Obtenção e caracterização de filmes biodegradáveis a partir do fruto de macaúba (*Acrocomia aculeata*)

Obtaining and characterizing biodegradable films from macaúba fruit (*Acrocomia Aculeata*)

Obtención y caracterización de películas biodegradables a partir del fruto de macaúba (*Acrocomia aculeata*)

DOI: 10.34188/bjaerv9n1-146

Submeted: Jan 5th, 2026
Approved: Feb 4 th, 2026

Isabel Matos Fraga Cunha
Mestre em Engenharia Química
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Mato Grosso-Campus Cáceres - Prof. Olegário Baldo
Cáceres, MT. Brasil
E-mail: isabel.fraga@ifmt.edu.br

Weberson Thiago Dias Gonçalves
Licenciado em Química
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Mato Grosso - Campus Cáceres - Prof. Olegário Baldo
Cáceres, MT. Brasil
E-mail: thiago.d@estudante.ifmt.edu.br

Italo Matheus de Lima Moraes
Licenciado em Química
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Mato Grosso - Campus Cáceres - Prof. Olegário Baldo
Cáceres, MT. Brasil
E-mail: italo.m@estudante.ifmt.edu.br

Felipe Vieira Cunha Neto
Doutor em Ciências Ambientais
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Mato Grosso - Campus Cáceres - Prof. Olegário Baldo
Cáceres, MT. Brasil
E-mail: felipe.neto@ifmt.edu.br

RESUMO
Pesquisas envolvendo biofilmes como alternativa viável à substituição dos plásticos sintéticos foram impulsionadas no decorrer dos anos. Devido seu lento processo de degradação, plásticos como o polipropileno e polietileno contribuem significativamente para o aumento da poluição ambiental que, juntamente com outros tipos de degradações, demandam a urgência de soluções. Dentre caminhos promissores, destacam-se a substituição de tais materiais sintéticos por alternativas biodegradáveis, capazes de proporcionar características semelhantes desejadas, ao passo que reduz impactos ambientais em todo o processo. O fruto macaúba, típico do Cerrado brasileiro, é destacado

pelo seu alto potencial de produção de óleo, além de aplicações na indústria alimentícia e cosmética, o que condiciona-o a uma ampla matriz de produtos e pesquisas. O presente trabalho possui caráter experimental exploratório e possui como finalidade a obtenção e caracterização de biofilmes a partir da polpa e casca do fruto macaúba. O material obtido deu-se pela extração da polpa e casca com adição de glicerol e solvente, utilizando o método casting. As amostras produzidas com a casca não foram capazes de formar filmes. Já as amostras produzidas a partir da polpa apresentaram viabilidade em termos físicos, além de alta biodegradabilidade, variando significativamente as propriedades conforme a formulação aplicada. Os biofilmes com maior concentração de glicerol apresentaram maior espessura, teor de umidade e solubilidade, ao passo que aquelas com menor teor de umidade se destacaram pela maior estabilidade. Embora os biofilmes produzidos apresentem limitações mecânicas, os testes indicaram potencial de biodegradação em até 21 dias, reforçando a aplicabilidade desses materiais como alternativa sustentável aos plásticos convencionais.

Palavras-chave: pólímeros, biodegradabilidade, biocompostos.

ABSTRACT

Research involving biofilms as a viable alternative to synthetic plastics has been driven forward over the years. Due to their slow degradation process, plastics such as polypropylene and polyethylene contribute significantly to increased environmental pollution which, together with other types of degradation, demands urgent solutions. Among promising avenues, the replacement of such synthetic materials with biodegradable alternatives stands out, capable of providing similar desired characteristics while reducing environmental impacts throughout the process. The macauba fruit, typical of the Brazilian Cerrado, is notable for its high oil production potential, as well as applications in the food and cosmetics industries, which makes it suitable for a wide range of products and research. This work is exploratory and experimental in nature and aims to obtain and characterize biofilms from the pulp and peel of the macauba fruit. The material was obtained by extracting the pulp and peel with the addition of glycerol and solvent, using the casting method. The samples produced from the peel were not able to form films. The samples produced from the pulp, on the other hand, were physically viable and highly biodegradable, with properties varying significantly according to the formulation applied. Biofilms with higher glycerol concentrations were thicker, had higher moisture content, and were more soluble, while those with lower moisture content stood out for their greater stability. Although the biofilms produced have mechanical limitations, tests indicated biodegradation potential within 21 days, reinforcing the applicability of these materials as a sustainable alternative to conventional plastics.

Keywords: polymers, biodegradability, biocomposites.

