



## AVALIAÇÃO DA RECICLABILIDADE DE DOIS DIFERENTES TIPOS DE PEAD OXIBIODEGRADÁVEIS POR VISCOSIMETRIA DE SOLUÇÕES DILUÍDAS

Brandão, J.A.O.<sup>1</sup>; Schumacher, B.S.; Francisquetti, E.L.<sup>2\*</sup> e Santana, R.M.C.<sup>1</sup>

1 – Departamento de Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Av. Bento Gonçalves, 9500, Prédio 43.426, sala 115 – Setor IV, Agronomia, Porto Alegre, RS.

2 – Departamento de Materiais, Instituto Federal do Rio Grande do Sul – Campus Farroupilha, Farroupilha, Rs.  
[jaobrandao@yahoo.com.br](mailto:jaobrandao@yahoo.com.br)

### RESUMO

Os polímeros oxibiodegradáveis são poliolefinas processadas com aditivos pró-oxidantes que favorecem a sua fotooxidação e termooxidação. No entanto, a utilização desses aditivos pode interferir no processo de reciclagem mecânica desses polímeros, uma vez que eles são submetidos a altas temperaturas no reprocessamento. O polietileno de alta densidade (PEAD) é, atualmente, um dos polímeros mais utilizados no mundo, dada a sua versatilidade e, por isso, está presente em grandes quantidades nos resíduos poliméricos que se acumulam ao redor do mundo. Neste trabalho, foram obtidos dois diferentes tipos de PEAD oxibiodegradável, sendo o primeiro a partir do processamento com 1% de aditivo d2w<sup>TM</sup> e o segundo a partir do processamento com 0,25% de benzoína. Eles foram expostos a múltiplos ciclos de extrusão para avaliação da reciclabilidade, tendo sido caracterizados por viscosimetria de soluções diluídas, DSC e TGA. Quando comparados ao PEAD virgem, foram observadas poucas alterações, que sugerem ser viável a reciclagem.

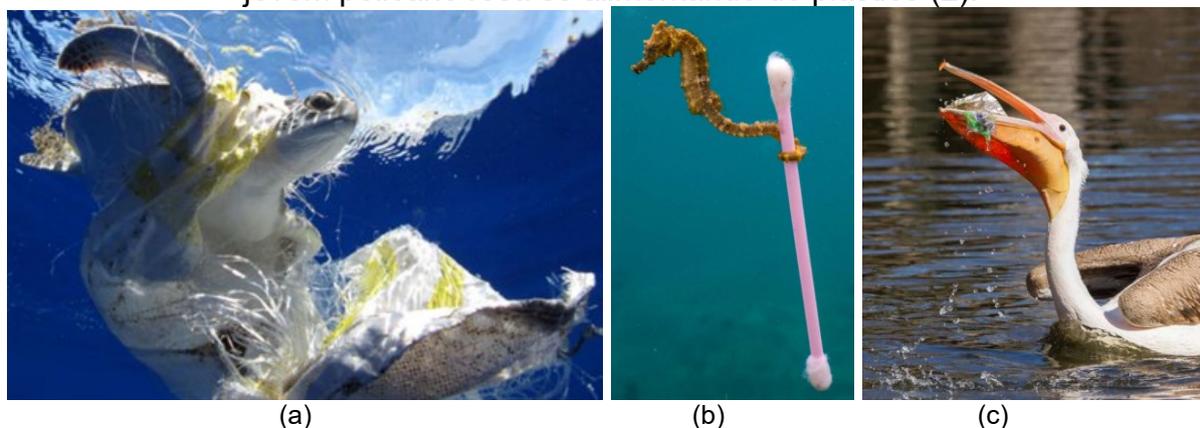
Palavras-chave: PEAD, pró-oxidantes, termooxidação, viscosimetria de soluções diluídas, reciclabilidade.

### 1. INTRODUÇÃO

O problema ambiental envolvendo o acúmulo de resíduos poliméricos é visto com preocupação por governos e cientistas em todo o mundo. A maioria dos polímeros utilizados em larga escala em grande parte dos países é de difícil degradação e, descartados incorretamente, se acumulam no solo, rios e oceanos. Dentre eles, destacam-se o polietileno e o polipropileno, cujas estimativas apontam para um acúmulo anual de  $3,2 \pm 1,8$  Mt e  $1,3 \pm 0,8$  Mt (1), respectivamente.

