

DESENVOLVIMENTO DE BIOPOLÍMERO À BASE DE AMIDO DE MANDIOCA E BIOMASSA DE BURITI PARA APLICAÇÃO COMO *ECOTAGS* NO ARTESANATO DE BARREIRINHAS – MA

Olívia A. Veras[1]; Ana E. N. da Silva[1]; Agatha S. B. Soares [1]; Joyce M. Mesquita[2]

1 Estudantes de cursos técnicos integrados ao Ensino Médio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão – IFMA/Campus Barreirinhas;
2 Professora de Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão – IFMA/Campus Barreirinhas;
joyce.mesquita@ifma.edu.br

Palavras-Chave: bioplástico; sustentabilidade; buriti

Introdução

A crescente geração de resíduos sólidos, associada ao aumento do consumo de produtos plásticos, constitui um dos principais desafios ambientais contemporâneos. A ampla aplicação, o baixo custo, a facilidade de processamento e as propriedades mecânicas dos plásticos favoreceram sua expansão, especialmente em produtos de curta duração, contribuindo para o descarte inadequado e para impactos ambientais significativos. Derivados majoritariamente do petróleo e de elevada persistência ambiental, esses materiais podem poluir ecossistemas terrestres e aquáticos, afetar organismos e contribuir, em áreas urbanas, para a obstrução de sistemas de drenagem e ocorrência de alagamentos e inundações (Landim et al., 2016).

Nesse contexto, os bioplásticos surgem como alternativa aos polímeros convencionais. No Brasil, o Ministério do Meio Ambiente reconhece os biopolímeros ou bioplásticos como materiais produzidos a partir de fontes renováveis de matéria-prima, como cana-de-açúcar, mandioca, batata e milho (Brasil, 2011). Assim, o emprego de fontes renováveis pode reduzir a dependência de matérias-primas fósseis, enquanto a biodegradabilidade pode diminuir a persistência dos materiais após o descarte. Entre as fontes investigadas destacam-se polissacarídeos, proteínas e fibras vegetais, com potencial para substituir determinados produtos plásticos convencionais.

Entre as matérias-primas renováveis empregadas na produção de bioplásticos, o amido destaca-se pela disponibilidade, baixo custo, caráter renovável, biodegradabilidade e capacidade de formar filmes. Presente em cereais, raízes e tubérculos, como milho, trigo, arroz e mandioca (Mano; Mendes, 1999), sua aplicação como matriz polimérica está relacionada principalmente à amilose, que favorece a formação de géis e filmes. Entretanto, bioplásticos à base de amido podem apresentar limitações quanto à resistência à umidade, flexibilidade, elasticidade e resistência à tração, propriedades que podem ser aprimoradas pela combinação com outras matrizes vegetais.

Nesse contexto, destaca-se o buriti (Mauritia flexuosa L. f.), espécie da família Arecaceae amplamente distribuída no Brasil e associada a ambientes com disponibilidade de água. Na região dos Lençóis Maranhenses, onde a pesquisa foi realizada, a espécie apresenta importância ambiental, ecológica, cultural e econômica. Seu fruto possui polpa amarelo-alaranjada, amilácea e oleosa, além de endocarpo esponjoso e revestimento externo formado por pequenas escamas castanho-avermelhadas (Beltrão; Oliveira, 2007).

A utilização do buriti como componente do bioplástico junto ao amido permite explorar uma biomassa regional e suas diferentes frações como fontes capazes de modificar as características do material polimérico, além de possibilitar a valorização de resíduos ou subprodutos vegetais. Nesse contexto, epicarpo e mesocarpo apresentam interesse por suas diferenças estruturais, que podem influenciar a formação e propriedades da matriz, como homogeneidade, textura, flexibilidade, resistência ao manuseio, formação de fissuras e desmolde. A comparação dessas frações permite relacionar a composição da biomassa incorporada ao comportamento do material obtido.

Além da relevância ambiental, o buriti possui importância socioeconômica para as populações locais, sendo utilizado na alimentação, produção de óleos, medicamentos tradicionais, construção e artesanato. Nos Lençóis Maranhenses, seu aproveitamento está associado à produção de bolsas, chapéus, chinelos, acessórios e artigos decorativos. Em Barreirinhas, o crescimento do turismo ampliou a demanda por produtos vinculados à identidade e cultura local, fortalecendo o artesanato como alternativa de geração de renda, especialmente para mulheres das comunidades. Entretanto, a atividade turística também pode intensificar a geração de resíduos, reforçando a necessidade de práticas mais sustentáveis (Saldanha et al., 2016).

