



CARACTERIZAÇÃO DE POLÍMEROS PRESENTES EM RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS: ESTUDO DE CASO COM CARÇAÇAS DE TELEFONES CELULARES

Nicole Martins¹ (nicole.martins@hotmail.com), Tatiana Louise Ávila de Campos Rocha², (tlavila@unisinis.br), Michele Friedrich Figueiró³ (mfriedrichfigueiro@gmail.com), Pedro Gabriel Bueno César⁴ (pedrocesar06@hotmail.com), Katia Ocanha⁵ (katia.ocanha@hotmail.com), Carlos A. M. Moraes⁶ (cmoraes@unisinis.br)

1, 2, 3, 4, 5 e 6 UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS

RESUMO

Vive-se em uma era tecnológica, onde há mais de uma década o uso de dispositivos eletrônicos vem crescendo, havendo uma aceleração na produção destes equipamentos. A cada ano, enormes quantidades de aparelhos de telefones celulares são desativados, seja por defeitos ou por obsolescência tecnológica. Estes aparelhos, se descartados incorretamente, acabam por ocasionar impactos ambientais e econômicos negativos. Considerando que a parte polimérica do telefone celular pode representar de 20 a 45% da composição total, é objetivo deste trabalho caracterizar esse material para em uma próxima etapa avaliar a viabilidade de reutilização adequada.

Palavras-chave: Telefones celulares; polímeros; caracterização; reutilização.

CHARACTERIZATION OF POLYMERS FROM ELETROELECTRONIC EQUIPMENT WASTE: A STUDY WITH MOBILE PHONES CASES

ABSTRACT

We live in a technological age, where for more than a decade the use of electronic devices is growing, there was an acceleration in the production of these devices. Every year, huge quantities of mobile phone devices are disabled, by either defects or technological obsolescence. These devices if disposed improperly end up causing negative environmental and economic impacts. Seeing the polymeric portion of the cell phone can represent from 20 to 45 % of the total composition, the aim of this work was to characterize the material for in a next step it will be analysed the feasibility of a proper reuse.

Keywords: Mobile phones; polymers; characterization; reuse.

1. INTRODUÇÃO

Há mais de uma década o uso de dispositivos eletrônicos vem crescendo, havendo uma aceleração na produção destes equipamentos. Antigamente ter um computador em casa era privilégio de poucos, hoje em dia é algo comum, muitas vezes as pessoas têm um computador para uso domiciliar e outro para uso profissional. Inicialmente o acúmulo de resíduos eletrônicos não representava um problema, porém com o crescimento exponencial deste tipo de equipamento

Realização



Apoio Acadêmico

ESCOLA
Politécnica





o acúmulo tem sido cada vez maior, não havendo espaço físico apropriado para armazenagem e nem condições adequadas para reciclagem de todo o material descartado.

A acelerada obsolescência dos equipamentos eletroeletrônicos tem-se destacado como um problema cada vez mais significativo. Tanto em países desenvolvidos, quanto naqueles em desenvolvimento, o descarte destes materiais representa o tipo de resíduo sólido que mais cresce no mundo.

Os Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) (celulares, computadores e afins) são compostos basicamente por materiais poliméricos e metálicos. Apresentam em sua constituição metais pesados e outros componentes que, ao serem descartados no solo e em aterros, podem causar danos graves ao meio ambiente e à saúde das pessoas. Quando o resíduo é depositado em aterros não controlados, há a possibilidade de ocorrer a lixiviação destes metais para o solo e para as águas subterrâneas e superficiais. A incineração destes materiais também não é aconselhada, pois leva à emissão de poluentes no ar.

Os materiais poliméricos que compõem teclados, mouses, monitores e CPUs são resinas termoplásticas, principalmente ABS (copolímero derivado dos três monômeros: acrilonitrila, butadieno e estireno). O ABS é uma resina que apresenta resistência química, alto brilho e boa relação custo-benefício, porém tem como desvantagens a inflamabilidade e a suscetibilidade à degradação termo e foto-oxidativa.

Os termoplásticos são polímeros que podem ser transformados, processados e reprocessados. Produtos gerados com a matéria-prima reciclada consomem 70% menos energia do que a produção de plásticos novos. O reaproveitamento pode ser feito através de reciclagem energética, reciclagem química ou reciclagem mecânica.

Na reciclagem energética, os resíduos plásticos são utilizados como combustível na geração de energia elétrica. O calor liberado com a incineração do plástico é similar ao liberado com a queima de óleo combustível (1 kg de plástico libera energia equivalente à queima de 1 kg de óleo combustível). Quando o plástico contém poluentes como metais pesados volatilizáveis e/ou halogênios, esse método de reciclagem não deve ser utilizado, pois compostos tóxicos poderão ser liberados na atmosfera.