RESUMEN

A lo largo de los años se han impulsado investigaciones sobre las biopelículas como alternativa viable para sustituir los plásticos sintéticos. Debido a su lento proceso de degradación, los plásticos como el polipropileno y el polietileno contribuyen significativamente al aumento de la contaminación ambiental que, junto con otros tipos de degradación, exigen soluciones urgentes. Entre las vías prometedoras, destaca la sustitución de dichos materiales sintéticos por alternativas biodegradables, capaces de proporcionar características similares deseadas, al tiempo que reducen el impacto medioambiental en todo el proceso. El fruto de la macaúba, típico del Cerrado brasileño, destaca por su alto potencial de producción de aceite, además de sus aplicaciones en la industria alimentaria y cosmética, lo que lo condiciona a una amplia gama de productos e investigaciones. El presente trabajo tiene un carácter experimental exploratorio y tiene como objetivo la obtención y caracterización de biopelículas a partir de la pulpa y la cáscara del fruto de la macaúba. El material obtenido se obtuvo mediante la extracción de la pulpa y la cáscara con la adición de glicerol y disolvente, utilizando el método de moldeo. Las muestras producidas con la cáscara no fueron

capaces de formar películas. Por otro lado, las muestras producidas a partir de la pulpa presentaron viabilidad en términos físicos, además de una alta biodegradabilidad, variando significativamente las propiedades según la formulación aplicada. Los biopelículas con mayor concentración de glicerol presentaron mayor espesor, contenido de humedad y solubilidad, mientras que aquellos con menor contenido de humedad se destacaron por su mayor estabilidad. Aunque los biopelículas producidos presentan limitaciones mecánicas, las pruebas indicaron un potencial de biodegradación en hasta 21 días, lo que refuerza la aplicabilidad de estos materiales como alternativa sostenible a los plásticos convencionales.

Palabras clave: polímeros, biodegradabilidad, biocompuestos.

1 INTRODUÇÃO

Com o crescente acúmulo de resíduos sólidos urbanos, aliado à dificuldade de reciclagem da maioria das embalagens plásticas convencionais, a comunidade científica tem direcionado esforços para o desenvolvimento de materiais biodegradáveis que possam substituir, de forma eficiente e ambientalmente segura, os polímeros sintéticos. Dentre essas soluções, destacam-se os biopolímeros, plásticos elaborados a partir de fontes renováveis, que vêm ganhando notoriedade em pesquisas voltadas à formulação de embalagens biodegradáveis e compostáveis. Esses materiais se apresentam como alternativas viáveis, contribuindo para a preservação de recursos naturais não renováveis, a redução do volume de resíduos sólidos e a mitigação das emissões de gases de efeito estufa, especialmente o dióxido de carbono liberado durante a incineração de resíduos (Liporacci, 2005).

Segundo Fakhouri (2009), os bioplásticos podem ser produzidos a partir de uma diversidade de componentes, como lipídios, proteínas, polissacarídeos, plastificantes e surfactantes, combinados com solventes como água ou álcool. Esses materiais podem ser classificados conforme sua estrutura: filmes simples, quando constituídos por uma única macromolécula; compostos ou blendas, quando integram duas ou mais macromoléculas; ou ainda multicamadas, em que diferentes biopolímeros são organizados em camadas com propriedades complementares. Essa versatilidade estrutural permite a personalização dos biofilmes de acordo com suas aplicações industriais, especialmente no setor alimentício, farmacêutico e de embalagens inteligentes.

Dentro da perspectiva de valorização da biodiversidade brasileira, destaca-se a macaúba *(Acrocomia aculeata*), palmeira nativa com ampla distribuição no território nacional. A espécie é amplamente estudada devido ao seu elevado teor de óleo e seu potencial para produção de biocombustíveis. Contudo, sua composição química também revela a presença significativa de fibras, proteínas e carboidratos, especialmente o amido, tornando-se uma alternativa promissora para o desenvolvimento de biopolímeros de origem vegetal.

Acrocomia aculeata é uma espécie amplamente encontrada no Cerrado brasileiro, com significativo potencial econômico e ambiental. É utilizada para biocombustíveis, construção civil, alimentação humana e animal e recuperação de áreas degradadas. A avaliação da variabilidade genética de populações naturais é crucial para a caracterização de sementes de A. aculeata por meio da seleção e correlação de seus compostos químicos, como amido, carboidratos, lipídios, micronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e proteínas de reserva. (Alcantra et al., 2025).

