

## O APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS PARA PRODUÇÃO DE DE EMBALAGENS EM POLPA MOLDADA

### *THE REUSE OF ORGANIC WASTE BY MOLDED PULP PACKAGING*

Cristiane F. Zeni, Ricardo M. Sastre<sup>2</sup>, Stéfanie H. da Conceição<sup>3</sup> e Istefani C. de Paula<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul, ferrarizeni@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul, ricsastre@gmail.com

<sup>3</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul, stefanie9913@gmail.com

<sup>4</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul, istefani@producao.ufrgs.br

**Natureza do trabalho:** acadêmico

**Resumo:** Em seu fim de vida a embalagem pode tornar-se um resíduo se não for descartada corretamente, tornando-se um componente visível do lixo produzido no planeta, com forma definida e que se comunica com o mundo. Igualmente, a produção agrícola em escala gera resíduos orgânicos que, embora sejam materiais ricos em fibras, são descartados, tais como a casca de arroz, casca de coco, fibras de madeiras, dentre outros. Para contribuir com soluções para minimizar o impacto ambiental das embalagens e resíduos orgânicos, o presente estudo tem por objetivo realizar testes preliminares da fabricação de embalagens de polpa moldada a partir de resíduos orgânicos, num contexto de economia circular. A pesquisa ação foi utilizada como método para guiar a construção coletiva (equipe de projeto e empresas parceiras), e o direcionamento dos testes preliminares de embalagens a serem produzidas. Os testes preliminares realizados com as fibras de coco em moldagem por transferência e termoformagem foram promissores, mas exigiram a adição de substâncias aglutinantes como os derivados de amido, especialmente no método de moldagem por transferência. Além de usar fibras de fontes alternativas à da celulose, as embalagens propostas são potencialmente compostáveis e podem substituir materiais não renováveis como os polímeros derivados do petróleo.

**Palavras-chave:** Embalagem; Polpa moldada; resíduo orgânico; economia circular.

**Keywords:** *Packaging; Molded pulp; Organic waste; Circular economy.*

### 1. INTRODUÇÃO

Todos os anos, uma grande quantidade de matérias-primas é destinada para fabricação de embalagens descartáveis e de uso único. Muitas vezes, são feitas de materiais não biodegradáveis e não renováveis, como plásticos, vidro e metais (DEBNATH ET AL, 2022). Alguns países como o Canadá, Costa Rica e União Europeia proibiram o uso destas embalagens. No Brasil, canudos e sacolas plásticas foram banidos em alguns estados. Segundo dados da Associação Brasileira de Embalagem (ABRE), o Brasil produziu o equivalente a R\$ 110.895 bilhões de reais em embalagens no ano de 2021, com crescimento de 31,1% em relação a 2020, devido ao aumento do consumo de compras online e entrega de alimentos prontos. Deste montante, os materiais mais utilizados são os plásticos com 37,1%; as embalagens em papel com 34,6% e as embalagens metálicas com 21,4%.

O excesso de embalagens desafia o desenvolvimento sustentável da nossa sociedade (LU et al., 2020). O que fazer com os resíduos gerados pelas embalagens no planeta, quais as soluções encontradas para minimizar os impactos ambientais? A transição da economia linear dominante para um modelo baseado na circularidade por intenção e design pode construir uma nova base essencial para a economia de mercado e utilização de embalagens (CASAREJOS et al., 2018). Segundo Weetman, (2019) ela é uma economia verdadeiramente sustentável, que funciona sem resíduos, poupa recursos e atua em sinergia com a biosfera. Em vez de tratar as emissões, os subprodutos e os bens danificados ou indesejados como “resíduos” ou “lixo”, esses itens, na economia circular, tornam-se matéria-prima e insumos para um novo ciclo de produção.

Nesse sentido, embalagens de polpa moldada vêm conquistando espaço no mercado ao serem percebidas como um material sustentável (WEVER; TWEDE, 2007), por serem feitas de materiais renováveis e/ou reciclados, além de serem facilmente reaproveitados em ciclos sucessivos. À medida que o preço global da celulose de madeira está subindo e o avanço das mídias eletrônicas está diminuindo a reciclagem de fibras a partir de resíduos de papel, a demanda por fontes alternativas de matéria-prima para a criação das embalagens de polpa moldada vem aumentando continuamente (GOUW et al., 2017; JOHNSTON, 2016). O presente estudo tem por objetivo realizar testes preliminares da fabricação de embalagens de polpa moldada a partir de resíduos orgânicos, num contexto de economia circular. Considerando a extensão do problema exposto, apresenta-se a seguinte questão de pesquisa: é possível desenvolver embalagens a partir de resíduos orgânicos fibrosos?

