



República Federativa do Brasil  
Ministério da Economia  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) BR 102018015061-8 A2



(22) Data do Depósito: 24/07/2018

(43) Data da Publicação Nacional: 04/02/2020

(54) Título: PROCESSO DE RECICLAGEM DE CÁPSULAS

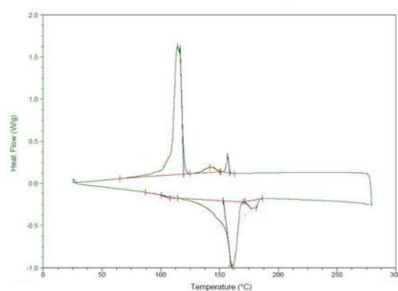
(51) Int. Cl.: B29B 17/04; B29C 45/00; C08K 3/08.

(52) CPC: B29B 17/04; B29C 2045/0015; C08K 2003/0812; B29B 2017/0484.

(71) Depositante(es): UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL.

(72) Inventor(es): RUTH MARLENE CAMPOMANES SANTANA; LARISSA STIEVEN MONTAGNA; AMANDA MARIA GRIEBELER DOS SANTOS; JULIANA BLUME DE OLIVEIRA; ANDRÉ LUÍS CATTO.

(57) Resumo: PROCESSO DE RECICLAGEM DE CÁPSULAS A presente invenção descreve um processo de reciclagem de cápsulas compreendendo ao menos um material polimérico e alumínio. Especificamente, a presente invenção compreende um processo de reciclagem que compreende etapas de moagem e injeção, além de, em uma concretização, apresentar uma etapas de extrusão anterior à injeção, sendo que o dito processo apresenta parâmetros que seu produto final não apresenta perdas significativas em suas propriedades mecânicas. A presente invenção se situa nos campos da engenharia química e de materiais, voltadas à reciclagem de materiais.



## **Relatório Descritivo de Patente de Invenção**

### **PROCESSO DE RECICLAGEM DE CÁPSULAS**

#### **Campo da Invenção**

**[0001]** A presente invenção apresenta um processo de reciclagem de cápsulas compreendendo ao menos um material polimérico e alumínio. Especificamente, a presente invenção compreende um processo de reciclagem que compreende etapas de moagem e injeção, além de, em uma concretização, apresentar uma etapas de extrusão anterior a injeção. A presente invenção se situa nos campos da engenharia química e de materiais, voltadas à reciclagem de materiais.

#### **Antecedentes da Invenção**

**[0002]** Desde a introdução do café monodose (cápsulas de café) ao mercado houve um aumento muito alto no consumo das cápsulas de café, e esse aumento tende a crescer nos próximos anos. No entanto consumo de cápsulas de café monodose têm gerado uma grande preocupação social e ambiental, visto que as cápsulas de café são compostas de diferentes polímeros sintéticos derivados do petróleo e também de alumínio, e a sua produção/montagem fica em contato direto com o pó do café, leite em pó e diferentes chás. Desta forma, a presença da matéria orgânica derivado dos pós de preparação das bebidas, faz com que dificulte a reciclagem dessas cápsulas plásticas, e por ser algo inovador não há legislação específica para o seu destino final, o que resulta em uma grande quantidade de resíduos plásticos sendo descartados, muitas vezes, de maneira incorreta no meio ambiente.

**[0003]** Ao analisar os resíduos das cápsulas plásticas de café da Nescafé Dolce<sup>®</sup> Gusto<sup>®</sup>, se percebeu que alguns tipos de cápsulas (Marrakesh Style Tea, Nestea<sup>®</sup> limão e pêssego, Chococino) apresentavam a mesma estrutura com materiais plásticos iguais, porém algumas cápsulas (Expresso,

Espresso Barista, Ristretto Ardenza, Lungo, Caffè Buongiorno) possuíam um filme plástico na parede interna, com composição distinta.

**[0004]** Na busca pelo estado da técnica em literaturas científica e patentária, foram encontrados os seguintes documentos que tratam sobre o tema:

**[0005]** O documento ID17295 revela um processo de reciclagem e produção de plásticos, misturas de plásticos e materiais plásticos, utilizando matéria-prima não reciclada, reprocessada, usada, ou seja, material plástico virgem. Deste modo, não é revelado um processo para a reciclagem de material plástico que já tenha passado por intempéries.

