

EMBALAGENS BIODEGRADÁVEIS PARA ALIMENTOS COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL AO POLIESTIRENO EXPANDIDO

TAYLA TOMIE MATSUO^{1,2}, LUAN MARTINS GOMES^{2,3}, LEDA BATTESTIN QUAST^{2,4}, GUSTAVO HENRIQUE FIDELIS DOS SANTOS^{2,5}, VÂNIA ZANELLA PINTO^{2,6}

1 Introdução

O nome comercial Isopor® é usado para embalagens de poliestireno expandido (EPS), o qual é derivado do petróleo. As características como baixo custo, versatilidade, durabilidade e facilidade de processamento explicam a sua popularidade (RUMIANEK, *et al.*, 2021), especialmente como embalagens de uso único para alimentos. No entanto, o descarte inadequado desse material juntamente com outros tipos de materiais, resultam no acúmulo de resíduos sólidos (VALLE, *et al.*, 2023). Este acúmulo de EPS causa danos ao meio ambiente, pois, além de demorar anos para se decompor, acarreta contaminação do solo, rios, lençóis freáticos e ar, e ocasiona riscos à saúde de animais e seres humanos (FERREIRA, 2019). O impacto ambiental causado por estes resíduos pode ser reduzido com o desenvolvimento de embalagens biodegradáveis, em especial as espumas expandidas de amido (FRIEDRICHSEN, *et al.*, 2022).

O amido, que é um polímero de glicose e tem se destacado como uma alternativa sustentável para a criação de embalagens biodegradáveis por termo expansão (GHANBARI, *et al.*, 2018). A inclusão de materiais de reforço e consequente produção de materiais compósitos, é fundamental para aprimorar as propriedades das espumas de amido. Estas espumas possuem reduzida densidade, alta sensibilidade à água e baixa resistência mecânica (KOESTER *et al.*, 2024), sendo um possível substituo ao Isopor®. Entre os principais materiais de reforço utilizados na elaboração dessas espumas, estão as fibras vegetais (celulose) (BILCATI, *et al.*, 2022) e os resíduos lignocelulósicos (KOESTER, *et al.*, 2024).

A borra de café, um resíduo orgânico abundante nos aterros sanitários, é composta por celulose, lignina e hemicelulose (PARENTE, *et al.*, 2022), características que a tornam uma

1 Graduada em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Laranjeiras do Sul, tayla18088@gmail.com

2 Grupo de Pesquisa: Produção, transformação e armazenamento de alimentos

3 Graduando em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Laranjeiras do Sul,

4 Doutora, Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Laranjeiras do Sul.

5 Doutor, Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Laranjeiras do Sul, gustavo.santos@uffs.edu.br
Orientador.

6 Doutora, Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Laranjeiras do Sul, vania.pinto@uffs.edu.br
Orientadora.

opção promissora para ser utilizada como material de reforço em compósitos poliméricos. A valorização desse material pode, em breve, gerar alto valor agregado. A produção contínua e em larga escala desse resíduo por indústrias processadoras de café solúvel, residências e estabelecimentos comerciais pode ser convertido em novos produtos. Desta forma, com um tratamento adequado, é possível reutilizá-lo na fabricação de biocompósitos renováveis, que oferecem custo acessível e alta competitividade (MEI e OLIVEIRA, 2017).

2 Objetivos

Objetivou-se desenvolver embalagens biodegradáveis de amido expandido utilizando a borra de café como material de reforço.

3 Metodologia

O amido de mandioca foi adquirido no comércio local, a borra de café foi obtida através de doações de consumidores domésticos e a goma guar, glicerol (Química Moderna) e estearato de magnésio foram de grau analítico. A borra de café foi seca em estufa de secagem (SOLAB, SL-100, Piracicaba/SP) à 105°C por 24h e moída em moinho de café (BOTINI, B55, Bilac/SP) antes de ser incorporada aos outros componentes da formulação das bandejas.

3.1 Elaboração das embalagens expandidas

As embalagens expandidas foram produzidas por termo expansão variando a concentração da borra de café, sendo elas de 0%, 5%, 10%, 15%, 20% e 25%. Utilizou-se variações da quantidade do amido de mandioca (entre 12,6 - 16,8g) que foi substituído pela borra de café (entre 0 - 4,2g). A goma guar, (0,3g), estearato de magnésio (0,3g), glicerol (0,9g) e a água (19 mL) foram constantes. Os insumos foram misturados e despejados em molde pré-aquecido a 180 °C com dimensões de 117 x 64 x 20 mm. O molde foi fechado e a termo expansão resultou na formação de bandejas após 4 minutos (com adição de 0 - 20% de borra de café) e 5 minutos (com adição de 25% de borra de café) de aquecimento.

