm, secas em estufa com circulação de ar a 50 ± 2°C por cerca de 6 h. As placas foram acondicionadas em dessecador contendo sílica gel por 48 h.

2.2 Análise da deterioração dos filmes de coprodutos de abacate

A biodegradabilidade dos filmes foi analisada por meio de avaliação visual e perda de massa ao redor de 60 dias a 25°C. Os filmes foram cortados em dimensões de 2 x 3 cm, colocados dentro de malhas de nylon em triplicata. As telinhas foram construídas para facilitar o enterramento das amostras no solo. Uma amostra de terra vegetal foi colocada em uma altura de 10 cm em um recipiente plástico com tampa (30 x 21 x 12 cm). Os envelopes de malhas de nylon contendo as amostras foram enterrados na terra com uma profundidade de 6 cm da superfície do recipiente plástico e cobertas por terra. As amostras foram identificadas na estrutura de madeira costurada no envelope telado. A fim de manter uma umidade relativa uniforme de 55 %, água potável era borrifada a cada 3 dias. As análises foram registradas por meio de fotografias e por pesagem sendo avaliados a cada 5 dias, onde as malhas eram retiradas da terra com o auxílio de uma pinça metálica, sendo posteriormente limpas com pincel macio e remoção de terra, para pesagem das amostras. O controle de umidade foi analisado utilizando um Higrômetro digital (KLX, HTC-2). Os resultados foram tratados estatisticamente pela média e desvio padrão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A biodegradação dos filmes poliméricos contendo farinha de coprodutos de abacate está representada pela Figura 1 através da perda de massa e pela Figura 2 que mostra a aparência dos filmes ao longo do experimento.

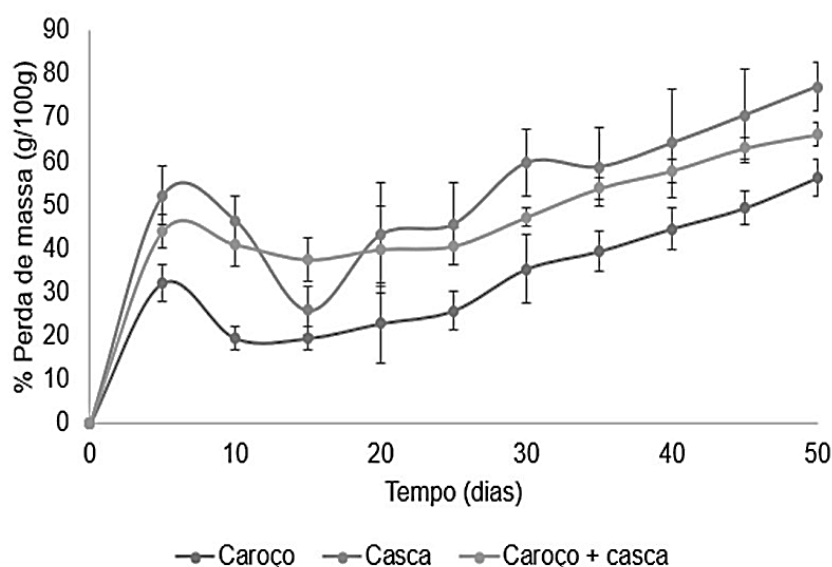


FIGURA 1 – COMPORTAMENTO DA PERDA DE MASSA DOS FILMES DE COPRODUTOS DE ABACATE

Observa-se inicialmente que após 5 dias já houve um grande aumento de perda de massa, com consequente queda nos 10 dias de pesagem em todas as amostras. Este comportamento não era previsto, porém, a umidade relativa havia baixado para 40 %, o que pode ter influenciado na dessorção de umidade dos filmes. Este problema foi contornado no controle da umidade da terra, fazendo com que após 25 dias iniciou novamente uma crescente degradação. Segundo Santos (2021), a adição periódica de água pode contribuir na perda de compostos solúveis, fazendo com que os filmes percam seu aspecto inicial e integridade estrutural, demonstrando claramente a sua degradabilidade.

Os filmes de casca de abacate foram os que apresentaram maior rapidez na capacidade de se romper e formar numerosos orifícios, onde apresentou $77,2 \pm 5,5$ % de perda de massa em 50 dias. Já os filmes de caroço foram mais lentos apresentando $56,3 \pm 4,21$ % de perda de massa no mesmo período. Esta diferença pode ser explicada tanto pela composição das farinhas quanto pela própria resistência mecânica dos filmes.

A composição da farinha de casca apresenta maior conteúdo de fibras, enquanto a farinha de caroço contém mais amido e lipídios (MERINO et al., 2021). Além disso, a resistência mecânica à ruptura dos filmes de caroço era superior aos demais filmes, o que pode justificar a menor perda de massa durante sua decomposição.

