



INFLUÊNCIA DA INCORPORAÇÃO DE RESÍDUO INDUSTRIAL DE EPM NAS PROPRIEDADES TÉRMICAS DE FILMES METALIZADOS PÓS-CONSUMO

de Oliveira, T. O. ¹; Santana, R. M. C. ¹

¹ Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais (PPGE3M), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, Brasil.

e-mail: ocanhadeoliveira@gmail.com

RESUMO

O resíduo industrial de copolímeros, o monômero de etileno propileno (EPM) é gerado durante o processamento do elastômero em extrusora. Trata-se de um resíduo pouco explorado em questão de seu reuso, com valor agregado alto devido ao custo da matéria-prima, assim como o resíduo de filmes multicamada, BOPP (polipropileno biorientado metalizado por alumínio), que também é abordado neste estudo. Nesse sentido, este estudo tem como objetivo analisar a influência nas propriedades reológicas e térmicas de compósitos de BOPPr/EPMr com proporções mássicas de 70/30, 50/50 e 30/70. Foram avaliadas as propriedades reológicas e térmicas dos compósitos. Os resultados reológicos e térmicos mostraram que os compósitos com maior teor de EPM exibiram maiores índices de fluidez e melhor estabilidade térmica pelo TGA. Resultados de DSC mostraram que matriz polimérica do filme multicamada metalizado (BOPPr) está composta de PP, PEBD, PELBD e PET, sendo que o PP é o componente maioritário.

Palavras-chave: propriedades térmicas, resíduo industrial de EPM, BOPP metalizado, filmes multicamadas, índice de fluidez.

INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos trouxeram diferentes tipos de polímeros para suprir às mais diversas áreas de aplicações industriais, muitos deles são variações de polímeros já conhecidos, através de formulações de blendas ou compósitos (1). Destacando-se o setor de embalagens plásticas levaram ao surgimento de polímeros com propriedades especiais, como barreiras, resistência a altas temperaturas, o que resultou em embalagens plásticas com excelente desempenho e baixo custo (2). Com esse desenvolvimento, aumentou-se o consumo e portanto, gerando-se grandes volumes de resíduos sólidos e cujo impacto ambiental tem preocupado a sociedade, acarretando uma mudança comportamental por parte da

sociedade e das empresas, pensando cada vez mais na reciclagem e na economia circular (3-4).

Sendo assim, dentre os resíduos poliméricos presentes na indústria de elastômeros, tem o resíduo industrial de EPM (monômero de etileno propileno) é gerado do processamento do elastômero em extrusora, o mesmo não é descartado, não acarretando impactos no meio ambiente, porém trata-se de um resíduo com valor agregado alto devido ao custo da matéria-prima, sendo um resíduo sem reticulação, e sem impurezas do processo, muito pouco tem sido investigado em relação a novas tecnologias de reaproveitamento, tendo-se, portanto, uma área ainda a ser explorada.

Seguindo a filosofia da economia circular e sustentável, chegou-se aos polímeros flexíveis multicamadas, que são filmes metalizados pós-consumo, representam uma ampla fração dos materiais com dificuldades para sua reciclagem. São polímeros tipicamente aplicados em embalagens alimentícias flexíveis, sendo fabricadas de polipropileno biorientado (BOPP), polietileno de baixa densidade (PEBD), polietileno linear de baixa densidade (PELBD), poliéster, como politereftalato de etileno (PET) (5). Podendo estes estarem presentes como única camada polimérica ou associados entre si, estes filmes apresentam uma camada de alumínio obtidas através de processos de metalização ou laminação, essa metalização traz vantagens as embalagens, entre elas: de isolar o alimento do contato ao oxigênio e da umidade, conservando o mesmo por um período maior sem perder aspectos de textura e sabor (6-7).

As embalagens descartáveis de uma forma geral são uma preocupação recorrente, desde a década de 80, até a atualidade. Onde as indústrias de embalagens principalmente de alimentos vêm buscado novas tecnologias para o desenvolvimento sustentável, devido as embalagens contribuírem para a intensificação de problemas ambientais, pelo seu descarte indevido pós-consumo, o exemplo claro são as embalagens metalizadas de alimentos (biscoitos, chocolates, salgadinhos, entre outros produtos), que são descartadas indevidamente e param em lixões e aterros sanitários (7-8).

