

ÁREA TEMÁTICA:

INFLUÊNCIA DE INCORPORAÇÃO DE TAMPAS DE COMPONENTE INTERNO DA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA NAS PROPRIEDADES TÉRMICAS DE COMPOSTOS PARA PARA-CHOQUE

Cecília Pelisoli Gafforelli (cilapg@hotmail.com), Ruth Marlene Campomanes Santana (ruth.santana@ufrgs.br)

Universidade Federal do rio Grande do Sul (UFRGS)

RESUMO

Com o passar dos anos, exigências em segurança e eficiência energética forçaram a indústria automobilista a buscar inovações e soluções tecnológicas para cumprir com regulamentações. Indústrias podem buscar em seus próprios processos soluções para que seus resíduos sejam reintegrados ao ciclo de produção, para fabricação de novos componentes, gerando economia de recursos e agregando valor ambiental. Nesse sentido, o presente estudo tem por objetivo avaliar a influência da incorporação de resíduo de polipropileno (PP) gerado na indústria automotiva nas propriedades térmicas da matéria-prima utilizada na injeção de para-choques (polipropileno com monômero de etileno-propileno-dieno (PP/EPDM)). Foi realizada a injeção de corpos de prova de compostos de PP/EPDM/carga com dois diferentes teores de material reciclado (0 e 30%) em suas composições, para serem submetidos ao ensaio de HDT. Também foram realizados ensaios de DSC e TGA dos resíduos de PP, do composto virgem para para-choque (PP/EPDM) e da amostra com 30% de resíduo na composição para análise comparativa. Os resultados dos ensaios demonstraram que a adição do resíduo de polipropileno ao composto PP/EPDM/carga tornou o material mais suscetível à temperatura, quando submetido a esforço mecânico; aumentou sua temperatura inicial de decomposição e sua perda de massa, diminuindo seu teor de cinzas, por ter a quantidade de talco em sua composição reduzida; a entalpia de fusão do material foi elevada e sua temperatura de fusão apresentou valor igual ao das tampinhas de PP, mostrando a influência da cristalinidade do resíduo no material final.

Palavras-chave: Para-choque; PP/EPDM; Reciclagem primária.

INFLUENCE OF INCORPORATION OF AUTOMOTIVE INDUSTRY INTERNAL COMPONENT CAPS ON THE THERMAL PROPERTIES OF COMPOUNDS FOR CAR BUMPERS

ABSTRACT

Over the years, automotive safety and energy efficiency have forced the auto industry to seek innovations and technological solutions to comply with regulations. Industries can seek solutions in their unique processes for waste that are reintegrated into the production cycle, for the manufacture of new components, generating resource savings and adding environmental value. In this sense, the present study aims to evaluate the influence of the incorporation of the polypropylene (PP) residue produced in the automotive industry on the thermal conditions of the raw material used by the injection of car bumpers (polypropylene with ethylene-propylene-diene monomer (PP / EPDM)). It was performed the injection of PP / EPDM / load compounds with two different contents of recycled material (0 and 30%) in their compositions, to be used in the HDT test. DSC and TGA tests of PP residues, virgin bumper compounds (PP / EPDM) and samples with 30% residues in the composition were also performed for comparative analysis. The results of the tests showed that the addition of the polypropylene residue to the PP / EPDM / load compound made the material more susceptible to temperature when subjected to mechanical stress; it increased its initial temperature of decomposition and its loss of mass, decreasing its ash content, for having a reduced amount of talc

in its composition; the melting enthalpy of the material was increased and its melting temperature was equal to PP caps, showing the influence of the crystallinity of the residue on the final material.

Keywords: Bumper; PP/EPDM; Primary recycling.

1. INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos, exigências em segurança e eficiência energética forçaram a indústria automobilista a buscar inovações e soluções tecnológicas para cumprir com regulamentações.