As quantificações foram possíveis até 50 dias de experimento, pois havia muita aderência de terra à malha de nylon, gerando erros na pesagem e maior variabilidade. Porém, a verificação dos 65 dias foi analisada visualmente como mostra a Figura 2.

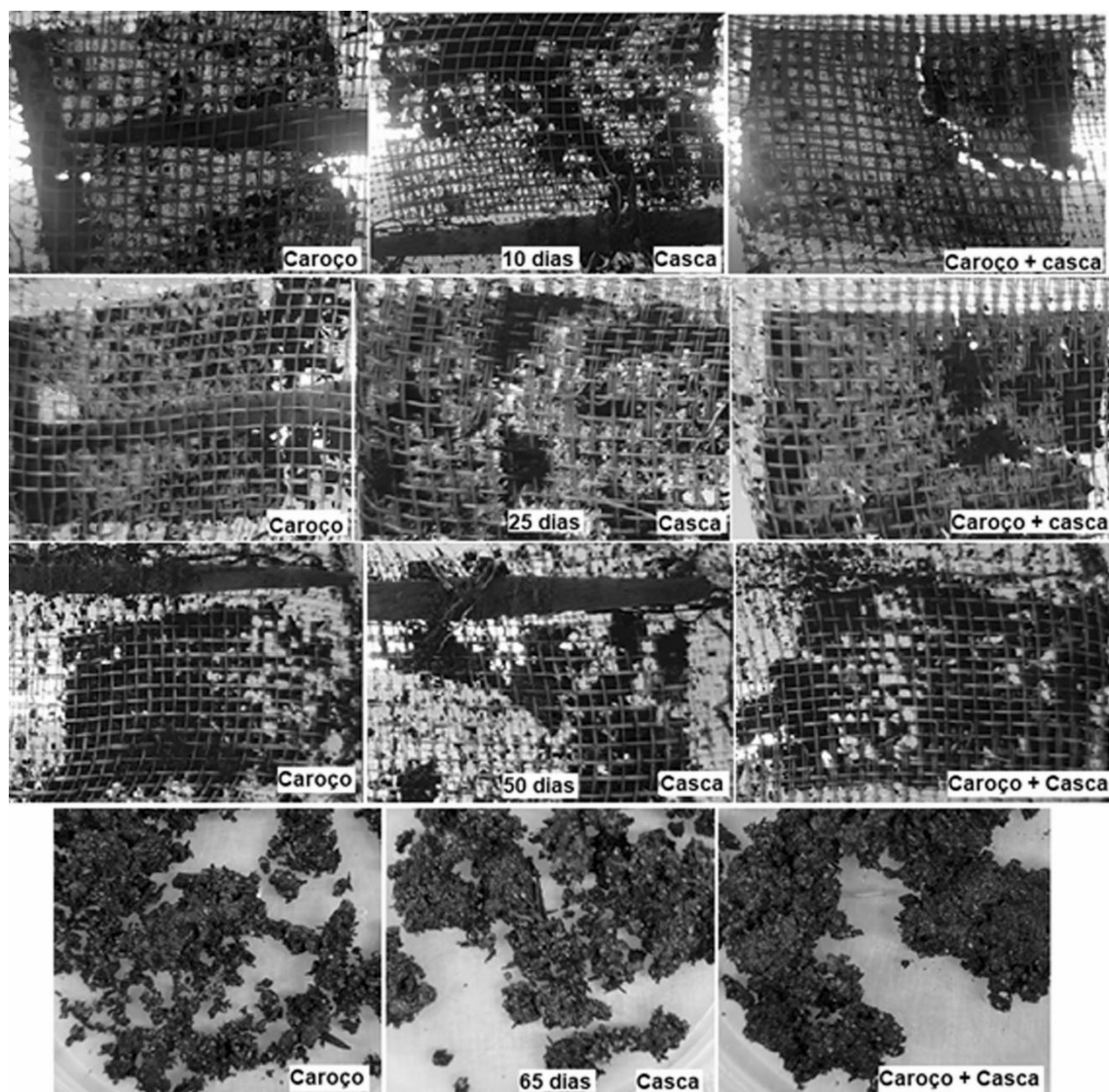


FIGURA 2 – ANÁLISE VISUAL DA DECOMPOSIÇÃO DOS FILMES BIOPOLIMÉRICOS DE ABACATE

Analisando visualmente a degradação dos filmes pela Figura 2, observa-se que dentre os primeiros dias, pouca terra foi se aderindo à superfície da malha de nylon. No 10º dia já foi observado pequenos orifícios no filme de caroço, uma fissura no filme misto (caroço + casca) e maiores pontos de ruptura no filme de casca. O filme com caroço e casca de abacate não apresentou orifícios como os demais, sendo observado após 20 dias. A partir do 45º ao 50º dia, os filmes começaram a ficar mais fragmentados e no 55º dia foi observado que a proporção de terra estava maior, onde os filmes estavam praticamente misturados, dificultando a pesagem dos filmes, sendo um ponto a ser melhor trabalhado nos próximos trabalhos. Após 65 dias de visualização, foi percebido que os filmes já estavam totalmente misturados com a terra, supondo que já estavam biodegradados.