Desta forma o presente estudo tem como objetivo analisar a influência da incorporação de resíduo industrial de EPMr em filmes metalizados de BOPP pós-consumo e avaliar as propriedades reológicas e térmicas de compósitos gerados. Foram preparados três compósitos BOPPr/EPMr com proporções mássicas de

70/30, 50/50 e 30/70 e foram caracterizados por meio do índice de fluidez, nas temperaturas de 190°C, 210°C e 230°C, avaliando-se o grau de inchamento do extrudado (IE) e a massa específica do fundido, assim como pelas análises de termogravimétrica (TGA) e calorimetria exploratória diferencial (DSC), para verificar sua estabilidade térmica e composição dos filmes metalizados.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados neste trabalho para as formulações dos compósitos foram: o resíduo industrial de EPMr (monômero de etileno propileno), gerando em processamento do elastômero em extrusora, para aplicações principalmente em óleos lubrificantes automotivos, empresa situada no Polo Petroquímico do Sul, localizado em Triunfo, no Rio Grande do Sul. O resíduo pós-consumo de filmes metalizados de BOPPr (filme de polipropileno biorientado metalizado por alumínio), provenientes da coleta do Núcleo de Sustentabilidade (NS) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. As porcentagens em massa das diferentes formulações estão especificadas na Tabela 1.

Tabela 1: Composição mássica das amostras avaliadas no estudo.

Amostra	BOPPr (%m/m)	EPMr (%m/m)
BOPPr	100	0
EPMr	0	100
BOPPr70/EPMr30	70	30
BOPPr50/EPMr50	50	50
BOPPr30/EPMr70	30	70

Preparação dos compósitos

A preparação dos compósitos (BOPPr/EPMr), seguiu as proporções mássicas conforme a Tabela 1, acima apresentada, realizou-se essa preparação em três etapas, na primeira etapa o material foi pré-homogenizado em um moinho de rolo tipo calandra, em escala laboratorial, modelo C400:2M da marca Mecanoplast, com temperatura de 150°C e ciclo de mistura de 10 minutos, que repetiu-se em dois ciclos, no intervalo de cada ciclo, procedeu-se a prensagem do material em uma prensa hidráulica a uma temperatura de 190°C, em um ciclo de 5 minutos e pressão de 5 kgf/cm². Na segunda etapa procedeu-se a redução da granulometria do material em um moinho de facas do tipo Willey, sistema que contava com uma descarga do material conforme ocorria a redução.

A terceira etapa foi de homogeneização final, onde os *flakes* dos compósitos

(BOPPr + EPMr), passaram por uma extrusora mono rosca de polímeros, garantido total homogeneização do material e peletização do mesmo, cabe salientar que BOPPr como estava em formato de filme, passou pelo mesmo processo dos compósitos, para facilitar seu processamento e análise, após peletização os materiais permaneceram em estufa a 60°C por 8 horas, para retirar a umidade. Já o EPMr, devido suas características, não necessitou passar por um pré-processamento.

Índice de fluidez do fundido (IF)

O teste de IF foi realizado utilizando um plastômero DSM modelo MI-3P, conforme a norma ASTM D1238-20. Foram realizados em três temperaturas de teste 190, 210 e 230°C com uma carga de 2,16 kg.

Grau de inchamento do extrudado (IE)

Para determinação do grau de inchamento do extrudado dos filamentos poliméricos (“espaguetes”) foi empregada a Equação A, onde d_e e d_m correspondem, respectivamente, aos diâmetros do extrudado e da matriz capilar (9).

$$(IE) = \frac{d_e}{d_m} \quad (A)$$

Massa específica do material fundido (ρ_f)

Para determinação da massa específica do material fundido foi empregado um plastômero DSM modelo MI-3P. Conforme a Norma ASTM D1238-20, o valor da densidade do material fundido pode ser determinado por meio da medição da massa material fundido por volume em um plastômero de extrusão.

Calorimetria diferencial de varredura (DSC)

A fim de obter as temperaturas e entalpias de fusão e de cristalização dos polímeros presentes nas amostras foi analisada através da Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC – *Differential Scanning Calorimetry*), através do equipamento da marca TA Instrument, modelo Q20. As amostras foram submetidas a 2 ciclos de aquecimento e um resfriamento na faixa entre 25-300°C em meio inerte de nitrogênio. A taxa de aquecimento foi de 10 °C/min e circulação pelo forno de fluxo de 50 mL/min de nitrogênio, conforme a Norma ASTM D3418-21.

