

## **Blendas de PEAD virgem e pós-consumo com diferentes teores de SBS processadas em extrusora dupla-rosca**

### **Virgin and post-consumer HDPE blends with different SBS contents processed in a twin-screw extruder**

DOI:10.34117/bjdv7n11-039

Recebimento dos originais: 12/10/2021

Aceitação para publicação: 04/11/2021

#### **Jonas Sousa da Rocha**

Graduado em Tecnologia de Polímeros

Fundação Centro Universitário Estadual da Zona Oeste - UEZO

Avenida Manuel Caldeiras de Alvarenga, 1203 - Campo Grande – RJ - RJ Brasil

E-mail: jonassousa79@yahoo.com

#### **Patricia Soares da Costa Pereira**

Doutora em Ciência e Tecnologia de Polímeros - Instituto de Macromoléculas Professora

Eloisa Mano - IMA - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Fundação Centro Universitário Estadual da Zona Oeste - UEZO

Avenida Manuel Caldeiras de Alvarenga, 1203 - Campo Grande – RJ - RJ Brasil

E-mail: patriciapereira@uezo.rj.gov.br / patyscp@gmail.com

#### **Daniele Cruz Bastos**

Doutora em Ciências em Engenharia Metalúrgica e de Materiais - Programa de Engenharia

Metalúrgica e de Materiais da Coppe - UFRJ

Fundação Centro Universitário Estadual da Zona Oeste - UEZO

Avenida Manuel Caldeiras de Alvarenga, 1203 - Campo Grande – RJ – RJ - Brasil

E-mail: danielebastos@uezo.rj.gov.br

#### **Elaine V Dias Gomes Líbano**

Doutora em Ciência e Tecnologia de Polímeros - Instituto de Macromoléculas Professora

Eloisa Mano - IMA - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Fundação Centro Universitário Estadual da Zona Oeste - UEZO

Avenida Manuel Caldeiras de Alvarenga, 1203 - Campo Grande – RJ - RJ Brasil

E-mail: elainelibano@uezo.rj.gov.br / elainevdg@yahoo.com.br

#### **RESUMO**

A vasta aplicação do polietileno de alta densidade (PEAD), principalmente no setor de embalagens, confere ao PEAD o lugar entre os plásticos mais produzidos e consumidos no mercado mundial. Devido ao grande descarte e geração de resíduos de PEAD, a importância da reciclagem cresce. A utilização do PEAD pós-consumo (PEADPC) em blendas é uma saída para a diminuição do descarte no meio ambiente. Neste trabalho foram preparadas blendas de PEADPC e copolímero de estireno-butadieno-estireno (SBS) em diferentes teores. Também foram preparadas blendas com o PEADv (PEAD virgem) a título apenas de comparação. O PEADPC foi coletado seletivamente e beneficiado através de lavagem, secagem e moagem do mesmo. O PEADv e o SBS foram utilizados como recebido. As blendas foram preparadas em extrusora dupla-rosca co-rotatória. Os teores de SBS variaram de 0 a 40% em massa. Os corpos

de prova foram obtidos por compressão e caracterizados por ensaios físico-mecânicos (ensaios de densidade, índice de fluidez - MFI, dureza Shore D) e morfológico. As blendas obtidas tanto com o polímero virgem quanto com o pós-consumo não apresentaram variações consideráveis nos valores de densidade e de dureza. Para as blendas com o PEADv foi observada uma diminuição do MFI com o aumento do teor de SBS. A presença do elastômero promove um aumento da viscosidade do material e conseqüentemente uma redução no índice de fluidez. Já para as misturas obtidas com o PEADPC foi verificado um aumento do índice de fluidez com o aumento do teor de elastômero nas blendas. A presença de plastificantes no polímero pós-consumo provavelmente facilita a fluidez das blendas. A análise de MEV da blenda PEADv/SBS20 demonstra que não ocorreu adesão entre as fases, porém apresentou uma maior dispersão do elastômero quando comparada com a blenda PEADPC/SBS20.