Esta pesquisa busca contribuir para o aproveitamento de resíduos orgânicos que possam estar sendo destinados incorretamente, gerando despesas ou danos ambientais para o produtor e/ou comunidade, como a contaminação do solo, custos de transporte ou taxas para destinação em aterros sanitários. Além disso, explora tecnicamente o desenvolvimento de embalagens compostáveis, com projetos estruturais atrativos e funcionais, que agreguem valor ao resíduo, e que contribuam para o desenvolvimento local.

## **2. REVISÃO TEÓRICA**

De acordo com a *International Molded Fiber Association* (IMFA), os produtos de polpa moldada podem ser categorizados em quatro grupos com base no processo de fabricação e na qualidade dos materiais: (i) Parede grossa – processo mais simples, resulta em uma espessura de parede que varia de 5 a 10 mm. A secagem pode ser natural ou em fornos; (ii) Moldado por

Transferência - fabricado com um molde de formação e um molde de transferência, a espessura de parede do produto atinge cerca de 3 a 5 mm. O uso mais comum é para bandejas de ovos. A secagem pode ser natural ou em fornos; (iii) Termoformado ou “parede fina” - fabricado usando moldes aquecidos com espessura de parede do produto de cerca de 1 a 4 mm, sem necessidade de cura em fornos; e (iv) Processado - esse tipo se refere a produtos de fibra moldada que requerem algum tipo de tratamento secundário ou especial, além de simplesmente serem moldados e curados.

Na fabricação da polpa, podem ser utilizadas fibras virgens (primárias) derivadas de plantas lenhosas ou não lenhosas, assim como fibras recicladas (secundárias), derivadas de resíduos de papel e papelão (DEBNATH ET AL, 2022). As fibras naturais podem ser provenientes de vários recursos, como madeira (processos químicos e mecânicos de polpação), fibras recicladas, resíduos de biomassa agrícola, tais como coco, cascas de arroz, dentre outras.

Com o objetivo de identificar quais matérias-primas de origem vegetal atualmente estão sendo utilizadas para a fabricação de embalagens de polpa moldada em empresas nacionais e internacionais, foi realizada uma pesquisa *desk* a partir de informações disponíveis nas plataformas Google® Explorer e Acadêmico. Após a identificação, foram selecionadas 15 empresas de diferentes países que fabricam tais produtos, e os dados analisados foram obtidos, principalmente, em seus respectivos sites e em plataformas de notícias.

No Brasil, observou-se que as 8 empresas utilizam, em maior porção, palha de milho ou trigo, amido de mandioca ou bagaço de cana de açúcar na produção de suas embalagens. Em alguns casos, não é usado somente um único insumo na composição, podendo ser misturadas fibras de bambu, serragem de madeira ou cascas de arroz. No restante dos países, além dos materiais já empregados no Brasil, foram encontradas empresas que utilizam matérias-primas menos convencionais como caule de bananeira, fibra de coco, palha de cânhamo, cepos de videira, entre outros. Além disso, menos da metade produzem a partir de insumos que são subprodutos, ou seja, resíduos agrícolas que não são tratados ou reaproveitados na cadeia de produção agrícola.

### 3. METODOLOGIA

A pesquisa é do tipo aplicada e caracteriza-se por seu interesse prático. A natureza da pesquisa é exploratória, pois tem como propósito proporcionar maior familiaridade com o problema,

com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses (GIL, 2010). Com o objetivo de entender o estado da arte sobre a polpa moldada, foi realizado uma busca na base de dados *Web of science* no período entre 1 e 15 de setembro de 2022 utilizando o *string: pulp molding, molded pulp, packaging*. Foram extraídos 17 artigos sobre o tema. Para a realização dos testes preliminares, o método de pesquisa-ação foi utilizado. A pesquisa-ação possui uma base empírica que é concebida e realizada em associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo, e compreende ciclos repetidos de análise, descoberta de fatos, conceituação, planejamento, implementação de ação e avaliação (GIL, 2010).

Neste contexto, a pesquisa é utilizada para a construção coletiva (equipe de projeto e empresas parceiras) dos testes preliminares de embalagens a serem produzidas a partir de resíduos. Para auxiliar no levantamento de dados sobre embalagens foi utilizado o Radar da Embalagem, um modelo de referência desenvolvido por Sastre et al., (2020), que considera o arcabouço teórico próprio de cada etapa do ciclo de vida da embalagem, oferece uma perspectiva ao mesmo tempo simples e sistêmica e serve de diretriz para o projeto de embalagens sustentáveis. Com base nas empresas parceiras foram definidos os parâmetros para testes preliminares.

