

AVALIAÇÃO DO POLIPROPILENO APÓS O PROCESSO DE RECICLAGEM*

Luana Cristyne da Cruz Demosthenes¹

Lucio Fabio Cassiano Nascimento²

Michelle Souza Oliveira³

Fabio da Costa Garcia Filho⁴

Sérgio Neves Monteiro⁵

Leandro Alberto da Cruz Demosthenes⁶

Resumo

O objetivo do presente trabalho foi buscar uma alternativa para mitigar os impactos ambientais causados pelos resíduos poliméricos oriundos de copos descartáveis na universidade. Além disso, verificou-se a influência da reciclagem de polipropileno (PP) nas propriedades mecânicas, físicas e químicas desse polímero, a fim de avaliar a qualidade e a viabilidade dessa reciclagem. Portanto, os copos de PP passaram por um processo de limpeza, trituração e injeção até chegarem em um padrão de esferas de diâmetro de 5mm. Após esse processo as amostras foram produzidas nos teores de 0, 60, 70, 85 e 100% de PP reciclado e, com o intuito de retardar a degradação, foi adicionado um antioxidante. As densidades calculadas na presente pesquisa estão de acordo com o citado pela literatura, com os parâmetros variando de $0,85 < \rho < 0,95 \text{ g / cm}^3$. As propriedades mecânicas, como módulo de elasticidade, atingiram resistência de 3000 MPa. Como resultado do ensaio de DSC mostrou que os pontos de fusão e cristalização sofreram alguma alteração tanto para os materiais de PP puro quanto para o PP reciclado. Quanto ao ensaio de DRX notou-se que os picos mantem um padrão tanto para o PP puro quanto para o PP reciclado.

Palavras-chave: Polipropileno, Reciclado, impactos ambientais, propriedades.

EVALUATION OF POLYPROPYLENE AFTER THE RECYCLING PROCESS

Abstract

The objective of the present work was to find an alternative to mitigate the environmental impacts caused by the polymer residues coming from disposable cups at the university. Furthermore, the influence of the recycling of polypropylene (PP) on the mechanical, physical and chemical properties of this polymer was verified in order to evaluate the quality and viability of this recycling. Therefore, the PP cups underwent a cleaning, grinding and injection process until they reach a 5mm diameter ball pattern. After this process the samples were produced at the levels of 0, 60, 70, 85 and 100% recycled PP and, in order to delay the degradation, an antioxidant was added. The densities calculated in the present research are in agreement with that quoted in the literature, with the parameters varying from $0.85 < \rho < 0.95 \text{ g/cm}^3$. The mechanical properties, such as modulus of elasticity, reached resistance of 3000 MPa. As a result of the DSC assay showed that the melting and crystallization points underwent some change both for the pure PP materials and for the recycled PP. As for the XRD assay it was noted that the peaks maintains a pattern for both the pure PP and the recycled PP.

Keywords: Polypropylene, recycled, environmental impacts, properties.

- ¹ *Engenheira Civil, Bacharel, Mestranda em Ciência dos Materiais, Seção de Engenharia Mecânica e de Materiais, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. eng.luanademosthenes@gmail.com*
- ² *Engenheiro Metalurgista, D.C, Professor Titular, Seção de Engenharia Mecânica e de Materiais, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.*
- ³ *Engenheira Civil, Mestrando em Ciência dos Materiais, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro/RJ, Brasil.*
- ⁴ *Engenheiro de Materiais, Mestrando em Ciência dos Materiais, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro/RJ, Brasil.*
- ⁵ *Engenheiro Metalurgista, Ph.D, Professor Titular, Seção de Engenharia Mecânica e de Materiais, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil*
- ⁶ *Administrador, Pós graduando em Gestão Pública, Universidade Federal do Amazonas, Manaus/AM, Brasil..*

1. INTRODUÇÃO

Os rejeitos de materiais poliméricos pós-consumo têm sido motivo de grande preocupação tanto ambiental quanto para as políticas de gerenciamento dos resíduos nas cidades. Os polímeros apresentam uma grande produção devido ao baixo custo e fácil acesso para a população. Estes estão presentes nas nossas vidas, são usados em diversos produtos como eletrodomésticos, embalagens, construção civil, medicina, eletrônica, automóveis e entre outras [1]. De acordo com o IBGE, no ano de 2017 a produção de embalagens plásticas foi a que obteve o maior número, correspondendo a 38,85% [2]. Após o uso, estes produtos são descartados, vindo a integrar uma parcela do que se conhece como lixo.

