

REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUO DE ESPUMA FLEXÍVEL EM MATRIZES TERMOPLÁSTICAS

Renata Caroline Mota Santos¹, Patrícia Schmid Calvão²

^{1,2} Departamento de Engenharia de Materiais, Centro Universitário FEI
renata_cms@hotmail.com; patycalvao@yahoo.com.br

Resumo: Neste trabalho estudou-se a incorporação de um resíduo industrial de espuma flexível de melamina (2,5, 5 e 10% em massa) em matrizes de polietileno de alta e baixa densidade (PEAD e PEBD, respectivamente). Corpos de prova foram confeccionados por extrusão e por injeção, em seguida ensaios mecânicos (tração e impacto), térmicos e de retardância de chama foram realizados. Os resultados mostraram que a espuma pode ser reciclada se incorporada em tais matrizes, desempenhando a função de carga rígida.

1. Introdução

A acentuada utilização de polímeros provoca preocupação com o meio ambiente devido ao longo tempo necessário para sua decomposição [1]. A fim de amenizar os impactos ambientais causados por resíduos poliméricos, a reciclagem é uma possível solução [2].

As espumas flexíveis de melamina são muito utilizadas na indústria aeroespacial, revestimentos acústicos e construção civil por suas propriedades atrativas: baixa densidade, alta resiliência, excelente resistência a chama, boa capacidade de absorver ruídos e flexibilidade, mesmo em baixas temperaturas [3]. Entretanto, sua produção gera muitas aparas que não são reutilizadas no processo por se tratar de polímeros termofixos e, assim, de difícil reciclagem.

Portanto, uma alternativa para a reutilização de tais resíduos é sua incorporação em matrizes termoplásticas. O presente trabalho tem o objetivo de estudar a incorporação da espuma flexível de melamina em dois termoplásticos amplamente utilizados no mercado, o PEAD e o PEBD [4].

2. Metodologia

Os materiais utilizados no projeto foram: espuma flexível de melamina doada pela empresa OWA Sonex, PEAD HC7260LS-L (Braskem) e PEBD PB208 (Braskem).

A espuma flexível de melamina foi inicialmente comprimida com auxílio da máquina universal de ensaios Losenhausenwerk e fragmentada utilizando um moinho de facas MA680 da marca Marconi. Em seguida a espuma foi misturada às matrizes de PEAD e de PEBD nas proporções de 2,5, 5 e 10% em massa, e essa mistura foi processada na extrusora dupla rosca co-rotacional Haake PolyLab OSPTW 6 (Thermo Scientific) com 100 rpm, 6% de alimentação e temperatura de 190°C em todas as zonas de aquecimento.

Posteriormente, corpos de prova de tração e de impacto foram confeccionados utilizando uma injetora HM 60/350 (Battenfeld) com pressão de injeção de 700 bar, velocidade de injeção de 10cm/s e temperatura do molde de 50°C com quinze segundos de resfriamento.

O ensaio de tração (ASTM D638) foi realizado na máquina universal de ensaios 5567 (Instron) em cinco corpos de prova de cada composição com velocidade de 50mm/min. O ensaio de impacto Izod (ASTM D256) foi realizado na máquina CEAST 9050 (Instron) com pêndulo de 1,0 J em quatro corpos de prova para cada composto, a -70°C (banho de etanol com gelo seco por aproximadamente 30min).

Os ensaios térmicos de DSC (calorimetria exploratória diferencial) e TGA (termogravimetria) foram realizados em todas as amostras em duplicatas. O DSC foi realizado no equipamento DSC Q20 (TA Instruments) com taxa de aquecimento de 10°C/min com início em aproximadamente 25°C até 180°C com atmosfera inerte. A cristalinidade dos compostos foi calculada conforme a equação 1.

$$\% \text{ Cristalinidade} = \frac{\Delta H}{x \cdot \Delta H^{\circ}} \cdot 100 \quad (1)$$

Em que: ΔH é a entalpia de fusão da amostra ensaiada; ΔH° corresponde a entalpia de fusão da matriz com 100% de cristalinidade e x é a fração volumétrica de polietileno no composto [5].

O TGA foi realizado no equipamento SDT600 (TA Instruments) com taxa de aquecimento de 10°C/min que da temperatura ambiente até 600°C com atmosfera oxidante (ar sintético).

O ensaio de retardância de chama foi baseado na ASTM D635 com chama azul de 20 mm proveniente de um maçarico com o gás composto por 6% propano, 60% nor-butano e 34% iso-butano. O ensaio foi feito em duplicatas para todas as composições estudadas e a taxa de queima foi calculada conforme equação 2.

$$V = 60 \cdot \frac{L}{t} \quad (2)$$

onde V é a taxa de queima, L é o comprimento da região queimada e t é o tempo de queima.

Os resultados foram analisados por análise de variância ANOVA (fator único) com 95% de confiança.

3. Resultados

Os resultados dos ensaios de tração e impacto são mostrados na tabela 1 e os resultados de DSC, TGA e resistência a chama na tabela 2.

A partir dos resultados mostrados na tabela 1, é possível observar que o PEAD tem aumento em 15% no módulo de elasticidade ao adicionar 10% em massa de espuma, valor significativo segundo a análise de variância. A tensão máxima não apresentou mudanças

expressivas com a incorporação do resíduo de acordo com a ANOVA.