**Palavras-chave:** PEAD pós-consumo, blendas poliméricas, SBS.

## ABSTRACT

The wide application of high-density polyethylene (HDPE), especially in the packaging sector, gives the HDPE place among plastic more produced and consumed in the world market. Due to the large disposal and waste generation HDPE, the importance of recycling increases. The use of post-consumer HDPE (HDPEPC) in blends is a way to reduce the disposal of the environment. In this work, blends of HDPEPC and styrene-butadiene-styrene copolymer (SBS) were prepared in different contents. Blends with the HDPEv (virgin HDPE) were also prepared for comparison purposes only. The HDPEPC was collected selectively and benefited by washing, drying and milling the same. The HDPEv and the SBS were used as received. The blends were prepared in a co-rotating double-screw extruder. The contents of SBS varied from 0 to 40% by mass. The specimens were obtained by compression and characterized by physical-mechanical (density tests, MFI melt flow index, Shore D hardness) and morphological tests. The blends obtained with both virgin and post-consumer polymer did not show significant variations in density and hardness values. For blends with the HDPEv, a decrease in MFI was observed with increasing SBS content. The presence of the elastomer promotes an increase in the viscosity of the material and consequently a reduction in the melt flow index. For the blends obtained with the HDPEPC, an increase in the melt flow rate was observed with the increase of the elastomer content in the blends. The presence of plasticizers in the post-consumer polymer probably facilitates the fluidity of the blends. SEM analysis of HDPEv/SBS20 blends shows that there was no adhesion between the phases, but showed a greater dispersion of the elastomer when compared to the HDPEPC/SBS20 binder.

**Keywords:** post-consumer HDPE, polymer blends, SBS.

## 1 INTRODUÇÃO

Muitas pesquisas têm sido realizadas para o desenvolvimento de novos materiais, buscando atender uma demanda de mercado de produtos com propriedades diferenciadas em relação aos convencionais para aplicações cada vez mais específicas. Devido ao baixo custo e boa processabilidade, os polímeros têm tido espaço garantido no desenvolvimento de novos materiais para aplicações inovadoras (ABREU, 2004; SILVA, 2014; MACHADO et al., 2021).

Em nosso dia a dia os polímeros estão cada vez mais presentes e de maneira cada vez mais variada (garrafas, brinquedos, partes de automóveis, geladeiras, embalagens etc), devido

tais usos há uma grande ocorrência de desenvolvimento de pesquisas a fim de melhorar seus desempenhos. Anualmente, cerca de 400 milhões de toneladas de plástico são produzidas pelo mundo. Dentre elas, quase 160 vêm de embalagens de uso único, a exemplo de sacolas plásticas ou embalagens de determinados alimentos (BRITO, 2020).

O polietileno de alta densidade (PEAD) é um dos plásticos mais consumidos no mercado mundial principalmente devido a sua crescente utilização na área de embalagens. No Brasil, o PEAD está presente nas indústrias de higiene pessoal e limpeza doméstica, com 27% de participação. Na sequência vêm descartáveis, com 19% e agropecuária, com 8%, alimentos têm participação de apenas 4%. Sua baixa degradabilidade e o seu elevado volume fazem com que os rejeitos plásticos ocupem vastos espaços por tempo muito longo, diminuindo o tempo de vida útil dos aterros sanitários (ABBÈS, 2017; ZHANG, 2018; ISTRAT et al., 2021).

O estireno-butadieno-estireno (SBS) é um copolímero em bloco com características interessantes pela sua composição: parte termoplástico, parte elastômero. Diferente de outros elastômeros, o SBS pode ser processado com facilidade e não requer vulcanização (VERONESI, 2003). Por ser uma borracha resistente, o SBS é utilizado na fabricação de solas de sapatos entre outras aplicações onde a durabilidade seja um fator importante. Devido a composição e estrutura do SBS, ele também é muito empregado em misturas poliméricas como agente compatibilizante entre polímeros imiscíveis e como tenacificador de algumas misturas (SAKURAI et al., 1999).