3.2 Caracterização das embalagens

A aparência das bandejas foi observada de forma visual e documentada por fotografias com fundo preto e com luz branca de led como contraste. A densidade aparente foi determinada a partir da relação entre a massa e o volume das amostras de espumas de amido com dimensões de 3 cm x 3 m, sendo expressa em g cm^{-3} (KOESTER *et al.*, 2024). A cor das embalagens foi avaliada com auxílio de um colorímetro de bancada (CR400 da Konica Minolta, Tóquio, Japão), que opera na escala CIE. Nesta escala, os parâmetros L^* , a^* e b^* são

utilizados, onde $L^* = 0$ representa a cor preta e $L^* = 100$ corresponde à cor branca. Os valores de croma (C^*), que representam a saturação variam de 0 a 60, enquanto os valores do ângulo de tonalidade (h°) indicam a tonalidade, com 0° para vermelho, 90° para amarelo, 180° para verde e 270° para azul. Estes foram calculados conforme as equações 1 e 2. As médias obtidas nas medições foram submetidas a uma análise de variância (ANOVA) e comparadas pelo teste de Tukey, considerando um nível de confiança de 95%.

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad \text{Equação (1)}$$

$$h^\circ = \tan^{-1} \frac{a^*}{b^*} \quad \text{Equações (2)}$$

4 Resultados e Discussão

A variação na concentração de borra de café (0 – 25%) em cada formulação resultou em embalagens com aspectos diferenciados visualmente (Figura 1). Observou-se também que conforme havia aumento na concentração, a termo expansão do amido diminuiu, ocasionando deformações nas laterais das embalagens (Figura 1). Elas ficaram menos translúcidas quando expostas à luz (Figura 2).

Figura 1 – Embalagens com diferentes concentrações de borras de café (0 – 25%). 0% (B); 5% (F1); 10% (F2); 15% (F3); 20% (F4); 25% (F5), sendo B: branco e F: formulação.

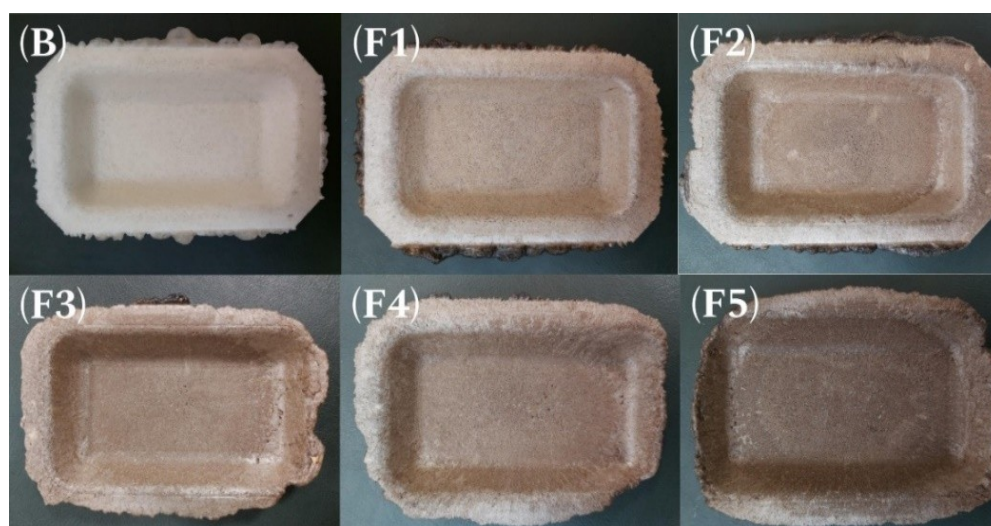
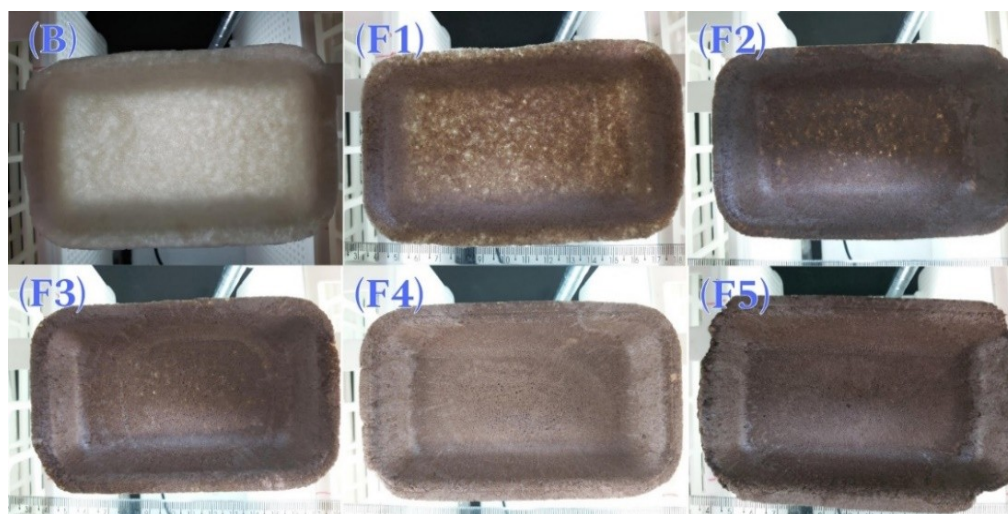


Figura 2 – Aparência das embalagens sob luz de cor branca.