Esses materiais quando não são reciclados, acabam sendo depositados de forma irregular no meio ambiente, como por exemplo, aterros sanitários, rios e mares. Esse ano, no Dia do Meio Ambiente, a Organização das Nações Unidas apresentou uma campanha para alertar a população sobre o número da produção e o consumo excessivo de produtos plásticos descartáveis. Em que se não houver medidas para mitigar o uso desses materiais em 2050 haverá mais resíduos que peixes nos oceanos [3].

Os dados estatísticos indicam que durante 65 anos foram produzidos 8,3 bilhões de toneladas de plásticos e que apenas 9% desse valor foi reciclado [4]. Uma das possibilidades para melhorar esse quadro é investir em cooperativas que atuam com reciclagem desses resíduos.

A reciclagem é a forma mais apropriada em termos ambientais de gerenciamento dos rejeitos poliméricos que teriam como destino um aterro sanitário. Esta reutilização permite que o material seja transformado e tenha outra finalidade no mercado. Portanto, aumenta a sua vida útil, reduz o uso de energia para a sua produção e de matéria-prima. A reciclagem de resíduos poliméricos ajuda a conservar recursos naturais, uma vez que a maioria dos materiais poliméricos é feita de petróleo e gás [5].

Os polímeros são constituídos por longas cadeias orgânicas formadas pela união de monômeros que se repetem inúmeras vezes [6]. O polipropileno (PP) é um homopolímero obtido a partir do propileno Figura 1. É conhecido por uma interessante variedade de propriedades mecânicas, tais como: a baixa densidade, a boa rigidez, o limite elástico aceitável e a alta resistência ao envelhecimento [7]. Eles são amplamente utilizados em aplicações diárias e na substituição de numerosos metais em peças automotivas, a fim de alcançar peso e economia de custo, por exemplo [1].

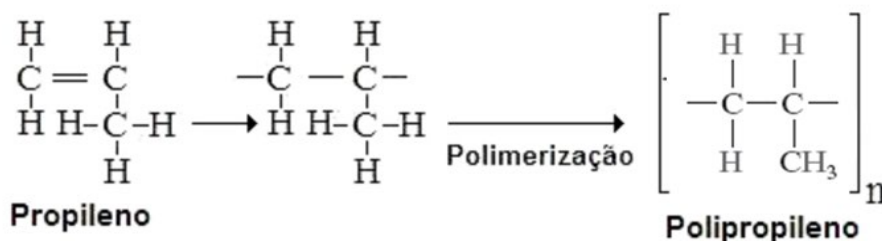


Figura 1. Estrutura do polipropileno.

Este trabalho teve como objetivo de buscar um destino adequado para os resíduos produzidos na universidade e verificar a influência da reciclagem de PP nas

propriedades mecânicas, físicas e químicas desse polímero, a fim de avaliar a qualidade e a viabilidade dessa reciclagem.

2.MATERIAIS E MÉTODOS

As matérias-primas utilizadas nesta pesquisa foram baseadas em resíduos de PP e foram coletadas no lixo da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). O material passou por um processo de limpeza e etapas adicionais da metodologia utilizada para reciclagem estão ilustradas na Figura 2.