Tendo em vista um aproveitamento tecnológico a partir da flora nativa encontrada no Brasil, a macaúba (*Acrocomia aculeata*) torna-se excelente alternativa, uma vez que a mesma apresenta em sua composição alta concentração de lipídios (óleo), sendo considerada matriz oleaginosa com grande potencial para a produção sustentável de alimentos e biocombustíveis, além de ser rica em fibras e carboidratos, tornando-a fonte de outros subprodutos destinados à alimentação, cosméticos, entre outros (Trentini, 2015)

Além da macaúba, diversas outras matérias-primas naturais vêm sendo investigadas como base para biofilmes. A mucilagem de cactáceas, a pectina de cascas de frutas, o amido de raízes e tubérculos e proteínas extraídas de subprodutos agroindustriais são exemplos de insumos que aliam disponibilidade, baixo custo e propriedades funcionais adequadas. O uso desses materiais se insere em uma lógica de economia circular, permitindo o reaproveitamento de resíduos agroindustriais e agregando valor a cadeias produtivas regionais.

Os biofilmes, além de serem biodegradáveis, podem adquirir propriedades funcionais como atividade antimicrobiana, antioxidante e resistência à umidade, dependendo dos aditivos incorporados e da origem do polímero base. Essa capacidade de modulação funcional amplia significativamente suas aplicações industriais e comerciais, especialmente como embalagens ativas e inteligentes para o setor alimentício, farmacêutico e cosmético.

Diante desse cenário, o estudo e desenvolvimento de biofilmes a partir de matérias-primas renováveis e abundantes, especialmente oriundas da biodiversidade brasileira, representa uma estratégia científica e tecnológica alinhada aos princípios da sustentabilidade, da inovação verde e da valorização dos recursos naturais locais. O avanço nesse campo poderá consolidar alternativas viáveis e competitivas frente aos materiais sintéticos, contribuindo para a redução do impacto ambiental e o fortalecimento da bioeconomia.

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo é a obtenção e caracterização de filmes biodegradáveis a partir do fruto de macaúba (*Acrocomia aculeata*).

2 METODOLOGIA

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Química Orgânica e Produtos Naturais do Instituto Federal de Mato Grosso, campus Cáceres Prof. Olegário Baldo localizado no município de Cáceres, MT, Brasil. Os frutos da macaúba foram previamente colhidos e armazenados em freezers, sob baixa temperatura. A polpa liofilizada triturada foi previamente preparada e disponibilizada por outros pesquisadores do instituto. O glicerol utilizado como plastificante, foi obtido no Laboratório de Química Orgânica e Produtos Naturais do IFMT.

A produção dos filmes teve início com o descongelamento dos frutos e da polpa liofilizada. Após completo degelo, os frutos foram selecionados e lavados para remover sujeira e corpos estranhos. Prosseguiu-se o com a retirada da casca e polpa da macaúba, de forma manual; e separação de ambos, até a obtenção de material suficiente para execução do experimento (Figura 1).

Figura 1: Extração de polpa e casca do fruto de macaúba



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Realizou-se então a secagem da casca e polpa extraídos dos frutos de macaúba em estufa a cerca de 45ºC por 24 horas. Aguardou-se resfriamento e, após tal período, triturou-se em liquidificador o material seco, reservando de modo a obter três béqueres (1 com a polpa de macaúba, 1 com a polpa de macaúba liofilizada e 1 com a casca de macaúba; ambas trituradas), conforme Figura 2.

Figura 2: Béqueres com material a ser trabalhado



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Para produção das amostras, foram realizados dois teste. O primeiro teste denominado T1, se deu com a utilização de 21g de amostra (polpa da macaúba, polpa liofilizada e casca, separadamente), 7g de glicerol e 280ml de água destilada. No segundo teste, denominado T2, realizou-se a pesagem de 6g da amostra, 4g de glicerol e 90ml de água destilada. Cada procedimento foi realizado em triplicata, de forma a se obter 18 béqueres com as misturas (6 béqueres com a mistura de polpa, 6 béqueres com a mistura de polpa liofilizada e 6 béqueres com a mistura de casca). Cada béquer foi levado a uma chapa aquecedora, acoplada de termômetro químico, sob constante agitação até que a temperatura da mistura atingisse 85ºC (Figura 3).