Matérias primas metálicas foram largamente substituídas pelas poliméricas em componentes veiculares como painéis de instrumentos, molduras de portas, grades de radiadores, componentes de motores e para-choques. A participação de material plástico na massa total dos veículos aumentou de 75 kg para 450 kg (INÁCIO, 2017). No caso dos para-choques, essa transição de matéria prima foi acompanhada de ressignificação da sua utilização nos veículos, deixando de ser um adereço e tornando-se um elemento de segurança.

Figura 1. Da esquerda para direita: para-choque feito de metal que foi substituído ao longo dos anos por para-choque feito de polímero.



Para-choques possuem a função de reduzir e prevenir os danos físicos que podem ser causados por colisões à baixa velocidade às partes traseira e dianteira dos carros de passeio, através da absorção de energia do choque sofrido (NHTSA, 2019).

Até 1959, acreditava-se que estruturas rígidas eram as mais seguras para serem utilizadas em veículos. Após, constatou-se que esse tipo de estrutura não permitia sua deformação e nem a consequente absorção de energia da colisão, para impedir que atingisse os ocupantes (AMERICAN CHEMISTRY COUNCIL, 2019). Tal constatação permitiu que novos materiais fossem estudados para aplicações automobilísticas de absorção de impacto, mais especialmente, os polímeros.

Além das boas propriedades de absorção de impacto, outros fatores influenciaram a maior utilização dos polímeros na produção de veículos, como economias em custo, combustível, montagem e peso. Os materiais poliméricos representam um uso bem mais nobre do petróleo do que simplesmente queimá-lo como combustível. Porém, seus impactos ao ambiente estão atrelados ao esgotamento de matéria prima não renovável e ao acúmulo de resíduos com processo difícil de degradação. A ação de reciclar busca contribuir com a redução desses impactos (ZANIN, 2009).

De acordo com o panorama mundial divulgado pela *World Wide Fund for Nature* (WWF) em 2019, o Brasil é o quarto maior gerador de lixo plástico no mundo, mas recicla apenas 1,28% do que gera, sendo que, países como Alemanha chegam a reciclar quase 38% de seus resíduos plásticos.

Por causa de seu elevado consumo, o polipropileno faz-se presente no ranking das resinas mais descartadas após consumo. Como resultado disso, grandes quantidades de resíduos são descartadas em aterros sanitários causando impacto ambiental, pois em curto prazo, o PP apresenta dificuldade de degradação por micro-organismos presentes no lixo. Assim, estudos sobre

reciclagem dessa resina contribuem para aumentar a possibilidade de sua reutilização e minimizar os efeitos negativos de seu descarte no meio ambiente (PEREIRA, 2012).

A economia circular sugere que o ciclo de vida do material plástico mude do modelo linear de produção e consumo, que consiste basicamente em produzir a matéria prima, fabricar o produto plástico, comercializar, consumir e descartar, para o modelo circular, que inclui etapas como: remanufaturar, reutilizar e reciclar. Estas etapas permitem que o material se mantenha por mais tempo no ciclo de produção e consumo, até que seja extraído o máximo de seu valor.

As indústrias podem buscar em seus próprios processos soluções para que seus resíduos sejam reintegrados ao ciclo de produção, para fabricação de novos componentes, gerando economia de recursos e agregando valor ambiental.

Assim, o objetivo deste trabalho é avaliar a influência da adição de resíduo de polipropileno, gerado pela indústria automotiva, ao composto utilizado no processo de injeção de para-choques quanto às suas propriedades térmicas.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é avaliar a influência da adição de resíduo de polipropileno, gerado pela indústria automotiva, ao composto utilizado no processo de injeção de para-choques quanto às suas propriedades térmicas.

3. METODOLOGIA

Os materiais utilizados foram:

- Composto de polipropileno/EPDM com 12% de talco comercializado pela empresa CPE, sob o nome INSPIRE*TF1806 Z CZ206*M. Esse material é o utilizado como matéria prima para injeção de para-choques e serviu como base para as formulações.
- Tampas de polipropileno descartadas de componentes internos que são usados durante a montagem de veículos em uma montadora localizada na região da grande Porto Alegre, figura 2.

