

DESENVOLVIMENTO DE FILMES DE CELULOSE REFORÇADOS COM CASCA DE ABACATE: INOVAÇÕES NA FABRICAÇÃO E POTENCIAIS APLICAÇÕES EM EMBALAGENS SUSTENTÁVEIS

NATHALIA VIEIRA VILLAR DE NUNES¹; NAURIENNI DUTRA FREITAS FERNANDEZ²; SARAH KALLI SILVA DA SILVA²; LINCON AUDREW CORDEIRO²; ANDRÉ LUIZ MISSIO³

¹ Universidade Federal de Pelotas – nathaliannunes@hotmail.com

² Universidade Federal de Pelotas – naurienni@gmail.com; kallisarah01@gmail.com; lincoln.cordeiro@ufpel.edu.br; marlonbueno50@gmail.com.

³ Universidade Federal de Pelotas – andre.missio@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

A produção em massa de plásticos descartáveis resultou em uma expansão da poluição plástica. Suas propriedades fortes, flexíveis e de baixo custo, juntamente com a durabilidade de mais de 700 anos na natureza, contribuem para o problema (AHMED & JANASWAMY, 2023). A indústria de embalagens é uma grande contribuinte, gerando quase 40% do total de resíduos plásticos (BALWADA; SAMAIYA; MISHRA, 2023). Isso resulta em um acúmulo em larga escala de resíduos plásticos na biosfera, causando danos ambientais significativos (DAGHIGHI ET AL., 2023).

Contudo, a maioria dos plásticos convencionais não são biodegradáveis causando prejuízos ao meio ambiente (KUMAR ET AL., 2023). A utilização de fibras provenientes de plantas como alternativa aos plásticos pode se revelar uma alternativa promissora para mitigar os impactos. Além do mais as fibras vegetais possuem propriedades biodegradáveis e sustentáveis, o que implica que ao longo do tempo elas podem se decompor, causando impactos mínimos (KARIMAH ET AL., 2021). Devido à crise energética e as questões ambientais teve-se o desenvolvimento de materiais de embalagem sustentáveis e biodegradáveis, especificamente, filmes biodegradáveis feitos de biopolímeros naturais e renováveis (REN ET AL., 2023).

A celulose é um biopolímero natural promissor, uma vez que é um dos polímeros mais prevalentes no nosso planeta. Ela é constituída por unidades monoméricas de glicose e desempenha um papel central na estrutura das paredes celulares das células vegetais, proporcionando resistência e firmeza às plantas (LIU ET AL., 2021). Aproximadamente 700 bilhões de toneladas de celulose são geradas anualmente (AHMED & JANASWAMY, 2023).

Ademais a inclusão de fibras provenientes do abacate na fabricação de películas destinadas a embalagens emerge como um campo de estudo promissor na criação de opções biodegradáveis e ecologicamente sustentáveis aos convencionais filmes plásticos (AHMED & JANASWAMY, 2023). Neste cenário, há uma quantidade considerável de resíduos biológicos ricos em polifenóis presentes na casca, exemplificando, um potencial de fonte de moléculas bioativas, principalmente ricas em antioxidantes. Esses compostos podem ser incorporadas em materiais destinados às embalagens de alimentos (ACQUAVIA ET AL., 2023; BARBOSA-MARTÍN ET AL., 2021). Portanto o objetivo do presente estudo é produzir filmes de celulose oxidada com a adição de partículas da casca do abacate e compará-los.