Nos dias de hoje a proteção do meio ambiente tornou-se um sinal de qualidade de vida. A qualidade do meio ambiente passa, particularmente, pela recuperação dos produtos usados, sua reutilização e reciclagem, antes deles começarem a poluir o ambiente (LUNA et al., 2014; MARTINS et al., 2019). Os resíduos poliméricos pós-consumo causam inúmeros problemas ambientais quando não descartados corretamente, sendo então um grande desafio lidar com o lixo em grandes cidades. Com o consumo crescente de polímeros em diversos setores da indústria, estes problemas caminham para uma situação preocupante se não forem adotadas políticas eficientes de reciclagem destes materiais. A utilização de materiais reciclados apresenta como vantagens a redução de deposições irregulares e como consequência minimiza o descarte de rejeitos próximo das zonas urbanas. Além disso, o reaproveitamento destes rejeitos proporciona vantagens econômicas quando se trata de processos industriais, além de contribuir para a redução do impacto ambiental decorrente da disposição inadequada dos resíduos industriais e na preservação dos recursos naturais (CARMO et al., 2012; MATEUS et al., 2020; CECOM, 2021).

O objetivo deste trabalho foi preparar blendas de polietileno de alta densidade virgem (PEADV) e pós-consumo (PEADPC) com diferentes teores de copolímero de estireno-butadieno-estireno (SBS) e analisar suas propriedades físicas (densidade, e índice de fluidez), mecânicas (dureza) e morfológicas (microscopia eletrônica de varredura).

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 MATERIAIS

Os materiais utilizados para o desenvolvimento deste trabalho foram o polietileno de alta densidade virgem (PEADv) e o copolímero de estireno-butadieno-estireno (SBS) fornecidos pela empresa Kraton, além de resíduos de PEAD provenientes de embalagens pós-consumo (PEADPC).

### 2.2 BENEFICIAMENTO DOS MATERIAIS

Neste estudo o PEADv e o SBS foram utilizados como recebidos. O PEADPC foi beneficiado nas seguintes etapas: coleta e separação desse material, lavagem, secagem e, por fim, a moagem do resíduo.

O beneficiamento do PEADPC foi feito em um contexto de reciclagem manual, diretamente nas residências de forma a evitar contaminações com outros tipos de materiais descartados. A maior parte das embalagens utilizadas foram recipientes, que acondicionavam sabão líquido de diversas marcas e amaciante de roupas de variadas marcas e pigmentação.

As embalagens foram cortadas com a ajuda de uma tesoura, de forma a facilitar a retirada de alguns detritos do material que poderiam estar nas paredes do recipiente, com água corrente dentro de um tanque de aço. Após o material ter sido lavado ficou secando em contato com a luz solar sobre uma mesa de madeira durante quatro horas a uma temperatura em torno de 30°C a 35°C e posteriormente foram triturados no moinho de bancada do laboratório.

### 2.3 PREPARAÇÃO DAS BLENDAIS

Neste estudo foram preparadas blendas de PEAD virgem/SBS e PEAD pós-consumo/SBS nos teores de 0, 10, 20, 30 e 40% em massa de SBS (Tabela 1). As misturas foram processadas em extrusora dupla rosca co-rotatória (TeckTrill), L/D 40, com 10 zonas de temperatura mais a zona de temperatura do cabeçote, utilizando uma velocidade de rosca de 60 rpm. O perfil de temperatura utilizado nas respectivas zonas de aquecimento foi de: 115°C (zona 1), 135°C (zonas 2 e 3), 150°C (zona 4), 155°C (zona 5), 160°C (zona 6), 170°C (zonas 7 e 8), 175°C (zonas 9 e 10) e 180°C (cabeçote). As amostras foram obtidas na forma de filamentos

contínuos. O material foi então picotado em tamanho próximo ao grão de PEAD virgem original.