Os resultados encontrados neste estudo estão de acordo com alguns relatos da literatura. Azevedo et al., (2020) observou que os filmes contendo amido de batata apresentou biodegradabilidade mais rápida (5 dias) do que filmes contendo amido de milho (39 dias). Carissimi (2017), observou uma perda de massa de 55,1% a 87,6% em 15 dias em filmes contendo biomassa de microalga e amido de mandioca. Luchese et al. (2018) observaram que após 56 dias houve uma total degradação de filmes a base de amido de mandioca, trigo e milho. E os filmes obtidos por Santos (2021), com presença de óleo essencial de erva doce apresentaram menores degradações do que os filmes sem adição no período de 90 dias.

Segundo Biasutti (2011), a presença de amido pode contribuir na aceleração da decomposição do biofilme. O consumo do amido pelos microrganismos pode facilitar a quebra do material, degradando as propriedades mecânicas e tornando mais susceptível ao ataque microbiano (KIATKAMJORNWONG et al., 1999), sendo possível visualizar pelas fissuras e orifícios em 10 dias. Os microrganismos utilizam estes componentes liberando metabólitos que podem ser agressivos à superfície do material, fazendo com que reduza a sua área e acentue a sua degradação (CAMPOS et al., 2011).

Os ensaios de biodegradabilidade variam muito em relação à metodologia, e estimativa de perda de massa pode trazer valores não confiáveis ao final do experimento. Portanto, análises visuais são mais utilizadas, até para verificar de forma mais dinâmica o tempo de decomposição. Além disso, os ensaios realizados neste trabalho e nas literaturas citadas, utilizam uma pequena amostra de filme e, que não necessariamente corresponde uma massa e dimensão de uma embalagem real. Desta forma, seria interessante utilizar protótipos de embalagem e avaliar a sua degradação, avaliando umidade, temperatura, pH e análise microscópica do material degradado.

4. CONCLUSÃO

Os filmes compostos por farinhas de caroço e casca de abacate apresentaram características de biodegradabilidade, devido à natureza compostável de seus componentes, levando cerca de 65 dias de degradação. A composição de biopolímeros naturais presentes nas farinhas pode ter influenciado na velocidade de decomposição, onde os filmes com casca de abacate foi o que apresentou maior perda de massa ao longo do experimento.

EVALUATION OF THE BIODEGRADABILITY OF FILM CONSISTING OF AVOCADO CO-PRODUCTS

ABSTRACT: The search for natural polymers in the development of packaging is currently growing, resulting in new matrices being discovered with potential applications for the preservation of certain products. To serve the food industry, which is the largest user of the packaging sector, research has been carried out to replace synthetic polymers with materials that can degrade more quickly and, in this way, meet the demand for sustainability and environmental safety. Therefore, this work aimed to evaluate the biodegradation of polymeric films obtained from avocado co-products. The films were obtained by the casting technique using seed flour, peel and its blend, starch and glycerol as a plasticizing agent. The films were buried in contact with topsoil in a semi-controlled environment at 25 °C and 55 % relative humidity, humidified every 3 days. The results were measured by mass loss and visual recording, where films containing only shell flour showed a greater mass loss of 77 %. Furthermore, it was observed that all films showed biodegradable behavior, reaching an average decomposition time of 65 days.