Figura 3: Produção das amostras de polpa de macaúba

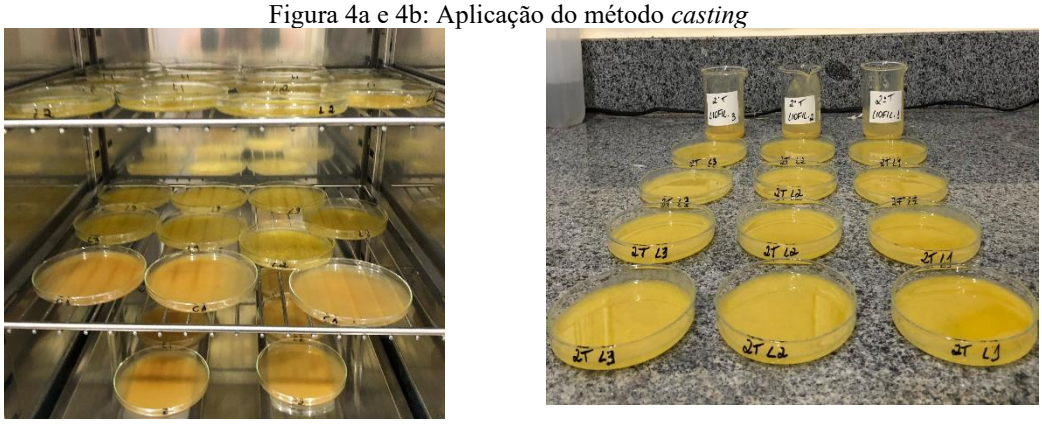


Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Após atingida a temperatura, cada solução foi peneirada a fim de obter uma solução homogênea. Para a produção dos biofilmes, utilizou-se a técnica de *casting*, que consiste em espalhar a solução da amostra sobre uma superfície (normalmente uma placa de petri), e aguardar até evaporação total do solvente, de modo a conter na placa apenas o filme formado. Ressalta-se

ainda que a evaporação pode ser acelerada por algum processo de aquecimento (Viegas, 2016). Dessa forma, espalhou-se 10ml de solução da amostra em placas de petri e posteriormente, levou-as para estufa a 40ºC por 24 horas (Figura 4).

Figura 4a e 4b: Aplicação do método *casting*



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Cada reação gerou três amostras de filmes, cuja nomenclatura, para fins de entendimento, é apresentada na tabela 1.

Tabela 1. Resultados da análise de espessura e gramatura dos biofilmes.

Amostra	Especificação
T1L1	Teste 1 Polpa Liofilizada amostra 1
T1L2	Teste 1 Polpa Liofilizada amostra 2
T1L3	Teste 1 Polpa Liofilizada amostra 3
T1P1	Teste 1 Polpa in natura amostra 1
T1P2	Teste 1 Polpa in natura amostra 2
T1P3	Teste 1 Polpa in natura amostra 3
T1C1	Teste 1 Casca amostra 1
T1C2	Teste 1 Casca amostra 2
T1C3	Teste 1 Casca amostra 3
T2L1	Teste 2 Polpa Liofilizada amostra 1
T2L2	Teste 2 Polpa Liofilizada amostra 2
T2L3	Teste 2 Polpa Liofilizada amostra 3
T2P1	Teste 2 Polpa in natura amostra 1
T2P2	Teste 2 Polpa in natura amostra 2
T2P3	Teste 2 Polpa in natura amostra 3
T2C1	Teste 1 Casca amostra 1
T2C2	Teste 1 Casca amostra 2
T2C3	Teste 1 Casca amostra 3

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Decorrido o período de evaporação do solvente, as placas foram armazenadas em dessecadores até desenformação e caracterização.

Para obtenção da gramatura, utilizou-se o cálculo da razão entre a massa do filme dividida pela área do filme ocupada, em g/cm^2 (Equação 1).

$$G = \frac{1000 * m}{A} \qquad \text{Equação (1)}$$

Onde G é a gramatura expressa em g/cm^2, m é a massa do filme e A é a área ocupada pelo filme (Silva, 2011).

Para obter a espessura dos biofilmes, utilizou-se um paquímetro digital com resolução de 0,01 mm, onde mediu-se 6 posições diferentes para cada amostra. Foi obtido o valor da espessura através do cálculo da média aritmética dos valores das 6 leituras (Costa et al., 2017).

Para realizar o procedimento de determinação de teor de umidade das amostras, foram pesadas amostras de 4cm^2, e inseridas em estufa a cerca de 105ºC por 24 horas (Rossini, et. al., 2025). Após período, pesou-se as amostras novamente, de forma a calcular o teor a partir da equação 2:

$$U\ (\%) = \frac{MASSA\ INICIAL - MASSA\ FINAL}{MASSA\ INICIAL} \text{ x } 100 \qquad \text{Equação (2)}$$

Quanto à solubilidade em água dos biofilmes, deu-se pelos procedimentos (Silva, 2011; ROSSINI, 2025): cortou-se pedaços de 4cm^2x4cm^2 das amostras, prosseguindo pela secagem em estufa a 105ºC por 24 horas. Após secagem, realizou a pesagem das amostras, a fim de se obter o peso inicial do filme. Posteriormente, as amostras foram mergulhadas em béqueres com 80ml de água destilada a temperatura de 25ºC, por 24 horas.