São evidentes as consequências do problema sobre a vida animal, principalmente, marinha. Nas suas diferentes formas, os resíduos são capazes de provocar o emaranhamento dos animais, com perda de mobilidade. Além disso, podem ser confundidos com alimentos ou levarem a outros transtornos (2), como retratado na Fig. 1.

Figura 1: algumas consequências dos resíduos poliméricos sobre a vida animal: (a) uma tartaruga marinha com perda de mobilidade por emaranhamento em resíduos poliméricos, (b) um cavalo-marinho transportando um bastonete plástico e (c) um jovem pelicano rosa se alimentando de plástico (2).



Diversas são as possibilidades de soluções para o problema que, massivamente, estão sendo investigadas em diversos centros de pesquisa, podendo-se destacar o desenvolvimento e utilização de polímeros biodegradáveis, a reciclagem dos resíduos poliméricos corretamente descartados e separados e, também, a utilização de polímeros oxibiodegradáveis, que são poliolefinas processadas com aditivos pró-oxidantes que favorecem a termooxidação e fotooxidação das macromoléculas para que, posteriormente, os fragmentos moleculares oxigenados, possam ser utilizados como nutrientes por microrganismos (3).

No entanto, a utilização de aditivos pró-oxidantes para a obtenção de polímeros oxibiodegradáveis pode afetar a sua reciclabilidade. Na modalidade mais amplamente utilizada, que é a reciclagem mecânica (4), o polímero passa por triagem, é cominuído, lavado, seco e novamente processado, para a obtenção de *pellets*. Posteriormente, esses *pellets* passam por um novo processamento, puro ou misturado com o polímero virgem, para a conformação de um novo produto. Fica evidente, portanto, que os processamentos múltiplos podem levar a maiores taxas de degradação do polímero na presença de aditivos pró-oxidantes, por termooxidação, o que pode, claro, alterar as propriedades do reciclado.

Neste trabalho, foram produzidos dois tipos de polietileno de alta densidade (PEAD) oxibiodegradáveis. O primeiro foi obtido a partir do processamento (1º ciclo) do polímero virgem com 1% (m/m) de aditivo comercial d2w™, conhecido por ter em sua composição estearato de manganês (5). O segundo foi obtido a partir do processamento (1º ciclo) do polímero virgem com 0,25% (m/m) de benzoína, uma substância orgânica isenta de metais de transição que tem sido investigada como pró-

oxidante, com resultados promissores (6,7,8), proporcionando considerável aumento da taxa de termooxidação e fotooxidação de polietileno e polipropileno. Posteriormente, cada um dos dois tipos foi submetido a 5 ciclos de reprocessamento, totalizando 6 ciclos. A título de comparação, o PEAD virgem, sem aditivos pró-oxidantes, também foi submetido a 6 ciclos de processamento. Após as múltiplas extrusões, as amostras foram caracterizadas por viscosimetria de soluções diluídas (VSD), com determinação da massa molar viscosimétrica média ( $\overline{M}_v$ ); análise termogravimétrica (TGA) e calorimetria exploratória diferencial (DSC), com determinação do grau de cristalinidade ( $X_c$ ).

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

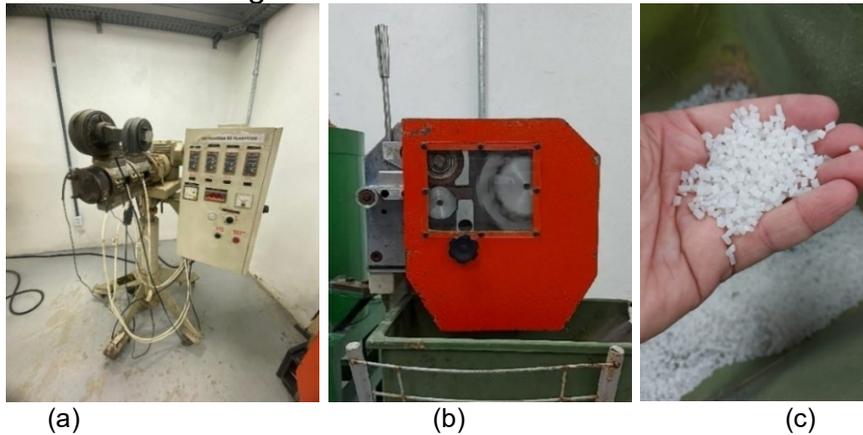
### **2.1 Materiais**

Neste trabalho foram utilizados Polietileno de Alta Densidade (PEAD), de *grade* HE150, com índice de fluidez de 1,0 g/10 min (190° C/ 2,16 kg) e densidade de 0,948 g/cm<sup>3</sup>, produzido pela Braskem; Decalina, produzida pela Neon, com grau de pureza acima de 99%; aditivo pró-oxidante d2w<sup>TM</sup>, produzido pela *Symphony Plastic Technologies*; Benzoína, com grau de pureza acima de 99%, produzida pela Merck KGaG.