REFERÊNCIAS

- ADMASE, A. T.; SENDEKIE, Z. B.; ALENE, A. N. Biodegradable film from mango seed kernel starch using pottery clay as filler. **Journal of Polymers and the Environment**, v. 30, p. 3431-3446, 2022.
- ANDRADE, R. S.; FERREIRA, M. S. L.; GONÇALVES, E. C. B. A. Development and characterization of edible films based on fruit and vegetable residues. **Journal of Food Science**, v. 81, n. 2, p. 1-7, 2016.
- AZEVEDO, L. C.; ROVANI, S.; SANTOS, J. J.; DIAS, D. B.; NASCIMENTO, S. S.; OLIVEIRA, F. F.; SILVA, L.; FUNGARO, D. A. Biodegradable films derived from corn and potato starch and study effect of silicate extracted from sugarcane waste ash. **ACS Applied Polymer Materials**, p. 1-27, 2020.
- BIASUTTI, E. A. R. **Blendas poliméricas e nanocompósitos à base de amido: propriedades mecânicas, estruturais e de barreira e compostagem em solo simulado**. 2011. 136 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Setor de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas (SP), 2011. Disponível em: <https://repositorio.unicamp.br/acervo/detalhe/804684>. Acessado em: 12/08/2023.
- BRITO, J. H. **Produção e caracterização estrutural, morfológica e térmica de filmes biodegradáveis utilizando amido de caroço de abacate (Persea americana Mill) e bagaço de mandioca (Manihot esculenta**

- Crantz**). 2019. 98f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Setor de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa (PR), 2019. Disponível em: <https://tede2.uepg.br/jspui/handle/prefix/2788>. Acessado em 12/08/2023.
- CAMPOS, A.; MARCONATO, J. C.; MARTINS-FRANCHETTI, S. M. Biodegradation of blend films PVA/PVC, PVA/PCL in soil and soil with landfill leachate. **Brazilian Archives Biology and Technology**, v. 54, n. 2, p. 1367-1378, 2011.
- CASTRO-GARCÍA, P. G.; VASQUES-GARCIA, S. R.; FLORES-RAMIREZ, N.; RICO, J. L.; ABDEL-GAWWAD, H. A.; GARCÍA-GONZÁLEZ, L.; DOMRATCHEVA-LVOVA, L.; FERNÁNDEZ-QUIROZ, D. Polymeric films prepared from starch and a crosslinker extracted from avocado seeds. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 139, e52725, 2022.
- CARISSIMI, M. **Desenvolvimento e aplicação de filmes biodegradáveis a partir de amido de mandioca e microalga verde**. 2017. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Setor de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (RS), 2017. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/178638/001066424.pdf?sequence=1>. Acesso em: 09/08/2023.
- HALIM, A. L. A.; KAMARI, A.; PHILLIP, E. Chitosan, gelatin and methylcellulose films incorporated with tannic acid for food packaging. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 120, p. 1119-1126, 2018.
- LIU, M.; HUANG, Z.B.; YANG, Y. J. Analysis of biodegradability of three biodegradable mulching films. **Journal of Polymers and the Environment**, 18, p. 148-154, 2010.
- LUCHESI, C. L.; BENELLI, P.; SPADA, J. C.; TESSARO, I. C. Impact of the Starch Source on the Physicochemical Properties and Biodegradability of Different Starch-Based Films. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 135, n. 33, 46564, 2018.
- MERINO, D.; BERTOLACCI, L.; PAUL, U. C.; SIMONUTTI, R.; ATHANASSIOU, A. Advocado peels as seeds: processing strategies for the development of highly antioxidant bioplastic films. **Acs Applied Material Interfaces**, 13, 38688-38699, 2021.
- OTONI, C. G.; AVENA-BUSTILLOS, R. J.; AZEREDO, H. M. C.; LOREVICE, M. V.; MOURA, M. R.; MATTOSO, L. H. C.; MCHUGH, T. H. Recent Advances on Edible Films Based on Fruits and Vegetables-A Review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 16, p. 1151-1169, 2017.

- RAMESH, R.; PALANIVEL, H.; PRABHU, S. V.; TIZAZU, B. Z.; WOLDESEMAYAT, A. A. Process development for edible film preparation using avocado seed starch: response surface modeling and analysis for water-vapor permeability. **Advances in Materials Science and Engineering**, p. 1-7, 2021.
- SÁNCHEZ, H.; PONCE, W.; BRITO, B.; VIERA, W.; BAQUERIZO, R.; RIERA, M. Biofilms production from avocado waste. **Ingeniería y Universidad.**, v.25, p. 1-17, 2021
- SANTOS, B. **Biodegradabilidade de filmes baseados em biopolímero e óleo essencial de erva-doce.** Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 84 f. 2021.
- SHAIKH, S.; YAQOOB, M.; AGGARWAL, P. An overview of biodegradable packaging in food industry. **Current Research in Food Science**, v. 4, p. 503–520, 2021.
- SHIVANGI, S.; DORAIRAJ, D.; NEGI, P. S.; SHETTY, N. P. Development and characterisation of a pectin-based edible film that contains mulberry leaf extract and its bio-active components. **Food Hydrocolloids**, 121, 107046, 2021.
- THARANATHAN, R. N. Biodegradable films and composite coatings: past, present and future. **Trends in Food Science & Technology**, 14, p. 71-78, 2003.