

CARACTERIZAÇÃO E PROCESSAMENTO DE TELAS DE LCD DE CELULARES VISANDO A RECICLAGEM

André Vicente Malheiros da Silveira, Miria da Silva Fuchs,
Lucas Meili, Daniel Assumpção Bertuol

¹ andrevicente_eq@hotmail.com

² miriafuchs@gmail.com

³ lucasmeili@ufsm.br

⁴ dbertuol@gmail.com

<http://dx.doi.org/10.5902/223611707314>

RESUMO

O grande desenvolvimento tecnológico faz com que haja um grande consumo de aparelhos eletrônicos, sendo os mesmos cada vez mais facilmente descartados por se tornarem obsoletos, muitas vezes sem um tratamento adequado, contaminando água, solo e o ar ao serem expostos ao meio ambiente. Entre os quais se encontram os telefones celulares, que possuem como um dos principais componentes a tela de LCD (*Liquid Crystal Display*). Estas telas consistem de multicamadas de diferentes materiais, alguns com alto valor agregado, como o óxido de índio e estanho (ITO). A presença de materiais nobres na composição deste tipo de resíduo torna a sua recuperação lucrativa. O objetivo deste trabalho é caracterizar e separar os diferentes materiais que compõe as telas de LCD de aparelhos celulares em desuso. Inicialmente, são separados manualmente os materiais que constituem as telas como adesivos, folhas difusivas, folhas refletivas, conectores, filme polarizador, estrutura plástica e painel de vidro com o ITO. O filme polarizador que fica aderido ao vidro foi removido através de um banho em solvente. Em seguida, foi realizada a cominuição da tela em moinho de facas, foram utilizadas telas contendo o filme polarizador e outras sem o filme, visando obter-se uma granulometria uniforme para a recuperação dos elementos presentes. Com estes procedimentos foi obtida a proporção em massa de cada material presente nas telas de LCD de celulares, assim como um material de baixa granulometria, adequado para ser submetido a processos hidrometalúrgicos.

Palavras chave: LCD, painel de ITO, caracterização, reciclagem.

ABSTRACT

The great technological development leads to a large consumption of electronic products. The electronics are increasingly becoming obsolete and faster discarded, often without adequate treatment, contaminating water, soil and air by being exposed to the environment. Among these products are the mobile phones which have as a major component the LCD panel (Liquid Crystal Display). The LCD panel consists of multilayers of different materials, some with high added value, such as indium tin oxide (ITO). The presence of noble materials in the composition of this type of residue makes its recovery profitable. The objective of this study is to characterize and separate the different materials that constitute the LCD panels of cell phones into disuse. Initially, the different materials that form the panels are manually separated such as adhesives, diffusive sheets, reflective sheets, connectors, polarizing film, plastic frame and the glass panel with ITO. The polarizing film that adheres to glass was removed through a bath of solvent. Then, we performed a milling of the screen in a knives mill. In this milling process were used screens containing polarizing film and screens without the film, in order to obtain a uniform particle size aiming the recovery of the elements present. With these procedures the mass ratio of each material present in the cellular LCD panels was obtained, as well as a material with low particle size, suitable to undergo to a hydrometallurgical processes.

Keywords: LCD, ITO glass, characterization, recycling.

INTRODUÇÃO

Devido ao grande consumo de aparelhos eletroeletrônicos, os mesmos são cada vez mais rapidamente descartados, pois a cada dia surgem novos modelos tornando obsoletos produtos adquiridos há pouco tempo. Estes resíduos apresentam uma grande quantidade de materiais que podem ser recuperados, evitando assim, o uso desnecessário de recursos naturais. Dentre estes aparelhos encontram-se os celulares, cuja reciclagem de seus componentes pode chegar até 80% [1]. No entanto, segundo dados de uma pesquisa realizada pela empresa Nokia no Brasil, somente 2% dos aparelhos são reciclados, enquanto que 32% dos aparelhos são guardados em casa, 29% são repassados para outras pessoas e outros 10% são descartados no lixo doméstico [2]. O descarte incorreto de telefones celulares faz com que grande parcela destes aparelhos acumule-se em aterros ou acabem sendo incinerados, liberando materiais tóxicos ao meio ambiente.