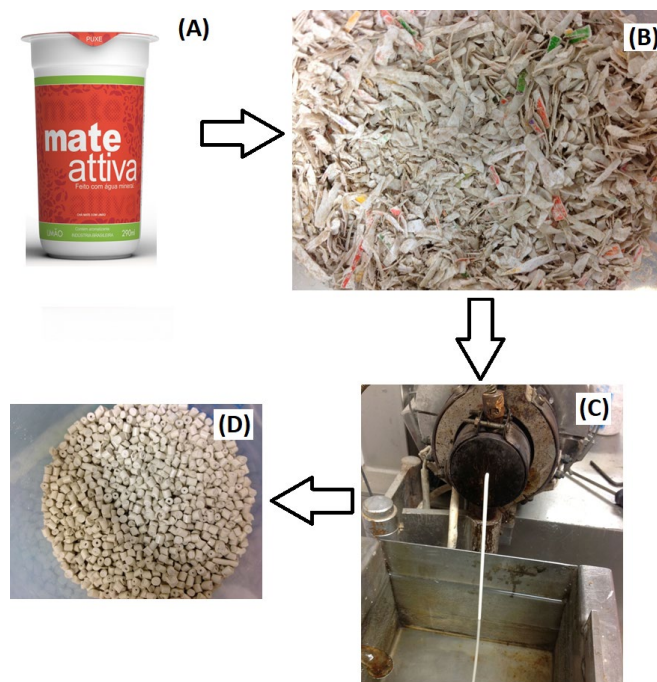


Figura 2. Sequência de reciclagem do PP (a) matéria-prima, (b) aspecto geral após usinagem de facas, (c) injetora e ciclo de injeção e (d) pérolas produzidas de PP reciclado.

Foi adicionada a mistura do PP um antioxidante, CIBA, porque o PP é muito suscetível à degradação e por ficar exposto a condições ambientais, como luz e calor, acarretam na diminuição de suas propriedades [8]. Com o intuito de retardar a degradação são misturados ao PP aditivos genericamente chamados de estabilizadores. Um dos estabilizadores mais comumente utilizados são os antioxidantes. Os antioxidantes podem ser definidos como compostos que interferem, retardando ou inibindo, o processo de oxidação [9].

As amostras foram configuradas nos teores descritos na Tabela 1 e como a densidade relativa da amostra.

Tabela 1. Composição das amostras e densidade relativa.

Amostra	PP Puro / PP Reciclado (% relação)	Densidade Relativa (g/cm ³)
0R	100% / 0%	0.87
60R	40% / 60%	0.90
70R	30% / 70%	0.90
85R	15% / 85%	0.91

3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pode-se observar, a partir dos dados da Tabela 1, que a densidade relativa medida está de acordo com aqueles relatados na literatura, $0,85 < \rho < 0,95 \text{ g / cm}^3$ [6, 10].

A análise de DRX, Figura 3, revela que todos os três picos principais estão presentes em ambas as condições em cerca de 14° , $16,8^\circ$ e $21,7^\circ$. Embora tenha sido possível verificar uma diminuição considerável na intensidade desses picos. A Figura 4, apresenta os dados obtidos na análise térmica do DSC e mostrou que os pontos de fusão e cristalização sofreram alguma alteração, nos reciclados PP 175°C e 124°C , enquanto nos PP puro 177°C e 113°C . Tais diferenças podem estar associadas à diminuição do peso molecular da PP induzida pelo reprocessamento, e também, a mistura do material virgem e pós-consumidor pode levar a uma separação de fases e, conseqüentemente, uma diminuição nas propriedades do material. Além disso, a resistência pode ter aumentado devido à adição do antioxidante que como dito anteriormente age como um retardante da degradação.