Figura 2. Peça automotiva (à esquerda) e tampas de polipropileno (à direita).



A metodologia foi constituída por três etapas. Na primeira delas, foi feita a coleta das tampas, lavagem, secagem e cominuição. Na segunda etapa foram criadas as formulações, para injeção dos corpos de prova.

Na terceira etapa, os corpos de prova foram submetidos aos ensaios de caracterização termomecânica (HDT) e térmicos (TGA e DSC).

3.1 Formulação dos corpos de prova

As formulações foram feitas utilizando três diferentes porcentagens de resíduo de polipropileno (PPr) oriundo das tampas descartadas, 0% (amostra A), 30% (amostra B) e 100% (tampas moídas, amostra C), como mostra a tabela 1. A porcentagem máxima utilizada de material reciclado foi de 30%, pois, de acordo com Fernandes (2007), teores maiores do que esse não apresentaram resultados adequados de propriedades mecânicas que permitiam sua utilização em para-choques.

Tabela 1. Formulações das amostras em porcentagens mássicas.

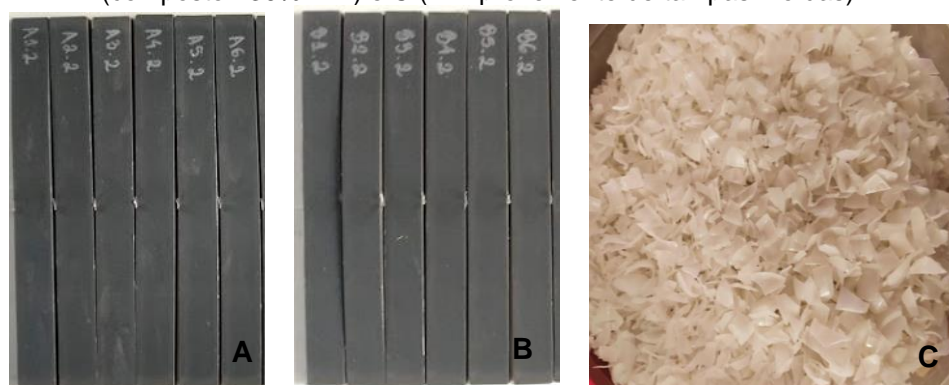
AMOSTRA	PP/EPDM/talco (%)	PPr (%)
A	100	0
B	70	30
C	0	100

3.2 Injeção dos corpos de prova

Os corpos de prova foram injetados no Núcleo de Sustentabilidade da UFRGS, em uma injetora BONMAQ, modelo APTA 80. Os parâmetros do processo de injeção utilizados foram os mesmos para todos os corpos de prova, onde temperatura do molde foi de 20°C, com temperaturas de zonas de aquecimento de 150°C/150°C/170°C/180°C, pressão de injeção de 30 bar, pressão de recalque de 15 bar e tempo de resfriamento de 15 segundos.

Na figura 3 são mostrados os corpos de prova dos grupos de amostras A e B moldados por injeção e a amostra C (tampas moídas).

Figura 3. Da esquerda para direita estão os grupos de corpos de prova para ensaios: A (composto), B (composto +30% PPr) e C (PPr proveniente de tampas moídas).



3.3 Caracterização dos corpos de prova

Os ensaios de caracterização realizados foram térmicos e termomecânicos: temperatura de deflexão (HDT), termogravimetria (TGA) e calorimetria diferencial exploratória (DSC). Na sequência estão descritos todos os testes citados:

3.3.1 Temperatura de Deflexão (HDT)

A temperatura de deflexão térmica (HDT) foi obtida através de ensaio no SENAI – Centro Tecnológico de Polímeros, baseado na norma ISO 75, método A, com taxa de aquecimento de 2°C/min e tensão de 1,80 MPa, equipamento CEAST HDT VICAT Serial 18774.