### **2.2 Obtenção das amostras de PEAD oxibiodegradável e múltiplos processamentos por extrusão de filamentos**

As amostras de PEAD oxibiodegradáveis foram obtidas em extrusora monorosca fabricada pela CIOLA, modelo MEP-18. O equipamento possuía 3 zonas de aquecimento, tendo sido utilizado o seguinte perfil de temperaturas: 140° C para a Zona 1 (alimentação), 150°C para as zonas 2 e 3 (matriz). A matriz utilizada foi a de filamentos. O motor da rosca foi mantido com velocidade constante de 52 rpm. As amostras foram granuladas logo após a extrusão, em granulador fabricado pela SEIBT, modelo PS 50, com velocidade de referência mantida em 4.0. A Fig. 2 apresenta a extrusora e o granulador utilizados, bem como os grânulos obtidos no experimento.

Figura 2: (a) extrusora de filamentos e (b) granulador utilizados na investigação; (c) grânulos obtidos de PEAD.



O primeiro PEAD oxibiodegradável foi obtido a partir da adição de 1% (m/m) do aditivo comercial d2w<sup>TM</sup>. O segundo PEAD oxibiodegradável foi obtido a partir da adição de 0,25% (m/m) de benzoína. Após, as amostras de PEAD oxibiodegradáveis foram submetidas a 5 ciclos de reprocessamento por extrusão, mantidos constantes os parâmetros de processo na extrusora e granulador. A título de comparação, conforme já mencionado, o PEAD virgem foi submetido, também, a 6 ciclos de processamento (1 referente ao ciclo de obtenção dos PEAD oxibiodegradáveis e outros 5 para avaliação da degradação termooxidativa mecânica). Nestas condições, foram adotados os nomes apresentados nas Tab. 1, após 6 processamentos.

Tabela 1: composição das amostras, com e sem aditivo pró-oxidante, após 6 extrusões.

Nome da amostra	PEAD (%m/m)	d2w <sup>TM</sup> (%m/m)	Benzoína (%m/m)
PEAD_SA*	100	-	-
PEAD_d	99	1	-
PEAD_B	99,75	-	0,25

\* sem aditivo pró-oxidante.

## 2.3 Caracterização das amostras

As amostras de PEAD, antes (PEAD\_Virgem) e após os múltiplos processamentos por extrusão, foram caracterizadas por viscosimetria de soluções diluídas (VSD), TGA e DSC.

### 2.3.1 Viscosimetria de soluções diluídas para determinação da viscosidade intrínseca ( $[\eta]$ ) e massa molar viscosimétrica média ( $\overline{M}_v$ )

A  $[\eta]$  do PEAD foi determinada utilizando-se um viscosímetro capilar do tipo Cannon-Ubbelohde, número 50, com diâmetro de capilar de 0,44 mm. Inicialmente,

preparou-se uma solução do polímero em decalina, de concentração igual a 1,0 g/dL, em temperatura de 135 °C. O tempo de fluxo para essa solução foi medido em duplicata, com viscosímetro imerso em banho de silicone com temperatura controlada em 135 °C, variando  $\pm 0,1$  °C. Posteriormente, foram adicionadas sucessivas alíquotas de 4 mL de decalina, obtendo-se soluções com as respectivas concentrações aproximadas: 0,71; 0,55; 0,45; 0,38 e 0,33 g/dL. Para todas elas, o tempo de fluxo foi medido em duplicata. Foram determinadas as viscosidades relativas ( $\eta_{rel}$ ), específicas ( $\eta_{esp}$ ) e reduzidas ( $\eta_{red}$ ). Plotado o gráfico de  $\eta_{red}$  versus concentração, foi determinada a  $[\eta]$  do PEAD, a partir da extrapolação das retas obtidas por regressão linear quando a concentração tende a 0. Para a determinação da massa molar viscosimétrica média ( $\overline{Mv}$ ), foi utilizada a equação de Mark-Houwink-Sakurada, que relaciona a  $[\eta]$  e  $\overline{Mv}$ , conforme apresentado na Equação A:

$$[\eta] = k. (\overline{Mv})^\alpha \quad (A)$$

na qual,  $[\eta]$  é viscosidade intrínseca encontrada para o de polietileno; k e  $\alpha$  são as constantes para o sistema polímero-solvente que para o polietileno-decalina valem  $62 \times 10^{-5}$  dL/g e 0,7, respectivamente (7); e  $\overline{Mv}$  a massa molar viscosimétrica média (g/mol).

### 2.3.2 Análise por termogravimetria (TGA)

As análises termogravimétricas foram executadas em instrumento da marca TA *Instruments*, modelo TGA Q50, em atmosfera de N<sub>2</sub> (90 mL/min.). O aquecimento para avaliação do processo de degradação térmica foi feito em intervalo de temperaturas de 30 a 750 °C, sob taxa de aquecimento de 20 °C/min. Para avaliação da temperatura na qual ocorre a taxa máxima de decomposição, foi utilizada a DTG (derivada primeira da termogravimetria).

### 2.3.3 Calorimetria exploratória diferencial (DSC)

As análises das amostras de PEAD por DSC foram conduzidas em equipamento da marca TA *Instruments*, modelo Q20. Na primeira varredura, as amostras foram aquecidas de 30 a 180 °C e mantidas nessa temperatura por 1 minuto. Na segunda varredura, foram resfriadas até 30 °C e mantidas em isoterma por 1 minuto. Por último, foram novamente aquecidas até 180 °C, completando a terceira

varredura. A taxa de aquecimento/resfriamento do polímero foi de 10 °C/min, em atmosfera de N<sub>2</sub> com fluxo de 50 mL/min.

Foi determinado o grau de cristalinidade ( $X_c$ ) das amostras analisadas, a partir da Equação B:

$$X_c = [\Delta H_f / \Delta H_f^0] \times 100 \quad (B)$$

na qual  $X_c$  é o índice de cristalinidade (em %);  $\Delta H_f$  é a entalpia de fusão da amostra; e  $\Delta H_f^0$  é a entalpia de fusão do polímero hipoteticamente 100% cristalino. Para  $\Delta H_f^0$ , foi utilizado o valor de 290 J/g (9).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos na análise por DSV são apresentados na Tab. 2, incluindo os valores de  $\overline{M}_v$ , calculados a partir da Eq. (A). É possível observar que, após múltiplas extrusões, todas as amostras, quando comparadas ao PEAD\_Virgem, apresentaram redução da  $[\eta]$  e, conseqüentemente, da  $\overline{M}_v$ , possivelmente, devido à termooxidação mecânica causada por exposição às altas temperaturas do processamento, presença de oxigênio (O<sub>2</sub>), somados às altas taxas de cisalhamento (6,10,11).

Tabela 2: valores de  $[\eta]$  e  $\overline{M}_v$  para as diferentes amostras de PEAD.

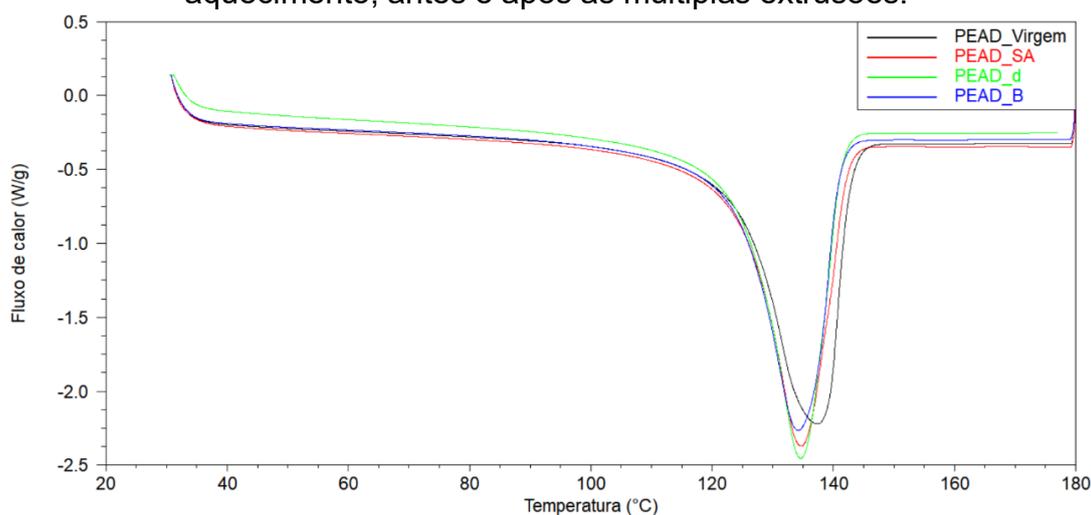
Amostra	$[\eta]$ (dL/g)	$\overline{M}_v$ (g/mol)
PEAD_Virgem	1,4797	66.800
PEAD_SA	1,4146	62.700
PEAD_d	1,2994	55.500
PEAD_B	1,3720	60.000