**Tabela 1:** Proporções e nomenclatura das amostras.

Amostras	PEAD <sub>v</sub> (% m/m)	PEAD <sub>pc</sub> (% m/m)	SBS (% m/m)
PEAD <sub>v</sub>	100	-	-
PEAD <sub>v</sub> /SBS10	90	-	10
PEAD <sub>v</sub> /SBS20	80	-	20
PEAD <sub>v</sub> /SBS30	70	-	30
PEAD <sub>v</sub> /SBS40	60	-	40
PEAD <sub>pc</sub>	-	100	-
PEAD <sub>pc</sub> /SBS10	-	90	10
PEAD <sub>pc</sub> /SBS20	-	80	20
PEAD <sub>pc</sub> /SBS30	-	70	30
PEAD <sub>pc</sub> /SBS40	-	60	40
SBS	-	-	100

## 2.4 OBTENÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Para a realização das análises de densidade, dureza Shore D, índice de fluidez (MFI) e MEV os corpos de prova foram obtidos na forma de placa, em prensa hidráulica com temperatura de 190°C, pressão de quatro toneladas durante 3 minutos.

## 2.5 CARACTERIZAÇÕES

### 2.5.1 Densidade

A caracterização da densidade das amostras foi realizada através do 30 densímetro (modelo DSL 910- GEHAKA) de acordo com a norma (ASTM D792-2008) em cinco corpos de prova de cada amostra.

### 2.5.2 Dureza

As amostras foram avaliadas no ensaio de dureza através do durômetro Shore D (Type GS 702) de acordo com a norma (ASTM D2240-2010). Cada amostra teve analisado cinco pontos distintos em seus corpos de prova.

### 2.5.3 Índice de Fluidez (MFI)

O MFI das amostras foi obtido através do equipamento medidor de índice de fluidez (CEAST- Quick Index). O ensaio foi realizado a uma temperatura de 230 °C com uma carga de 2,16 Kg, de acordo com a norma (ASTM D1238-2010), tendo sido coletados e posteriormente pesados em balança analítica (Marte AY220) cinco espécimes de cada amostra.

### 2.5.4 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

Foram obtidas imagens da superfície fraturada dos compósitos PEAD<sub>v</sub>/SBS20 e PEADPC/SBS20. Utilizou-se o microscópio Jeol (Modelo JSN 6490LV). As amostras foram previamente recobertas com ouro. Utilizou-se o detector de elétrons secundários (SEI) para obtenção de imagens superficiais, com voltagem de aceleração do feixe de 30 kV e aumentos de 4500 e 5500 vezes.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 são apresentados os resultados de densidade, dureza e índice de fluidez (MFI) dos polímeros puros (PEAD<sub>v</sub> e SBS) e das blendas estudadas neste trabalho.

A análise de densidade de todas as amostras se mostrou bem próxima sem grandes variações nos resultados. A densidade do PEAD<sub>v</sub> foi em torno de 0,874, porém não está em concordância com a literatura, onde a densidade do PEAD é entre 0,940 - 0,970 conforme (HERNANDES et al., 2000) esse fenômeno pode ter alguma relatividade ao tempo de vida e exposição dos pellets de PEAD<sub>v</sub> ao ambiente que estão expostos.