A partir dessa temperatura, o escoamento viscoso é mais pronunciado no polímero. Quanto mais alto for seu valor, maior será a resistência do material à deformação pelo calor (MANO, 1991). Essa informação auxilia no estudo da utilização do material em aplicações que exigem temperaturas severas. Apenas material com teores de 0% e 30% de PP reciclado foram submetidos ao teste.

3.3.2 Termogravimetria (TGA)

A técnica de termogravimetria fornece, através do aquecimento da substância em estudo a uma taxa controlada em um ambiente apropriado, a análise composicional do material, pela perda de massa em faixas específicas de temperatura (ASTM, 2014).

As análises foram realizadas pelo LAPOL, em um equipamento TGA Q50 V20.13 Build 39, em atmosfera de nitrogênio com fluxo de 90 mL/min, taxa de aquecimento de 20°C/min com faixa de temperatura de 0 - 940°C.

O composto virgem A (PP/EPDM/talco), o material com teor de 30% de PP reciclado (B) e as tampinhas moídas (C) foram submetidos ao teste.

3.3.3 Calorimetria Diferencial Exploratória (DSC)

As análises foram realizadas pelo LAPOL, no equipamento TA Instruments -DSC Q20 V24.11 Build 124. As amostras passaram por um ciclo de aquecimento em atmosfera de nitrogênio com fluxo de 50 mL/min, taxa de 10°C/min com faixa de temperatura de 25 - 230°C.

Através da calorimetria diferencial exploratória pode-se obter o índice de cristalinidade, temperatura de fusão, entalpia de fusão e temperatura de início de cristalização dos polímeros.

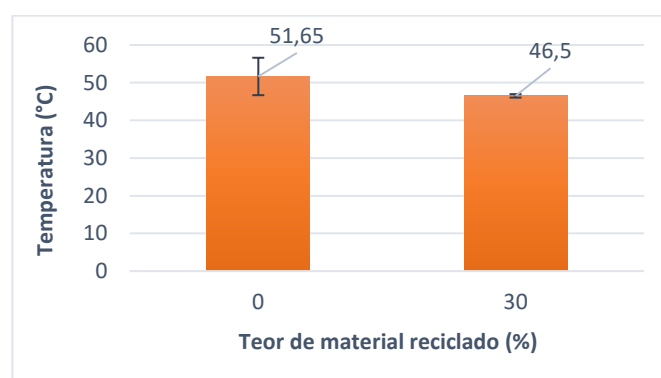
O composto virgem A (PP/EPDM/talco), o material com teor de 30% de PP reciclado (B) e as tampinhas moídas (C) foram submetidos ao teste.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Temperatura de Deflexão (HDT)

Na figura 4 são mostrados os resultados de HDT das amostras avaliadas.

Figura 4. Médias das temperaturas de deflexão térmica das amostras com teores de 0% e 30% de PPr.



De acordo com os resultados obtidos, o material com teor de 30% de polipropileno reciclado defletiu em temperaturas menores do que o material virgem, sendo mais suscetível à temperatura, quando submetido a esforço mecânico. A redução foi de 10%, para o material com teor de 30% PPr, quando comparado ao material com 0% PPr. É possível que a diminuição no teor de talco da composição tenha resultado nessa queda da temperatura, pois de acordo com Zweifel (2009) a temperatura HDT é influenciada pelo teor de talco presente na estrutura dos polímeros.

4.2 Análise Termogravimétrica (TGA)

As análises de termogravimetria foram realizadas em amostras das tampinhas de PP, do PP/EPDM virgem e do PP/EPDM com 30% de PP reciclado, oriundo das tampinhas.

Através dos resultados exibidos na tabela 2 e figura 5 é possível observar que houve degradação completa das tampinhas em temperatura inicial de decomposição de 373°C, com temperatura de 5% de perda de massa de 423°C, indicando sua composição sem indícios de cargas inorgânicas ou aditivos orgânicos.