Esta pesquisa emerge como uma alternativa à geração e descarte de polímeros com a finalidade de reduzir os impactos ambientais provocados pelo resíduo plástico e tem como objetivo principal desenvolver e avaliar formulações de bioplástico à base de amido de mandioca e mesocarpo de buriti, visando à produção de etiquetas sustentáveis (ecotags) para produtos artesanais de Barreirinhas – MA.

Nesse sentido, o desenvolvimento de um bioplástico produzido a partir de amido de mandioca e resíduos do buriti pode contribuir para a criação de alternativas destinadas à produção de etiquetas sustentáveis (*ecotags*) para produtos artesanais, associando inovação em materiais, valorização de recursos regionais e sustentabilidade. A proposta também possibilita estabelecer uma conexão entre a pesquisa científica e a economia local, especialmente por meio da valorização do artesanato produzido na região dos Lençóis Maranhenses em Barreirinhas – MA.

Material e Métodos

A metodologia da pesquisa foi inspirada em Costa et al. (2017), alterando a matriz vegetal para resíduos do buriti (*Mauritia flexuosa L.*). Foram realizados 14 ensaios com diferenciações entre a composição do bioplástico, sendo mantido como padrão a inserção de 3,0g de amido de mandioca em 100 mL de água destilada, 3,0mL de ácido acético 5% e 2,0mL de glicerol P.A. Todas as formulações foram levadas a aquecimento em chapa aquecedora numa temperatura aproximada de 100 ºC até a formação de um gel.

Os plastificantes são aditivos empregados em matrizes poliméricas para aumentar a mobilidade das cadeias e, consequentemente, a flexibilidade e a capacidade de deformação do material. Entre os plastificantes utilizados em polímeros de amido, destacam-se os polióis, como glicerol, sorbitol, eritritol e maltitol. Neste trabalho, optou-se pelo glicerol por sua compatibilidade com o amido, promoção de maior flexibilidade e facilidade de incorporação à matriz polimérica. Além disso, estudos relatam que sua utilização pode contribuir para a obtenção de filmes mais contínuos, uniformes e manuseáveis (Vieira et al., 2011; Costa et al., 2017).

O ácido acético atua como um co-plastificante e auxilia de processamento em matrizes de amido, modificando as interações intermoleculares e a organização das cadeias poliméricas. Associado ao glicerol, seu emprego pode favorecer a formação de filmes mais contínuos e uniformes, conforme observado em alguns estudos (Costa et al., 2017). Nesta pesquisa, para cada ensaio, houve alteração entre o tipo, a quantidade e o processamento do resíduo utilizado do buriti e a inserção ou não de sementes na superfície. A tabela 1 apresenta as condições de realização dos ensaios, repetidos em triplicatas.

Tabela 1: Delineamento experimental dos ensaios para obtenção do bioplástico

Ensaio	Resíduo	Processamento	Massa	Inserção de Sementes	Formação do material
E1	Mesocarpo	Não triturado	5,0 g	Não	Sim
E2	Mesocarpo	Não triturado	1,0 g	Não	Não
E3	Mesocarpo	Não triturado	5,0 g	Sim	Sim
E4	Mesocarpo	Não triturado	1,0 g	Sim	Não
E5	Mesocarpo	Triturado	5,0 g	Não	Não
E6	Mesocarpo	Triturado	1,0 g	Não	Não
E7	Mesocarpo	Triturado	5,0 g	Sim	Não
E8	Mesocarpo	Triturado	1,0 g	Sim	Não
E9	Epicarpo	Triturado	5,0 g	Não	Sim
E10	Epicarpo	Triturado	1,0 g	Não	Sim
E11	Epicarpo	Triturado	5,0 g	Sim	Sim
E12	Epicarpo	Triturado	1,0 g	Sim	Sim
E13 – Controle	Sem resíduo	—	—	Não	Sim
E14 – Controle	Sem resíduo	—	—	Sim	Sim

Fonte: elaborada pelas autoras.

O mesocarpo fora aplicado com e sem trituração, com variação de massa em 5,0 g e 1,0 g. Já o epicarpo fora aplicado apenas triturado, em virtude de sua rigidez característica, relacionada à natureza estrutural lignocelulósica, também aplicado com variação de massa de 5,0 g e 1,0 g. Para viabilizar a utilização do epicarpo, procedeu-se com a secagem em chapa aquecedora a 150 ºC por 30 minutos, seguida de trituração para redução do diâmetro do resíduo, conforme figuras 1 e 2.

