

## DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE EMBALAGENS BIODEGRADÁVEIS DE AMIDO COM ADIÇÃO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

LUAN MARTINS GOMES<sup>1,\*</sup>, TAYLA TOMIE MATSUO<sup>2</sup>, LEDA BATTESTIN  
QUAST<sup>3</sup>, VÂNIA ZANELLA PINTO<sup>4</sup>

### 1 Introdução

A garantia de segurança alimentar e preservação da qualidade dos alimentos necessita de um sistema de embalagens efetivo. Neste contexto, as espumas de poliestireno expandido (EPS), derivadas do petróleo, são eficientes para o armazenamento de alimentos. No entanto, o descarte inadequado do EPS pode levar à sua degradação em microplásticos, ocasionando problemas ecológicos e de saúde. Diante desse cenário, uma alternativa para reduzir os impactos gerados por estas embalagens, é a sua substituição gradativa por materiais biodegradáveis (Koester *et al.*, 2024; Sid *et al.*, 2021).

O desenvolvimento de espumas expandidas biodegradáveis, produzidas a partir do amido e resíduos lignocelulósicos, apresenta-se como uma das melhores opções para evitar problemas de reciclagem e poluição ambiental decorrentes do uso de plásticos convencionais, como o EPS, utilizados como embalagens de uso único (Tapia-Blácido *et al.*, 2022; Koester *et al.*, 2024). No entanto, algumas limitações podem tornar o amido inviável para determinadas aplicações, devido à sua afinidade com a água e à baixa resistência mecânica. Como forma de melhoria dessas características, é possível incorporar materiais de reforço, como os lignocelulósicos (Chaireh; Ngasatool; Kaewtatip, 2020; Engel; Ambrosi; Tessaro, 2019).

A reutilização de resíduos agroindustriais como material de reforço visa não apenas melhorar as propriedades mecânicas das espumas expandidas de amido, mas também contribuir para a diminuição do impacto ambiental e para a redução do descarte de materiais não biodegradáveis no meio ambiente (Ferreira; Molina; Pelissari, 2020).

### 2 Objetivos

Produzir e avaliar como cada material de reforço lignocelulósico pode afetar as

---

1\*Graduando, Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Laranjeiras do Sul, luanmar1998@gmail.com

2Graduanda, Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Laranjeiras do Sul

3Doutora, Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Laranjeiras do Sul

4Doutora, Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Laranjeiras do Sul, **Orientador(a)**.

propriedades mecânicas e a densidade das espumas expandidas de amido biodegradáveis.

### 3 Metodologia

Os resíduos lignocelulósicos de borra de café (BC), casca de monguba (CM) e resíduo de serragem de pinus (SP) foram coletados na cidade de Laranjeiras do Sul - PR. O amido de mandioca (polvilho doce), glicerol, estearato de magnésio e a goma guar foram obtidos do comércio local de Laranjeiras do Sul - PR. Os resíduos foram secos e moídos até atingir granulometria média inferior a 710  $\mu\text{m}$  e superior a 250  $\mu\text{m}$ .

As espumas expandidas de amido foram produzidas com a homogeneização do amido acompanhado dos resíduos e demais componentes (Tabela 1). Uma formulação não adicionada de resíduo foi elaborada e denominada padrão. As misturas foram colocadas em molde fechado aquecido a 180 °C por 4 minutos para a formação da espuma no formato de bandeja (Figura 1).

Tabela 1 - Formulação das espumas expandidas de amido com diferentes resíduos.

Matérias primas	CM	SP	BC	Padrão
Amido (g)	14,4	14,4	14,4	16,8
Água (mL)	19	19	19	19
Estearato de magnésio (g)	0,3	0,3	0,3	0,3
Glicerol (g)	0,9	0,9	0,9	0,9
Goma Guar (g)	0,3	0,3	0,3	0,3
Resíduo (g)	2,4	2,4	2,4	-

#### Umidade, atividade de água e densidade das bandejas

A umidade foi determinada com secagem em estufa a 105°C até peso constante (AOAC, 2005). A atividade de água (aw) foi determinada a 25°C em analisador de aw (LABMASTER – NOVASINA). A densidade foi determinada pela razão entre a massa (g) e o volume ( $\text{cm}^3$ ) dos corpos de prova (equação 1).

$$\text{Densidade}(\text{kg}/\text{m}^3) = \text{massa}(\text{kg}) / \text{volume}(\text{m}^3) \quad (\text{Equação 1})$$

#### Propriedades mecânicas

As espumas expandidas de amido foram acondicionadas por 5 dias em embalagens de plástico de polietileno de baixa densidade em temperatura ambiente em seguida por mais 2 dias em dessecador em umidade de 58%, a fim de estabilizá-las para posteriormente o recorte dos corpos de prova e ensaios mecânicos.

