

CARACTERIZAÇÃO DE POLÍMEROS RECICLADOS A PARTIR DE CARÇAÇAS DE MONITORES CRT EM RELAÇÃO AO ANO DE FABRICAÇÃO

Adjanara P. Gabriel^{1*}, Ruth M. C. Santana¹, Hugo M. Veit¹

Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves, 9500 - Setor 4 - Prédio 74 - Sala 103. Bairro Aeronômica. Campus do Vale - Porto Alegre/RS. CEP 91501-970

¹Departamento de Engenharia de Materiais – PPGE3M – UFRGS – RS (*dijapg@hotmail.com)

Resumo

A quantidade de resíduos eletroeletrônicos, como monitores, celulares, entre outros, está crescendo rapidamente. Os monitores do tipo CRT (tubos de raios catódicos), são compostos por materiais poliméricos, metálicos e cerâmicos, onde encontram-se materiais com valor econômico e também alguns materiais tóxicos. Visando caracterizar e reciclar a parte polimérica desses monitores, foram coletados monitores obsoletos ou danificados, da mesma marca, porém com diferentes anos de fabricação a fim de verificar o comportamento de polímeros mais antigos e mais novos frente ao processo de reciclagem. As carcaças foram recicladas mecanicamente e os corpos de provas foram caracterizados fisicamente e mecanicamente. Foram realizadas análises de FT-IR para comprovar que, independente do ano de fabricação, as carcaças possuíam o mesmo material na sua composição. Também foram realizados ensaios de impacto e tração, onde obteve-se resultados similares, novamente confirmando que o ano de fabricação não interferiu na qualidade do polímero reciclado. Em seguida foi realizado ensaio de TGA, onde foi possível verificar a temperatura de degradação do polímero reciclado através dos picos presentes nos gráficos.

Palavras-chave: *Reciclagem Mecânica, monitores CRTs.*

Introdução

O ciclo de vida dos equipamentos eletroeletrônicos tem diminuído consideravelmente. Atualmente, a vida útil de um computador está no intervalo de dois a três anos. Algumas das razões desta diminuição é a rápida evolução das tecnologias, diminuição dos preços e o forte apelo ao consumo, ocasionando a diminuição dos ciclos de vida dos produtos. Lixo eletrônico ou sucatas eletrônicas são os termos usados para descrever aparelhos eletroeletrônicos velhos, danificados ou obsoletos que tenham sido descartados por seus usuários. Além de vidro, metais base e polímeros, os resíduos eletrônicos podem conter metais preciosos como ouro e prata que poderiam ser recuperados pelo seu valor potencial. Um dos tipos de resíduos que fazem parte das sucatas eletrônicas são os monitores do tipo CRT (tubos de raios catódicos). Estes monitores podem conter contaminantes como chumbo, cádmio, mercúrio e retardantes de chama bromados, todos com alto potencial poluidor para o meio ambiente (1).

Além da necessidade de repensar o consumo e a forma de produção desses equipamentos, a reciclagem dos materiais aparece como uma saída ambientalmente possível. Grande parte dos componentes de computadores e outros eletrônicos, a princípio, podem ser reciclados abrangendo inclusive os materiais tóxicos (2). A reciclagem dos materiais desses equipamentos envolve uma ampla gama de técnicas e processos, visando diferentes materiais (diferentes metais e diferentes tipos de polímeros) (3, 4).

Com relação ao polímero utilizado para fabricação de eletroeletrônicos (monitores, teclados, carcaças, entre outros), o ABS é um dos polímeros mais utilizados (5).

Independente do tipo de polímero, a reciclagem mecânica ainda é a mais utilizada no Brasil e consiste no uso de polímeros pós-consumo que são submetidos a processos que podem incluir alguns ou todos os seguintes passos: moagem, lavagem, secagem, reafiação (flocos) ou aglutinação e reprocessamento. Além da possível degradação devido ao tempo de vida útil, esta sequência de processos também pode provocar a degradação do material, por exemplo, reduzir o seu peso molecular uma vez que as cadeias poliméricas são submetidas a temperaturas elevadas, a tensões mecânicas, a luz, entre outros (6).

Este trabalho está focado na caracterização e na reciclagem de carcaças poliméricas provenientes de monitores do tipo CRT, danificados e/ou obsoletos, avaliando especialmente a influência da idade dos monitores no tipo de polímero utilizado nas propriedades do polímero reciclado.

Parte Experimental

Inicialmente foram coletados em assistências técnicas diversos monitores CRT, danificados ou obsoletos, da mesma marca, com diferentes cores e anos de fabricação. Em seguida foram separados por ano de fabricação e divididos em dois grupos: anteriores e posteriores ao ano de 2002, conforme Tabela 1. Para o grupo de monitores anteriores ao ano de 2002, foram utilizados 3 monitores, todos de cor bege. Para os monitores posteriores ao ano de 2002, foram utilizados 2 monitores, sendo um cinza e outro bege.

Tabela 1: Monitores coletados divididos por seus respectivos anos de fabricação.