Tabela 2: Resultados de densidade, dureza e MFI das amostras puras e blendas com o PEAD virgem

Amostra	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	Dureza (Shore D)	MFI (g/10min)
PEAD <sub>v</sub>	0,874 ± 0,030	54,20 ± 0,740	9,180 ± 0,008
PEAD <sub>v</sub> /SBS10	0,879 ± 0,010	54,80 ± 0,740	6,636 ± 0,006
PEAD <sub>v</sub> /SBS20	0,881 ± 0,020	53,80 ± 1,160	6,235 ± 0,006
PEAD <sub>v</sub> /SBS30	0,874 ± 0,010	53,70 ± 1,490	5,282 ± 0,003
PEAD <sub>v</sub> /SBS40	0,865 ± 0,020	54,00 ± 0,630	5,032 ± 0,004
SBS	0,915 ± 0,030	28,80 ± 1,720	20,995 ± 2,800

O teste de dureza apresentou resultados com pouca diferença entre as blendas. Apesar do SBS ser um elastômero ele não promoveu, como esperado, a diminuição nos valores de dureza das misturas (SILVA et al., 2016).

Nos resultados de MFI foi observada uma diminuição da fluidez com o aumento do teor de SBS nas blendas. Esse fato é esperado, uma vez que a adição de SBS na matriz de PEAD

promove um aumento na viscosidade do material, reduzindo, portanto, o índice de fluidez (LUNA et al, 2015).

Os resultados de densidade, dureza e índice de fluidez (MFI) dos polímeros puros (PEADPC e SBS) e das blendas são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Resultados de densidade, dureza e MFI das amostras puras e blendas com o PEAD pós-consumo

<b>Amostras</b>	<b>Densidade (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Dureza (Shore D)</b>	<b>MFI (g/10min)</b>
PEAD <sub>pc</sub>	0,932±0,010	58,80±1,890	6,480±0,005
PEAD <sub>pc</sub> /SBS10	0,910±0,030	56,80±2,920	7,980±0,016
PEAD <sub>pc</sub> /SBS20	0,935±0,050	54,60±1,490	8,185±0,012
PEAD <sub>pc</sub> /SBS30	0,915±0,020	56,60±1,490	9,617±0,002
PEAD <sub>pc</sub> /SBS40	0,890±0,010	55,60±3,200	10,402±0,019
SBS	0,915±0,030	28,80±1,720	20,995±2,800

As blendas obtidas com o polímero pós-consumo assim como as obtidas com o polímero virgem também não apresentaram variações consideráveis nos valores de densidade e de dureza.

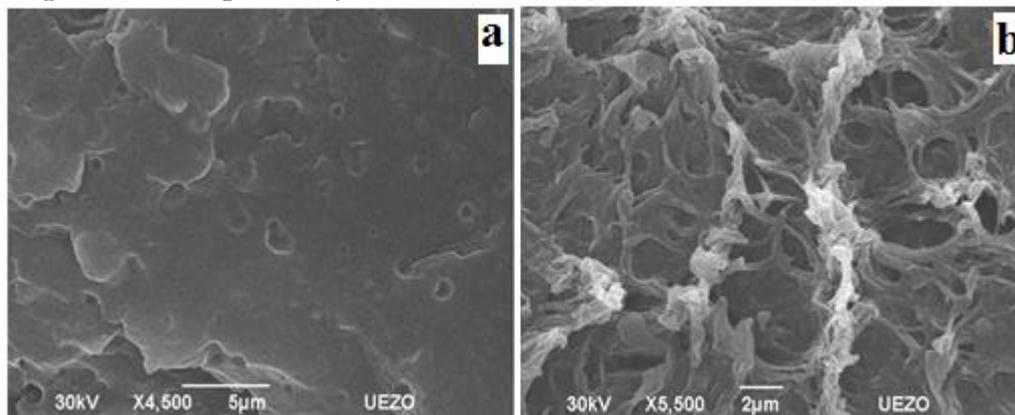
O SBS apresentou um valor de densidade próximo ao do PEADPC, não possuindo grande influência nessa propriedade do PEADPC quando misturados.

Para as misturas de PEADPC/SBS foi observado um aumento nos valores de fluidez com o aumento do teor de elastômero (SBS) na blenda. O PEADPC possui uma fluidez 29,4% menor do que o virgem, demonstrando que nesse caso os aditivos presentes no polímero pós-consumo atuam como plastificantes facilitando a fluidez das blendas, diminuindo a viscosidade.