Tabela 1 – Resultados dos ensaios mecânicos

	Módulo de Elasticidade à 0,3% (GPa)	Tensão Máxima (MPa)	Deformação (%)	Resistência ao Impacto (kJ/m ²)
PEAD 0%	1,60±0,11	20,3±1,3	*	6,4±0,2
PEAD 2,5%	1,53±0,06	21,2±0,6	*	5,4±0,2
PEAD 5%	1,73±0,12	21,5±0,5	*	4,5±0,2
PEAD 10%	1,84±0,23	20,5±1,0	61,4±8,9	4,8±0,2
PEBD 0%	0,22±0,02	7,2±0,2	122,4±5,4	5,3±0,7
PEBD 2,5%	0,27±0,02	7,7±0,2	105,4±7,7	3,7±0,3
PEBD 5%	0,28±0,01	8,1±0,6	93,9±2,5	3,8±0,1
PEBD 10%	0,34±0,02	8,1±0,2	77,0±2,9	3,6±0,2

* Deformação maior que o limite do extensômetro >>500%

A deformação na ruptura do PEAD puro e com teor de espuma de até 5% em massa não foram passíveis de ser mensuradas devido ao não rompimento das amostras na resolução do extensômetro utilizado (500%). Entretanto, para a composição com 10% em massa de espuma o composto rompeu com 61% de deformação. No ensaio de impacto para o PEAD, a incorporação de 10% em massa de espuma provocou diminuição da resistência ao impacto em aproximadamente 25%, diferença significativa na análise de variância.

Para PEBD o comportamento foi bastante similar. A adição de 10% em massa do resíduo proporcionou aumento de 52% no módulo elástico do material, sendo significativo segundo a ANOVA. Neste caso, a tensão máxima teve variação relevante de acordo com a análise estatística, a propriedade aumentou em 12,5% com o teor de espuma em 10% em massa. A mudança na deformação também foi bastante relevante no PEBD conforme a ANOVA, a incorporação de 10% em massa de espuma resultou em diminuição em 58% da propriedade. Houve diminuição em aproximadamente 32% da resistência ao impacto com inserção de 10% em massa de espuma na matriz. O resultado foi significativo de acordo com a análise de variância.

Observou-se então que a espuma flexível de melamina aumentou a rigidez e fragilidade dos compostos, comportamento típico de carga rígida.

Tabela 2 – Resultados dos ensaios térmicos e de retardância de chama

	DSC		TGA	Retardância de chama
	Tf (°C)	%Cristalinidade	Tonset (°C)	Taxa (mm/min)
PEAD 0%	136,6±0,1	63,9	394,9±14,3	8,0±0,0
PEAD 2,5%	136,1±1,8	62,3	377,1±1,8	11,3±0,1
PEAD 5%	136,8±1,7	64,1	359,4±17,4	10,6±0,0
PEAD 10%	137,7±0,5	61,6	381,0±2,0	15,8±0,6
PEBD 0%	108,2±0,5	37,6	369,4±1,8	16,9±0,6
PEBD 2,5%	109,1±0,2	35,8	378,3±4,2	12,4±0,2
PEBD 5%	108,8±0,9	34,1	369,8±0,9	18,8±0,8
PEBD 10%	110,1±0,1	36,9	374,1±5,8	16,7±0,4

A tabela 2 mostra que no DSC, para os dois termoplásticos estudados, a temperatura de fusão dos compostos e a porcentagem de cristalinidade não

sofreram alterações relevantes conforme a ANOVA, ou seja, o resíduo não provocou mudanças na morfologia cristalina do polietileno.

No TGA, devido à irregularidade dos eventos de degradação devido à atmosfera oxidante, apenas a temperatura de início de degradação foi analisada. Entretanto, tal parâmetro não sofreu mudanças expressivas de acordo com a análise de variância.

No ensaio de retardância de chama nenhum dos compostos foram aprovados com a propriedade de resistência a chama de acordo com a norma estudada. No entanto, as taxas foram calculadas para comparação.

No PEAD, o acréscimo de 10% em massa de espuma provocou aceleração do processo de queima. Entretanto, o gotejamento foi bastante reduzido.

No caso do PEBD a diferenças entre taxas de queima nas diversas composições foi significativa. A composição com 2,5% em massa de resíduo apresentou diminuição da taxa de queima e com menor gotejamento ao ser comparado com o material puro. Já os demais teores de espuma apresentaram taxa de queima superior ou muito similar à composição pura de PEBD.

Uma explicação possível se trata da modificação das propriedades físico-químicas da espuma durante o processamento termo-mecânico, interferindo no efeito de retardância da espuma de melamina.

4. Conclusões

A espuma flexível de melamina ao ser incorporada nas matrizes de PEAD e PEBD mostrou ser passível de reutilização, sendo que ela se comportou como carga rígida nos polietilenos estudados. A composição com 5% em massa de espuma se mostrou mais interessante no PEAD e a composição com 10% em massa do resíduo teve melhor comportamento no PEBD.

5. Referências

- [1] W. D. Callister. *Ciência e Engenharia de Materiais: Uma introdução*, LTC, Rio de Janeiro, 9 ed., 2016.
- [2] B. A. N. Teixeira, M. Zanin. *Reciclagem e reutilização de embalagens*. In: B.A.N. Teixeira et al. *Metodologias e Técnicas de Minimização, Reciclagem e Reutilização de Resíduos Sólidos Urbanos*, ABES, p. 25-30, 1999.
- [3] Basf. *Basotect® The versatile melamine resin foam*. 2016.
- [4] F. M. B. Coutinho, I. L. Mello, L. C. S. Maria. *Polietileno: Principais tipos, propriedades e aplicações*, Revista Polímeros, v.13, p. 1-13, 2003.
- [5] S. V. Canevarolo. *Ciência dos Polímeros*. ARTLIBER, 2ª ed., 2006.

Agradecimentos

À instituição Centro Universitário FEI pela realização das medidas ou empréstimo de equipamentos.

¹ Aluno de IC do CNPq 114873/2048-6. Projeto com vigência de 05/18 a 07/19.