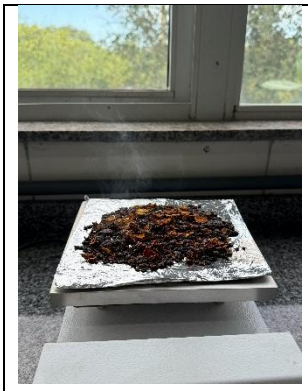


Figura 1: Processo de secagem



Figura 2: Epicarpo triturado

Fonte: acervo das autoras

Resultados e Discussão

Nesta pesquisa, utilizam-se resíduos de buriti (mesocarpo e epicarpo) para investigar a influência dessa matriz vegetal nas características físicas do bioplástico. Dessa forma, foram aplicadas diferentes combinações para modificar o material à base de amido. A incorporação de biomassa vegetal, por exemplo, pode modificar a estrutura da matriz e contribuir para alterações nas propriedades físicas e de manuseio do bioplástico, dependendo da natureza, proporção, tamanho e distribuição das partículas utilizadas.

Como exposto na metodologia, foram realizados 14 ensaios diferentes, com resíduos diferentes, massa e processamento (Quadro 1). Também é oportuno mencionar que foram adicionadas sementes de diferentes espécies à superfície para agregar valor à aplicação do bioplástico como etiqueta sustentável, proposta dessa pesquisa.

Quadro 1: Registros fotográficos dos ensaios

E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
						
E8	**E9**	**E10**	**E11**	**E12**	**E13**	**E14**
						

Fonte: acervo das autoras

Após a realização de cada ensaio, os bioplásticos foram acondicionados em placas de Petri e levados à estufa por 24 horas em temperatura de 40 ºC. Após as 24 horas de secagem na estufa, os ensaios foram mantidos em dessecador por mais 24 horas. Com 48 horas de secagem, apresentaram formação do bioplástico os ensaios E1, E3, E9, E10, E11, E12, E13 e E14. Contudo, apenas os ensaios E1, E3, E12, E13 e E14 soltaram a placa petri voluntariamente, enquanto todos os demais ensaios permaneceram sem desmolde, conforme Quadro 1. Os bioplásticos produzidos com o mesocarpo do buriti (polpa) sem processamento apresentaram melhor homogeneidade, flexibilidade, resistência ao manuseio e continuidade. As sementes incorporadas permaneceram no material mesmo com o manuseio.

No caso específico dos ensaios E13 e E14, que correspondem às formulações controle sem a incorporação de resíduos de buriti, observou-se, após aproximadamente quatro dias, o aparecimento de crescimento fúngico na superfície dos bioplásticos. Esse comportamento pode estar relacionado à presença de componentes orgânicos na matriz, potencialmente disponíveis para colonização microbiana. De forma diferente, nas formulações contendo resíduos do mesocarpo de buriti, não foi observada a mesma intensidade de colonização fúngica durante o período de acompanhamento, indicando a possibilidade de que componentes presentes na espécie tenham contribuído para uma maior resistência microbiológica do material.

Essa hipótese encontra respaldo em estudos que demonstram o potencial antimicrobiano de *M. flexuosa*. Nonato et al. (2018), os autores associaram esse potencial à presença de compostos bioativos nas diferentes frações do fruto. Dessa forma, a menor ocorrência visual de crescimento fúngico observada nas formulações contendo buriti constitui um aspecto que merece investigação em estudos posteriores

Esse aspecto apresenta relevância para a discussão dos resultados, uma vez que a maior resistência microbiológica do material pode contribuir para sua utilização como

etiqueta ou elemento de identificação em produtos artesanais, especialmente em condições de armazenamento e exposição ambiental.

Na tabela 2 são avaliadas as características físicas, de manuseio e de processamentos dos bioplásticos em cada formulação, permitindo identificar quais as condições mais favoráveis à produção do bioplástico para a função desejada.