Para as misturas de PEAD<sub>pc</sub>/SBS foi observado um aumento nos valores de fluidez com o aumento do teor de elastômero (SBS) na blenda. O PEAD<sub>pc</sub> possui uma fluidez 29,4% menor do que o virgem, demonstrando que nesse caso os aditivos presentes no polímero pós-consumo atuam como plastificantes facilitando a fluidez das blendas, diminuindo a viscosidade.

A Figura 1 exibe a imagem das análises de MEV realizada na superfície de fratura das amostras de PEAD<sub>v</sub>/SBS20 e PEAD<sub>pc</sub>/SBS20.

**Figura 1:** Morfologia obtida por MEV da amostra (a) PEAD<sub>v</sub>/SBS20 e (b) PEAD<sub>PC</sub>/SBS20.



Na amostra PEAD<sub>v</sub>/SBS20 (Figura 1a) os domínios esféricos da fase dispersa de SBS, com superfícies bem lisas, evidenciaram praticamente nenhuma adesão entre as fases (PEREZ et al., 2008). Contudo, quando comparada com o PEAD pós-consumo (Figura 1b), pode-se inferir que houve uma maior dispersão da borracha.

#### 4 CONCLUSÃO

- Os resultados de densidade das blendas preparadas com o polímero virgem e com o polímero pós-consumo se mostraram bem próximas sem grandes variações. O SBS mostrou um valor de densidade próximo ao do PEADPC, não possuindo grande influência nessa propriedade do PEADPC quando misturados.

- As blendas obtidas com o polímero pós-consumo assim como as obtidas com o polímero virgem também não apresentaram variações consideráveis nos valores de dureza.

- Foi observada uma diminuição do MFI para as blendas obtidas com o PEAD<sub>v</sub> com o aumento do teor de SBS. A presença do elastômero promove um aumento da viscosidade do material e conseqüentemente uma redução no índice de fluidez. Já para as misturas obtidas com o PEADPC foi verificado um aumento do índice de fluidez com o aumento do teor de elastômero nas blendas. A presença de plastificantes no polímero pós-consumo provavelmente facilita a fluidez das blendas, diminuindo a viscosidade.

- A análise de MEV da blenda PEAD<sub>v</sub>/SBS20 demonstra que não ocorreu adesão entre as fases, porém apresentou uma maior dispersão do elastômero quando comparada com a blenda PEADPC/SBS20.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (Faperj) e à Kraton.

## REFERÊNCIAS

ABBÈS, F.; TRAN, N. G.; ABBÈS, B.; GUO, Y.-Q. Modelling of the degradation of mechanical properties of high-density polyethylene based-packaging exposed to amyl acetate solution. *Polymer Testing*, v. 59, p. 449-461, 2017.

ABREU, F.O.M.S. Blendas de polipropileno com elastômeros termoplásticos tipo SBS e SEBS. Dissertação (Mestre em Engenharia de Minas, Metalurgia e de Materiais) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul. Orientador: Maria Madalena de Camargo Forte, 2004.

ASTM D792-13. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement. In: *Annual Book of ASTM*, 2013.

ASTM D2240-05. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Method for Rubber Property-Durometer Hardness. In: *Annual Book of ASTM*, 2010.

ASTM D1238-01. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Melt flow Rates of Thermoplastics by Extrusion Plastometer. In: *Annual Book of ASTM*, 2002.

BRITO, S. Estudo aponta que produção mundial de plástico aumentará 50% até 2025. 2020. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/ciencia/estudo-aponta-que-producao-mundial-de-plastico-aumentara-50-ate-2025/>. Acesso em: 25 out. 2021.

CARMO, D. S.; MAIA, N. S.; CÉSAR, C. G. Evaluation of the typology of construction waste selivered to processing plants in Belo Horizonte. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 17, n.2, p. 187- 192, 2012.