A redução de  $\overline{M}_v$  foi mais acentuada para as amostras de PEAD oxibiodegradáveis. O PEAD\_d apresentou redução de 16,9%, enquanto para o PEAD\_B, foi de 10,2%. Para o PEAD\_SA a redução foi de apenas 6,1%. Dessa forma, é possível observar que, conforme esperado, os aditivos pró-oxidantes utilizados favoreceram uma maior taxa de degradação térmica oxidativa do PEAD. Considerando as concentrações utilizadas, o d2w<sup>TM</sup> apresentou maior efetividade. Considerando a análise apenas desses resultados, é possível inferir que o PEAD, com ou sem aditivos, ainda apresenta elevada massa molar após múltiplas extrusões indicando que ele poderá ser utilizado na manufatura de produtos reciclados. Mas, se

torna evidente, que outras propriedades precisam ser consideradas e avaliadas, principalmente óticas, uma vez que a redução da massa molar é acompanhada pelo incremento de grupos funcionais oxigenados (contendo carbonilas) e insaturações, que levam ao amarelamento do material (12).

A Fig. 3 apresenta os termogramas de DSC das amostras avaliadas, referentes ao segundo aquecimento. É possível observar que todas as amostras expostas a múltiplas extrusões apresentaram deslocamento da curva do evento endotérmico, referente à fusão, para a esquerda, ou seja, temperaturas menores, quando comparadas ao PEAD\_Virgem. A fusão de cristalitos menores formados por macromoléculas com menor tamanho de cadeia pode reduzir a temperatura do pico de fusão (9). Essas alterações são coerentes com a redução de  $\overline{M}_v$  observada para as amostras após múltiplas extrusões.

Figura 3: termogramas de DSC das amostras de PEAD, referente ao segundo aquecimento, antes e após as múltiplas extrusões.



Os valores da temperatura de fusão ( $T_f$ ) e entalpia de fusão ( $\Delta H_f$ ) foram extraídos do termograma de DSC para o segundo aquecimento, que desconsidera o histórico térmico do PEAD. Utilizando-se a Eq. B, foi possível determinar o grau de cristalinidade ( $X_c$ ). Todos os resultados são apresentados na Tab. 3.

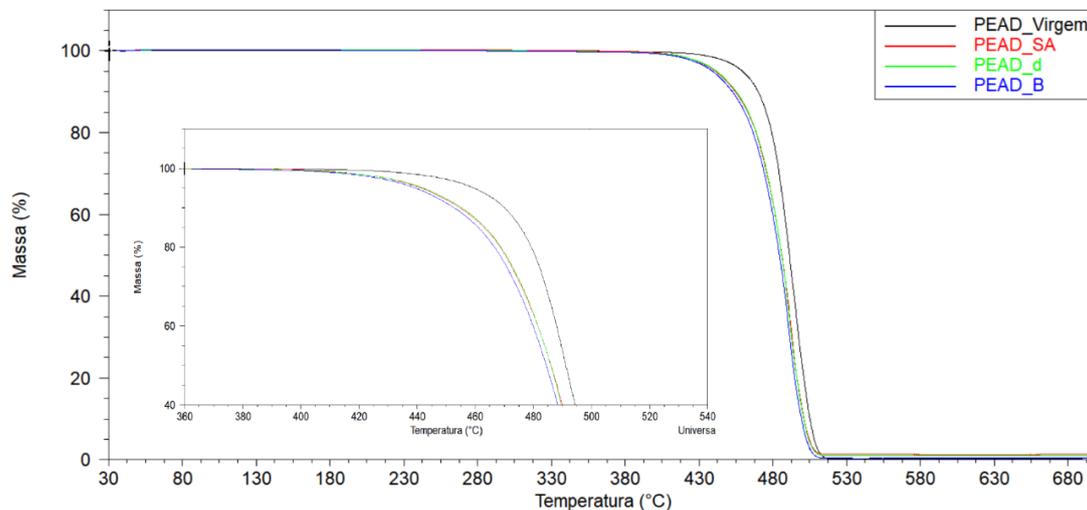
Tabela 3: valores de  $T_f$ ,  $\Delta H_f$  e  $X_c$  das amostras de PEAD.