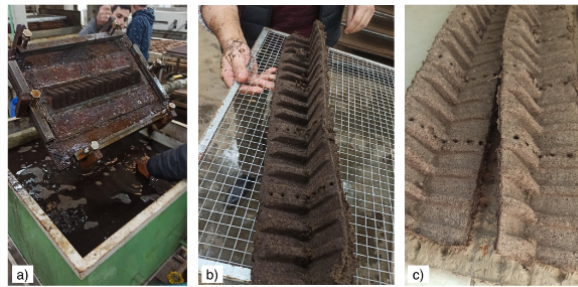
#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Nesta seção, são apresentados os resultados dos testes preliminares de moldagem de polpa a partir de fibras de coco descartadas, celulose, amido de mandioca e serragem de madeira teca (*Tecnona grandis*). A fibra de coco e a serragem foram selecionadas pela equipe devido à disponibilidade de resíduos que atualmente são destinados a aterro por empresas parceiras do estudo. O amido de mandioca e a celulose foram selecionados por serem os insumos mais utilizados pelas indústrias convertedoras que colaboraram com os testes descritos a seguir. A equipe decidiu testar a moldagem por transferência e por termoformagem.

##### **4.1. Moldagem por transferência**

Os testes de moldagem por transferência foram efetuados em uma indústria convertidora de embalagens de polpa moldada situada em São Bento do Sul - SC em 29/09/2022. Para este estudo, foram utilizados resíduos desidratados do coco em fibras longas e em pó misturados com água. Os testes foram realizados em uma máquina manual com uma matriz de cantoneira para a conformação (Figura 2.a), resultando nos seguintes cenários: a) as fibras longas e o pó de coco puros não foram adequados para este processo, pois mesmo que houvessem misturadores no fundo do tanque, o material decantou e não se prendeu ao molde; b) à medida

que foram adicionadas à mistura fibras celulósicas (aparas de papelão de pré consumo, fornecidas por empresas produtoras de embalagens) foram observados melhores resultados de aglutinação das fibras entre si e na moldagem; c) o melhor resultado observado continha uma mistura de 50/50 polpa de celulose e pó de coco. Nesta composição foi possível conformar a peça e secá-la com poucas deformações (Figura 2.c).



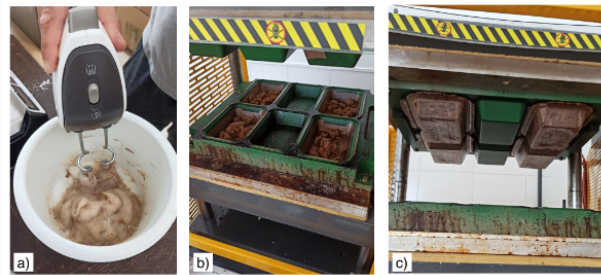
**Figura 2.** a) Máquina manual para moldagem por transferência; b) Peça moldada com celulose e pó de coco antes da secagem; c) Peça moldada seca.

Fonte: Os autores.

Neste processo, utiliza-se em torno de 90% a 92% de água na composição para mistura nos tanques e passagem nas tubulações, entretanto, grande parte da água é removida durante a moldagem e retorna ao processo. De acordo com a indústria convertidora, peças danificadas e material residual retornam aos tanques para reprocessamento, não havendo geração de resíduos pré-consumo.

#### 4.2. Termoformagem

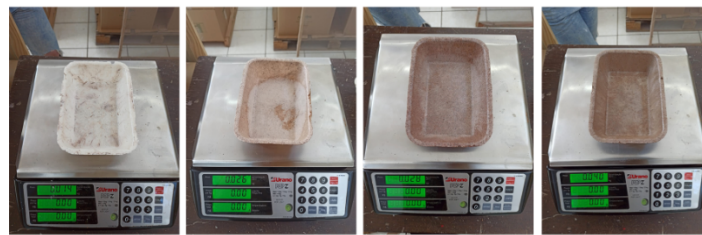
Em uma segunda etapa de testes, utilizou-se a termoformagem para observar as diferenças entre os processos e os resultados. Os testes foram realizados em uma fábrica de embalagens compostáveis em Novo Hamburgo - RS, no dia 08/10/2022, que utiliza o amido de mandioca como matéria-prima base na composição de seus produtos. Foram testadas 4 composições diferentes com amido de mandioca, fibra longa de coco, pó de coco, serragem de Teca (*Tecnona grandis*) e água, em uma matriz de bandeja para alimentos, conforme descrito a seguir (proporções em relação ao peso de cada item): a) 59,7% de água, 38,3% de amido de mandioca e 1,9% de fibra longa de coco; b) 40,74% de água, 43,82% de amido de mandioca, 3,08% de fibra longa de coco e 12,34% de pó de coco; c) 25,16% de água, 38,7% de amido de mandioca e 36,13% de pó de coco; d) 37,82% de água, 35,23% de amido de mandioca e 26,94% de serragem.