A produção de lixo eletroeletrônico cresce a uma velocidade de 3 a 5 vezes maior que o lixo urbano, de acordo com a revista Química Nova na Escola [3]. Segundo a Agência Americana de Proteção Ambiental EPA (*Environment Agency Protection*), um telefone móvel é mantido por usuário por cerca de 9 a 18 meses, e após este período é descartado, muitas vezes no lixo doméstico [4]. No Brasil, cerca de 10 a 20% dos celulares fabricados entram em inatividade a cada ano [5]. De acordo com a Anatel, em outubro de 2012, havia 131.7 linhas de telefonia móvel para cada 100 habitantes brasileiros.

Um dos principais constituintes de um celular, e de qualquer eletroeletrônico como televisores de alta definição, monitores, computadores portáteis, relógios digitais e leitores portáteis de CD, é a tela de LCD (*Liquid Crystal Display*). Estas telas consistem de multicamadas de materiais, entre as quais temos uma mistura de óxidos chamada ITO (óxido de estanho e índio), composta de 90% de óxido de índio e 10% de óxido de estanho [6], que reveste uma das camadas de vidro. Além do ITO, temos vidro e polímeros, na composição das telas de LCD, materiais que também podem ser recuperados.

O elemento índio é raro e dificilmente é encontrado na natureza na forma livre. A quantidade desse elemento disponível em telas de LCD é de 102 gramas/tonelada de telas de LCD [7], enquanto ao ser extraído de minérios, principalmente de zinco, resulta em uma quantidade de 10 a 20 gramas/tonelada de minério [8]. Acredita-se que em 2020 não teremos mais reservas desse metal na crosta terrestre [9], e ainda não foi encontrado um substituto com as mesmas características, como: baixo peso, baixo consumo de energia e alta definição de imagens. Dessa forma, torna-se necessário a recuperação deste, bem como dos diversos materiais que podem ser reaproveitados dos aparelhos eletroeletrônicos descartados. O presente trabalho tem como objetivo caracterizar os principais componentes de uma tela de LCD, separar esses diferentes materiais e cominuir o painel de ITO em moinho de facas, resultando em partículas de baixa granulometria, facilitando os processos posteriores para a recuperação do ITO e do vidro.

METODOLOGIA

Neste trabalho foram utilizados celulares de diferentes marcas e modelos que foram descartados nos últimos anos. Estes celulares foram obtidos juntamente a empresas de assistência técnica, os quais não seriam mais reaproveitados. Após a obtenção dos aparelhos, os mesmos foram desmembrados manualmente com a ajuda de chaves especiais para manutenção de aparelhos celulares, as principais partes obtidas estão representadas abaixo (figura 1).

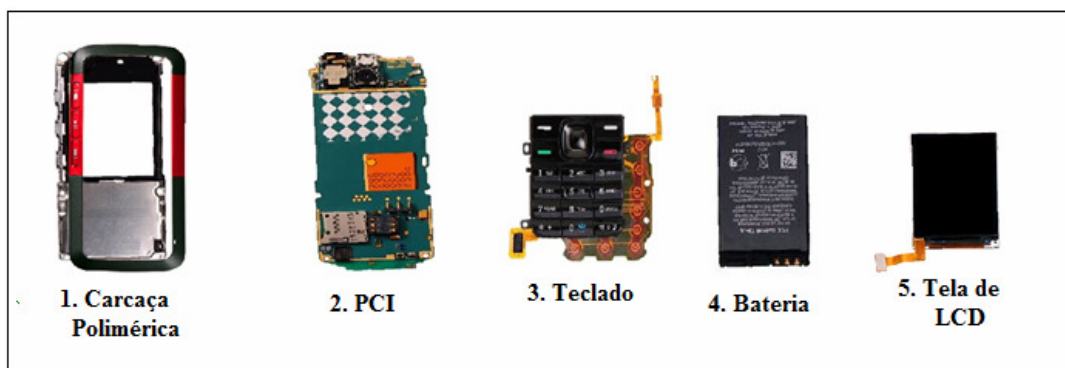


Figura 1 - Principais componentes de um celular.