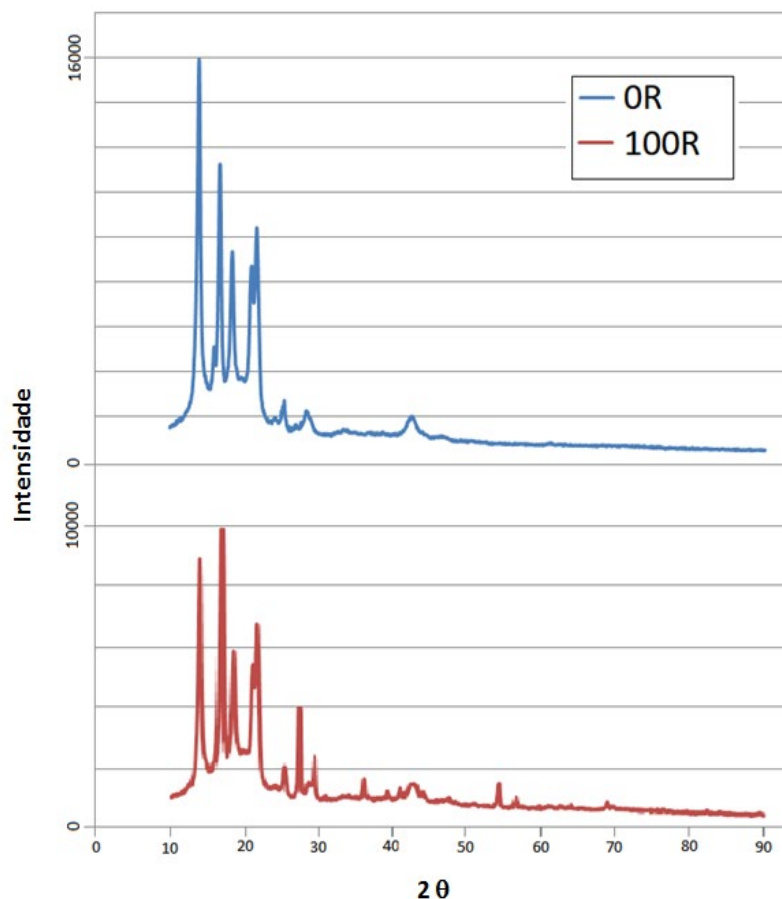


Figura 3. Análise de DRX das amostras: PP reciclado (100R) e PP puro (OR).

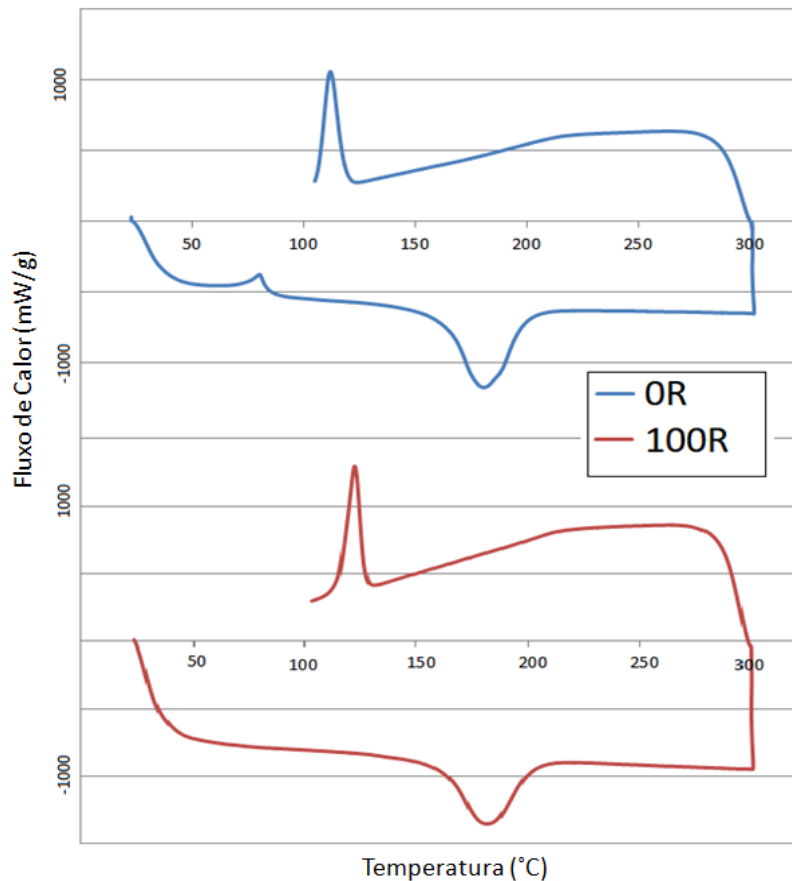


Figura 4. Análise térmica DSC das amostras: PP reciclado (100R) e PP puro (0R).