**Figura 3.** a) Mistura da composição I; b) Composição levada à matriz de termoformagem; c) bandejas termoformadas.

Fonte: Os autores

As misturas foram feitas de forma manual (Figura 3.a) e levadas à termoformagem durante o mesmo tempo (3'3'') e a mesma pressão (20 bar). O acréscimo de água nas composições variou de acordo com a textura e o volume que apresentaram durante a mistura. Todas as composições apresentaram resultados de conformação satisfatórios, porém, devido à sua composição e evaporação da água, revelaram pesos finais bastante diferentes (14g, 26g, 28g e 40g, respectivamente), conforme mostra a Figura 4.



**Figura 4.** Resultado visual e o peso (em gramas) de cada composição testada.

Fonte: autores.

Este processo também utiliza água em sua composição, sendo um elemento essencial para a mistura dos materiais, expansão e aglutinação do amido no calor. Em contraste com a moldagem por transferência, este processo perde água por evaporação, e os resíduos pré-consumo não podem ser reprocessados, mas são compostáveis.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a crescente demanda por embalagens descartáveis, os modelos em polpa moldada têm conquistado espaço no mercado ao serem percebidas como um material sustentável, apesar de suas limitações estéticas e geométricas (WEVER; TWEDE, 2007). Ao testar novas alternativas de matérias-primas para os processos de polpa moldada, o estudo evidenciou que existe a oportunidade de uso de resíduos agrícolas para substituir embalagens que são produzidas a partir de polímeros, como bandejas para alimentação, peças para proteção de produtos eletrônicos e eletrodomésticos, dentre outras.



Os testes preliminares realizados com as fibras de coco foram promissores, mas exigiram a adição de substâncias aglutinantes como os derivados de amido (na termoformagem) e a celulose (na moldagem por transferência). Os testes por termoformagem com a fibra de coco obtiveram resultados satisfatórios, porém seus resíduos não podem ser reprocessados, ao contrário da moldagem por transferência. Os parâmetros estudados serão base para a proposição de desenhos experimentais e análises de impacto dos processos fabris. Variáveis relacionadas com as composições das matérias-primas e ajustes nos parâmetros de processos permitirão inferir sobre a viabilidade técnica de produção de embalagens de polpa moldada em larga escala. Deverão ser propostos indicadores de acompanhamento dos ensaios futuros. Ademais, pretende-se aprofundar os levantamentos sobre a polpa moldada, sobre modelos produtivos existentes em outros países e aprofundar os estudos sobre adjuvantes orgânicos com propriedades aglutinantes, de brilho e outras. Respondendo à questão de pesquisa se é possível desenvolver embalagens a partir de rejeitos orgânicos fibrosos, os testes realizados em dois processos de produção distintos demonstraram viabilidade e fortes indícios de escalabilidade, importante para a viabilidade econômica, necessária para a substituição de matérias-primas de fontes não renováveis.

## REFERÊNCIAS

- ABRE. Disponível em: <https://www.abre.org.br/dados-do-setor/2021-2/> acesso em 19 de outubro de 2022.
- CASAREJOS, F. et al. Rethinking packaging production and consumption vis-à-vis circular economy: A case study of compostable cassava starch-based material. **Journal of Cleaner Production**, v. 201, p. 1019–1028, 2018.
- DEBNATH ET AL. *Molded\_Pulp\_Sustainable\_Packaging*. 2022.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 1. ed. São Paulo: [s.n.].
- GOUW, V. P. et al. Fruit pomace as a source of alternative fibers and cellulose nanofiber as reinforcement agent to create molded pulp packaging boards. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, v. 99, p. 48–57, ago. 2017.
- INTERNATIONAL MOLDED FIBER ASSOCIATION. Disponível em <https://www.imfa.org/> Acesso em 6 de outubro de 2022.
- JOHNSTON, C. M. T. Global paper market forecasts to 2030 under future internet demand scenarios. **Journal of Forest Economics**, v. 25, p. 14–28, dez. 2016.
- LU, S. et al. User preference for electronic commerce overpackaging solutions: Implications for cleaner production. **Journal of Cleaner Production**, v. 258, 2020.
- SASTRE, R. M. et al. Packaging Radar: a Preliminary Reference for Packaging Design in a Systemic and Complex Context. **Proceedings of the Design Society: DESIGN Conference**, v. 1, n. 2002, p. 2139–2148, 2020.
- WEETMAN, C. **Economia circular: conceitos e estratégias para fazer negócios de forma mais inteligente sustentável e lucrativa**. 1. ed. São Paulo: Autêntica Business, 2019.
- WEVER, R.; TWEDE, D. **The History of Molded Fiber Packaging; a 20 th Century Pulp Story**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <[www.espacenet.com](http://www.espacenet.com)>.