Amostra	1	2
Ano de fabricação	< 2002	> 2002
Quantidade de Monitores	3	2

Na sequência os monitores foram desmontados, para separar as carcaças poliméricas, e seus componentes foram pesados. Na parte interna das carcaças dos monitores encontrou-se o símbolo ABS (Acrilonitrila – Butadieno – Estireno) gravado em alto relevo, indicando a sua composição. Porém, para comprovar realmente a sua composição foram realizados ensaios de FT-IR. Após, as carcaças foram moídas em moinhos de martelos e facas até obter granulometrias inferiores a 8mm, e em seguida o material foi injetado, numa injetora da marca Battenfeld, com temperatura de 200°C, pressão de 50 Bar de acordo com a norma ASTM D638-08. A Figura 1 apresenta imagens do material cominuído e dos corpos de prova injetados. Com os corpos de prova foram realizados os ensaios de impacto, pelo método Izod (ASTM D-256-06), e tração (ASTM D-638). Em seguida foi realizado análise de TGA.

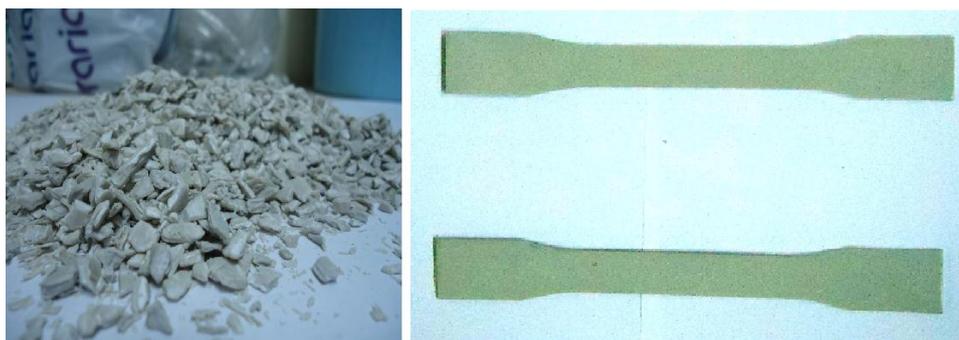


Figura 1: Imagem do material moído e do corpo de prova injetado.

Resultados e Discussão

A desmontagem dos monitores e a pesagem dos seus componentes mostrou que 20%, em média, da massa de um monitor é a carcaça polimérica. Considerando que a massa média de um monitor é de 10kg, verifica-se que este tipo de resíduo é uma fonte secundária interessante de material polimérico.

Os resultados obtidos no ensaio de Infravermelho (Figura 2) comprovaram que as carcaças dos monitores são compostas por ABS, não importando o ano de fabricação, além de certificar que o símbolo gravado nas carcaças está correto. Davis et al., (7) estudaram o efeito do intemperismo no ABS utilizando a análise espectroscópica e concluíram que, mesmo o ABS estando exposto a intempéries, não haveria variações no resultado do ensaio de FTIR.

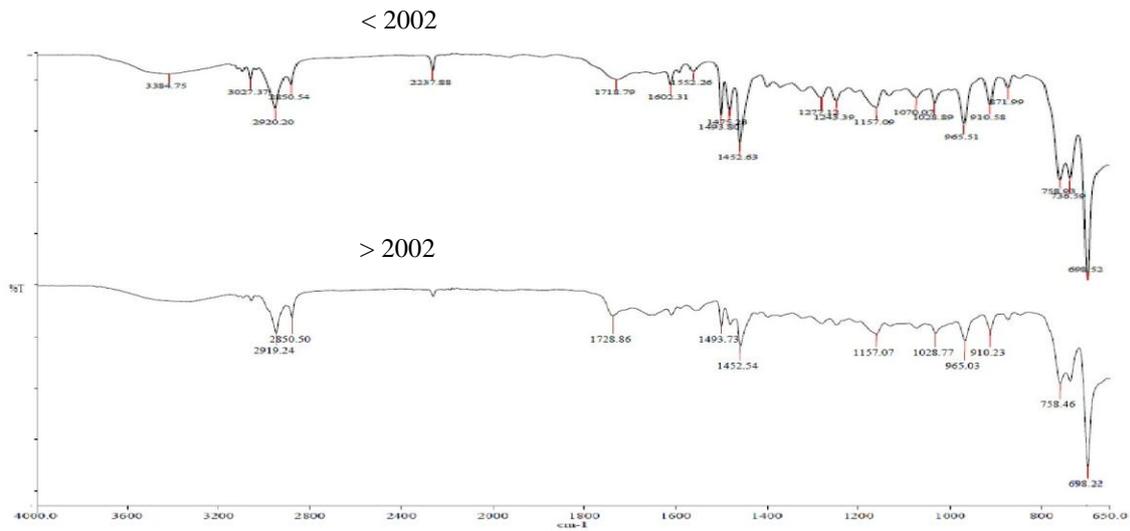


Figura 2: Espectro de FTIR das amostras avaliadas.