Para avaliar as propriedades mecânicas foram realizados ensaios de flexão das

espumas expandidas em três pontos (ASTM D790-02 (ASTM, 2007)). Dez corpos de prova foram recortados em retângulos (2,5 x 7,0 cm) com auxílio de um bisturi, para aferir a máxima resistência à flexão (MPa) e deflexão máxima (mm).

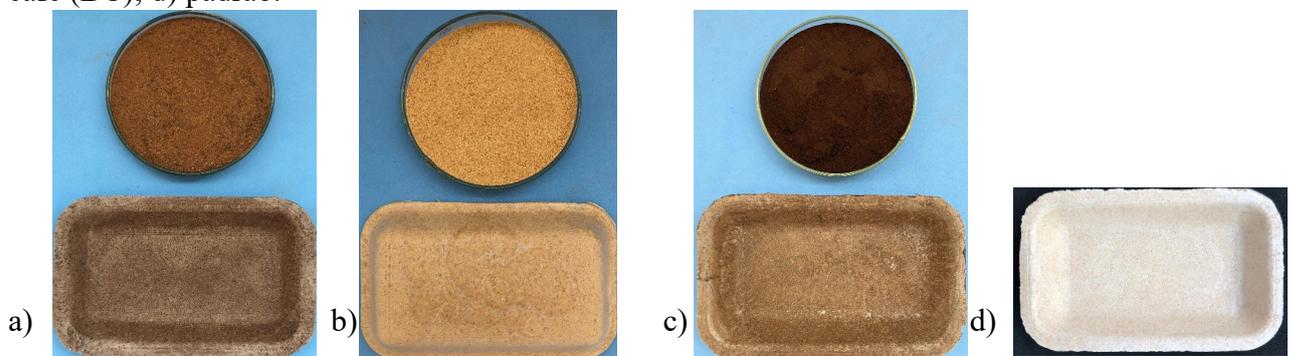
Para a resistência à tração foram utilizados dez corpos de prova em formato de gravata para determinar tensão máxima de ruptura (Mpa), alongamento máximo (%) e módulo de elasticidade (Young) (Mpa) (ASTM D638 (ASTM, 2007)).

## 4 Resultados e Discussão

### Propriedades físicas e estruturais das bandejas de espuma de amido

As espumas expandidas em formato de bandejas apresentaram boa formação e completo preenchimento do molde. As bandejas também apresentaram coloração diferente entre si, resultado da coloração natural dos resíduos e amido (Figura 1). A adição dos resíduos resultou em bandejas leves e com características de espumas expandidas.

Figura 1. Bandejas de espumas de amido biodegradáveis com adição de resíduos e padrão com ausência de resíduos. a) casca de monguba (CM); b) serragem de pinus (SP); c) borra de café (BC); d) padrão.



Fonte: próprio autor, 2025.

A adição dos resíduos influenciou a umidade, atividade de água ( $a_w$ ) e densidade aparente das bandejas (Tabela 2). A bandeja SP apresentou maior teor de umidade e  $a_w$  (0,527), a CM resultou em teores menores de umidade e  $a_w$  (0,545), próximos a amostra padrão, enquanto que a BC obteve teor de umidade intermediária. As amostras contendo resíduos apresentaram densidades superiores ao padrão, sem diferença entre elas (Tabela 2). Este comportamento é esperado em virtude da natureza dos resíduos utilizados como material de reforço, pois estes não possuem capacidade de se expandir, tal como o amido de mandioca (Engel; Ambrosi; Tessaro, 2019; Ferreira; Molina; Pelissari, 2020). Mesmo assim, a densidade das bandejas foi reduzida, indicado para aplicações como embalagens de uso único.

Para a produção de bandejas expandidas, características como baixa densidade são desejadas, uma vez que o material oriundo do EPS possui densidade que varia de 0,02 a 0,06 g/cm<sup>3</sup>(Aguilar; Tapia-Blácido, 2023).

Tabela 2. Teor de umidade, atividade de água (aw) e densidade aparente das bandejas de espumas de amido com adição de resíduos. a) casca de monguba; b) borra de café (BC); serragem de pinus (SP).