Tabela 2[1]: Avaliação das características físicas[2], de manuseio e de processamento dos bioplásticos

Ensaio	Homogeneidade	Flexibilidade aparente	Resistência ao manuseio	Textura	Fissuras	Desmolde	Aderência das sementes
E1	Moderada	Muito alta	Muito alta	Lisa	Não	Sim	—
E2	Baixa	Baixa	Baixa	Rugosa	Sim	Não	—
E3	Moderada	Muito alta	Muito alta	Rugosa	Não	Sim	Sim
E4	Baixa	Baixa	Baixa	Rugosa	Sim	Não	Não
E5	Alta	Baixa	Baixa	Rugosa	Sim	Não	—
E6	Alta	Baixa	Baixa	Rugosa	Sim	Não	—
E7	Alta	Baixa	Baixa	Rugosa	Sim	Não	Sim
E8	Alta	Baixa	Baixa	Rugosa	Sim	Não	Sim
E9	Baixa	Baixa	Baixa	Rugosa	Sim	Não	—
E10	Baixa	Baixa	Baixa	Rugosa	Sim	Não	—
E11	Baixa	Baixa	Baixa	Rugosa	Sim	Não	Sim
E12	Baixa	Moderada	Moderada	Rugosa	Sim	Sim	Sim
E13 – Controle	Muito alta	Moderada	Moderada	Lisa	Sim	Sim	—
E14 – Controle	Muito alta	Moderada	Moderada	Lisa	Sim	Sim	Sim

Fonte: elaborada pelas autoras

Os dados apresentados na tabela 2 evidenciam que a composição e o processamento dos resíduos de buriti influenciaram de maneira distinta as características físicas e de manuseio dos bioplásticos obtidos. Entre as formulações avaliadas, os ensaios E1 e E3, constituídos por 5,0 g de mesocarpo não triturado, destacaram-se pela elevada flexibilidade e resistência ao manuseio, ausência de fissuras e desmolde voluntário. Em contraste, as formulações E2 e E4, que utilizaram apenas 1,0 g do mesmo resíduo, apresentaram baixa homogeneidade, flexibilidade e resistência, além da formação de fissuras e ausência de desmolde. Esse comportamento indica que, nas condições avaliadas, formulação com 5,0 g de mesocarpo não triturado apresentou características mais favoráveis à integridade e ao manuseio do material.

[1] As avaliações apresentadas na Tabela 2 correspondem ao comportamento observado de forma predominante entre as três repetições de cada formulação.

[2] As características de flexibilidade e resistência ao manuseio foram avaliadas qualitativamente por observação e manipulação dos materiais, considerando-se a facilidade de dobramento, deformação e manutenção da integridade durante o manuseio.

Por outro lado, os ensaios com mesocarpo triturado (E5–E8) apresentaram maior homogeneidade, porém baixa flexibilidade e resistência, além da presença de fissuras e dificuldade de desmolde, sugerindo que a redução do tamanho das partículas não necessariamente resultou em melhores propriedades para a aplicação pretendida. Os ensaios com epicarpo (E9–E12) também apresentaram desempenho predominantemente inferior, embora E12 tenha apresentado flexibilidade e resistência moderadas, além de desmolde e aderência das sementes, apresentou baixa homogeneidade na superfície.

A incorporação de 5,0 g de mesocarpo não triturado, especialmente nos ensaios E1 e E3, esteve associada à obtenção de maior flexibilidade e resistência ao manuseio, características relevantes para uma etiqueta destinada a acompanhar produtos artesanais. Destaca-se ainda o ensaio E3, no qual as sementes permaneceram aderidas ao material sem comprometer as características de manuseio observadas, indicando potencial para agregar uma função adicional à etiqueta, relacionada à possibilidade de incorporação de sementes em sua superfície. Os resultados apontam o mesocarpo não triturado, com massa de 5,0 g, como uma condição particularmente promissora para o desenvolvimento do bioplástico, reforçando a possibilidade de valorização de uma biomassa regional na produção de materiais destinados ao artesanato de Barreirinhas.

As Figuras 3, 4 e 5 apresentam a proposta de aplicação do bioplástico desenvolvido na produção de *ecotags*. A Figura 3 apresenta um modelo para ser apresentado às artesãs, permitindo que cada comunidade desenvolva sua própria identidade visual e nome fantasia, de modo a valorizar a origem dos produtos. O modelo foi gerado a partir de recurso de inteligência artificial generativa, possibilitando a inserção de diferentes logomarcas e formatos para previsão da aplicação pretendida. A Figura 4 apresenta a *ecotag* sem a incorporação de sementes, enquanto a Figura 5 apresenta a proposta com adição de sementes à superfície do bioplástico.



