

## REPROCESSAMENTO DE RESÍDUOS PLÁSTICOS ORIUNDOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS

Flávia da Silva Müller Teixeira <sup>1</sup>

Augusto Cesar de Carvalho Peres <sup>2</sup>

Elen Beatriz Acordi Vasques Pacheco <sup>3</sup>

### Reaproveitamento, Reutilização e Tratamento de Resíduos

#### *Resumo*

A reciclagem é uma possibilidade de tratamento para os resíduos plásticos oriundos de equipamentos eletroeletrônicos. O copolímero acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS) e o poliestireno de alto impacto (HIPS) são comumente encontrados em resíduo de equipamento eletroeletrônico (REEE). O objetivo deste trabalho consistiu em reprocessar em até seis vezes o ABS e HIPS oriundo de equipamentos eletroeletrônicos a fim de avaliar os seus índices de fluidez e as suas propriedades térmicas por análise térmica de varredura e compará-los com os dos polímeros virgens reprocessados. O reprocessamento foi realizado por extrusão seguida de injeção, posteriormente foram realizadas as análises. Foi verificado que conforme aumentava o número de reprocessamento, aumentava a fluidez dos materiais poliméricos. Verificou-se um aumento de 15% e 12% para ABS e HIPS oriundos de REEE, respectivamente, após o sexto reprocessamento. Não houve variação nos valores da temperatura de transição vítrea para todos os ABS reprocessados, evidenciando que essa temperatura não é afetada com o aumento do número de reprocessamento. Contudo, houve um decréscimo de até 5°C após o reprocessamento para o HIPS, se assimilando ao valor da temperatura do HIPS virgem. Os resultados deste trabalho informam que, provavelmente, os polímeros reprocessados não tiveram alta diminuição de massa molar, mostrando um grande potencial de retorno ao ciclo produtivo.

Palavras-chave: ABS; HIPS; Reciclagem; Propriedades.

<sup>1</sup> Aluna de mestrado em Ciência e Tecnologia de Polímeros. Instituto de Macromoléculas Professora Eloisa Mano – Universidade Federal do Rio de Janeiro, [flavia.smt@ima.ufrj.br](mailto:flavia.smt@ima.ufrj.br).

<sup>2</sup> Dr. Engenheiro de Processamento do Petróleo Brasileiro SA Centro de Pesquisa, [augustoperes@petrobras.com.br](mailto:augustoperes@petrobras.com.br).

<sup>3</sup> Prof. Dra. do Instituto de Macromoléculas Professora Eloisa Mano – Universidade Federal do Rio de Janeiro, [elen@ima.ufrj.br](mailto:elen@ima.ufrj.br).

## INTRODUÇÃO

Diversos equipamentos eletroeletrônicos (EEE) que não possui mais utilidade são descartados diariamente. No entanto, nesses resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) é possível encontrar variados materiais, entre eles o copolímero acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS) e o poliestireno de alto impacto (HIPS). Através da reciclagem é possível reaproveitar esses materiais dando uma nova utilidade ou então reinserindo-os na mesma cadeia produtiva. Sendo importante verificar as propriedades dos resíduos plásticos reciclados após reprocessados.

O índice fluidez (*melt flow index* - MFI) é uma importante propriedade a fim de avaliar o controle de processamento de cada material polimérico. O MFI pode mostrar informações de possível decréscimo de massa molar em função do número de reprocessamento, importante resultado para materiais reciclados (HIRAYAMA & SARON, 2015). Outra propriedade importante é a Temperatura de Transição Vítreo (*Glass transition temperature* -  $T_g$ ) a fim de avaliar a temperatura da mudança do estado do material, isto é, do estado vítreo para o estado borrachoso. No estado vítreo o material apresenta uma resistência ao impacto menor que quanto está no estado borrachoso (GRASSI & FORTE, 2001), por exemplo. Também um importante resultado quando se busca a aplicação dos materiais reciclados.

Diante disso, o objetivo deste trabalho consiste em verificar o comportamento dos resíduos plásticos (ABS e HIPS) oriundos de REEE quanto ao seu índice de fluidez e a temperatura de Transição Vítreo em seis reprocessamentos, com extrusão seguido de injeção e comparar os resultados com as dos polímeros virgens, também reprocessados.

## METODOLOGIA

O ABS e o HIPS oriundos de REEE utilizados neste trabalho foram fornecidos por duas recicladoras localizadas no estado do Rio de Janeiro. O HIPS de REEE era composto por 76% em massa por grânulos de coloração preto, marfim e cinza, enquanto o ABS era composto por coloração preta. Os polímeros virgens utilizados neste trabalho foram o ABS

AF3560 da Tairilac® e HIPS 825 da Innova. Cada material oriundo de REEE e virgem foi reprocessado seis vezes, passando por processo de extrusão seguido de injeção. A extrusão foi realizada em uma extrusora dupla rosca, modelo Teck Tril DCT-20, sob as condições de temperaturas que variaram de 90°C à 210°C. O índice de fluidez dos materiais extrusados foi realizado através do Plastômetro de extrusão medidor de índice de fluidez (MFI) Dynisco LMI-4003 segundo a norma ASTM 1238 (2013) em uma temperatura de 200°C e a massa padrão de 5,0 kg, essa análise também foi realizada para os materiais não reprocessados. A injeção foi realizada em uma Injetora Arburg Allrounderv sob as condições de temperaturas que variaram de 160°C à 205°C. A identificação da temperatura de transição vítrea de cada material foi realizada em Calorímetro Diferencial de Varredura, sob uma taxa de aquecimento de 10°C/min a partir de 25°C até 250°C sob atmosfera de nitrogênio.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores do MFI de cada material polimérico não extrusado e extrusado 1, 3, 4 e 6 vezes são apresentados na Tabela 1. Nota-se que os valores de MFI para os polímeros virgens ABS e HIPS são distintos um do outro, assim como dos polímeros virgens dos polímeros oriundos de REEE. É importante ressaltar que todos os procedimentos para a realização de análise de MFI deste trabalho foram realizadas sob as mesmas condições de análises. A diferença de valores de MFI está relacionada com as propriedades, estrutura química, massa molar de cada polímero, visto que diferentemente do HIPS, o copolímero ABS além de ser composto por poliestireno e polibutadieno, possui em sua estrutura um grupo nitrila.

