



## RECICLAGEM MECÂNICA DE CÁPSULAS PLÁSTICAS DE CAFÉ

Larissa S. Montagna<sup>1</sup>, André L. Catto<sup>2</sup>, Juliana B. Oliveira<sup>3</sup>, Amanda M. G. Santos<sup>3</sup>, Ruth M.C. Santana<sup>3\*</sup>

1 – Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), São José dos Campos, SP.

2 - Departamento de Engenharia Química, Centro Universitário Univates, Lajeado, RS.

3 – Laboratório de Materiais Poliméricos (LAPOL), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

**Resumo:** Desde a introdução do café monodose (cápsulas de café) ao mercado houve um aumento crescente no consumo destas embalagens. No entanto, o consumo de cafés monodose tem gerado uma grande preocupação, por ser um material composto de diversos polímeros que acabam entrando em contato com matéria orgânica, dificultando a sua reciclagem. Por ser um produto inovador não existe legislação específica para o seu destino final, o que resulta em uma grande quantidade de resíduos sendo descartados, muitas vezes, de maneira incorreta no meio ambiente. Neste sentido este trabalho visa uma análise da viabilidade técnica da reciclagem mecânica de cápsulas de café pós-consumo. O material foi beneficiado (lavagem, secagem e moagem) e posteriormente passou por diferentes tipos de processos (extrusão e injeção), para obtenção dos corpos de prova. As amostras foram divididas em dois grupos: (1) extrusado seguido de injeção e (2) moído seguido de injeção, os quais foram avaliados suas propriedades mecânicas e físicas. Resultados da resistência ao impacto e absorção de água, mostraram que a amostra com melhor desempenho foi à amostra processada por extrusão seguida da injeção.

**Palavras-chave:** Reciclagem mecânica, Resíduos Poliméricos, Cápsulas plásticas de café.

### MECHANICAL RECYCLING OF COFFEE PLASTIC CAPSULES

**Abstract:** Since the introduction of monodose coffee (coffee capsules) to the market there has been an increasing in coffee consumption. However, the consumption of monodose coffees has generated a great concern, since it is a material composed of several polymers that ends up coming in contact with organic matter, making it difficult to recycle them. Furthermore, since it is innovative there is no specific legislation for its final destination, which results in a large amount of waste being discarded, often incorrectly in the environment. In this sense, this work aims at an analysis of the technical feasibility of the mechanical recycling of post-consumption coffee capsules. The material was beneficiated (washing, drying and milling) and later underwent different types of processes (extrusion and injection) to obtain the samples. The samples were divided into two groups: (1) ground and injected and (2) extruded and injected, which evaluated their mechanical and physical properties. Results of the impact resistance and water absorption showed that the best performing sample was the sample processed by extrusion followed by injection.

**Keywords:** Mechanical Recycling, Polymeric Waste, Coffee plastic capsules.

### Introdução

Os resíduos poliméricos pós-consumo (embalagens plásticas), se destacam nos resíduos sólidos domiciliares, por apresentarem crescimento nos resíduos urbanos e possuírem características como degradação lenta e volumetria elevada, dificultando seu descarte e reciclagem [1, 2].

O consumo de cafés especiais no país e no mundo vem crescendo de maneira acentuada, e a tendência para o mercado brasileiro é um crescimento de 25%, para os próximos 10 anos, dos grãos de alta qualidade. Uma das principais tendências responsável por esse aumento é o consumo de café em cápsulas. Em 2014 o mercado do café monodose foi responsável por apenas 0,6% do café consumido no país, no entanto a expectativa é que ele represente entre 20% e 30% do consumo em

10 anos [3]. A Nestlé é a líder absoluta no mercado brasileiro de café monodose, com as marcas Nespresso® e Dolce Gusto®. As cápsulas de café Dolce Gusto® representam cerca de 20% do consumo no país [4].

Segundo as especificações, as cápsulas são compostas principalmente de dois materiais: alumínio e plástico (polipropileno em maior proporção). Por serem embalagens inovadoras, muitos países não dispõem de uma legislação específica sobre elas, o que dificulta sua reciclagem. Deste modo, quando são utilizadas, um novo resíduo para o meio ambiente que antes não existia é originado.

Neste sentido o objetivo desse trabalho foi analisar a viabilidade do reprocessamento de cápsulas plásticas de café da marca Dolce Gusto®, por ser uma das principais representantes do setor no país. Desta forma, foi verificada a resistência de corpos de prova, processados de formas distintas, passando os materiais pelo processo de extrusão seguido de injeção e apenas moído seguido de injeção, assim como sua estabilidade em contato com água.

## Experimental

### *Materiais*

Neste estudo foram utilizadas as cápsulas de café da marca Dolce Gusto® da Nestlé (Figura 1-A).



Figura 1 - Cápsulas de café utilizadas neste trabalho: cápsulas plásticas (A), após moagem (B) e grânulos após processo de extrusão (C).