Figura 3*: Projeto de aplicação da *ecotag*



Figura 4: *Ecotag* sem semente



Figura 5: *Ecotag* com semente

Fonte figura 3: Recurso de inteligência artificial generativa
Fonte figuras 4 e 5: acervo das autoras

A incorporação de sementes busca ampliar a função ambiental da *ecotag*, estimulando seu descarte diretamente no solo após o uso, de modo que a degradação do bioplástico possa favorecer a posterior interação da semente com o ambiente e, potencialmente, sua

germinação. Embora essa possibilidade ainda necessite ser investigada experimentalmente, a proposta amplia o potencial de aplicação do material, associando a identificação dos produtos artesanais à valorização de recursos naturais e à perspectiva de um ciclo de uso e descarte mais sustentável.

Conclusões

A utilização do mesocarpo de buriti contribui para a valorização de uma biomassa regional e amplia as possibilidades de aproveitamento de recursos associados à cadeia produtiva do artesanato. Nesse sentido, a proposta das *ecotags* pode associar identificação e valorização dos produtos artesanais à adoção de materiais de base renovável, fortalecendo a relação entre inovação, sustentabilidade e identidade cultural de Barreirinhas. A incorporação de sementes amplia essa perspectiva ao propor uma função adicional para a etiqueta após seu uso, embora a degradação do material e a germinação das sementes não tenham sido foco desse trabalho.

Como perspectivas futuras, pretende-se investigar a biodegradabilidade do material, a influência das diferentes frações do buriti em suas propriedades físico-químicas e mecânicas e o comportamento das sementes incorporadas, incluindo sua viabilidade e capacidade de germinação após o descarte da *ecotag*. Também poderão ser avaliadas a resistência à umidade, a durabilidade, a estabilidade durante o armazenamento e a aplicação das etiquetas em condições reais de uso. Esses estudos poderão contribuir para o aperfeiçoamento da formulação e para a avaliação da viabilidade de utilização das *ecotags* por artesãos da região, ampliando o potencial da proposta como alternativa sustentável associada à valorização da biomassa local e do artesanato de Barreirinhas.

Agradecimentos

À FAPEMA, pelo financiamento das bolsas de iniciação à pesquisa dos estudantes que desenvolveram a pesquisa. E ao IFMA – campus Barreirinhas, pela concessão de auxílio financeiro para a participação dos estudantes no evento.

Referências

BELTRÃO, N. E. de M.; OLIVEIRA, M. I. P. da. *Oleaginosas potenciais do Nordeste para a produção de biodiesel*. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2007. 53 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Uso de materiais menos agressivos ao meio ambiente na fabricação das embalagens. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2011.

COSTA, Djeson Mateus Alves da; SANTOS, Andréia Ferreira dos; SILVA, Elaine Diniz da; SILVA, Irinalva Avelino da. Desenvolvimento e caracterização de filmes à base de amido de feijão macáçar (*Vigna unguiculata (L.) Walp.*). *HOLOS*, v. 7, 2017. DOI: 10.15628/holos.2017.6318.

LANDIM, Ana Paula Miguel; BERNARDO, Cristiany Oliveira; MARTINS, Inayara Beatriz Araujo; FRANCISCO, Michele Rodrigues; SANTOS, Monique Barreto; MELO, Nathália Ramos de. Sustentabilidade quanto às embalagens de alimentos no Brasil. *Polímeros*, São Carlos, v. 26, p. 82–92, 2016.

NONATO, Carla de Fatima Alves; LEITE, Diego de Oliveira Dantas; PEREIRA, Raimundo; BOLIGON, Aline Augusti; RIBEIRO-FILHO, José; RODRIGUES, Francisco Assis de Oliveira; COSTA, José Galberto Martins da. Chemical analysis and evaluation of antioxidant and antimicrobial activities of fruit fractions of Mauritia flexuosa L. f. (Arecaceae). *PeerJ*, v. 6, e5991, 2018. DOI: 10.7717/peerj.5991.

SALDANHA, Marcelo Aragão; BELLO, Leonardo Augusto Lobato; VINAGRE, Marco Valério Albuquerque; LOPES, Maria Lúcia Bahia. As relações do Turismo com a produção de resíduos sólidos na cidade de Barreirinhas (MA). *Revista Brasileira de Ecoturismo*, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 366–389, maio/jul. 2016.

VIEIRA, Melissa Gurgel Adeodato; DA SILVA, Mariana Altenhofen; DOS SANTOS, Lucielen Oliveira; BEPPU, Marisa Masumi. Natural-based plasticizers and biopolymer films: A review. *European Polymer Journal*, v. 47, n. 3, p. 254–263, 2011.