Análise termogravimétrica (TGA)

A análise termogravimétrica (TGA) foi realizada utilizando uma balança termogravimétrica modelo Q50, da marca TA Instruments, usando atmosfera de nitrogênio com fluxo de 90 mL/min. As amostras foram submetidas a uma rampa de aquecimento de 25-800°C, a uma taxa de 20 °C/min, conforme a Norma ASTM E1131-20.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Propriedades reológicas

Os resultados de índice de fluidez (IF) das amostras avaliadas são apresentados na Tabela 2, onde é possível observar a diferença de índices de fluidez do fundido entre as matérias-primas dos compósitos EPMr e BOPPr. O resíduo industrial de EPM, apresenta IF superior em todas as temperaturas, quando comparando ao BOPPr, onde ambos demonstraram um aumento de IF com aumento da temperatura. A temperatura influencia diretamente na viscosidade de polímeros e compósitos, pois aumenta a energia para a mobilidade das macromoléculas, o que resulta em um decréscimo da resistência ao escoamento, sendo um parâmetro importante a ser monitorado. Sendo assim, os resultados encontrados corroboram com o estudo realizado, por Canevarolo (1) e Muksing *et al* (10), onde evidência claramente que o IF dos compósitos aumentou conforme ocorreu aumento da temperatura, conseqüentemente a viscosidade do compósito diminui.

Verifica-se a influência do teor de EPMr no comportamento reológico dos compósitos, ficando evidente o aumento no índice de fluidez dos compósitos com o aumento do teor de EPMr.

Tabela 2: Resultados obtidos por análise de índice de fluidez (IF).

Amostra	Índice de fluidez (g/10 min)		
	190°C	210°C	230°C
BOPPr	1,57 ± 0,04	2,73 ± 0,05	4,45 ± 0,11
EPMr	6,07 ± 0,10	7,26 ± 0,19	10,37 ± 0,22
BOPPr70/EPMr30	2,50 ± 0,03	4,12 ± 0,12	6,15 ± 0,34
BOPPr50/EPMr50	3,46 ± 0,05	5,15 ± 0,06	7,31 ± 0,17
BOPPr30/EPMr70	4,04 ± 0,07	6,04 ± 0,09	8,85 ± 0,17

A Tabela 3 apresenta os valores do grau de inchamentos avaliados a partir do

escoamento das amostras na saída do plastômero. Observa-se que o EPMr, não apresenta inchamento do extrudado (IE), já o BOPPr apresenta um acréscimo de aproximadamente 20% dos valores de IE quando comparado ao EPM. Em relação aos compósitos, houve ainda um aumento maior do IE a 190 °C, porém verifica-se que o aumento do teor de EPM no compósito diminui o IE observado em maiores temperaturas (210 e 230 °C). Conforme pesquisas da literatura (1-9), a maioria dos polímeros termoplásticos apresentam algum grau de inchamento do extrudado (IE) quando surgem de uma matriz, porém, essa deformação é viscoelástica, ou seja, ocorre recuperação parcial elástica, sendo parte desta efetuada ainda dentro matriz e a outra parcela somente será recuperada fora da matriz, causando o IE, uma vez que as moléculas poliméricas deformadas tendem a retornar sua conformação, mas esse parâmetro é muito importante principalmente em processos de injeção e extrusão, onde essa deformação tem ser avaliada, em relação ao dimensionamento da peça final e sua aplicação.

Tabela 3: Resultados obtidos para o grau de inchamento do extrudado (IE).

Amostra	Grau de inchamento do extrudado		
	190°C	210°C	230°C
BOPPr	1,20 ± 0,02	1,24 ± 0,02	1,20 ± 0,03
EPMr	1,01 ± 0,04	1,04 ± 0,04	1,00 ± 0,02
BOPPr70/EPMr30	1,27 ± 0,02	1,28 ± 0,02	1,25 ± 0,02
BOPPr50/EPMr50	1,28 ± 0,02	1,23 ± 0,03	1,20 ± 0,04
BOPPr30/EPMr70	1,27 ± 0,02	1,21 ± 0,02	1,20 ± 0,03