### *Preparação dos corpos de prova*

As cápsulas plásticas de café foram moídas utilizando um moinho Retsch SM300. O resultado final da moagem pode ser visto na Figura 1-B. Após a moagem parte do material foi extrusado e injetado em uma Mini-injetora de bancada Haake MiniJet II (Figura 2-A), e outra parte foi apenas injetada sem extrusão prévia (Figura 2-B). Para o material que foi extrusado, utilizou-se uma extrusora de rosca simples de marca Ciola (Figura 2-A), com relação L/D de 22 e diâmetro da rosca de 18 mm. A velocidade da rosca utilizada foi de 65 rpm e o perfil de temperatura nas zonas 1, 2 e na matriz foi de 170, 210 e 220 °C, respectivamente (Figura 2-B).

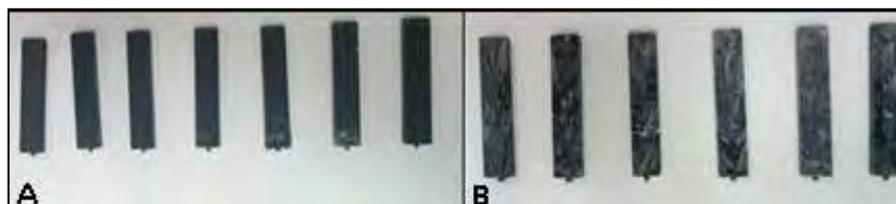


Figura 2 – Corpos de prova: moído e injetado (A), moído, extrusado e injetado (B).

### *Caracterização*

As amostras foram caracterizadas quanto às propriedades físicas e mecânicas. A densidade foi determinada pelo método de Arquimedes (norma ASTM D792-08). Com o intuito de determinar como o material se comporta quando em contato com a água foi realizado um teste de absorção de

água, as amostras ficaram submersas em água por 14 dias e foram realizadas medidas de massa diariamente. O teste de impacto foi realizado em um equipamento Impactor II (norma ASTM D256-10) e a determinação do grau de dureza foi realizada o teste de dureza Shore D (norma D2240-05).

## Resultados e Discussão

Um dos possíveis motivos da grande diferença na resistência das amostras seria diferença de densidade entre elas. A Figura 3 apresenta os valores de densidade obtidos pelo método de Arquimedes. As amostras não apresentaram modificações significativas nos valores de densidade, sendo assim o processamento inicial não alterou os valores de densidade média. Os corpos de prova das amostras que foram extrusadas e após injetadas apresentaram densidade levemente inferior.

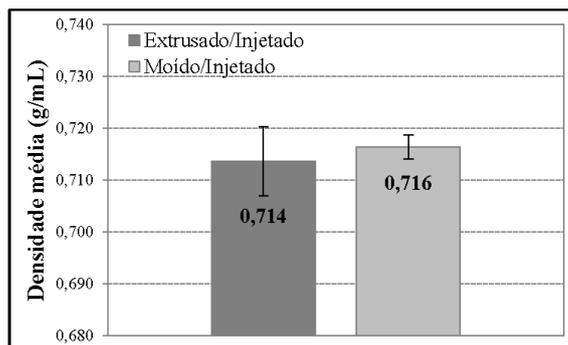


Figura 3 – Densidade média: corpos de prova extrusado/injetado e moído/injetado.

A Figura 4 apresenta os valores do monitoramento da absorção de água das amostras avaliadas no período de 14 dias. Após o terceiro dia, ambas as amostras apresentaram aumento acentuado na absorção de água, até o nono dia, onde os valores de absorção de água tendem a se estabilizar. A amostra que foi extrusada e injetada apresentou um leve aumento de absorção de água, quando comparado à amostra moída e injetada. Este resultado pode estar relacionado ao seu resultado de densidade, que foi levemente inferior, indicando que a amostra pode ter um maior teor de vazios, o que gera maior espaço entre as macromoléculas das cadeias poliméricas, podendo absorver assim maior quantidade de água [5]. O teor de vazios pode estar relacionado a vários fatores, entre eles a presença de umidade e os próprios parâmetros de processamento.

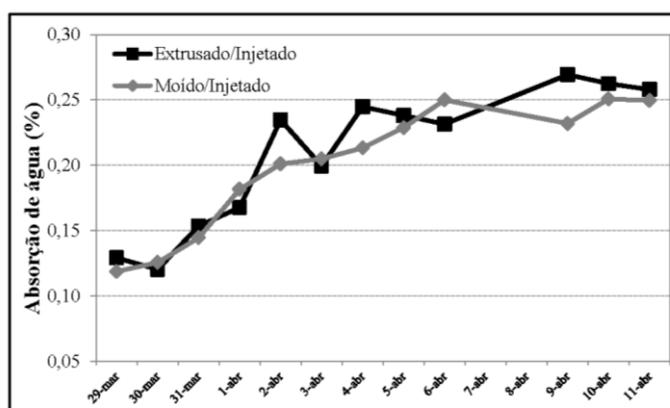


Figura 4 - Resultados comparativos do teste de absorção de água das amostras avaliadas.