Sucedeu-se com a retirada das amostras da água e retorno das mesmas à estufa por mais 24 horas a 105ºC, pesando-as após 24 h para obter a massa final dos biofilmes. A perda de massa do material foi calculada através da equação 3:

$$PM\ (\%) = \frac{MASSA\ INICIAL - MASSA\ FINAL}{MASSA\ INICIAL} \text{ x } 100 \qquad \text{Equação (3)}$$

A biodegradação das amostras foi realizada em béqueres, que continham pequenas quantidades de solo. O solo utilizado foi terra vegetal, rica em material orgânico, encontrada no IFMT campus Cáceres.

Dessa forma, os biofilmes foram modelados em pequenos disquetes e enterrados nos béqueres no dia 21 de maio de 2025, que foram monitorados e desenterrados nos dias 04 e 11 de junho; num período de 14 e 7 dias. As amostras foram analisadas de acordo com aspectos visuais de deterioração (Bezerra, et. al., 2021),.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

No que tange a aspectos visuais, as amostras de bioplásticos a partir da polpa de macaúba apresentaram características uniformes. Em relação a textura, observou-se que as amostras possuíam o lado de contato com a placa de Petri lisas, enquanto a superfície exposta apresentava aspecto granuloso. Quanto às características táteis e a maleabilidade, notou-se grande dificuldade na retirada dos biofilmes das placas de Petri, sendo necessário auxílio de instrumentos como pinças, além da cautela para não romper o biofilme, já que o mesmo não apresentou elasticidade e muito pouca resistência.

As amostras a partir da casca da macaúba não foram capazes de formação de bioplásticos. Esse comportamento pode estar relacionado ao fato de que a mesma contém altos níveis de lignina (39,6 %) e celulose, o que a torna rígida, inviabilizando o processamento em filmes flexíveis, já que dificulta a formação de biopolímeros maleáveis (Andrade, 2022). Dessa forma, não foi possível caracterizar a mesma.

A seguir, são apresentadas as demais análises realizadas nas amostras dos bioplásticos, à base da polpa *in natura* (P) e da polpa liofilizada (L), cujos resultados geraram dados numéricos passíveis de análise e comparação entre si e com outros estudos da mesma linha de pesquisa.

A Tabela 2 apresenta a média das análises realizadas da espessura, seus respectivos desvios padrões e gramatura e dos biofilmes

Tabela 2. Resultados da análise de espessura e gramatura dos biofilmes

Amostra	Espessura (mm)	Gramatura (g/cm²)
T1L1	0,125±0,187	0,106
T1L2	0,130±0,044	0,112
T1L3	0,131±0,027	0,113
T1P1	0,083±0,023	0,104
T1P2	0,111±0,036	0,107
T1P3	0,098±0,042	0,120
T2L1	0,234±0,018	0,219
T2L2	0,223±0,038	0,201
T2L3	0,236±0,018	0,258
T2P1	0,158±0,014	0,204
T2P2	0,160±0,029	0,200
T2P3	0,188± 0,013	0,242

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Na produção de bioplásticos, a análise da espessura obtida nas amostras é essencial para determinar características almejadas no produto final, como resistência a perfuração e permeabilidade ao vapor de água (Mali; Grossmann; Yamashita, 2010). Dessa forma, a partir de testes com diferentes concentrações de amostra:glicerol, foi possível obter biofilmes de diferentes espessuras. Nas amostras do Teste 1 (T1), onde se utilizou concentrações de amostra: glicerol de

3:1, respectivamente, nota-se que apresentaram menores espessuras quando comparadas às amostras do Teste 2 (T2), que utilizou concentrações de amostra:glicerol de 1:0,66.

Dentre as amostras analisadas, o biofilme obtido na amostra T1P1 apresentou com menor espessura (0,083mm ±0,023mm) e gramatura (0,104g/cm²), enquanto o com maior espessura (0,236mm ± 0,018mm) e gramatura (0,258g/cm²) foi o biofilme obtido da amostra T2L3. Compreende-se dessa forma que as tais características físicas são diretamente proporcionais, visto que, aumentando a espessura da amostra, aumentará também a gramatura dela, assim como os biofilmes obtidos à base de amido de pinhão por Rossini (2025).