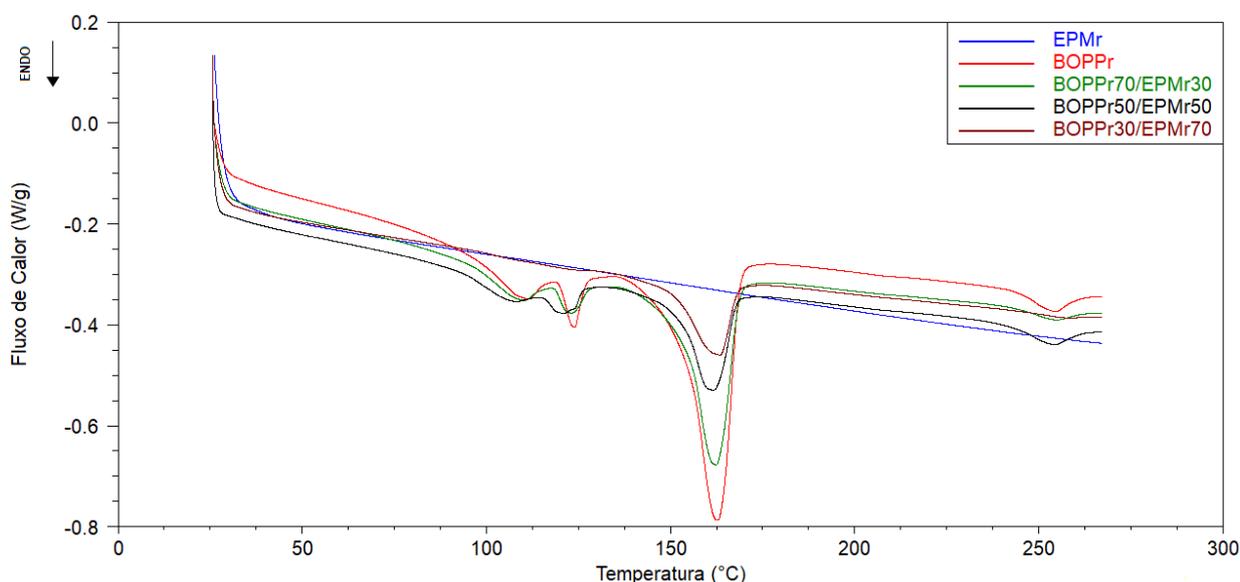
Os resultados da massa específica do fundido são apresentados na Tabela 4, sendo evidente a diferença de densidade do fundido entre as matérias-primas dos compósitos EPMr e BOPPr. Com o aumento da temperatura, ocorre maior mobilidade e por tanto maior volume livre o que influenciaria na diminuição da massa específica do fundido, porém com os resultados, percebe-se que aconteceu um aumento significativo da densidade em 210 °C, não esperado, mas que provavelmente ocorreu devido à influência da acomodação ou empacotamento da carga (Al), material presente nos filmes metalizados. Segundo Canevarolo (1) a massa específica dos polímeros fundidos é um parâmetro físico-químico importante em um processo de fabricação de polímeros, sendo uma propriedade que está interligada diretamente com o IF, dependendo do processo de produção das peças, se por extrusão ou injeção, vai se necessitar de um material polimérico menos denso ou mais denso, onde esse parâmetro pode ser ajustado simplesmente com alterações de temperatura no processo.

Tabela 4: Resultados obtidos para a massa específica do fundido.

Amostra	Massa específica do fundido (g/cm ³)		
	190°C	210°C	230°C
BOPPr	0,7812 ± 0,0053	0,7714 ± 0,0158	0,7849 ± 0,0111
EPMr	0,6651 ± 0,0158	0,7172 ± 0,0241	0,6815 ± 0,0147
BOPPr70/EPMr30	0,7497 ± 0,0112	0,7672 ± 0,0013	0,7316 ± 0,0158
BOPPr50/EPMr50	0,7632 ± 0,0205	0,7950 ± 0,0021	0,7411 ± 0,0089
BOPPr30/EPMr70	0,7126 ± 0,0016	0,7362 ± 0,0070	0,7006 ± 0,0157