Então, separamos apenas as telas de LCD, sendo os demais materiais destinados para reciclagem ou outra pesquisa. Através do estudo das telas de LCD de diferentes modelos de celulares, nota-se que há uma estrutura básica para todas (figura 2). Assim, se utilizou diferentes etapas para o processamento das telas a fim de separar os principais componentes para caracterização e obtenção de um material com baixa granulometria, para posterior recuperação dos metais.

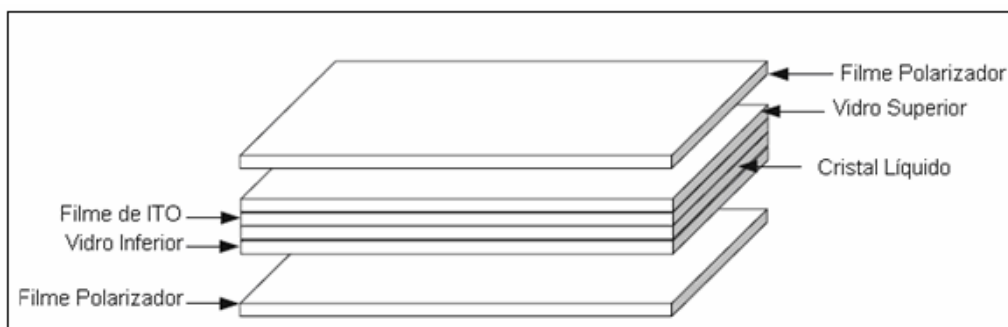


Figura 2 - Estrutura de uma tela de LCD.

Após a obtenção apenas da tela de LCD realizou-se um segundo desmembramento manual, agora separando os diferentes componentes da tela, retirando-se a estrutura plástica, os conectores, os adesivos, as folhas difusivas e as folhas refletivas, obtendo-se assim, o painel de ITO (óxido de estanho-índio) e o filme polarizador. Posteriormente, com auxílio de um estilete, os polímeros (filme polarizador) aderidos ao painel de ITO foram retirados. Para esta etapa utilizou-se 20 telas de LCD retiradas dos celulares. Assim, separaram-se cada um dos componentes que compõem as telas a fim de se obter uma caracterização verificando-se qual a percentagem em massa que cada componente corresponde da massa total da estrutura. Os diferentes componentes obtidos nessa caracterização podem ser visualizados a seguir (figura 3).

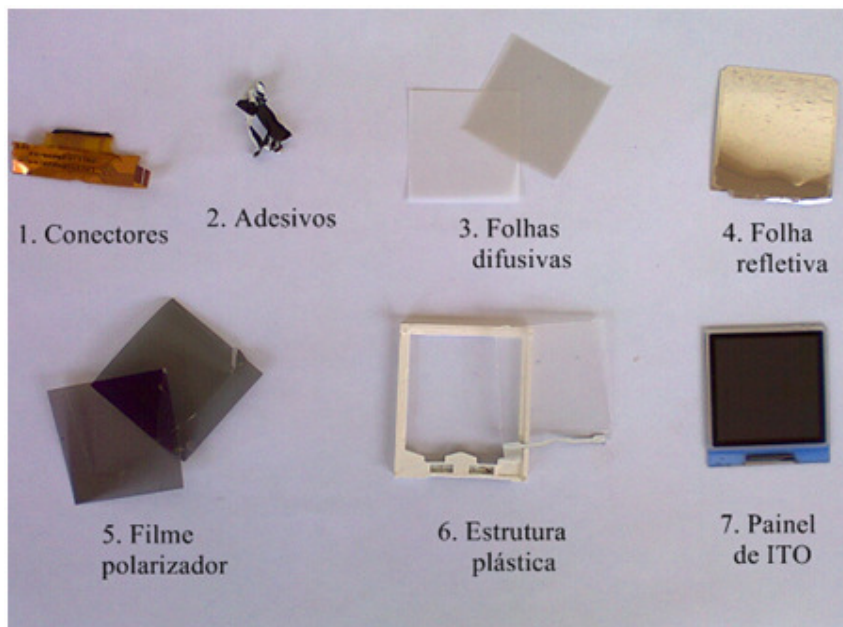


Figura 3 - Componentes presentes em uma tela de LCD.