O dados obtidos no ensaio de resistência à tração revelaram que propriedades elásticas, como tensão de escoamento, como ilustra a Figura 5, e Módulo de Elasticidade, como ilustra a Figura 6, tiveram um leve aumento. Tais fatores poderiam ocorrer devido ao número de reprocessamentos, ou seja, o número de ciclos de injeção e devido à maior cristalinidade do PP. Além disso, após o processamento resultou em redução do peso influenciando diretamente no alongamento dos corpos e na fratura das amostras.

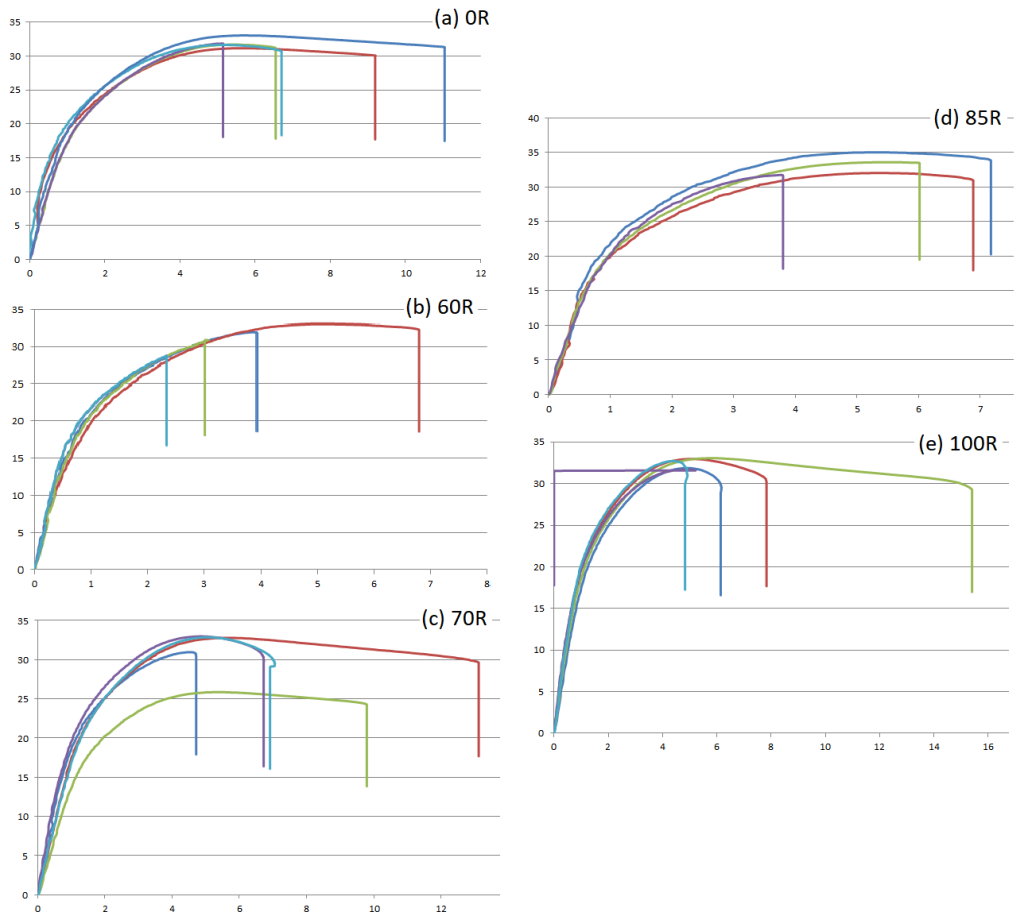


Figura 5. Ensaio de tração para todas as condições estudadas.

A exceção é a condição 70R, onde os resultados encontrados diferem significativamente de outras amostras. Isso pode estar, provavelmente, associado a algum problema no processamento dessas amostras, como por exemplo, a presença de impurezas.