**[0006]** O documento DE102006054770 revela um método e o equipamento desenvolvido para a reciclagem de todos os tipos de resíduos plásticos (material plástico pós-uso), em especial de plástico misto (PM), no qual é aglomerado ou compactado na forma de Pellets, flocos ou outras peças de plásticas. Porém, o método proposto na invenção deve ser utilizado apenas com o equipamento desenvolvido de descrito pela invenção, não sendo possível a utilização de equipamentos presentes no estado da técnica.

**[0007]** O documento KR200306196 revela um aparato de injeção desenvolvido para reciclar resíduos plásticos. Porém, o documento não revela um processo compreendendo as melhores condições e equipamentos para a reciclagem termomecânica de cápsulas plásticas de café da Nescafé® Dolce Gusto®.

**[0008]** Assim, do que se depreende da literatura pesquisada, não foram encontrados documentos antecipando ou sugerindo os ensinamentos da presente invenção, de forma que a solução aqui proposta possui novidade e atividade inventiva frente ao estado da técnica.

### **Sumário da Invenção**

**[0009]** Dessa forma, a presente invenção tem por objetivo resolver os problemas constantes no estado da técnica a partir de um processo de

reciclagem de cápsulas de café, sendo que o dito processo compreende as etapas de moagem e injeção, sendo que após o processo o material não sofre perdas significativas em suas propriedades mecânicas.

**[0010]** Os resultados obtidos deste estudo têm mostrado que as condições dos parâmetros de reprocessamento para a reciclagem termomecânica deste tipo de resíduo plástico, não resultou em perdas significativas nas propriedades mecânicas antes e após exposição ao intemperismo natural, apresentando assim, potencialidade de aplicação em diversos setores industriais, especialmente para construção civil (telhas, perfis, blocos entre outros), mobiliários, artigos domésticos, entre outros.

**[0011]** Em um primeiro objeto, a presente invenção apresenta um processo de reciclagem de cápsulas compreendendo ao menos um material polimérico e alumínio que compreende as etapas de:

- a. preparação das cápsulas;
- b. moagem das cápsulas; e
- c. injeção das cápsulas moídas.

**[0012]** Ainda, o conceito inventivo comum a todos os contextos de proteção reivindicados versam sobre um processo para a reciclagem de cápsulas de café para a obtenção de um material reciclado em que as perdas em suas propriedades mecânicas não sejam significativas, sendo que o dito processo envolve etapas de moagem e injeção, além de em uma concretização o compreender uma etapa de extrusão.

**[0013]** Estes e outros objetos da invenção serão imediatamente valorizados pelos versados na arte e pelas empresas com interesses no segmento, e serão descritos em detalhes suficientes para sua reprodução na descrição a seguir.

#### **Breve Descrição das Figuras**

**[0014]** São apresentadas as seguintes figuras:

**[0015]** A figura 1 mostra um gráfico de um teste DSC realizado em uma cápsula de café.

**[0016]** As figuras 2A e 2B mostram imagens de uma amostra de cápsula moída e extusada.

**[0017]** As figuras 3A e 3B mostram imagens de diferentes amostras após uma etapa de prensagem.

**[0018]** A Figura 4A e 4B mostras imagens de diferentes amostras após uma etapa de injeção.

**[0019]** A figura 5 mostra um gráfico dos resultados obtidos por um ensaio de impacto realizado em diferentes amostras.

### **Descrição Detalhada da Invenção**

**[0020]** As descrições que se seguem são apresentadas a título de exemplo e não limitativas ao escopo da invenção e farão compreender de forma mais clara o objeto do presente pedido de patente.

**[0021]** A parte externa das cápsulas plásticas é composta de polipropileno (PP), polietileno de baixa densidade (PEBD) e Nylon 11, conforme os termogramas obtidos por Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) apresentados na Figura 1. Por meio das curvas de DSC se verificou que o copo das cápsulas de café (ambos os tipos), apresentam três picos de temperatura de fusão (Tf), o que nos leva a concluir que o copo é composto por pelo menos três polímeros. Desta forma a partir das temperaturas dos picos no termograma verificou-se que os polímeros presentes na estrutura do copo, assim como seu grau de cristalinidade são de PEBD (pico 1), PP (pico 2) e Nylon 11 (pico 3).