No ensaio de impacto foi possível verificar pequena diferença nos resultados (Fig. 3), onde mostra que o ano de fabricação não interferiu no resultado final. Brennan et al., (5) diz que a resistência ao impacto do ABS pode diminuir significativamente após a reciclagem. Uma redução seria devido aos efeitos da injeção, que poderia causar degradação do polímero, diminuindo a capacidade de resistir a cargas de impacto súbitas.

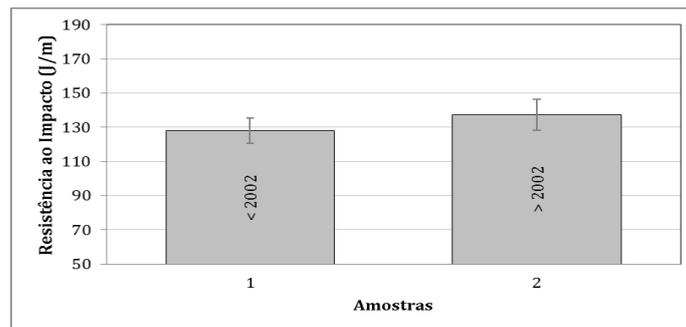


Figura 3: Resultado do ensaio de Impacto.

Na Tabela 2 pode ser observado os resultados do ensaio de tração, onde percebe-se que as amostras mais novas possuem um valor mais baixo de tensão de ruptura. Porém, essa diferença foi pouco significativa. Uma diferença poderia ocorrer devido a uma variação na composição da carcaça com relação a cargas e aditivos. Scaffaro et al., (8) estudou as propriedades mecânicas do ABS puro e constatou que o módulo de elasticidade teve o resultado sensivelmente afetado devido aos ciclos de reprocessamento. Uma leve diminuição dos resultados do ensaio de tração também podem ser explicadas considerando que as propriedades mecânicas do ABS são influenciadas pela quantidade da fase de butadieno no copolímero.

Tabela 2: Resultados obtidos nos ensaios de Tração

Amostra	$T_{ruptura}$ (MPa)	$\epsilon_{ruptura}$ (mm/mm)	Módulo (MPa)
< 2002	$36,14 \pm 0,7$	$0,03 \pm 0,007$	1565 ± 16
> 2002	$35,63 \pm 0,7$	$0,04 \pm 0,02$	1526 ± 16

No ensaio de TGA foi possível verificar que entre as amostras, houve uma pequena variação no teor dos componentes, tanto no material polimérico como nas cargas inorgânicas e/ou aditivos que podem estar influenciando na maior estabilidade térmica entre as amostras. Yang et al., (9) estudou que a degradação dos componentes do ABS inicia-se a 340°C com o butadieno e a 350°C com o estireno. Nos resultados obtidos neste trabalho, pode-se perceber que o primeiro pico de degradação ocorreu entre 332°C e 356°C, coincidindo com o início da degradação do butadieno. Na Tab. 3 podemos visualizar com detalhes os resultados obtidos.

Tabela 3: Resumo das propriedades encontradas no ensaio de TGA.

Amostras	TG			DTG	
	% M1	%M2	Resíduo	T p1(°C)	T p2(°C)
< 2002	25,98	66,76	6,45	343,7	429,8
> 2002	24,09	69,14	6,75	332,5	429,8

Conclusão

Os resultados das análises de Infravermelho levaram a conclusão de que os materiais presentes na produção de carcaças de monitores são essencialmente o ABS (acrilonitrila butadieno estireno) independente do ano de fabricação.

No ensaio de impacto ocorreram pequenas variações que podem ser atribuídas a formulações levemente diferenciadas em relação a cargas e aditivos

Com relação ao ensaio de tração foi possível analisar a deformação e as tensões máximas suportadas pelo material reciclado. No ensaio de tração também foi possível perceber que o ano de fabricação não teve influência no resultado final.

No ensaio de TGA foi possível verificar a temperatura de degradação do material onde houve uma pequena variação no teor dos componentes, tanto no material polimérico como nas cargas e/ou aditivos.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Cnpq e Capes.

Referências

1. A.P. Gabriel, H.M. Veit, R.M.C. Santana em Anais do VIII Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental, Porto Alegre, 2012, v1, 1-10.
2. M. Macauley, K. Palmer, J.S. Shih. Journal of Environmental Management, 2003, 68, 13–22.
3. A.V. Schaik, M.A. Reuter. Minerals Engineering 2010, 23, 192–210.
4. P. Gramatyka, R. Nowosielski, P. Sakiewicz. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, 2007, 20, 1-2.
5. L.B. Brennan, D.H. Isaac, J.C. Arnold. Journal of Applied Polymer Science. 2002, 86, 572–578.
6. R.C. Santana, S. Manrich. Progress in Rubber, Plastics and Recycling Technology. 2002, 18, 99-110.
7. P. Davis, B.E. Tiganis, L.S. Burn. Polymer Degradation and Stability, 2004, 84, p 233-242.
8. R. Scaffaro, L. Botta, G. Di Benedetto. European Polymer Journal 2012, 48, 637–648.
9. S. Yang, J. Castilleja, E. Barrerab, K. Lozano. Polymer Degradation and Stability 2004, 83, 383-388.