Percebe-se que conforme o número de reprocessamento aumenta, o valor do MFI aumenta. A cada reprocessamento, o material é submetido a temperatura e ao cisalhamento, que influencia nas propriedades. O aumento da fluidez é mais evidenciado no 6º reprocessamento para cada polímero, representando um aumento de fluidez de 11% para ABS virgem, 33% para o HIPS virgem, 15% para ABS de REEE e 12% para HIPS de REEE em comparação ao primeiro reprocessamento de cada polímero.

Tabela 1. Índice de fluidez de ABS e HIPS virgens e oriundos de resíduo de equipamento eletroeletrônico não reprocessado e reprocessado

Materiais Poliméricos Virgens					Resíduo Plástico de Equipamento Eletroeletrônico						
ABS			HIPS		ABS			HIPS			
Número de Reprocessamento	MFI (g/10min)	$\Delta_{MFI}$ (%)	MFI (g/10min)	$\Delta_{MFI}$ (%)	Número de Reprocessamento	MFI (g/10min)	$\Delta_{MFI}$ (%)	MFI (g/10min)	$\Delta_{MFI}$ (%)		
	0	6,6 ± 0,2	-	5,3 ± 0,2				-	0	Preto	2,6 ± 0,2
										Marfim	7,0 ± 0,2
										Cinza	7,0 ± 0,2
1	7,0 ± 0,2	11	5,3 ± 0,2	33	1	2,6 ± 0,2	15	7,3 ± 0,2		12	
3	7,4 ± 0,2		6,6 ± 0,2		3	2,7 ± 0,2		7,7 ± 0,2			
4	7,5 ± 0,2		6,2 ± 0,2		4	2,8 ± 0,2		7,8 ± 0,2			
6	7,8 ± 0,2		7,0 ± 0,2		6	3,0 ± 0,2		8,1 ± 0,2			

$\Delta_{MFI}$  (%) - aumento do valor de MFI em % em função do primeiro reprocessamento.

Os valores da  $T_g$  dos polímeros não reprocessados e reprocessados 1, 3, 4 e 6 vezes, é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Temperatura de transição vítrea de ABS e HIPS virgem e de resíduo de equipamento eletroeletrônico não reprocessado e reprocessado

Materiais Poliméricos Virgens				Resíduo Plástico de Equipamento Eletroeletrônico				
$T_g$ (°C)				$T_g$ (°C)				
Número de Reprocessamento	ABS		HIPS	Número de Reprocessamento	ABS		HIPS	
	0	104,4			94,9	0	Preto	103,3
							Marfim	
							Cinza	
1	104,0		95,3	1	103,0		93,1	
3	103,9		94,9	3	103,1		95,9	
4	104,4		95,4	4	103,1		94,8	
6	104,0		95,3	6	103,1		94,2	

Nota-se que para o ABS virgem e de REEE a  $T_g$  foi de 104°C e 103°C, respectivamente, evidenciando que a  $T_g$  desses materiais não é afetada pelo aumento de

reprocessamento. Enquanto que para o HIPS virgem a  $T_g$  foi em torno de 95°C e HIPS de REEE foi 98°C para o HIPS não reprocessado e 93°C para o HIPS reprocessado. Evidenciando-se assim uma diminuição de até 5°C da temperatura do HIPS de REEE após o reprocessamento, mostrando-se que depois de reprocessado a sua  $T_g$  se aproxima da  $T_g$  do material virgem.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, foi possível verificar que conforme o número de reprocessamento aumenta, a fluidez dos polímeros ABS e HIPS virgens e de REEE também aumenta, contudo em um percentual relativamente pequeno. É necessário um reprocessamento de 6 vezes para se ter um aumento de 12-15% no valor de MFI para o ABS e HIPS. Enquanto que as temperaturas de transição vítrea dos polímeros reprocessados não sofreram variações. No entanto, observa-se uma diminuição de temperatura para o HIPS de REEE não reprocessado para o reprocessado, se assimilando ao polímero virgem. Nota-se a importância de avaliar tais propriedades após cada reprocessamento para verificar quando é possível utilizar esses resíduos plásticos novamente. Entretanto, é necessário salientar a necessidade de realizar outras análises complementares para avaliar as propriedades mecânicas a fim de verificar o desempenho do reprocessamento de ABS e HIPS oriundos de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a agência de fomento CAPES pelo apoio à pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ASTM. (2013). ASTM D1238-13: Standard test method for melt flow rates of thermoplastics by extrusion plastometer. *ASTM Standards*.

GRASSI, V.G., FORTE, M. M. C. Aspectos Morfológicos e Relação Estrutura-Propriedades de Poliestireno de Alto Impacto Polímeros. **Ciência e Tecnologia**, vol. 11, n. 3, p. 158-168, 2001.

HIRAYAMA D., SARON C. Characterisation of recycled acrylonitrilebutadiene-styrene and high-impact polystyrene from waste computer equipment in Brazil. **Waste Management & Research**, v. 33, n. 6, p. 543-549, 2015.