Já na reciclagem química, o plástico é reprocessado por aquecimento, sendo obtidos monômeros ou hidrocarbonetos que serão utilizados novamente na indústria petroquímica para a produção de novos plásticos. O custo, para a realização deste tipo de reciclagem, é muito elevado, não sendo atrativo para as empresas. Os principais contaminantes do processo químico são tintas, papéis, colas e gorduras. Os processos para a reciclagem química são divididos basicamente em dois tipos: solvólise e termólise.

A reciclagem mecânica é a mais conhecida, principalmente por ter um baixo custo e gerar produtos com boa qualidade. É a técnica mais utilizada no Brasil. O processo consiste em transformar o plástico em grânulos que poderão ser reutilizados para a produção de outros produtos. A estrutura básica do processo de reciclagem passa pelas etapas de separação, moagem, lavagem, secagem, aglutinação e extrusão.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem por objetivo caracterizar as carcaças poliméricas de aparelhos de telefones celulares de diferentes mecânicas, modelos e datas de fabricação, e trazer subsídios para uma próxima etapa estudar a viabilidade de reutilização adequada.

Realização



Apoio Acadêmico

ESCOLA
Politécnica





2.2 Objetivos Específicos

Caracterizar os polímeros que compõem as carcaças dos aparelhos de telefones celulares, buscando alternativas para sua reciclagem.

Verificar a possibilidade de reutilização dos polímeros das carcaças de aparelhos de telefones celulares, através da realização de ensaios para avaliar suas características.

3. METODOLOGIA

O trabalho teve início com o desenvolvimento das seguintes etapas: coleta dos aparelhos de telefones celulares, desmontagem, classificação e pesagem, separação das carcaças poliméricas, cominuição e separação granulométrica.

3.1 Desmontagem, Classificação e Pesagem

O primeiro passo foi desmontar os aparelhos manualmente e assim, separar e classificar as peças por tipo de material (metal, polímero, placa de circuito integrado, display e outros). Após a desmontagem, os componentes de cada tipo de material especificado foram pesados. Como este estudo concentrou-se somente na caracterização da carcaça polimérica de aparelhos de telefones celulares, as mesmas foram separadas conforme a identificação do polímero gravada nas carcaças, e desta forma, foram separadas as amostras das quais possuíam uma blenda, que é uma mistura física, de PC/ABS. Após este procedimento, só as carcaças com esta nomeação (PC+ABS) foram pesadas novamente.

3.2 Cominuição

Após a caracterização inicial, as carcaças dos aparelhos de telefones celulares foram submetidas à trituração, ou seja, sofreram um processo de cominuição através do moinho de facas. Logo após, o material foi pesado, resultando cerca de 500g. Durante a cominuição, o material das diversas marcas e modelos foi misturado e homogeneizado. Este processo foi necessário para permitir a realização dos ensaios de calorimetria exploratória diferencial e análise termogravimétrica, onde o polímero se transformasse em partículas muito pequenas.

3.3 Comportamento Térmico

Na caracterização das carcaças poliméricas, foram utilizadas as técnicas de Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) e Análise Termogravimétrica (TGA), ambos os ensaios realizados em atmosfera de nitrogênio, com o equipamento SDT Q600 V20.9 Build 20.

3.4 Classificação Granulométrica

Após a moagem, o material cominuído das carcaças poliméricas passou por uma classificação granulométrica. Esta classificação foi realizada utilizando um separador granulométrico equipado com um conjunto de peneiras e um agitador de peneiras.

O procedimento de classificação constituiu em colocar cerca de 100g de material moído na peneira superior e deixar em agitação por 15 minutos. Este processo foi repetido mais quatro vezes, para totalizar a massa inicial do material moído (cerca de 500g). Decorrido este tempo, as frações do material retidos na peneira eram recolhidos. Para esta classificação, foram utilizadas seis peneiras de diâmetros diferentes: 4,75mm; 3,35mm; 1,70mm; 0,85mm; 0,60mm e 0,45mm.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir de uma campanha realizada na Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, em um período de três meses, para obter materiais eletroeletrônicos com o objetivo de iniciar este trabalho, foram coletados 41 aparelhos de telefones celulares de quatro mecânicas

Realização



Apoio Acadêmico

ESCOLA
Politécnica



laxis
Laboratório de Ambiente Construído
Inclusão e Sustentabilidade
FAU | CCS | FGA | UNB



diferentes (barra normal, flip, slide e touch), das marcas Samsung, Nokia, Siemens, Motorola, Sony e LG, de modelos diversificados e com o ano de fabricação entre 1995 a 2011.