Propriedades térmicas

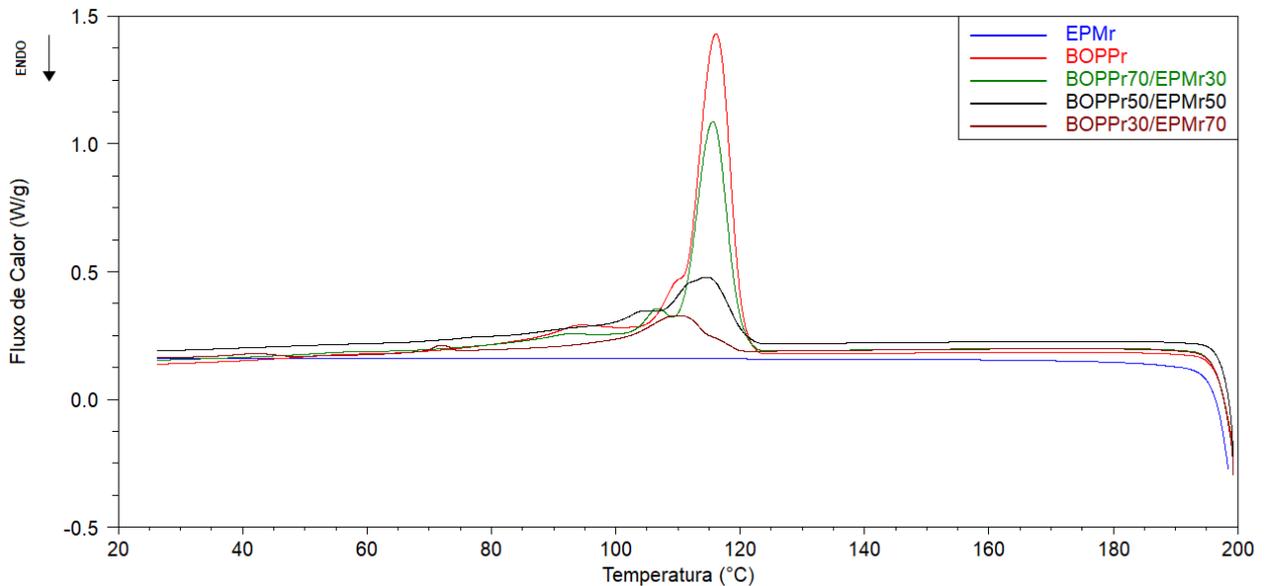
A Figura 1, apresenta as curvas de DSC do segundo aquecimento das amostras avaliadas. É possível observar a presença de 4 picos endotérmicos em 108 °C, 123 °C, 162 °C e 255 °C, são correspondentes a temperatura de fusão dos polímeros PEBD, PELBD, PP e PET, respectivamente (5). Mostrando a diversidade dos polímeros utilizados para fabricação de filmes multicamadas metalizados, ou seja, não há apenas PP, mais sim traços de outros polímeros no resíduo de filmes metalizados pós-consumo, utilizados nesse estudo, mas cabe ressaltar que o PP está presente em maior percentual, e segundo Bettanin *et al* (6) o filme de PP usado em embalagens flexíveis de alimentos é BOPPr.

Figura 1: Termogramas de DSC do segundo aquecimento das amostras BOPPr, EPMr e dos compósitos.

A Figura 2, apresenta as curvas de resfriamento obtidas através do ensaio de DSC, um resultado interessante é observado com a redução da temperatura de cristalização do PP para um valor aproximado de 110 °C, na formulação BOPPr30/EPMr70, enquanto as demais formulação ficaram com valor aproximado

de 116 °C bem próximo do BOPPr, como pode ser observado na Tabela 5.

Figura 2: Termogramas de DSC de resfriamento das amostras BOPPr, EPMr e dos compósitos.



Cabe salientar que o EPMr, não apresentou picos nas curvas de segundo aquecimento e nem de resfriamento, como pode ser observado na Figura 1 e Figura 2, tratando-se de um material amorfo (1).

A Tabela 5 apresenta os resultados das análises térmicas de DSC, onde ocorre a redução da entalpia de fusão de todos os polímeros, exceto do PET na formulação BOPPr50/EPMr50. Conforme Bettanin *et al* (6), esse fenômeno ocorre devido a mistura do BOPPr e EPMr, que possibilitam essas mudanças de características físicas, muito comum em compósitos, muitas vezes essa mistura é intencional para melhorar as propriedades físicas e mecânicas, no caso dos compósitos presentes no estudo, ocorre uma melhora na estabilidade térmica dos compósitos.

Tabela 5: Temperaturas de fusão e cristalização e entalpias fusão das amostras envolvidas nos eventos endotérmicos e exotérmicos identificados nas curvas de DSC.

Amostra	PEBD			PELBD			PP			PET		
	T _F (°C)	ΔH _F (J/g)	T _c (°C)	T _F (°C)	ΔH _F (J/g)	T _c (°C)	T _F (°C)	ΔH _F (J/g)	T _c (°C)	T _F (°C)	ΔH _F (J/g)	T _c (°C)
BOPPr	108,7	4,1	92,6	123,9	2,4	109,3	162,8	35,9	116,2	254,4	2,5	-
BOPPr70/EPMr30	109,0	2,8	90,7	123,2	1,8	106,3	162,3	25,7	115,7	254,4	1,5	-
BOPPr50/EPMr50	106,1	1,6	92,6	121,3	1,7	103,9	161,5	13,7	115,1	253,9	2,7	-
BOPPr30/EPMr70	-	-	-	-	-	-	163,3	11,5	109,6	256,4	0,6	-

* - não apresentaram valores representativos, devido à presença de apenas traços nas amostras.