A partir de uma pesquisa de desenvolvimento de bioplásticos à base de cascas de bananas e ovos, Bezerra e Andrade (2021) obtiveram espessuras médias de amostras de 0,479mm e 0,574mm, o que apresenta grande divergência dos resultados obtidos na pesquisa deste trabalho devido diferenciação do procedimento metodológico. As cascas não foram secas e trituradas, mas sim amassadas com um almofariz, o que contribui para aumento de espessura, já que o rearranjo molecular não sofreu tanto impacto comparado ao processo de secagem e trituração (Souza; Andrade, 2000).

Rossini (2025) obteve maior espessura na Amostra II (0,298mm±0,034mm), com gramatura inferior ao obtido nas amostras deste trabalho (0,046g/cm2). Isso se dá pela proporção de amostra:glicerol utilizada, além da dosagem aplicada na placa de Petri. De acordo com Farias, et. al (2012), a adição de glicerol nos biofilmes contribuem para o aumento da espessura do mesmo, o que pode ser analisado nas amostras de Teste 2 (T2), onde aumentou a concentração de glicerol quando comparado as amostras resultantes do Teste 1 (T1). Dessa forma, a partir da técnica de casting pode-se controlar características físicas almejadas no produto final, como a espessura e a gramatura.

Ressalta-se ainda a aplicabilidade na produção de bioplásticos que, a depender dos mesmos, terão requisitos diferentes a serem objetivados, como os biofilmes produzidos por Paulino (2016), que possuíam espessuras menores objetivando uso na indústria alimentícia.

Os resultados das análises de teor de umidade e solubilidade em água estão representados na Tabela 3.

Tabela 3. Resultados obtidos nas análises de umidade e solubilidade do biofilme.

Amostra	Umidade (%)	Solubilidade em água (%)
T1L1	43,50	24,57
T1L2	38,76	41,69
T1L3	30,81	41,20
T1P1	30,86	48,51
T1P2	34,42	41,66

T1P3	31,98	44,77
T2L1	45,99	40,12
T2L2	44,24	32,59
T2L3	47,71	38,94
T2P1	49,45	56,36
T2P2	48,48	35,00
T2P3	50,78	45,99

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A partir dos dados levantados, observa-se que dentre as amostras analisadas, as produzidas no Teste 2 (T2) apresentaram alto teor de umidade, chegando a 50,78% [Amostra T2P3]. Já o menor teor percentual obtido deu-se na amostra T1L3 (30,81%). Ressaltando a alteração de concentrações polpa:glicerol nas amostras de Teste 1 e Teste 2, aquelas resultantes do Teste 2 possuem maior umidade devido a presença de uma maior concentração de plastificante (glicerol) na solução, pois segundo Costa et al. (2017), o mesmo é responsável pelo aumento do caráter hidrofílico dos biofilmes.

A solubilidade dos filmes, relacionada diretamente ao seu teor de umidade, é um parâmetro essencial na definição de suas possíveis aplicações. De acordo com Silva (2011), filmes com baixa solubilidade são mais adequados para produtos que exigem maior tempo de armazenamento, enquanto uma alta solubilidade é desejável quando se busca uma degradação rápida do material.

Bezerra e Andrade (2021) produziram em seus experimentos amostras com média de teor de umidade de 21,1%, expressivamente menores que as encontradas neste experimento. Já Santos et al. (2013), com auxílio de estufa e balança analítica (mesmo método utilizado neste experimento), obteve em seus biofilmes a base de amido de mandioca amostras que variam entre 14,58% (filme 2) a 51,61% (filme 3) de teor de umidade.

Objetivando a redução das variações nas propriedades mecânicas dos bioplásticos (como formação de bolhas e inconsistência de fluidez), Roda (2011) atenta para a seleção de amostras com menor teor de umidade possível para produção. Concomitante a isso, os filmes obtidos no Teste 1, por possuírem menor teor de umidade, seriam mais eficazes como produtos consistentes, apresentando menores problemas nas propriedades mecânicas.

Dentre as análises abordadas, a amostra T1L3 apresenta os melhores parâmetros a serem considerados, por possuir menor solubilidade em água, que garantirá prazo maior de tempo útil do produto, ao passo que possui umidade (%) mediano comparado às outras amostras.

As análises das amostras condicionadas a biodegradação apresentaram processo avançado de decomposição em solo com matéria orgânica ao analisá-las com o processo de desenterramento após 14 dias de início.