Os polímeros encontrados nas amostras das carcaças de aparelhos de telefones celulares foram o policarbonato - PC e o acrilonitrilo-butadieno-estireno - ABS, que são termoplásticos, podendo ser transformados, processados e reprocessados. Como a maior parte das amostras coletadas era constituída por um mesmo material, uma blenda de PC+ABS (cerca de 95%), e por ser passível de reciclagem, decidiu-se trabalhar apenas com estas amostras. As amostras estudadas são apresentadas na figura 1.

Figura 1: (a) Aparelho de telefone celular inteiro, antes da desmontagem;
(b) Aparelho de telefone celular após a desmontagem.

(a) Aparelho de telefone celular inteiro, antes da desmontagem



(b) Aparelho de telefone celular após a desmontagem



Realização



Apoio Acadêmico

ESCOLA
Politécnica





Na figura 1(a), pode ser visto o aparelho de telefone celular da marca Siemens, modelo A50, ano 2002, que apresenta de uma forma global a presença de alguns tipos de materiais, não podendo ser identificado a sua classe e quantidade. Através da análise feita após a desmontagem do aparelho, que está mostrado na figura 1(b), pode-se observar a presença de diferentes materiais. Após a análise visual dos mesmos, é possível classificá-los em metais, polímeros, cerâmico, borracha, bateria e a placa de circuito integrado (PCI). Observa-se também que o tipo de metal e o tipo de polímero não são os mesmos em todas as peças, sendo necessária a devida caracterização para cada uma delas.

A pesagem de todos os modelos utilizados no trabalho, mostrou que a massa das carcaças poliméricas varia de 20 - 50% do total dos componentes do aparelho de telefone celular e, que durante a pesagem não foi observada uma relação direta entre o ano de fabricação nem do modelo com o percentual de massa das unidades.

Foi observado que o ABS e o PC estavam utilizados em uma forma única, ou seja, uma blenda PC/ABS nas carcaças de aparelhos de telefones celulares. Com base na literatura¹ observou-se que a partir dos valores da temperatura de transição vítrea (T_g) e da temperatura de fusão (T_m), é possível separar os dois polímeros por apresentarem uma grande diferença de temperatura, onde a T_g do PC é cerca de 145°C e a do ABS cerca de 105°C , tendo uma diferença de 40°C , e a T_m do PC é cerca de 265°C e a do ABS cerca de 175°C , tendo uma diferença de 90°C .

Após a cominuição, cerca de 500g de carcaças de aparelhos de telefones celulares passaram por uma classificação granulométrica. Neste processo, as amostras selecionadas para a realização dos ensaios de DSC e TGA foram as partículas correspondentes das peneiras de diâmetro de 0,60mm e de 0,85mm, obtendo-se assim, duas amostras de diâmetros distintos:

- Amostra 1 – para partículas entre 0,60mm a 0,85mm de diâmetro;
- Amostra 2 – para partículas entre 0,86mm a 1,70mm de diâmetro.

Figura 2: Frações obtidas após a separação granulométrica (a) Amostra 1 e (b) Amostra 2



Após a separação granulométrica, o comportamento térmico das diferentes frações foi avaliado, conforme apresentado na figura 3, para a fração de menor diâmetro. Pode-se notar claramente, observando a curva de perda de massa, que esse material apresenta apenas uma grande perda de massa significativa (75%), que ocorre por volta de $400\text{-}500^\circ\text{C}$, o que demonstra que a temperatura de decomposição térmica de ambos os materiais poliméricos envolvidos é muito próxima. Além disso, nota-se a presença de um resíduo em torno de 15% em massa, que é atribuído a cargas inorgânicas presentes na mistura.