A Figura 3, apresenta as curvas de TGA e a Figura 4 de DTG obtidas para as amostras analisadas. É possível observar um aumento da estabilidade térmica dos compósitos com a adição do EPMr em comparação ao BOPPr. Os compósitos que se destacam com maior estabilidade térmica é BOPPr30/EPMr70, seguido do BOPPr70/EPMr30.

Figura 3: Termogramas de TGA das amostras EPMr, BOPPr e dos compósitos.

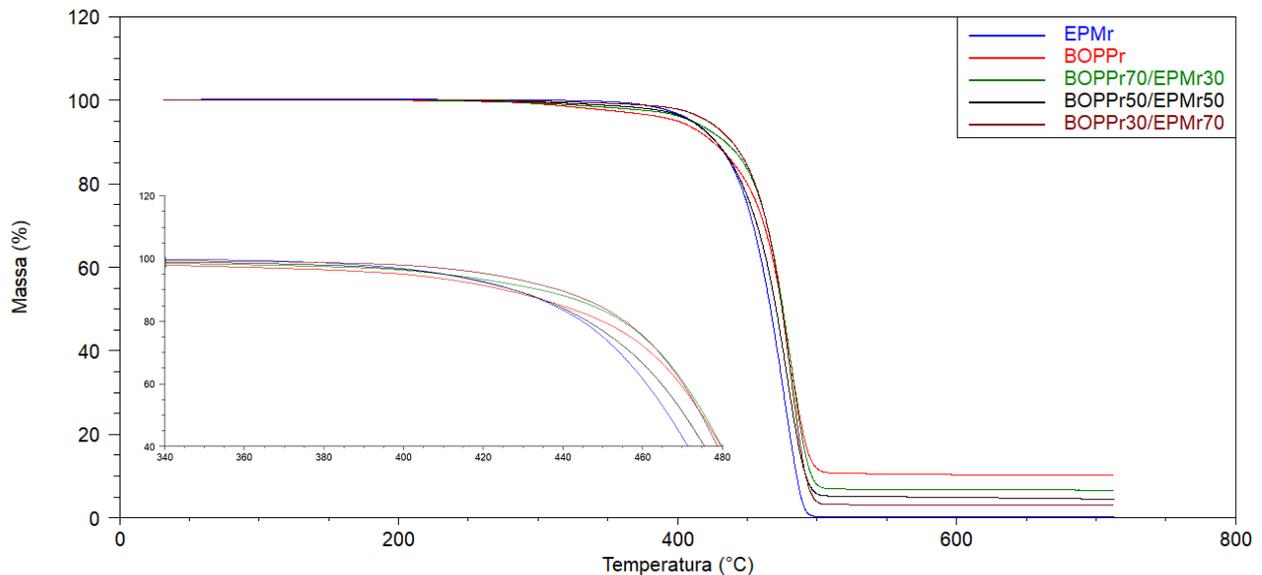
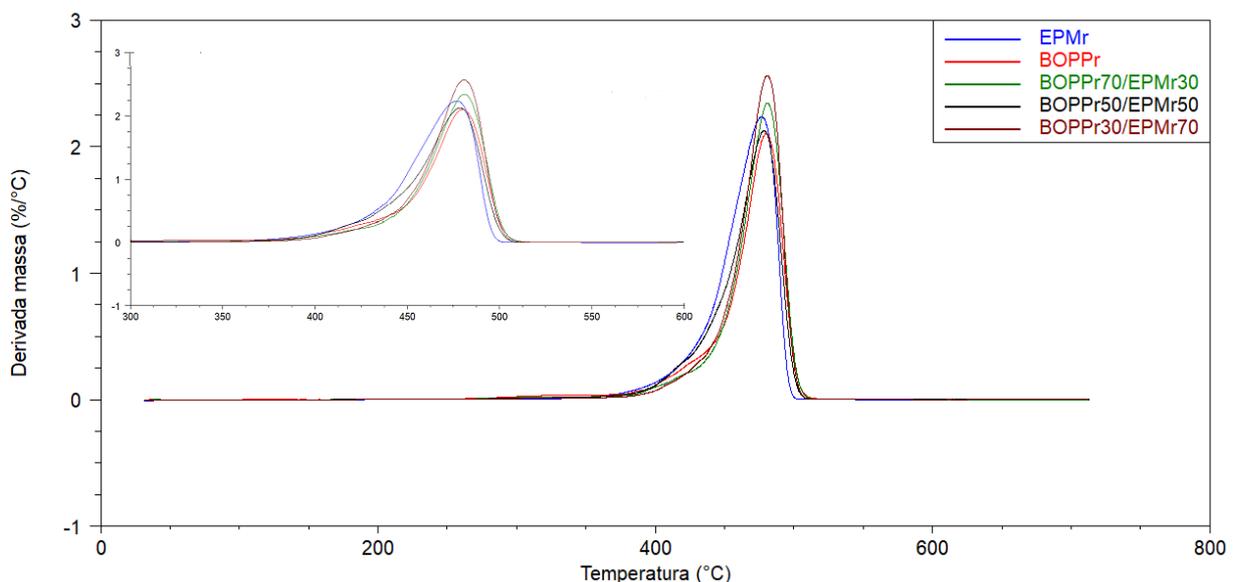