Medir a perda de massa exige controle rigoroso de umidade, uso de amostragem destrutiva e cuidado com fragmentos soltos que podem falsear os resultados (Harrison, 2018). Conforme analisado na figura, não foi possível obter valores de massa, uma vez que estratégias de separação de solo das amostras não se tornaram eficazes, resultando portanto em levantamentos a partir de observações de aspectos visuais. Assim como Bezerra e Andrade (2021), as amostras de biofilme aderiram à porções de solo, sendo impossível a separação, o que resultou num ganho de massa nos dados levantados pelos pesquisadores.

Consoante pesquisas de Yaradoddi et al. (2016), em que as amostras analisadas apresentaram redução de massa de até 98% após 14 dias, é possível observar que alguns béqueres não possuíam material restante na área demarcada após mesmo período de 14 dias enterrados, conforme Figura 13.

Com 21 dias decorridos desde o início do procedimento, nenhum dos béqueres apresentaram valor significativo de biofilme. Esse comportamento evidenciou uma alta degradabilidade do produto, visto que após 21 dias todo o biofilme em todas as amostras foi degradado pela matéria orgânica presente nas amostras de solo. Visando constante substituição e descarte, os biofilmes produzidos exercerão a função de minimizar os impactos ambientais, evitando a contaminação adicional das áreas destinadas ao descarte de resíduos.

4 CONCLUSÕES

Baseado nos resultados obtidos, percebeu-se que a polpa da macaúba, tanto *in natura* quanto liofilizada, demonstrou potencial para a produção de bioplásticos, principalmente por sua aparência uniforme e facilidade de moldagem. Ressalta-se ainda que os filmes produzidos apresentaram certa fragilidade: sendo difíceis de remover das placas de Petri sem que se rompessem, o que determinou baixa elasticidade e resistência. Essas limitações indicam que, embora promissores, tais materiais ainda precisam de ajustes para aplicações mais exigentes, como produção comercial.

Consoante a isso, as tentativas de fabricar biofilmes a partir da casca da macaúba não obtiveram êxito. A rigidez do material, provocada por seu alto teor de lignina e celulose, impediu a formação de compostos plásticos. Esse resultado confirma observações já registradas em outros estudos, o que reforça a necessidade de avaliar a composição das matérias-primas antes de sua aplicação.

Quanto às análises de espessura e gramatura, observou-se uma tendência: amostras com maior quantidade de glicerol apresentaram maior espessura e massa, o que reforça o papel do glicerol como plastificante, ao passo que demonstra diferenças significativas resultantes de pequenas variações na formulação, acarretando diversos aspectos nas propriedades físicas dos

filmes. Nota-se também (a partir de dados com pesquisas semelhantes), que o procedimento utilizado no preparo do substrato influencia diretamente nos resultados finais.

Quanto ao teor de umidade e à solubilidade em água, as amostras com maior concentração de glicerol mostraram-se mais úmidas e solúveis. Portanto, é necessário manipulação do plastificante quanto ao objetivo, já que filmes mais solúveis podem ser úteis em contextos onde a rápida degradação é desejável, enquanto aqueles com menor teor de umidade tendem a ser mais estáveis e duradouros, a depender do contexto empregado.

No teste de biodegradação, apesar das dificuldades encontradas, especialmente na separação dos biofilmes do solo, observou-se aspectos de decomposição avançada em pouco tempo. Em alguns béqueres, após 21 dias, já não havia vestígios das amostras nos mesmos. Tais resultados reforçam a capacidade biodegradante dos filmes, impulsionando-o como potencial para reduzir o impacto ambiental da produção e descarte de materiais plásticos convencionais. Houve dificuldade técnica significativa em separar os fragmentos dos biofilmes em degradação da matriz do solo. Essa limitação pode interferir na precisão da quantificação da perda de massa e na análise visual das amostras ao longo das semanas.

Conclui-se portanto que, os bioplásticos produzidos a partir da polpa de macaúba se mostraram funcionais e ambientalmente promissores, ainda que com limitações mecânicas que exigem estudos posteriores. Com base nisso, reforça a importância de ajustar formulações e métodos para obter materiais que atendam às diferentes demandas de uso e degradação. Urge ainda, a necessidade de se aperfeiçoar os métodos de avaliação da biodegradabilidade, tornando-os mais precisos e representativos das condições reais do ambiente.

Além do glicerol, futuros estudos devem testar diferentes tipos e concentrações de agentes plastificantes (como sorbitol ou polietilenoglicol) e reticulantes, buscando encontrar uma formulação que ofereça o equilíbrio ideal entre umidade, solubilidade em água e estabilidade estrutural. Alternativamente, recomenda-se a realização de testes respirométricos em ambiente controlado para medir a evolução de CO_2 gerado pela atividade microbiana durante a degradação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Educação, Ciência eTecnologia do Mato Grosso (IFMT) pelo apoio concedido através da Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação do IFMT (PROPES-IFMT).