Realização



Apoio Acadêmico

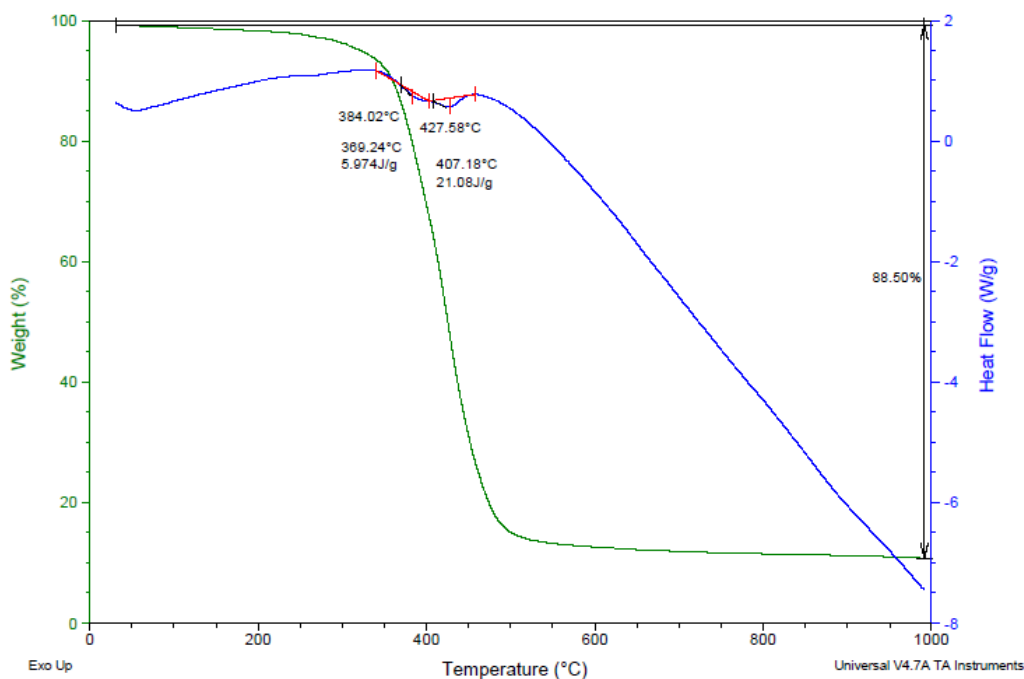
ESCOLA
Politécnica





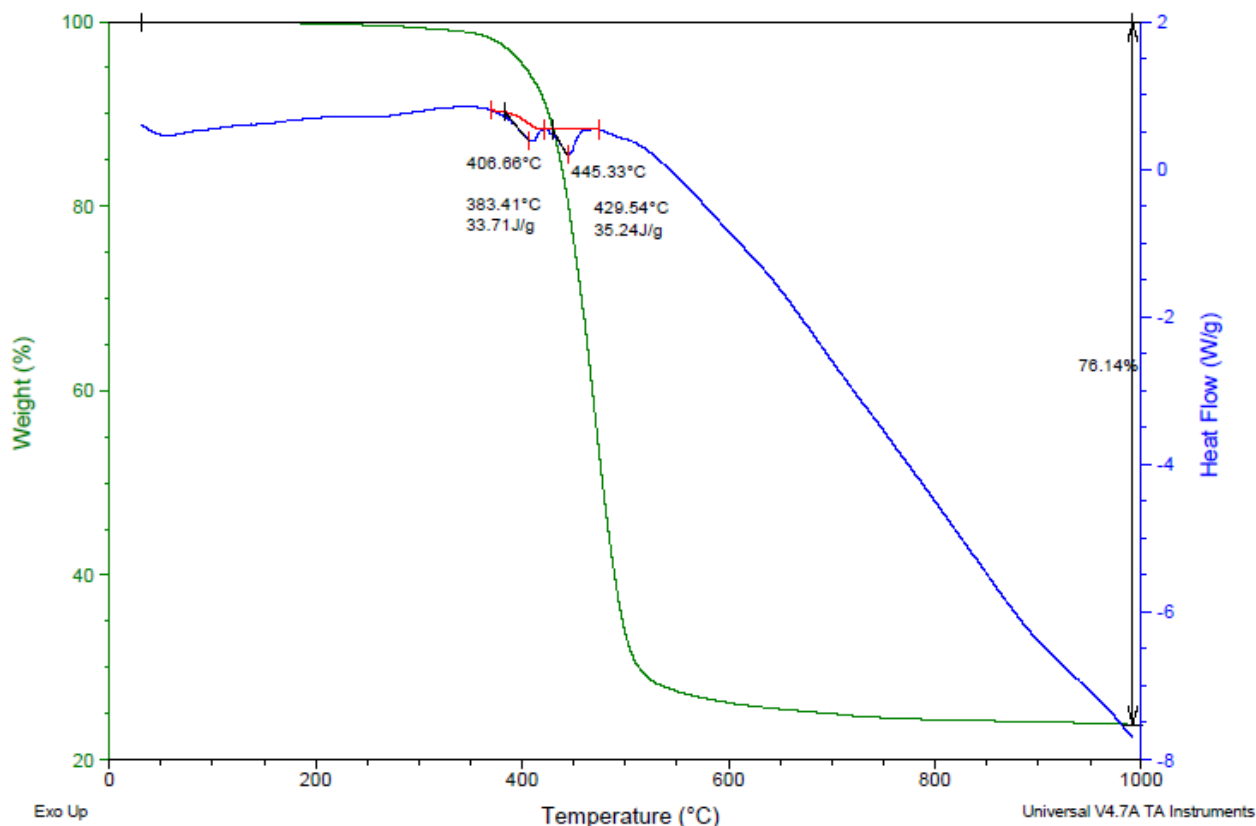
Ao se avaliar a curva de fluxo de calor, que pode ser lida na margem direita do gráfico, os picos de fusão dos materiais são muito próximos e se sobrepõem um ao outro na faixa de 380-430°C. Dessa forma, pode-se inferir que a separação térmica não seria possível de ser aplicada para esse tipo de resíduo.