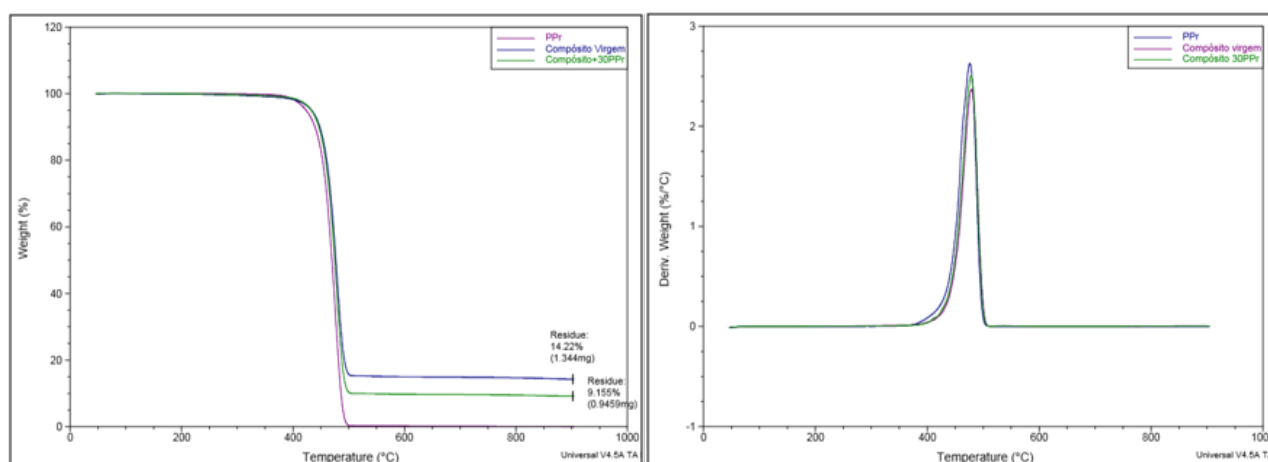
Tabela 2. Resultados da análise de termogravimetria (TGA) das tampinhas de PP, do composto virgem e do composto com 30% de PP reciclado. Curvas TGA à esquerda e curvas DTG à direita.

Amostra	TGA			DTG
	T _{início} (°C)	Perda de massa (%)	T _{início 5% m/m} (°C)	T _{pico} (°C)
Tampinha	373	100	423	476
PP/EPDM virgem	386	86	433	479
PP/EPDM 30% PPr	395	91	433	478

O material virgem também apresentou decomposição inicial de 86% de perda de massa em temperatura inicial de 386°C, e com temperatura de 433°C em 5% de perda de massa correspondente ao PP e EPDM. A decomposição foi finalizada em 500°C e a porcentagem de cinzas se manteve constante em 14% até o final do ensaio, representando o teor de talco presente na composição do material.

Já o composto com 30% de PP reciclado apresentou decomposição inicial em 395°C, com temperatura de 433°C em 5% de perda de massa, e perda de massa de 91%, por ter em sua composição mais polipropileno adicionado oriundo das tampinhas, que não continha talco e nenhum outro componente inorgânico. Em 500°C, a decomposição foi finalizada, assim como no material virgem, porém, apenas 9% de cinzas se mantiveram constantes até o final do ensaio, porque a quantidade de talco foi reduzida na composição, quando o PP reciclado foi adicionado.

Figura 5. Resultados da análise de termogravimetria (TGA) das tampinhas de PP, do composto virgem e do composto com 30% de PP reciclado. Curvas TGA (esquerda) e curvas DTG (direita).



4.3 Análise de Calorimetria Diferencial Exploratória (DSC)

A análise de calorimetria diferencial exploratória foi realizada em amostras das tampinhas de PP, do composto virgem e do composto com 30% de PP reciclado, oriundo das tampinhas.