As telas possuem camadas de polímeros que revestem o painel de ITO, sendo algumas facilmente removidas, enquanto outras ficam aderidas fortemente ao vidro. Na indústria, não se poderia realizar a retirada manual destes polímeros, pelo fato de o volume de telas ser muito grande, inviabilizando este processo separadamente em cada tela. Assim, para retirar estes polímeros mais facilmente, as telas de LCD foram submetidas a um banho em solvente com agitação, processo o qual pode vir a ser usado industrialmente. Os solventes usados foram o

tolueno e o clorofórmio. Estes banhos foram realizados em balões de fundo chato (conectado a um condensador para a recuperação do solvente), com agitação magnética, durante um tempo de 20 horas e com 200 mL de cada solvente (figura 4). A massa da tela utilizada no teste com tolueno foi de 3,29 gramas, e a do teste com clorofórmio foi de 3,47 gramas. Assim, definiu-se qual dos solventes é mais eficiente para a remoção dos polímeros aderidos ao painel de ITO.

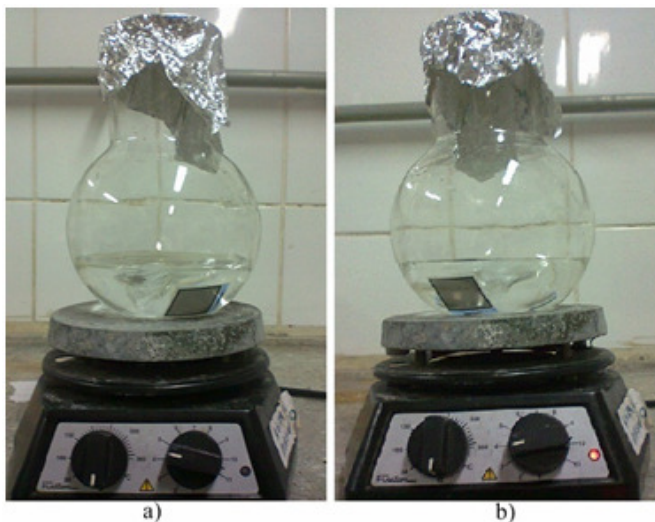


Figura 4 - Banho em solvente para a retirada dos polímeros a) Tolueno b) Clorofórmio

Por fim, realizou-se a cominuição em moinho de facas (figura 5a). Esta etapa foi realizada de duas diferentes maneiras de forma a obter uma comparação do tamanho das partículas do material cominuído. Primeiramente, cominuiu-se as telas de LCD antes da retirada do filme polarizador, ou seja, com a mesma contendo os polímeros aderidos. Posteriormente, fez-se cominuição das telas após o processo de retirada dos polímeros. Após, o material obtido passou por peneiras vibratórias (Tyler 8, 16, 20, 24, 35 e 48), durante um tempo de 40 minutos para a realização de uma análise granulométrica (figura 5b).