Amostra	$T_f$ (°C)	$\Delta H_f$ (J/g)	$X_c$ (%)
PEAD_Virgem	137,4	159,9	55,1
PEAD_SA	134,7	154,1	53,1
PEAD_d	134,6	153,9	53,1
PEAD_B	134,2	149,7	51,6

Os valores apenas corroboram o deslocamento das curvas mencionado anteriormente. Enquanto o PEAD\_Virgem apresentou  $T_f$  igual a 137,4 °C, todas as demais apresentaram valores abaixo de 135 °C. Os valores, no entanto, tanto para o PEAD\_SA quanto para os dois tipos de PEAD oxibiodegradáveis são muito próximos, indicando que as múltiplas extrusões afetaram, semelhantemente, todas as amostras. Foi possível verificar uma pequena redução do  $X_c$ , que pode ser devido à inserção de grupos funcionais oxigenados no PEAD\_SA e PEAD\_d (9,13). Para o PEAD\_B, a redução mais evidente pode ser devida à presença da benzoína, que possui em sua estrutura dois anéis aromáticos que podem dificultar a cristalização.

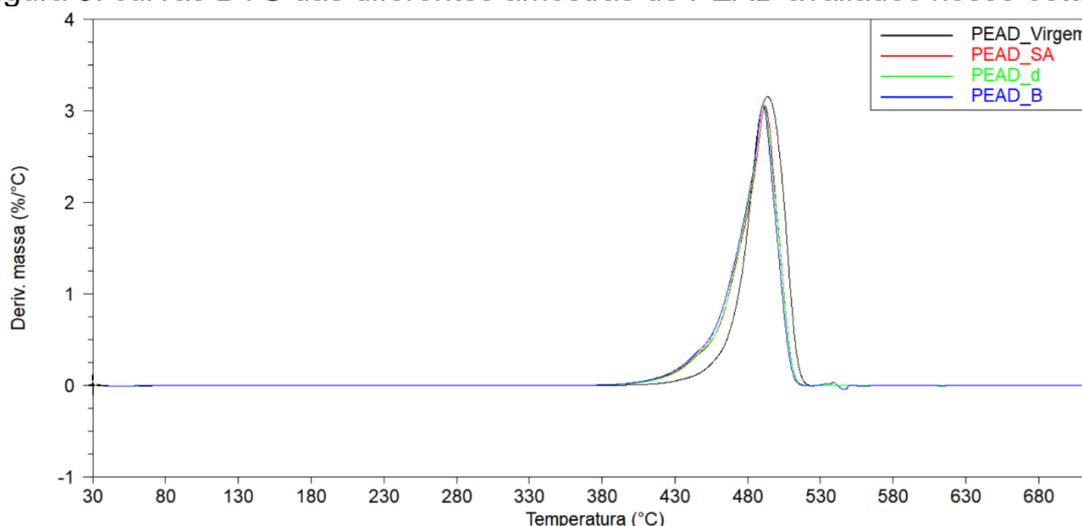
A Fig. 4 apresenta as curvas TG antes e após os múltiplos processamentos. É possível observar que todas as amostras perdem estabilidade térmica, se comparadas ao PEAD\_Virgem. Há um deslocamento das curvas para temperaturas menores, indicando que a perda de massa durante o aquecimento ocorre de forma mais facilitada após as múltiplas extrusões. No entanto, o processo de degradação térmica continua ocorrendo em evento único.

Figura 4: curvas TG das diferentes amostras de PEAD avaliados nesse estudo.