**[0022]** Após a moagem parte do material, foi extrusado. O material moído foi separado em três grupos (A, B, C), no qual se variou as condições de processamento (temperatura e velocidade da rosca). Primeiramente as amostras foram processadas com temperaturas de 170 °C, 190 °C e 220 °C, nas zonas 1, 2 e 3, respectivamente e velocidade da rosca de 45 rpm (grupo A). Em um segundo teste (grupo B) utilizou-se as mesmas temperaturas,

porém a velocidade foi alterada para 60 rpm. E por último (grupo C) a temperatura da zona 2 foi modificada para 210 °C e a velocidade da rosca foi alterada para 65 rpm.

**[0023]** Após o processamento, verificou-se que o grupo C apresentou as melhores condições de processamento, resultando em uma amostra com características semelhantes à de um espaguete, porém frágil (Figura 2A), devido à presença do alumínio, que representa 11% da composição total de cada cápsula de café da Nespresso® Dolce Gusto®, além da presença de orifícios em seu interior (Figura 2B). Após a extrusão, os espaguetes resultantes foram moídos em um moinho SEIBT PS50 com frequência de 4 Hz.

**[0024]** Também foram realizados testes em amostras realizando um processo com etapas de moagem, extrusão e prensagem por compressão térmica. No processo de prensagem por compressão térmica foi utilizada uma prensa, e diferentes parâmetros de prensagem. O material moído foi prensado para a produção de placas (12 x 3 mm). A prensagem por compressão térmica foi dividido em dois grupos, um utilizando o material extrusado (grupo A), e o outro utilizando o material apenas moído (grupo B). Foram utilizados parâmetros e quantidades de materiais semelhantes para os dois grupos, a fim de determinar qual teria as melhores propriedades finais. Para obter uma placa homogênea e com uma superfície lisa se realizou vários testes a fim de determinar quais os melhores parâmetros de processamento para a produção das placas.

**[0025]** Foram realizadas várias tentativas até se obter a temperatura, pressão e quantidade de material ideal para processar as placas, tanto no grupo A quanto no grupo B. Na Figura 3A se observa a placa prensada utilizando parâmetros do grupo A (Amostra 1), com temperatura de processamento de 190 °C, pressão de 7,5 ton e aproximadamente 60 g de material, com 5 min de contato e 5 min de prensagem, sendo possível identificar os pellets utilizados para o processamento da placa, no qual se observou que o material não fundiu completamente na parte superior da placa.

Este comportamento foi observado em todas as variações de temperatura e pressão utilizado, ou seja, o material não fundiu completamente a temperatura de 190 °C, desta forma a temperatura foi elevada para 210°C e manteve-se a pressão a 7,5 ton. Com essas modificações na temperatura de processamento, foi possível obter uma placa mais homogênea, onde a matriz polimérica (PP) foi completamente fundido de maneira uniforme.

**[0026]** Nos testes em que foi realizado etapas de injeção, o material que foi processado por injeção foi separado em dois grupos, no primeiro grupo foi utilizado o material apenas moído (Grupo A) e no segundo grupo (grupo B) foi utilizado o material moído seguido de extrusão (Tabela 1). No processamento por injeção foi utilizado uma Mini-injetora de bancada tipo pistão (Haake MiniJet II) e dois parâmetros diferentes de processamento, conforme apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1.** Parâmetros de injeção:

		Temp. do cilindro (°C)	Temp. do molde (°C)	Tempo de residência (min)	Pressão de injeção (bar)	Pressão de recalque (bar)
<b>Grupo A</b>	<b>A 1</b>	230	60	4	500	350
	<b>A 2</b>	210	60	4	600	350
<b>Grupo B</b>	<b>A 1</b>	230	60	4	500	350
	<b>A 2</b>	210	60	4	600	350

**[0027]** A Figura 4 apresenta os corpos de prova obtidos após o processamento por injeção das amostras do Grupo A e B. Na Figura 4A se observa a superfície do corpo de prova com diferentes tonalidades, indicando que a utilização da amostra apenas moída seguida do processamento de injeção não permitiu a homogeneidade da coloração das cápsulas de café. Ao final do processamento por injeção, observou-se que a Amostra 1 do grupo B, moída, extrusado e seguida do processamento por injeção apresentou os melhores parâmetros de processamento, conforma apresentado na Figura 4B.