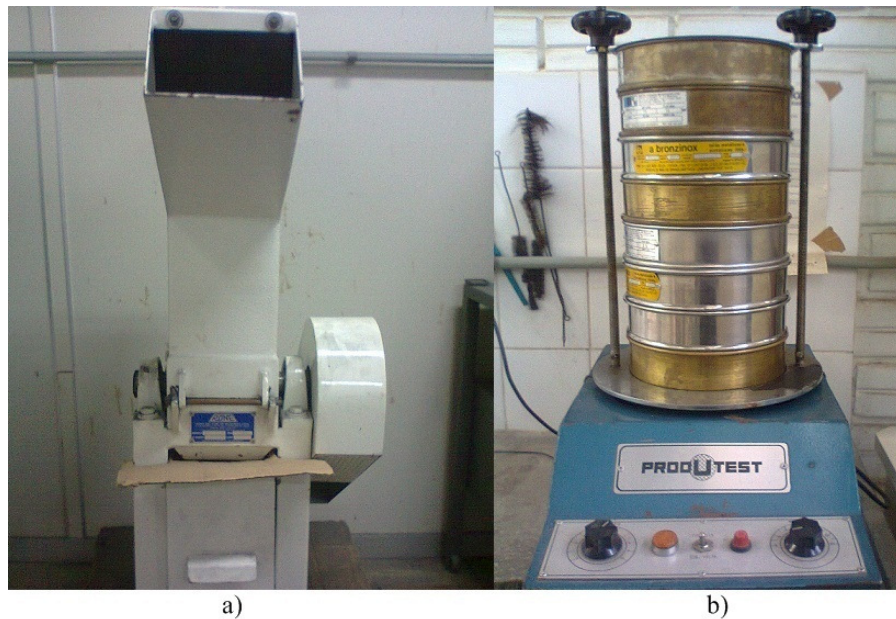


Figura 5 – Aparelhos utilizados na cominuição e na análise granulométrica. a)Moinho de facas; b) Peneiras vibratórias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização da estrutura das telas de LCD de celulares

A caracterização foi realizada através de 20 telas de LCD retiradas dos celulares mais descartados nos últimos anos. A porcentagem em massa correspondente de cada componente pode ser visualizada na figura 6. Pode-se observar que o painel de ITO, o qual possui os metais índio e estanho em sua composição, representa a aproximadamente 49% da massa total de toda a estrutura. A estrutura plástica possui a segunda maior massa, correspondendo a 27,3% do total, enquanto os polímeros do filme polarizador correspondem a 10%. Os demais itens (adesivos, folhas difusivas, folhas refletivas e conectores), somam 13,7% da massa total da tela de LCD.

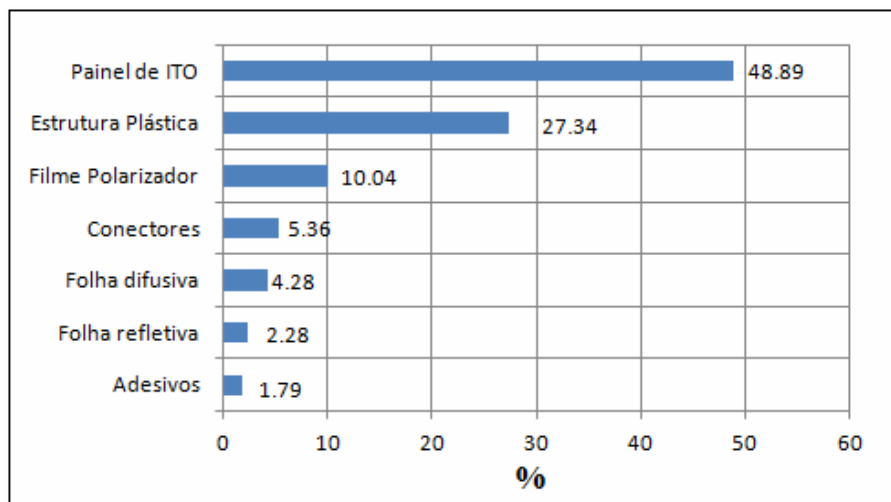


Figura 6 - Caracterização de 20 telas de LCD com massa total de 120,64 gramas.

Utilização de solvente para remoção dos polímeros aderidos ao painel de ITO

O solvente que apresentou o resultado mais satisfatório na remoção dos polímeros foi o clorofórmio, pois neste teste o filme polarizador foi totalmente removido do painel de ITO (figura 7). A maior parte dos polímeros foi dissolvida pelo clorofórmio, permanecendo o painel contendo o vidro e os óxidos. O clorofórmio é um solvente muito volátil, desta forma, podemos recuperar os polímeros facilmente através da evaporação do mesmo em um sistema fechado, condensando-o posteriormente para sua reutilização. O teste realizado com tolueno não se mostrou eficiente, pois o filme polarizador continuou totalmente aderido ao painel de ITO. Após este teste, com clorofórmio, restou apenas o painel de ITO sem nenhum polímero, o que facilita a realização das próximas etapas do processamento.