2. METODOLOGIA

Para a preparação das amostras, foram obtidas cascas de abacate de um comércio local em Pelotas-RS. Inicialmente cortadas e submetidas à estufa a 50°C até atingir massa constante. Em seguida, foram trituradas utilizando um moinho de facas Marconi MA340 e peneiradas em duas malhas diferentes, 40 e 60 mesh. Posteriormente, um processo de extração hidroetanólica foi realizado (MELGAR ET AL., 2018). Para a preparação da solução, foram misturados 375 ml de etanol e água na proporção de 80:20 (v/v) em um bêquer, ao qual foram adicionados 25g de casca de abacate em pó in natura, mantida sob agitação magnética a temperatura ambiente por 1 hora e, em seguida, filtrada utilizando uma bomba a vácuo e um filtro Whatman com porosidade de 0,22µm e diâmetro de 47mm. A fração sólida e o extrato resultantes da filtração foram secos em estufa até que seus pesos se estabilizassem. O extrato resultou na obtenção de uma cera. Subsequentemente foram produzidos os filmes com gramatura alvo de 15g/m² e um diâmetro de 6 mm. O primeiro filme foi produzido utilizando apenas o hidrogel de celulose oxidada TEMPO (CNF-TEMPO). No segundo filme, a composição consistiu em CNF-TEMPO e a fração sólida da filtração a vácuo, numa proporção de 80:20. Para o terceiro filme foi utilizado CNF-TEMPO e a cera obtida da secagem do extrato, numa proporção de 80:20. Por último, o quarto filme foi produzido com CNF-TEMPO e o pó da casca in natura, na proporção de 80:20. Para a análise dos filmes foi realizado o teste de ângulo de contato, com o método da gota séssil utilizando um tensiômetro ótico Theta Lite modelo TL100 da Biolin Scientific, com o software OneAttention. Em uma área distinta de cada filme, uma gota de 10 µl de água destilada foi depositada. O ângulo de contato entre a gota e a membrana foi medido durante 60 segundos, com uma taxa de 20 quadros por segundo. E para análise de resistência mecânica, os filmes foram cortados em pequenos retângulos, suas espessuras foram medidas com o auxílio de um micrômetro externo digital (Shahe). Os testes foram feitos no Texturômetro TX 700.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os testes de ângulo de contato (Figura 1), mostraram que todos os filmes são hidrofílicos, com ângulos inferiores a 90 graus (CORDEIRO *et al.*, 2023). Isso é devido à base de CNF-TEMPO usada nos filmes, que possui muitos grupos hidroxila em sua superfície, tornando seus produtos suscetíveis à umidade. No entanto, existem modificações que podem tornar a CNF-TEMPO hidrofóbica (JING *et al.*, 2022).

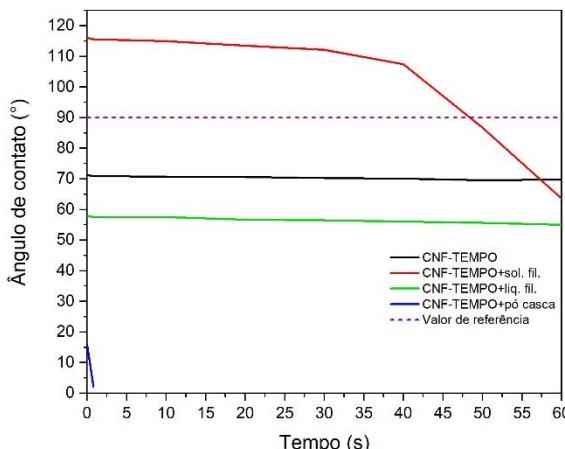


Figura 1: Teste de Ângulo de contato.
Fonte: Autores, 2023.

A análise da curva de tensão (Figura 2) permitiu avaliar as características mecânicas dos filmes. O filme 1, constituído apenas de CNF-TEMPO, apresentou a maior resistência. Ou seja, os aditivos diminuíram a resistência mecânica dos filmes. O filme 3 teve o maior impacto negativo na resistência mecânica. Entretanto se destacou táttil e visualmente. Para futuramente melhorar essas propriedades, recomenda-se ajustar as proporções de CNF-TEMPO e aditivos e considerar modificações para conferir propriedades hidrofóbicas do CNF-TEMPO. Assim como testes futuros podem investigar possíveis propriedades antioxidantes dos filmes.

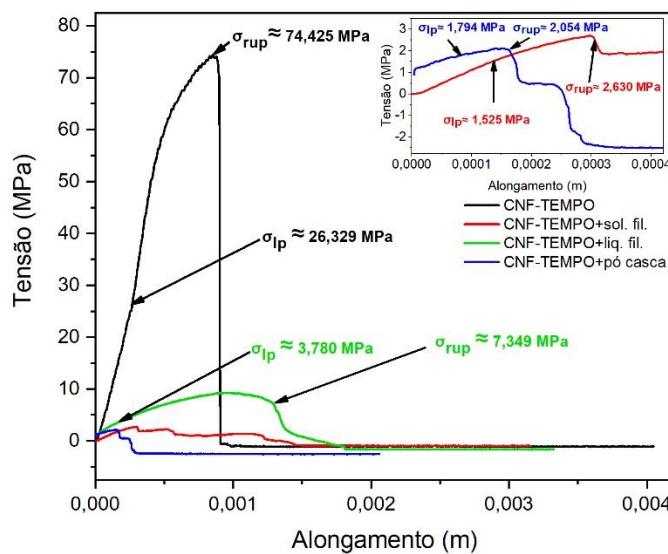


Figura 2: Teste texturômetro.
Fonte: Autores, 2023.