Esta variação na aparência da bandeja resulta da incorporação de borra de café, a qual apresenta coloração escura. Com o aumento da concentração desse aditivo na formulação, observou-se uma intensificação da tonalidade, que se tornou marrom escuro, além de uma modificação na densidade das bandejas (Tabela 1).

As embalagens são produzidas utilizando o molde fechados que possui dimensões pré-fixadas e isso possibilita pouca variabilidade na espessura. Assim, obtém-se bandejas uniformes durante a termo expansão do amido de mandioca. A densidade e a cor foram analisadas (Tabela 1).

Tabela 1 – Densidade e cor (L^* , Chroma (C^*) e ângulo Hue (h)) das bandejas expandidas de amido reforçadas com borra de café.

Formulação	Densidade aparente (cm^3/g)	L^*	C^*	h
B (0%)	0,158 \pm 0,011 A	78,48 \pm 1,22 A	6,395 \pm 0,819 A	90,360 \pm 0,888 A
F1 (5%)	0,198 \pm 0,020 B	59,79 \pm 2,65 B	10,085 \pm 3,286 B	77,365 \pm 0,559 B
F2 (10%)	0,210 \pm 0,013 B	49,15 \pm 1,59 C	12,675 \pm 1,385 B	73,465 \pm 0,640 C
F3 (15%)	0,220 \pm 0,009 B	50,02 \pm 3,38 C	9,190 \pm 1,293 AB	73,560 \pm 0,739 C
F4 (20%)	0,251 \pm 0,038 C	45,03 \pm 3,66 CD	10,285 \pm 1,500 B	71,675 \pm 1,580 CD
F5 (25%)	0,265 \pm 0,017 C	40,11 \pm 1,20 D	10,070 \pm 0,679 B	69,805 \pm 0,603 D

Média de 9 repetições \pm desvio padrão. Letras maiúsculas diferentes nas colunas indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos pelo teste de Tukey a 95% de confiança.

Na densidade, observou-se houve diferença entre as formulações (0 – 25%) ($p < 0,05$), na qual conforme a concentração de borra de café era aumentada, a densidade também apresentou aumento. O parâmetro L^* diminuiu com a inclusão da borra de café nas embalagens, o que indica redução da luminosidade (cor branca) e proximidade à cor preta.

Observou-se que o parâmetro C^* apresentou variação entre as formulações controle e as demais (5 – 25%) (Tabela 1). A inclusão de borra de café tornou a cor das embalagens mais vívida, em relação ao controle que inicialmente era pálida. O ângulo *hue* (h) indicou a mudança gradual da coloração de amarelo-alaranjado (h=90) para coloração alaranjado-avermelhado (h= 70). A combinação dos tons alaranjados-avermelhados com a proximidade à cor preta (L^*) indicam bandejas com coloração marrom semelhante à coloração da borra de café, utilizada como material de reforço.

5 Conclusão

A adição de borras de café na produção de embalagens biodegradáveis expandidas de amido resultou no aumento da densidade conforme o aumento da concentração do material de reforço. Isso resultou na diminuição do termo expansão do amido e deformação nas laterais das bandejas. Ainda, houve influência na intensidade da coloração das embalagens biodegradáveis conforme adicionou-se borra de café como reforço.

6 Referências Bibliográficas

- BADIEI, N. M., & MOHAMMAD, M. Avanços recentes em embalagens de alimentos hidrofóbicos à base de celulose. **Matéria emergente**. v.05, p.703–718, 2022.
- BILCATI *et al.* Efeito do reforço multi-escala fibra de celulose-microcelulose cristalina na fase de hidratação de pastas de cimento Portland. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 27, n. 4, p. e20220220, 2022.
- FERREIRA, R. S. Impactos socioambientais causados pelo descarte incorreto de resíduos sólidos urbanos. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 03, n. 09, p. 51–72, 2019.
- GARZON, R. *et al.* Interaction of dough acidity and microalga level on bread quality and antioxidant properties. **Food Chemistry** v. 344, p. 128710, 2021.
- KOESTER *et al.* Biodegradable starch foams reinforced by food-chain side streams. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 275, p. 133386–133386, 2024.
- MEI, L. H.; OLIVEIRA, N. Caracterização de um compósito polimérico biodegradável utilizando Poli (ϵ -caprolactona) e borra de café. **Polímeros**, v. 27, p. 99–109, 2017.
- PARENTE. *et al.* Caracterização da borra de café para o tratamento de efluentes de laboratórios de química. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.13, n.8, p.157-166, 2022.
- RUMIANEK *et al.* Static Mechanical Properties of Expanded Polypropylene Crushable Foam. **Materials** v.14, n. 02, p.249, 2021.
- VALLE, M. P. V.; GUARNIERI, P.; FILIPPI, A. G. Adoção de embalagens plásticas sustentáveis agroalimentares: um olhar na dinâmica da produção orgânica e sustentável em face da Economia Circular. **Interações (Campo Grande)**, p. 211–227, 2023.

Palavras-chave: amido de mandioca expandido, bandejas biodegradáveis, borra de café.

Nº de Registro no sistema Prisma: PES 2023 - 0258

Financiamento: Fundação Araucária