Figura 4: Termogramas de DTG das amostras EPMr, BOPPr e dos compósitos.



De acordo com Bettanin *et al* (6), esta melhora da estabilidade térmica dos compósitos, é devido a degradação lenta do material, que ocorre com a melhor da interação entre fases, no caso do estudo BOPPr e EPMr, fazendo com que a perda

de massa só seja observada a altas temperaturas, indicando uma maior estabilidade térmica.

Na Tabela 6 são apresentados dados importantes em relação a estabilidade térmica do BOPPr, EPMr e dos compósitos. Observa-se nas temperaturas de 10 e 20% de perda de massa ($T_{10\%}$ e $T_{20\%}$), o BOPPr70/EPMr30 e o BOPPr30/EPMr70, a maior estabilidade térmica quando comparado aos demais. Para fins de utilização de maior percentual em massa de resíduo BOPPr, seria recomendado utilizar o compósito BOPPr70/EPMr30.

Quando se analisa o percentual mássico de cinzas, percebe-se que o BOPPr apresenta um maior teor. Quando se trata de resíduos poliméricos pós-consumo de filmes multicamadas, um fator principal que eleva esse percentual de cinzas é a presença do PET na composição do material BOPPr, conforme Canevarolo (1) e Bannach *et al* (11), o PET quando passa por processo térmico em atmosfera inerte na forma pura gera cerca de 22% de cinza na sua degradação térmica, gerando resíduos orgânicos carbonizados, sendo um dos fatores para a presença desses altos teores de cinzas tanto no BOPPr, quanto nos compósitos, outro fator que contribui para essa geração de cinza, foi a carga de alumínio (Al), material presente na metalização dos filmes, utilizados nas embalagens. Quando compara-se o resíduo industrial EPMr, a taxa máxima de decomposição acontece em menor temperatura (476,62 °C), enquanto os demais apresentam valor médio de 480 °C.

Tabela 6: Parâmetros TGA e DTG das amostras analisadas.

Amostras	$T_{10\%}$ (°C)	$T_{20\%}$ (°C)	%m ₁	%m ₂	Cinzas %	Tmáx (°C)
EPMr	427,42	444,94	0,00	99,70	0,30	476,62
BOPPr	424,95	450,07	4,26	85,50	10,24	480,13
BOPPr70/EPMr30	434,00	455,05	2,64	90,73	6,63	480,96
BOPPr50/EPMr50	427,36	446,35	2,06	93,43	4,51	478,46
BOPPr30/EPMr70	438,82	455,68	1,70	95,30	3,00	480,94

CONCLUSÃO

No presente estudo, pode-se concluir que foi possível fazer os compósitos de BOPPr/EPMr, sobre o comportamento reológico das amostras, observou que a presença do resíduo industrial de EPM, aumenta o índice de fluidez dos compósitos que favorece no processamento.

Com as análises térmicas de DSC e TGA, percebe-se a diversidade dos polímeros utilizados para fabricação de filmes multicamadas metalizados, ou seja, não há apenas PP, mais a presença de outros polímeros no resíduo de filmes

metalizados pós-consumo, como PEBD, PELBD e PET, porém todos eles em menor representatividade. Mostrando a importância de analisar suas características térmicas, como degradação térmica do material, onde através da mesma pode-se determinar o composto mais estável termicamente e que representa maior consumo de resíduos pós-consumo de filmes metalizados, onde são gerados em maior proporção que os resíduos industriais, que foi o BOPPr70/EPMr30.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq, ao Laboratório de Materiais Poliméricos (LaPol), ao Núcleo de Sustentabilidade da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), a empresa Arlanxeo Brasil S/A pelo fornecimento do resíduo industrial de EPM.