Através dos resultados exibidos na figura 6 e tabela 3 é possível observar que a entalpia de fusão da tampinha é maior do que a do material virgem, indicando que sua cristalinidade é maior. Como resultado da incorporação de 30% de tampinhas no material virgem, a entalpia de fusão da mistura foi mais elevada do que a dos materiais separados, mostrando a influência da cristalinidade do resíduo de polipropileno na composição do material final. Como consequência, a temperatura de fusão da mistura apresentou valor igual ao do resíduo, menor do que a do material virgem.

Figura 6. Curvas de DSC das tampinhas de PP, do composto virgem e do composto com 30% de PP reciclado.

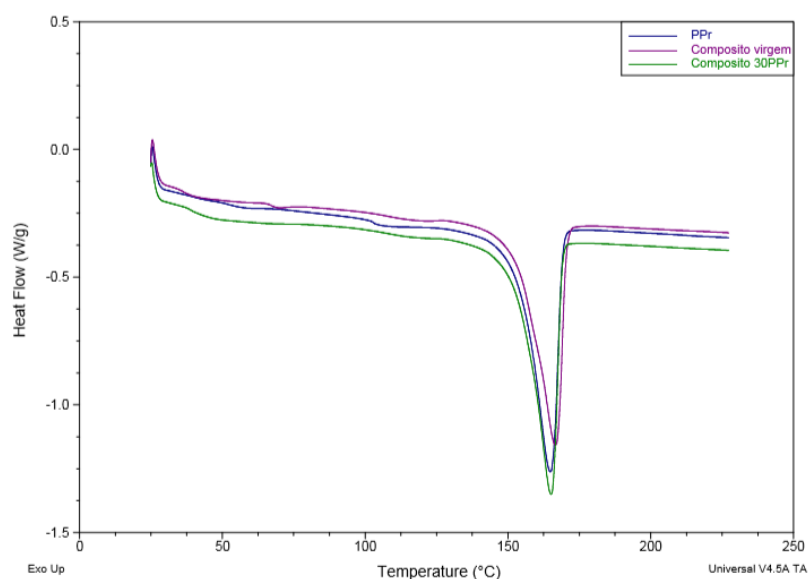


Tabela 3. Entalpia e temperatura de fusão obtidas das curvas de DSC.

Amostra	$\Delta H_{\text{fusão}} \text{ (J/g)}$	$T_{\text{fusão}} \text{ (}^{\circ}\text{C)}$
Tampinha	63,3	165
PP/EPDM virgem	59,82	167
PP/EPDM 30% PPr	64,60	165

Os estudos de Silva (2018) também apresentaram valores de entalpia de fusão maiores com a adição de PP reciclado ao PP copolímero heterofásico, mostrando a influência da cristalinidade do polipropileno reciclado na mistura com o material virgem. Ele atribuiu o aumento da cristalinidade à possível massa molar menor do PP reciclado quando comparado à resina virgem, que causou a redução da viscosidade, favorecendo o aumento do grau de cristalinidade da mistura.

5. CONCLUSÃO

Os resultados mais significativos extraídos do presente estudo demonstraram que o material com teores de 10% e 30% de polipropileno reciclado defletiu em temperaturas menores do que o material virgem, sendo mais suscetível à temperatura, quando submetido a esforço mecânico, no ensaio de HDT. É possível que a diminuição no teor de talco da composição tenha resultado nessa queda da temperatura, pois a temperatura HDT é influenciada pelo teor de talco presente na estrutura dos polímeros.

As análises de termogravimetria mostraram que houve degradação completa das tampinhas, indicando sua composição sem indícios de cargas inorgânicas ou aditivos orgânicos. O material virgem apresentou decomposição inicial correspondente ao PP e EPDM; até o final do ensaio, a porcentagem de cinzas se manteve constante em 14%, representando o teor de talco presente na

composição do material. Já o PP/EPDM com 30% de PP reciclado apresentou perda de massa de 91%, por ter em sua composição mais polipropileno adicionado oriundo das tampinhas, que não continha talco e nenhum outro componente inorgânico. Apenas 9% de cinzas se mantiveram constantes até o final do ensaio, porque a quantidade de talco foi reduzida na composição, quando o PP reciclado foi adicionado.