A Fig. 5 apresenta as curvas DTG, antes e após os múltiplos processamentos, que apenas confirmam a perda de estabilidade térmica do PEAD após 6 ciclos de processamento. De igual maneira, é possível observar que a formação do pico referente ao processo de degradação do PEAD\_SA, PEAD\_d e PEAD\_B se inicia em temperaturas menores, tal como a temperatura do pico na qual se observa a maior taxa de degradação, que também apresenta valores inferiores, comparado ao PEAD\_Virgem, evidenciando que todos sofreram termooxidação mecânica (9).

Figura 5: curvas DTG das diferentes amostras de PEAD avaliados nesse estudo.



Os valores numéricos extraídos das curvas TG e DTG são apresentados na Tab. 4. Os valores corroboram a perda de estabilidade térmica para todas as amostras de PEAD extrusado múltiplas vezes. Para  $T_{10\%}$ , por exemplo, é possível observar um decréscimo superior a 15 °C para as amostras PEAD\_SA, PEAD\_d e PEAD\_B, quando comparadas ao PEAD\_Virgem. Isso indica a presença de moléculas de menor tamanho que, expostas ao aquecimento, se degradam mais facilmente. Os resultados são coerentes com a redução de  $\overline{M}_v$ . No entanto, ainda que a redução de  $\overline{M}_v$  tenha sido mais evidente para o PEAD\_d e PEAD\_B, as propriedades térmicas são semelhantes às do PEAD\_SA, indicando que, considerando as propriedades avaliadas neste trabalho, a presença dos aditivos pró-oxidantes do PEAD, nos percentuais ora utilizados, pouco afetam a sua reciclabilidade.

Tabela 4: valores de  $T_{10\%}$ ,  $T_{onset}$  e  $T_{máx}$ , obtidos a partir das curvas TG e DTG das amostras avaliadas após múltiplas extrusões.

Amostra	$T_{10\%}$ (°C)	$T_{onset}$ (°C)	$T_{máx}$ (°C)
PEAD_Virgem	470,0	475,9	493,8
PEAD_SA	454,7	471,7	492,1
PEAD_d	455,2	471,3	490,9
PEAD_B	452,6	470,3	490,5

#### 4. CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos nesse trabalho, foi possível verificar que todas as amostras de PEAD sofreram degradação termooxidativa mecânica após múltiplas extrusões, com redução de  $\overline{M}_v$ , facilmente determinada a partir da viscosimetria de soluções diluídas (VSD). O processo de degradação é mais acentuado para as

amostras contendo os diferentes aditivos pró-oxidantes que, conseqüentemente, apresentaram redução mais evidente.

A redução da  $\overline{M}_v$  levou à perda de propriedades térmicas, reduzindo a temperatura de fusão do PEAD após os múltiplos processamentos, com ou sem aditivos pró-oxidantes, conforme resultados das análises de DSC. Além disso, houve perda de estabilidade térmica de todas as amostras reprocessadas, conforme TGA. Com relação a esses resultados, foi possível observar que as alterações são semelhantes para o PEAD com ou sem aditivos pró-oxidantes.

Dessa forma, fica evidenciado que, considerando-se os parâmetros avaliados nesse trabalho, os dois diferentes tipos de PEAD oxibiodegradáveis poderão ser reciclados, especialmente, se utilizados na manufatura de itens de uso único (como sacolas) e, principalmente, a partir da mistura com PEAD virgem.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e à CAPES-PROEX (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Programa de Excelência Acadêmica) pelo suporte financeiro. Ao Núcleo de Sustentabilidade da UFRGS, pela infraestrutura e suporte técnico na execução do experimento.

## **REFERÊNCIAS**

- (1) HOSEINI, M.; BOND, T. Predicting the global environmental distribution of plastic polymers. ENVIRONMENTAL POLLUTION, v. 300, p. 118966, 2022. doi.org/10.1016/j.envpol.2022.118966
- (2) TEKMAN, M.B.; WALTHER, B.A.; PETER, C.; GUTOW, L.; BERGMANN, M. Impacts of plastic pollution in the oceans on marine species, biodiversity and ecosystems. WWF GERMANY, BERLIN, p. 1-221, 2022. doi.org/10.5281/zenodo.5898684
- (3) PABLOS, J.L.; ABRUSCI, C.; MARÍN, I.; LÓPEZ-MARÍN, J.; CATALINA, F.; ESPÍ, E.; CORRALES, T. Photodegradation of polyethylenes: comparative effect of Fe and Ca-stearates as pro-oxidant. POLYMER DEGRADATION AND STABILITY, v. 95, p. 2057-2064, 2010. doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2010.07.003
- (4) SUZUKI, G.; UCHIDA, N.; TUYEN, L.H.; TANAKA, K.; MATSUKAMI, H.; KUNISUE, T.; TAKAHASHI, S.; VIET, P. H.; KURAMOCHI, H. Mechanical recycling of plastic waste as a point source of microplastic pollution. ENVIRONMENTAL POLLUTION, v. 303, p. 119114, 2022. doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119114