REFERÊNCIAS

- (1) CANEVAROLO, S. V. J. *Ciência dos Polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros*. 2ª edição. Editora Artliber, São Paulo, 280p., 2006.
- (2) DAL BÓ, M., CARDOSO, A. P. G., TANCREDO, C., MERGEN, I. Z., DONEDA, R. N., NOVAES, A. F. & FARIA, D. C. de. Reciclagem de Embalagens Poliméricas Contendo Filme de Alumínio Metálico Via Processamento Químico. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, vol.21, n4, p.335-339, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-14282011005000056>
- (3) COSENZA, J. P., ANDRADE, E. M. & ASSUNÇÃO, G. M. Economia circular como alternativa para o crescimento sustentável brasileiro: análise da Política Nacional de Resíduos Sólidos. *Rev. Gest. Ambient. e Sust. - GeAS*, 9(1), 1-30, e-ISSN: 2316-9834, 2020. <https://doi.org/10.5585/geas.v9i1.16147>
- (4) FUKUMORI, K., MATSUSHITA, M., OKAMOTO, H., SATO, N., SUZUKI, Y. & TAKEUCHI, K. Recycling technology of tire rubber. *JSAE Review*, 23(2), 259-264, 2002.
- (5) BETTANIN, A., SA, M. R. T. de & SANTANA, R. M. C. Reciclagem mecânica de filmes metalizados: influência do agente de acoplamento nas propriedades mecânicas. 15º Congresso Brasileiro de Polímeros, 2019, Bento Gonçalves. Anais 15º CBPol, 2019.
- (6) BETTANIN, A. Influência da incorporação de aditivos na performance de filmes multicamadas pós-consumo reciclados mecanicamente. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, PPGE3M – UFRGS/RS, Porto Alegre, 2020.
- (7) SOARES, J. V. S., PRADO, W. C., da COSTA, A. C. P., e SILVA, A. K. da S., PERREIRA, C. V. L., BONATTO, J. de A., SARAIVA, M. das G. G. & BONATTO, E. C. S. Determinação de parâmetros de qualidade de embalagens metalizadas flexíveis para alimentos. *Brazilian Journal of Development*, 9(3), 9124-9138, 2023. <https://doi.org/10.34117/bjdv9n3-018>

(8) AUMILLER, A., OLIVEIRA, C. E., PAIVA, J. M. F., MENDES, J. V. & MORIS, V. A. S. Análise do Processo Produtivo de Filmes Poliméricos Utilizando a Metodologia de Produção Mais Limpa. *Revista Eletrônica Em Gestão Educação E Tecnologia Ambiental*, 18(2), 887-907, 2014. <https://doi.org/10.5902/2236117013723>

(9) SILVA, A. J. de J. Análise de variáveis e determinação do grau de inchamento do extrudado durante o processamento de um grade de polipropileno industrial. *South American Journal of Basic Education, Technical and Technological*, 7(2), 03-22, 2020. <http://orcid.org/0000-0002-8604-173X>

(10) MUKSING, N., NITHITANAKUL, M., GRADY, B. P. & MAGARAPHAN, R. Melt reology and extrudate swell of organobentonite-filled polypropylene nanocomposites. *Polymer Testing*, 27(4), 470-479, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2008.01.008>

(11) BANNACH, G., PERPÉTUO, G. L., CAVALHEIRO, É. T. G.; CAVALHEIRO, C. C. S. & ROCHA, R. R. Efeitos da história térmica nas propriedades do polímero pet: um experimento para ensino de análise térmica. *Química Nova*, 34(10), 1825-1829, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422011001000016>

INFLUENCE OF THE INCORPORATION OF EPM INDUSTRIAL WASTE ON THE THERMAL PROPERTIES OF POST-CONSUMER METALLIZED FILMS

ABSTRACT

The industrial waste of copolymers, ethylene propylene monomer (EPM), is generated during the processing of the elastomer in an extruder. This is a scarcely explored waste in terms of reuse, with high added value due to the cost of the raw material, similar to the multilayer film waste, BOPP (biaxially oriented polypropylene metallized with aluminum), which is also addressed in this study. In this context, this study aims to analyze the influence of rheological and thermal properties of BOPPr/EPMr composites with mass proportions of 70/30, 50/50, and 30/70. The rheological and thermal properties of the composites were evaluated. Rheological and thermal results showed that composites with a higher EPM content exhibited higher flow indices and better thermal stability according to TGA. DSC results showed that the polymeric matrix of the metallized multilayer film (BOPPr) consists of PP, LDPE, LLDPE, and PET, with PP being the majority component.

Keywords: thermal properties, industrial EPM waste, metallized BOPP, multilayer films, melt flow index.