4. CONCLUSÕES

Pode-se concluir que os filmes não atenderam às expectativas iniciais em termos de seu desempenho, especialmente considerando uma possível aplicação na indústria de embalagens. Nesse contexto, seriam necessárias propriedades hidrofóbicas e uma maior resistência, especialmente levando em conta a adição dos componentes do abacate. No entanto, em pesquisas futuras, pretende-se realizar modificações na CNF - TEMPO com o objetivo de conferir a ela propriedades hidrofóbicas, da mesma forma, planeja-se incorporar ensaios antioxidantes à pesquisa.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACQUAVIA, M. A.; BENÍTEZ, J. J.; BIANCO, G.; CRESCENZI, M. A.; HIERREZUELO, J.; GRIFÉ-RUIZ, M.; ROMERO, D.; GUZMÁN-PUYOL, S.; HEREDIA-GUERRERO, J. A. Incorporation of bioactive compounds from avocado by-products to ethyl cellulose-reinforced paper for food packaging applications. *Food Chemistry*, v. 429, n. June, p. 136906, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136906>
- AHMED, S.; JANASWAMY, S. Strong and biodegradable films from avocado peel

- fiber. **Industrial Crops and Products**, v. 201, n. February, p. 116926, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.116926>
- BALWADA, J.; SAMAIYA, S.; MISHRA, R. P. ScienceDirect Packaging Plastic Waste Management for a Circular Economy and Identifying a better Waste Collection System using Analytical Hierarchy Process (AHP). **Procedia CIRP**, v. 98, n. March, p. 270–275, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.01.102>
- BARBOSA-MARTÍN, E.; CHEL-GUERRERO, L.; GONZÁLEZ-MONDRAGÓN, E.; BETANCUR-ANCONA, D.; SHI, D.; XU, W.; BALAN, P.; WONG, M.; CHEN, W.; POPOVICH, D. G. In Vitro Antioxidant Properties of New Zealand Hass Avocado Byproduct (Peel and Seed) Fractions. **Food and Bioproducts Processing**, v. 1, n. 4, p. 579–587, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.0c00018>
- CORDEIRO, L. A.; MIRANDA, B. de; CARNEIRO, M. E.; MISSIO, A. L.; KLOCK, U.; CADEMARTORI, P. H. G. de. The effect of sanding on the wettability and surface quality of Imbuia, Red oak and Pine wood veneers. **Maderas. Ciencia y tecnología**, v. 25, n. 25, p. 1–10, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.4067/s0718-221x2023000100421>
- DAGHIGHI, E.; SHAH, T.; CHIA, R. W.; LEE, J. Y.; SHANG, J.; RODRÍGUEZ-SEIJO, A. The forgotten impacts of plastic contamination on terrestrial micro- and mesofauna: A call for research. **Environmental Research**, v. 231, n. April, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.116227>
- JING, M.; ZHANG, L.; FAN, Z.; LIU, X.; WANG, Y.; LIU, C.; SHEN, C. Markedly improved hydrophobicity of cellulose film via a simple one-step aminosilane-assisted ball milling. **Carbohydrate Polymers**, v. 275, n. July 2021, p. 118701, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.118701>
- KARIMAH, A.; RIDHO, M. R.; MUNAWAR, S. S.; ADI, D. S.; ISMADI; DAMAYANTI, R.; SUBIYANTO, B.; FATRIASARI, W.; FUDHOLI, A. A review on natural fibers for development of eco-friendly bio-composite: characteristics, and utilizations. **Journal of Materials Research and Technology**, v. 13, p. 2442–2458, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.06.014>
- KUMAR, R.; SADEGHİ, K.; JANG, J.; SEO, J. Science of the Total Environment Mechanical , chemical , and bio-recycling of biodegradable plastics : A review. **Science of the Total Environment**, v. 882, n. February, p. 163446, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163446>
- LIU, Y.; AHMED, S.; SAMEEN, D. E.; WANG, Y.; LU, R.; DAI, J.; LI, S.; QIN, W. A review of cellulose and its derivatives in biopolymer-based food packaging application. **Trends in Food Science and Technology**, v. 112, n. January, p. 532–546, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.04.016>
- REN, H.; XU, Z.; DU, C.; LING, Z.; YANG, W.; PAN, L.; TIAN, Y.; FAN, W.; ZHENG, Y. Preparation and characterization of starch-based composite films reinforced by quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) straw cellulose nanocrystals. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 242, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.124938>