**[0028]** Utilizou-se o método de Arquimedes para determinar a densidade das amostras processadas. A partir do teste de densidade se percebeu que as

amostras injetadas tem uma densidade superior as amostras que foram prensadas. Observou-se que as amostras que foram extrusadas têm uma densidade um pouco menor do que as amostras que foram apenas moídas, sendo essa diferença mais perceptível nas amostras injetadas.

**[0029]** Os resultados do teste de resistência ao impacto (Figura 5) se observa que os corpos de prova injetados (moídos e extrusados seguidos do processamento por injeção) apresentaram maior resistência quando comparados com os corpos de prova prensados (moído e extrusados seguido da prensagem por compressão térmica), pois nos corpos de prova injetados percebe-se que há uma grande diferença entre o material que foi extrusado e o que foi apenas moído. Uma vez que 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. 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.

**[0030]** Sendo assim verificou-se que o processamento prévio por extrusão do material seguido do processamento por injeção promoveu uma melhor mistura e estabilidade em relação ao desempenho mecânico, pois apresentou peças mais resistentes ao impacto em relação às demais amostras processadas de forma distinta (moagem/prensagem; moagem/extrusão/prensagem e moagem/injeção). Desta forma, dependendo do tipo de aplicação a que forem destinados estes materiais reciclados provenientes das cápsulas plásticas de café da Nescafé Dolce® Gusto®, é possível reutilizar este resíduo como matéria prima para novas aplicações, e assim poderão contribuir na preservação do meio ambiente, pela diminuição do volume de resíduo plástico.



**[0031]** Em um primeiro objeto, a presente invenção apresenta um processo de reciclagem de cápsulas compreendendo ao menos um material polimérico e alumínio que compreende as etapas de:

- a. preparação das cápsulas;
- b. moagem das cápsulas; e
- c. injeção das cápsulas moídas.

**[0032]** A etapa de preparação das cápsulas envolve a lavagem das mesmas para a retirada dos resíduos que permanecem em seu interior após o uso. Em uma concretização, as cápsulas são lavadas em água corrente.

**[0033]** Em uma concretização, a etapa de injeção é realizada com temperatura de cilindro de 200 a 240 °C, compreendendo um molde com temperatura de 50 a 70 °C, tempo de residência de 3 a 5 minutos, pressão de injeção de 400 a 650 bar e pressão de recalque de 300 a 400 bar.

**[0034]** Em uma concretização preferencial, a etapa de injeção é realizada com temperatura de cilindro de 230 °C, compreendendo um molde com temperatura de 60°C, tempo de residência de 4 minutos, pressão de injeção de 500 bar e pressão de recalque de 350 bar.

**[0035]** Em uma concretização foram injetados corpos de prova nas dimensões 6,0 x 1,3 x 0,3 cm.

**[0036]** Em uma concretização, o processo compreende uma etapa de extrusão das cápsulas moídas anterior à etapa de injeção. Em uma concretização preferencial, a etapa de extrusão compreende três zonas de temperatura, sendo respectivamente, 170 °C, 210 °C e 220 °C e a rotação da rosca é 40 a 70 rpm.

**[0037]** Em uma concretização preferencial, o processo compreende uma etapa de extrusão das cápsulas moídas anterior à etapa de injeção. Em uma concretização preferencial, a etapa de extrusão compreende três zonas de temperatura, sendo respectivamente, 170 °C, 210 °C e 220 °C e a rotação da rosca é 65 rpm.

**[0038]** Em uma concretização, a extrusora utilizada é uma extrusora de rosca simples com relação L/D de 22 e diâmetro da rosca de 18 mm.

**[0039]** Os versados na arte valorizarão os conhecimentos aqui apresentados e poderão reproduzir a invenção nas modalidades apresentadas e em outras variantes, abrangidas no escopo das reivindicações anexas.