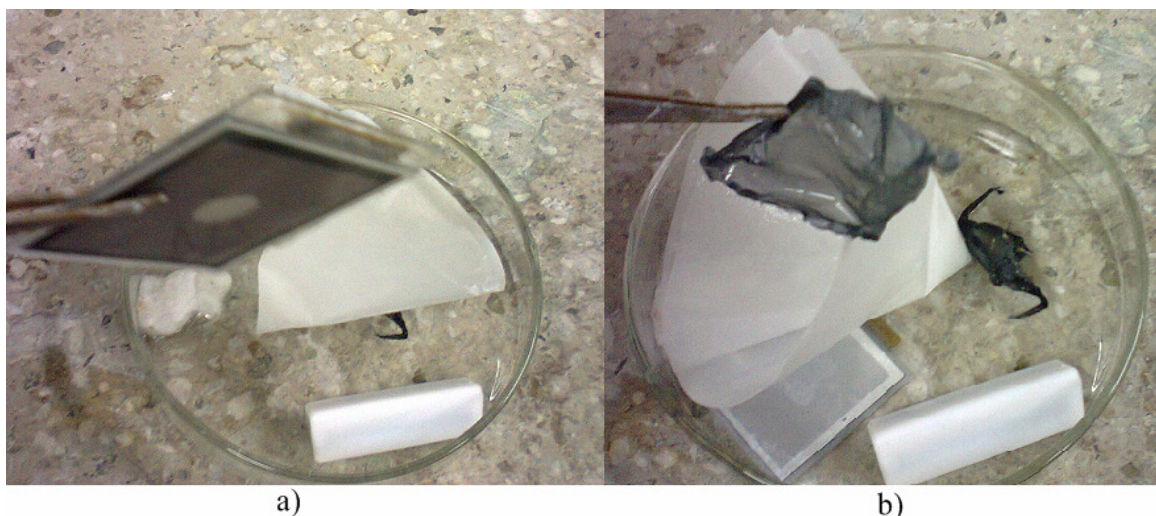


Figura 7 - Tela de LCD após o banho em clorofórmio. a) Somente o painel de ITO; b) Filme polarizador removido.

Análise granulométrica das cominuições realizadas em moinho de facas

Nesta etapa, foram utilizadas 20 telas de LCD em cada um dos dois ensaios de cominuição, o primeiro com o painel de ITO contendo os polímeros aderidos, e o segundo sem os polímeros. As telas permaneceram durante um tempo de 10 minutos no moinho de facas para cada ensaio. Após, todo o material (passante e retido) foi levado para as peneiras vibratórias (Tyler 8, 16, 20, 24, 35 e 48) por um tempo de 40 minutos, para separação das diferentes frações granulométricas. O ensaio realizado com a tela contendo os polímeros obteve um maior percentual de partículas com diâmetro menor quando comparado com o ensaio realizado com a tela sem os polímeros aderidos (figura 8). Porém, quando a cominuição ocorre com a presença dos polímeros, grande parte das partículas de vidro ficam aderidas as partículas de polímero, o que dificultaria uma futura lixiviação para a recuperação dos metais presentes nos óxidos. Dessa forma, apesar da cominuição não ter sido satisfatória, a retirada dos polímeros deve ser realizada para facilitar os processos futuros para a lixiviação do ITO.