Os resultados das análises de calorimetria diferencial exploratória mostraram que a entalpia de fusão da tampinha é maior do que a do material virgem, indicando que sua cristalinidade é maior. Como resultado da incorporação de 30% de tampinhas no material virgem, a entalpia de fusão da mistura foi mais elevada do que a dos materiais separados, mostrando a influência da cristalinidade do resíduo de polipropileno na composição do material final. Como consequência, a temperatura de fusão da mistura apresentou valor igual ao do resíduo, menor do que a do material virgem.

Assim sendo, a adição do resíduo de polipropileno ao composto PP/EPDM/carga tornou o material mais suscetível à temperatura, quando submetido a esforço mecânico; aumentou sua temperatura inicial de decomposição e sua perda de massa, diminuindo seu teor de cinzas, por ter a quantidade de talco em sua composição reduzida; a entalpia de fusão do material foi elevada e sua temperatura de fusão apresentou valor igual ao das tampinhas de PP, mostrando a influência da cristalinidade do resíduo no material final.

1. REFERÊNCIAS

AMERICAN CHEMISTRY COUNCIL. Physics in the crumple zone demonstrate how less stiff materials, like plastic, can help prevent injury and save lives. Disponível em: https://www.automotiveplastics.com/wp-content/uploads/CrumpleZones_123010.pdf. Acesso em: 4 nov. 2019.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM E1131 - 08(2014): Standard Test Method for Compositional Analysis by Thermogravimetry. West Conshohocken, 2014. 6 p.

FERNANDES, B.L., et al. Caracterização Mecânica de Polipropileno Reciclado para a Indústria Automotiva. Polímeros. São Carlos, v. 17, n. 2, p. 85-87, jun./2007.

INÁCIO, A. L., et al. Recycled PP/EPDM/talc reinforced with bamboo fiber: Assessment of fiber and compatibilizer content on properties using factorial design. POLYMER TESTING, São Bernardo do Campo, v. 61, n. 1, p. 214-222, ago./2017.

MANO, E.B. POLÍMEROS COMO MATERIAIS DE ENGENHARIA. 1. ed. SÃO PAULO: EDGARD BLUCHER, 1991. p. 68-71.

NATIONAL HIGHWAY TRAFFIC SAFETY ADMINISTRATION - NHTSA. Bumper Q & A's. Disponível em: <https://one.nhtsa.gov/cars/problems/studies/bumper/index.html>. Acesso em: 18 out. 2019.

PEREIRA, N.C. Estudo da modificação de compostos de pp/epdm por radiação ultravioleta e radiação gama, utilizando como matérias-primas, polipropileno reciclado e resíduo de epdm coletados após processamento. Dissertação. São Paulo, jul./2012.

SILVA, W.A., et al. CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA E TERMOELÁSTICA DE BLENDS DE PP VIRGEM/PP RECICLADO COM DESTINO À FABRICAÇÃO DE PARA-CHOQUES. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. Foz do Iguaçu, 2018.

WWF - WORLD WIDE FUND FOR NATURE. Brasil é o 4º país do mundo que mais gera lixo plástico. 03/2019. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?70222/Brasil-e-o-4-pais-do-mundo-que-mais-gera-lixo-plastico>. Acesso em 18 de novembro de 2019.

ZANIN, M., et al. Resíduos Plásticos e Reciclagem – Aspectos gerais e tecnologia. 1ª ed. São Carlos: Edufscar, 2009.

ZWEIFEL, H., et al. PLASTICS ADDITIVES HANDBOOK. 6. ed. ALEMANHA: HANSER PUBLICATIONS, 2009. p. 944-946.