Em relação ao resultado de dureza, verifica-se que a amostra injetada (sem prévia extrusão) apresentou maior dureza. Este aumento da dureza nesta amostra pode estar relacionado à sua maior densidade, pois quanto maior a densidade, maior a dureza do material, e também pelo resultado de absorção de água, pois esta amostra também apresentou menor absorção de água. A menor dureza apresentada pela amostra extrusada/injetada pode estar ligada também ao teor de vazios, pois esta amostra é menos densa, e à presença de umidade ou influência de parâmetros durante o processamento da amostra, resultando numa diminuição aparente da rigidez e dureza do material [6].

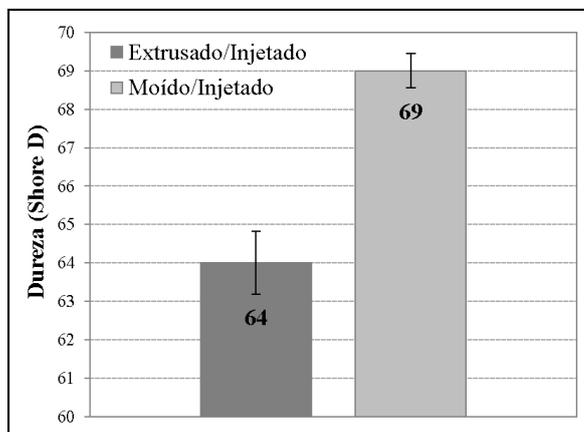


Figura 5 – Resultados obtidos do ensaio de dureza.

A Figura 6 apresenta os resultados do teste de resistência ao impacto aos quais as amostras foram submetidas. É possível observar que a amostra que foi extrusada e injetada possui maior resistência ao impacto quando comparadas com a amostra que foi moída e injetada. A fusão e mistura prévia do material pelo processo de extrusão pode ter auxiliado na maior homogeneidade do material, proporcionando uma maior estabilidade após ser injetado [5]. Pela análise dos resultados, percebe-se que a amostra processada por extrusão antes de ser injetada necessita de uma quantidade de energia maior para que ocorra a fratura. Assim, o processamento prévio por extrusão auxilia na maior estabilidade do material final.

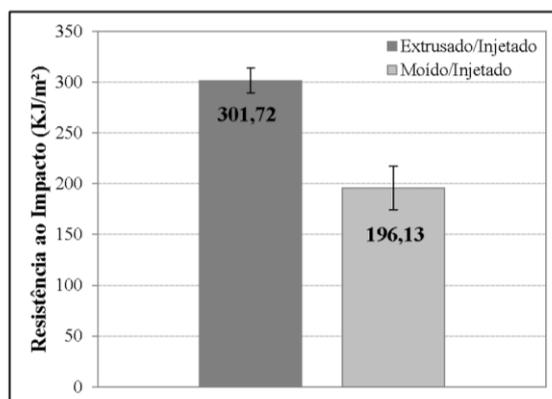


Figura 6 – Resultados obtidos do ensaio de impacto.

## Conclusões

Com este trabalho pôde-se observar que as cápsulas plásticas de café podem ser recicladas. Os resultados deste estudo mostraram que o processo de extrusão prévia do material promoveu uma melhor mistura e estabilidade em relação ao desempenho mecânico, onde após a injeção apresentou peças mais resistentes ao impacto em relação à outra amostra (sem extrusão). Os resultados físicos

de densidade e absorção de água não apresentaram mudanças significativas, sendo que a amostra extrusada/injetada apresentou uma tendência a absorver mais água que a amostra moída/injetada, mas com valores bastante semelhantes. Porém, dependendo do tipo de aplicação a que forem destinados estes materiais reciclados provenientes das cápsulas de café monodose, é possível reutilizar este resíduo para novas aplicações.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem ao apoio financeiro do PROBITI, CNPq (153640/2016-2) e da FAPESP.

### **Referências Bibliográficas**

---

- 1 T.F.L. Matos, Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, 2006.
- 2 G.C.O. Neto, F.Y. Shibao, M.G. Filho, L.E.C. Chaves. *Interciencia*, 40.6, 364-373, 2015.
- 3 M. Valverde. *Diário do Comércio*. Belo Horizonte, 19 de set de 2014.
- 4 S. Inhesta. Nestlé: País mostra mudança no perfil de consumo de café. *Revista Exame*. Brasil, 2011.
- 5 A.L. Catto. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.
- 6 . Kuruvilla; L.H.C. Mattoso. Recent developments in natural fibre based polymer composites, *Natural Polymers and Composites IV*, 443-454, 2002.