CECON, V. S.; SILVA, P. F.; VORST, K. L.; CURTZWILER, G. W. The effect of post-consumer recycled polyethylene (PCRPE) on the properties of polyethylene blends of different densities. *Polymer Degradation and Stability*, v. 190,109627, 2021.

HERNANDEZ, R. J.; SELKE, S. E. M.; CULTER, J. D. *Plastics packaging: properties, processing, applications, and regulations*. Munich: Hanser Gardner, 2000.

ISTRATE, I.-R.; JUAN, R.; MARTIN-GAMBOA, M.; DOMÍNGUEZ, C.; GARCÍA-MUÑOZ, R. A.; JAVIER, D. Environmental life cycle assessment of the incorporation of recycled high-density polyethylene to polyethylene pipe grade resins. *Journal of Cleaner Production*, v. 319, 128580, 2021.

LUNA, C. B. B.; SILVA, D. F.; ARAÚJO, E. M. Análise do comportamento termomecânico, térmico e mecânico de blendas de PA6/resíduos de borracha. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, v. 6, n. 1, p. 160- 169, 2014.

LUNA, C.B.B.; SILVA, D.F.; BASÍLIO, S.K.T.; ARAÚJO, E.M.; SILVA, A.L.; BEZERRA, A.F.C. Desenvolvimento de blendas poliméricas visando a tenacificação dos polímeros: uma revisão. *Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas*, v. 36, n. 1, p. 67-80, 2015.

MACHADO, A. B. F.; LIMA, A. M.; Bastos, D.C.; PEREIRA, P. S. C.; LIBANO, E. V. D. G. Avaliação estrutural e térmica de compósitos de polímero pós-consumo e argila nacional. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, p. 13935-13953, 2021.

MARTINS, S.; BARROS, M. M.; PEREIRA, P. S. C.; BASTOS, D. Use of manufacture residue of fluidized-bed catalyst-cracking catalysers as flame retardant in recycled high-density polyethylene. *Journal of Materials Research and Technology*. 8: 2386-2394, 2019.

MATEUS, D.N.; BASTOS, D.C.; LIBANO, E.V.D.G.; PEREIRA, P.S.C.P. Comportamento físico-mecânico, térmico, estrutural e morfológico em compósitos de polietileno de alta densidade pós-consumo e fibras curtas de sisal (PEADpc/FS) com e sem compatibilizante. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, p. 32725-32742, 2020.

SAKURAI, S.; AINDA, S.; NOMURA, S. Mechanical properties of polystyrene-block-polybutadiene-block-polystyrene triblock copolymers crosslinked in the disordered state, *Polymer*, v. 20, p. 2071-2076, 1999.

SILVA, D. F.; LUNA, C. B. B.; SILVA, G.; ARAÚJO, E. M.; MÉLO, T. J. A. Avaliação das Propriedades Mecânicas de Blendas de Poliestireno/Composto de Borracha Reciclada (SBRr). *Revista Eletrônica de Materiais e Processos*, v. 9, n. 2, p. 92–97, 2014.

SILVA, D.F.; LUNA, C.B.B.; ARAÚJO, E.M.; SILVA, A.L. Blendas poliméricas: Conceitos, obtenção e aplicações. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, v. 8, n. 1, 2016.

VERONESI, B.V. Desenvolvimento e avaliação de propriedades de misturas de poliestireno (PS) e copolímeros em bloco estireno-butadieno-estireno (SBS). 2003. 94p. Dissertação (Mestre em Ciência dos Materiais) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul. Orientadora: Maria Madalena de Camargo Forte, 2003.

ZHANG, J. P.; ZHANG, F. S. Recycling waste polyethylene film for amphoteric superabsorbent resin synthesis. *Chemical Engineering Journal*, v. 331, p. 169-176, 2018.