Resíduos	Umidade	aw	Densidade aparente (g/cm <sup>3</sup> )
CM	1,45±0,10 <sup>a</sup>	0,545±0,004 <sup>a</sup>	0,193±0,010 <sup>a</sup>
SP	13,26±0,08 <sup>a</sup>	0,527±0,007 <sup>a</sup>	0,196±0,004 <sup>a</sup>
BC	10,29±0,06 <sup>b</sup>	0,373±0,010 <sup>b</sup>	0,206±0,004 <sup>a</sup>
Padrão	7,77±1,79 <sup>b</sup>	0,315±0,004 <sup>c</sup>	0,174±0,002 <sup>b</sup>

### Propriedades mecânicas das espumas expandidas de amido

A resistência à tração (MPa) das bandejas aumentou com a adição dos materiais de reforço (Tabela 3). O alongamento foi inferior a 1% e não sofreu influência da adição dos materiais de reforço. As amostras contendo resíduos apresentaram maior resistência à tração e resistência à flexão em relação ao padrão devido à natureza lignocelulósica dos resíduos.

Tabela 3. Propriedades mecânicas das espumas expandidas de amido biodegradável reforçadas com adição de resíduos. a) casca de monguba (CM); b) borra de café (BC); serragem de pinus (SP).

Resíduos	Resistência à tração (MPa)	Módulo de Young (MPa)	Resistência à flexão (MPa)	Deflexão máxima (mm)
CM	1,45±0,30 <sup>a</sup>	101,52±15,44 <sup>a</sup>	2,92±0,42 <sup>a</sup>	7,21±2,83 <sup>a</sup>
SP	1,44±0,36 <sup>a</sup>	73,89±18,92 <sup>b</sup>	2,93±0,58 <sup>a</sup>	2,56±0,92 <sup>b</sup>
BC	1,14±0,19 <sup>ab</sup>	62,20±17,24 <sup>bc</sup>	3,10±0,39 <sup>a</sup>	2,26±0,20 <sup>b</sup>
Padrão	0,78±0,11 <sup>b</sup>	43,44±11,65 <sup>c</sup>	2,21±0,15 <sup>b</sup>	0,68±0,30 <sup>b</sup>

\*Média ± desvio padrão. Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

Além disso, a CM exibiu deflexão máxima maior (7,21 mm), sugerindo maior capacidade de deformação/absorção de energia antes da falha, enquanto SP e BC mostraram deflexões semelhantes entre si e inferiores à monguba, indicando que a natureza do resíduo influencia na deformação das bandejas (Tabela 3).

## 5 Conclusão

A incorporação de materiais lignocelulósicos como reforço em bandejas de espumas biodegradáveis de amido pode aprimorar as características das embalagens como a resistência mecânica, sem grandes alterações na densidade do material. As bandejas expandidas de amido apresentam perspectivas inovadoras para uso comercial e potencial para substituição, mesmo que de forma parcial, aos materiais derivados de petróleo, em especial o EPS.

## Referências Bibliográficas

AGUILAR, G. J.; TAPIA-BLACIDO, D. R. Evaluating how avocado residue addition affects the properties of cassava starch-based foam trays. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 240, p. 124348, 2023.

AOAC INTERNATIONAL. **Official methods of analysis of AOAC International**. AOAC international, 2005.

ASTM, International. Standard test methods for flexural properties of unreinforced and reinforced plastics and electrical insulating materials. **ASTM D790-07**, 2007.

CHAIRES, S.; NGASATOOL, P.; KAEWTATIP, K.. Novel composite foam made from starch and water hyacinth with beeswax coating for food packaging applications. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 165, p. 1382-1391, 2020.

ENGEL, J. B.; AMBROSI, A.; TESSARO, I. C. Development of biodegradable starch-based foams incorporated with grape stalks for food packaging. **Carbohydrate Polymers**, v. 225, p. 115234, 2019.

FERREIRA, D. C. M.; MOLINA, G.; PELISSARI, F. M. Biodegradable trays based on cassava starch blended with agroindustrial residues. **Composites Part B: Engineering**, v. 183, p. 107682, 2020.

KOESTER, D. L. et al. Biodegradable starch foams reinforced by food-chain side streams. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 275, p. 133386, 2024.

SID, Saurabh et al. Bio-sourced polymers as alternatives to conventional food packaging materials: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 115, p. 87-104, 2021.

TAPIA-BLÁCIDO, D. R. et al. Trends and challenges of starch-based foams for use as food packaging and food container. **Trends in Food Science & Technology**, v. 119, p. 257-271, 2022.

**Palavras-chave:** Resíduos lignocelulósicos; Propriedades mecânicas; espumas expandidas de amido.

**Nº de Registro no sistema Prisma:** PES-2024 - 0206

## Financiamento