Módulo de Elasticidade (MPa)

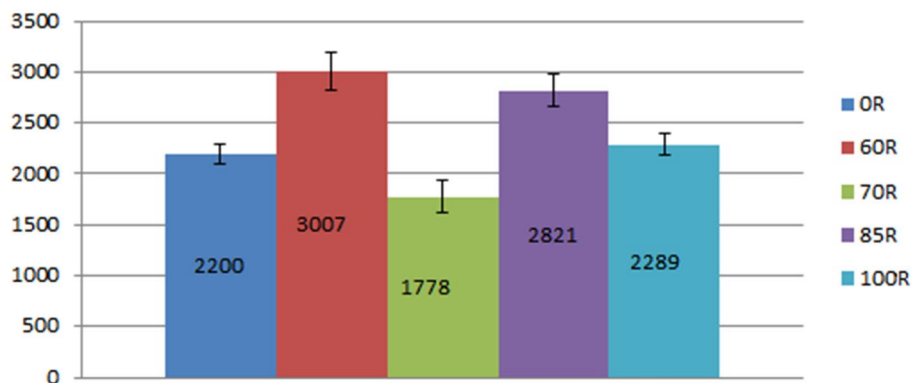


Figura 6. Microestrutura da condição de solubilização 2 e presença de fase δ nos limites de grão. 1000X

Os módulos de elasticidade para as condições de 0R e 100R apresentaram resultados significativamente iguais, como mostrados na Figura 6, em que a diferença entre elas é de 89MPa.

4. CONCLUSÃO

Analisando do ponto de vista ambiental, esta é uma destinação adequada para esse resíduo, pois foi possível reciclar PP sem alterar as propriedades dos materiais.

Uma possível justificativa para a diferença associada às análises de DRX e DSC pode ser devido a uma redução no peso molecular induzida pelo reprocessamento.

Nenhuma diferença significativa foi observada nas propriedades mecânicas medidas, a única diferença notável ocorreu na amostra 70R e pode estar relacionada a algum erro de processamento.

Em suma, o teor que apresentou melhor resultado para as propriedades mecânicas foi o com 60% de PP reciclado.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro oriundos das agências brasileiras: CNPq, FAPERJ e CAPES.

REFERÊNCIAS

- 1 Amélia S. F. e Santos, Fernando H. de O. Freire, Brenno L. N. da Costa. Sacolas Plásticas: Destinações Sustentáveis e Alternativas de Substituição. Polímeros vol. 22 n. 3, 2012.
- 2 Associação Brasileira de Embalagem. Dados de mercado sobre a produção de embalagens [acesso em 26 jun 2018]. Disponível em: <http://www.abre.org.br/setor/dados-de-mercado/dados-de-mercado/>
- 3 Reportagem do site das Nações Unidas sobre o dia do Meio Ambiente [acesso em 26 jun 2018]. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/no-dia-do-meio-ambiente-onu-promove-atividades-para-combater-a-poluicao-plastica/>
- 4 Reportagem Correio Brasiliense, Plástico: mundo produziu 8,3 bi de toneladas em 65 anos e reciclou só 9%. Escrita por Vilhena Soares em 22 de junho de 2017. [acesso em 26 jun. 2018]. Disponível em: https://www.correiobrasiliense.com.br/app/noticia/ciencia-e-saude/2017/07/22/interna_ciencia_saude,611649/plastico-mundo-produziu-8-3-bi-de-toneladas-em-65-anos-e-reciclou-so.shtml
- 5 Smyth, D. P.; Fredeen, A L.; Booth, A L. Reducing solid waste in higher education: The first step towards 'greening' a university campus. Resources, Conservation and Recycling , v. 54, p. 1007-1016, 2010.
- 6 Callister WD and Rethwish DG. Materials Science and Engineering – An Introduction. 8th edition, John Wiley & Sons, New York, NY, 2012.
- 7 Mitchell, J. et al. Recycling disposable cups into paper plastic composites. Waste Management , v. 34, p. 2113-2119, 2014.
- 8 Oliveira RJB, Forrester AMS, Marques MFV. In-Reactor Stabilization of Poly(propylene) with Natural Antioxidants. Macromol. Symp. 299/300, 215–219, 2011.
- 9 Demori, R. Comportamento de expansão do polipropileno com adição de agentes de nucleação micrométrico e nanométrico. Tese de doutorado

- apresentada no Instituto de Química para o Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Materiais na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2015.
- 10 ZHANG, Ning. et al. Factors affecting water resistance of alginate/gellan blend films on paper cups for hot drinks. *Carbohydrate Polymers* , v. 156, p. 435-442, Jan. 2017.