### **Reivindicações**

1. Processo de reciclagem de cápsulas compreendendo ao menos um material polimérico e alumínio **caracterizado** pelo fato de compreender as etapas de:
  - a. preparação das capsulas;
  - b. moagem das cápsulas; e
  - c. injeção das cápsulas moídas.
2. Processo de acordo com a reivindicação 1 **caracterizado** pelo fato de compreender uma etapa de extrusão das cápsulas moídas anterior a etapa de injeção.
3. Processo de acordo com a reivindicação 2 **caracterizado** pelo fato da etapa de extrusão compreender três zonas de temperatura, sendo respectivamente 170 °C, 210 °C e 220 °C com rotação da rosca de 40 a 70 rpm.
4. Processo de acordo com a reivindicação 1 **caracterizado** pelo fato da etapa de injeção em ser realizada com temperatura de cilindro de 200 a 240 °C, com um molde a 50 a 70 °C, tempo de residência de 3 a 5 minutos, pressão de injeção de 400 a 650 bar e pressão de recalque de 300 a 400 bar.
5. Processo de acordo com a reivindicação 1 **caracterizado** por utilizar uma extrusora monorosca com relação L/D de 22 e diâmetro da rosca de 18 mm.

## FIGURAS

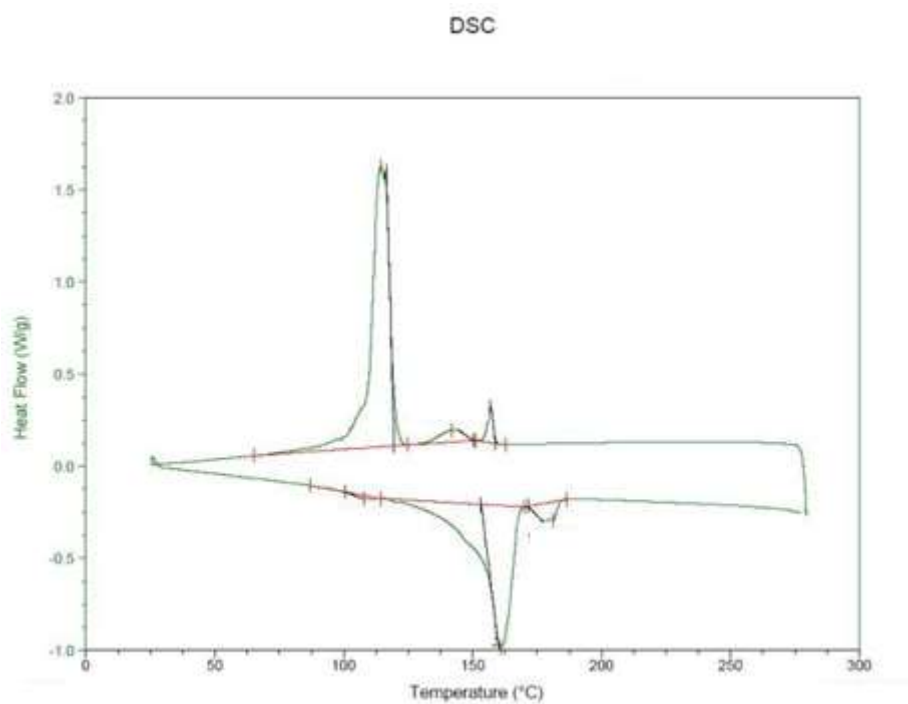


Figura 1

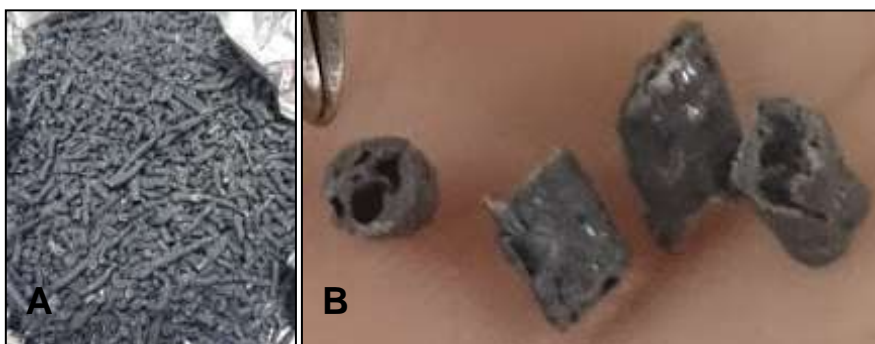


Figura 2A

Figura 2B

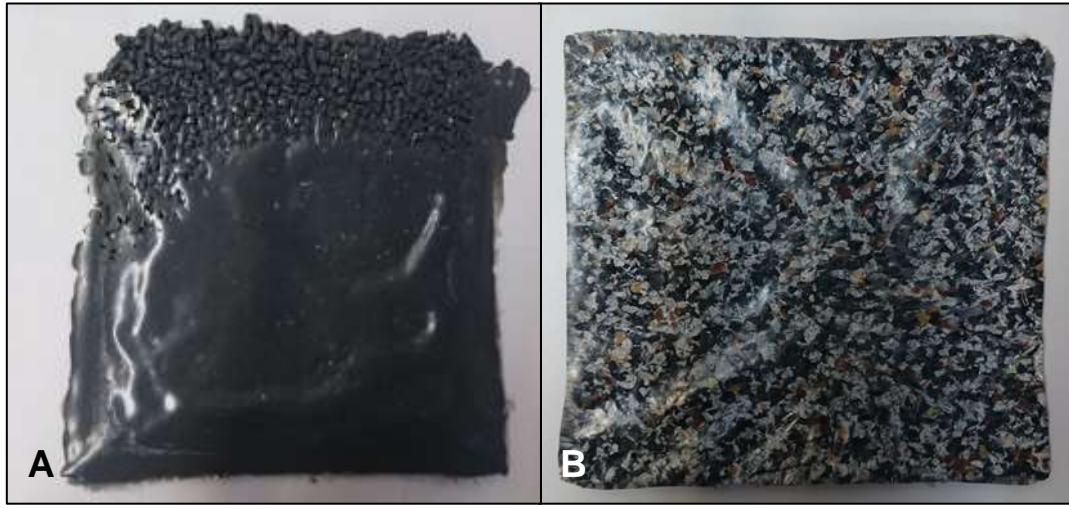


Figura 3A

Figura 3B

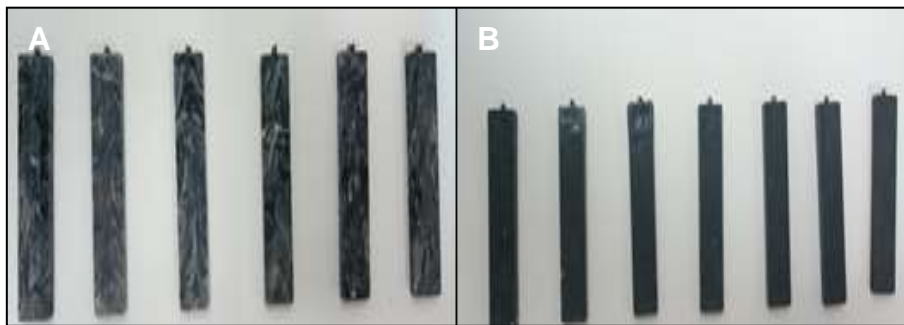


Figura 4A

Figura 4B

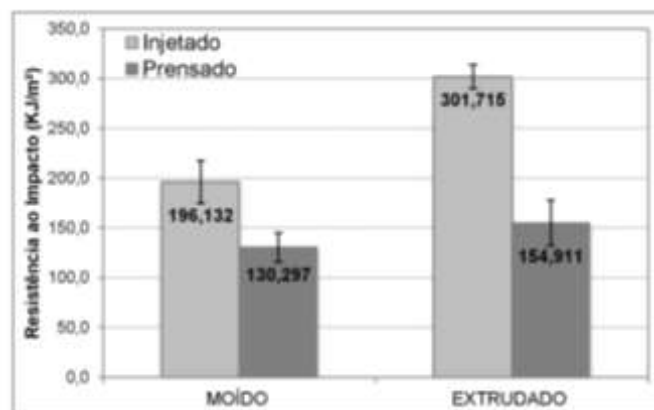


Figura 5

**Resumo****PROCESSO DE RECICLAGEM DE CÁPSULAS**

A presente invenção descreve um processo de reciclagem de cápsulas compreendendo ao menos um material polimérico e alumínio. Especificamente, a presente invenção compreende um processo de reciclagem que compreende etapas de moagem e injeção, além de, em uma concretização, apresentar uma etapas de extrusão anterior à injeção, sendo que o dito processo apresenta parâmetros que seu produto final não apresenta perdas significativas em suas propriedades mecânicas. A presente invenção se situa nos campos da engenharia química e de materiais, voltadas à reciclagem de materiais.