Figura 3: Gráfico resultante do DSC-TGA das partículas cominuídas com diâmetro de 0,60mm a 0,85mm (amostra 1)



Considerando as amostras com partícula de granulometria maior, a análise térmica referente à figura 4 mostrou um comportamento semelhante ao que foi descrito para a figura 3, porém, neste gráfico pode-se notar a presença de dois picos de fusão, a 406°C e 445°C, indicando claramente a existência de dois tipos de materiais presentes nas carcaças. Porém, ainda assim, por serem temperaturas muito próximas, a separação térmica não seria a mais indicada.

Figura 4: Gráfico resultante do DSC-TGA das partículas cominuídas com diâmetro de 0,86mm a 1,70mm (amostra 2)



5. CONCLUSÃO

Concluída a etapa de comportamento térmico das amostras referentes a blenda PC+ABS de carcaças de aparelhos de telefones celulares estudadas, notou-se que tanto as partículas com diâmetro de 0,60mm a 0,85mm como a de 0,86mm a 1,70mm, possuem apenas uma perda de massa, não sendo possível a separação dos dois polímeros por fusão. Consta também uma perda única de material orgânico, comprovando mais uma vez que não será possível a separação dos resíduos.

Os tamanhos diferentes das partículas não influenciaram no resultado final, pois as duas situações indicam que a temperatura não é ideal, pois nota-se uma diferença muito grande da temperatura que é possível fazer a separação com a temperatura encontrada. A temperatura ideal para realizar a separação do PC é entre 145°C e 265°C e a do ABS entre 105°C e 175°C, observando uma diferença de mais de 120°C. O ideal neste caso é encontrar outros métodos de reutilização da blenda PC+ABS, como por exemplo, na carga parcial para a produção de outros aparelhos de telefones celulares, onde o mesmo já está em processo de pesquisas.

Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES e CNPq pelas bolsas de IC e mestrado dos pesquisadores.

REFERÊNCIAS

Realização



Apoio Acadêmico





BESELLI, Guilherme B. T. Caracterização dos polímeros presentes em telas de LCD de matriz ativa provenientes de aparelhos celulares. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIAS PARA O MEIO AMBIENTE. 3., 2012, Bento Gonçalves. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012. v.1, p. 1-8.

KASPER, Angela Cristina. Caracterização e processamento mecânico de placas de circuito impresso de telefones celulares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 26., 2011, Porto Alegre. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011. v.1, p. 1-8.

KASPER, Angela Cristina. Caracterização e Reciclagem de Materiais Presentes em Sucatas de Telefones Celulares. Porto Alegre. 105p., 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MONTEIRO, Marcos R. Characterization and recycling of polymeric components present in cell phones. J Polym Environ. V.15, p. 195–199, 2007.

[1] CÂNDIDO, Luis Henrique Alves. Estudo do ciclo de reciclagem de materiais em blendas acrilonitrila-butadieno-estireno/policarbonato. 129 p., 2011. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

TANSKANEN, Pia. Management and recycling of electronic waste. Elsevier. V. 61, p. 1001–1011, 2013.

WILLIAMS, Julie Ann Stuart. Plastic Separation Planning for End-of-Life Electronics. IEEE Transactions on electronics packaging manufacturing. V. 29, n. 2, 2006.

GERBASE, Annelise Engel; OLIVEIRA, Camila Reis de. Reciclagem do lixo de informática: uma oportunidade para a química. Instituto de Química - UFRGS, Porto Alegre, Quim. Nova, v. 35, n. 7, p. 1486-1492, 2012.

GEYER, Roland; BLASS, Vered Doctori. The economics of cell phone reuse and recycling. Int J Adv Manuf Technol. V. 47, p. 515–525, 2010.

Realização



Apoio Acadêmico

ESCOLA
Politécnica