- (5) BRANDÃO, J.A.O. Avaliação da degradação abiótica de filmes de PEAB/PEBD processados com aditivos pró-degradantes. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Materiais) – Escola de Engenharia, UFRGS, Porto Alegre, 2021. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/223565>
- (6) BRANDÃO, J.A.O.; MORISSO, F.P.; FRANCISQUETTI, E.L.; SANTANA, R.M.C. Structural changes of polyethylene in blown films with different pro-oxidants. POLÍMEROS, Vol. 31, e2021029, 2021. doi.org/10.1590/0104-1428.20210058
- (7) BRANDÃO, J.A.O.; MORISSO, F.P.; FRANCISQUETTI, E.L.; SANTANA, R.M.C. Influence of the nature of pro-oxidants on the photooxidation of polyethylene blown films. HELIYON, Vol. 8, e10217, 2022. doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10217
- (8) BRANDÃO, J.A.O.; MARTIN, P.T.; MORISSO, F.P.; FRANCISQUETTI, E.L.; SANTANA, R.M.C. Characterization of the abiotic degradation of oxo-biodegradable polypropylene obtained from transition metal-free pro-oxidant. POLYMER DEGRADATION AND STABILITY, Vol. 223, 110741, 2024. doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2024.110741
- (9) CUADRI, A.A.; MARTÍN-ALFONSO, J.E. The effect of thermal and thermo-oxidative degradation conditions on rheological, Chemical and thermal Properties of HDPE. POLYMER DEGRADATION AND STABILITY, v. 141, p. 11-18, 2017. doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2017.05.005
- (10) GARDETTE, M.; PERTHUE, A.; GARDETTE, J.-L.; JANECSKA, T.; FÖLDES, E.; PUKÁNSZKY, B.; THERIAS, S. Photo- and thermal-oxidation of polyethylene: comparison of mechanism and influence of unsaturation content. POLYMER DEGRADATION AND STABILITY, Vol. 98, p. 2383-2390, 2013. doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2013.07.017
- (11) FELGEL-FARNHOLZ, A.; SCHWEIGHUBER, A.; KLAMPFL, C.W.; FISCHER, J. Comparative study on the degradation of HDPE, LLDPE and LDPE during multiple extrusions. POLYMER DEGRADATION AND STABILITY, v. 216, 110486, 2023. doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2023.110486
- (12) MENDES, A.A.; CUNHA, A.M.; BERNARDO, C.A. Study of the degradation mechanisms de polyethylene during reprocessing. POLYMER DEGRADATION AND STABILITY, v. 96, p. 1125-1133, 2011. doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2011.02.015
- (13) CAMACHO, W.; KARLSSON, S. Assessment of thermal and thermo-oxidative stability of multi-extruded recycled PP, HDPE and a blend thereof. POLYMER DEGRADATION AND STABILITY, v. 78, p. 385-391, 2002. doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2017.05.005

## EVALUATION OF THE RECYCLABILITY OF TWO DIFFERENT TYPES OF OXO-BIODEGRADABLE PEAD BY DILUTE SOLUTION VISCOMETRY

### ABSTRACT

Oxo-biodegradable polymers are polyolefins processed with pro-oxidant additives, which favor their thermal oxidation and photooxidation. However, the use of these additives can interfere with the mechanical recycling process of these polymers, since they are exposed to high temperatures during reprocessing. High-density polyethylene (HDPE) is currently one of the most widely used polymers in the world, given its versatility, and is therefore present in large quantities in the polymer waste that accumulates around the world. In this work, two different types of oxo-biodegradable HDPE were obtained, the first from processing with 1% d2w<sup>TM</sup> additive and the second from processing with 0.25% benzoin. They were exposed to multiple processing cycles to assess recyclability and were characterized by dilute solution viscometry, DSC and TGA. When compared to virgin HDPE, few changes were observed, suggesting that recycling is viable.

Keywords: HDPE, prooxidants, thermal oxidation, dilute solution viscometry, recyclability.