REFERÊNCIAS

Alcantara, M. A. M., Silvestre, M. A. de M., Friia, A. C. S., Batista, A. C., Rossini, B. C., Pupin, S., Alves, P. F., Moraes, M. L. T. de, Marino , C. L., & Freitas, M. L. M. (2025). From biochemistry to breeding: biochemical and genetic variability of Acrocomia aculeata seeds for selection strategies. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, 8(4), e82986.

ANDRADE, Gabriele Melo de. Utilização do endocarpo de macaúba como agregado graúdo alternativo para a produção de bio-concretos. **Biblioteca digital brasileira de teses e dissertações**. 2022.

BEZERRA, Égla da Silva; ANDRADE, Priscyla Lima de. DESENVOLVIMENTO DE BIOPLÁSTICOS À BASE DE CASCAS DE BANANAS E DE OVOS. In: **CIÊNCIA E ENGENHARIA DE MATERIAIS: CONCEITOS, FUNDAMENTOS E APLICAÇÃO**. Editora Científica Digital, 2021. p. 216-229.

COSTA, Djeson Mateus Alves da; et al. Desenvolvimento e caracterização de filmes à base de amido de feijão macáçar (Vigna unguiculata (L.) Wap). **Holos**, v.7, n.33, p.2-16, 2017.

FAKHOURI, Farayde Matta. Bioplasticos flexíveis e biodegradáveis a base de amido e gelatina. 2009. 249 p. Tese (doutorado) - **Universidade Estadual de Campinas**, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, SP.

FARIAS, Mônica Guimarães; FAKHOURI, Farayde Matta; CARVALHO, Carlos Wanderlei Piler de; ASCHERI, José Luis Ramírez. Caracterização físico-química de filmes comestíveis de amido adicionado de acerola (Malphigia emarginata DC). **Química Nova**, v. 35, p. 546-552, 2012. Disponível em: . Acesso em: 30 de junho de 2025.

HARRISON, J. P.; et al. Biodegradability standards for carrier bags and plastic films in aquatic environments: a critical review. ***Royal Society Open Science***, v. 5, n. 5, p. 1–18, 23 maio 2018.

LIPORACCI, Juliana Suriano Nascimento; MALI, Suzana; GROSSMANN, Maria Victória Eiras. Efeito do método de extração na composição química e nas propriedades funcionais do amido de inhame (Dioscorea alata). **Semina: Ciências Agrárias**, *[S. l.]*, v. 26, n. 3, p. 345–352, 2005.

MALI, Suzana; GROSSMANN, Maria Victória Eiras; YAMASHITA, Fábio. Filmes de amido: produção, propriedades e potencial de utilização. **Semina: Ciências Agrárias**, *[S. l.]*, v. 31, n. 1, p. 137–156, 2010. DOI: 10.5433/1679-0359.2010v31n1p137.

RODA, Daniel Tietz. A influência da umidade em plásticos. **Tudo Sobre Plasticos**, 2011.

ROSSINI, Larissa De Assis et al. SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE BIOFILME À BASE DE AMIDO DE PINHÃO. **Revista Thêma et Scientia**, v. 15, n. 1, p. 243-263, 2025.

SANTOS, G. T.; et al.. Utilização do amido de macaúba na produção de etanol: uma abordagem sustentável. Cadernos de Agroecologia, 16(3), 1–7.2013.

SILVA, Everton Menezes da. Produção e caracterização de filmes biodegradáveis de amido de pinhão. 2011. 43 p. **Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química)** - Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

SOUZA, C. R.; ANDRADE, C. T. Investigação dos processos de gelatinização e extrusão do amido de milho. Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 10, nº 1, p. 24-30, 2000. Rio de Janeiro.

TRENTINI, C. P. et al. Obtenção do óleo da polpa de macaúba (acrocomia aculeata) a partir da extração com líquido pressurizado. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v. 1, n. 2, p. 16335-16341, 2015.

VIÉGAS, Larissa Paiva. Preparação e caracterização de filmes biodegradáveis a partir de amido com quitosana para aplicação em embalagens de alimentos. 2016. 90p. **Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais) - Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes**, Rio de Janeiro, 2016.

YARADODDI, J. et al. Biodegradable plastic production from fruit waste material and its sus tainable use for green applications. **International Journal of Pharmaceutical Research & Allied Sciences**, Mumbai, v. 5, n. 4, p. 56-66, 2016.