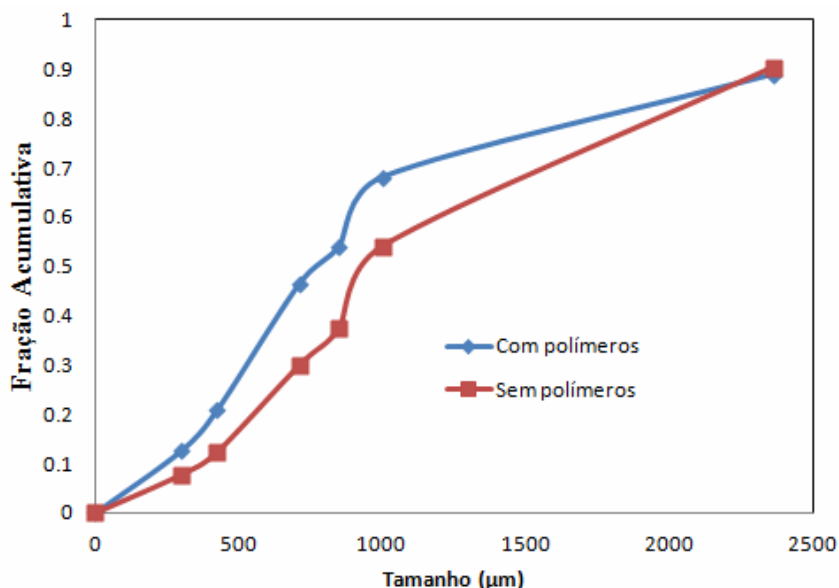


Figura 8 - Análise granulométrica das cominuições realizadas em moinho de facas.

CONCLUSÕES

Este estudo procurou definir a melhor metodologia para separar os diferentes materiais que compõem as telas de LCD. O banho em solvente é uma alternativa industrial para a retirada dos polímeros que ficam aderidos ao painel de ITO, uma vez que a retirada manual se torna inviável devido ao alto número de telas que o processo de reciclagem envolve. Também, o solvente é recuperado através de um condensador, não havendo perdas significativas, e o mesmo pode ser reutilizado no processo. Esta etapa substitui etapas mais agressivas para a remoção dos polímeros, como a pirólise, citada em outros trabalhos [9]. Na etapa de cominuição, o teste realizado com as telas contendo os polímeros obteve uma fração maior de partículas com tamanho menor, porém, a presença dos polímeros dificulta a exposição dos metais presentes na superfície da tela de LCD, já que o vidro onde os metais estão presentes fica aderido ao mesmo. Desta forma, a retirada do filme polarizador antes da cominuição se torna essencial para a obtenção de um material de baixa granulometria, onde os metais fiquem expostos para a

realização de uma posterior lixiviação. Por fim, o objetivo de separar os diferentes materiais para facilitar a reciclagem das telas de LCD provenientes de celulares foi alcançado. Diferentes tipos de moinhos serão testados para aumentar a eficiência da cominuição, obtendo-se assim, uma maior fração mássica de partículas com diâmetro médio inferior a 500 μm .

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SCHLUEP, M; WANG, F. Recycle-From e-waste to resources. Sustainable Innovation and Technology Transfer Industrial Sector Studies. United Nations Environment programme e United Nations University. (2009).
- [2] NOKIA Brasil. Reciclagem de telefones celulares. (2008). Disponível em:<<http://www.nokia.com.br/anokia/meio-ambiente/we-recicle/por-que-reciclar>>. Acesso em outubro de 2011.
- [3] OLIVEIRA, R. S; GOMES, E. S; AFONSO, J. C. O lixo eletrônico: uma abordagem para o ensino fundamental e médio. Revista Química Nova na Escola. Volume 32, nº 4, (2010), 240 a 248.
- [4] EPA (United States Environmental Protection Agency). The life cycle of a mobile phone, solid waste and emergency response, (2004).
- [5] ANATEL. Disponível em:< <http://www.anatel.gov.br>>. Acesso em novembro de 2012.
- [6] HSIEH, S. J; CHEN, C. C; SAY, W. C. Process for recovery of indium from ITO scraps and metallurgic microstructures. Materials Science and Engineering B. 158 (2009), 82-87.
- [7] WANG, H. Y. A study of the effects of LCD glass sand on the properties of concrete. Waste Management. 29 (2008), 335-341.
- [8] KUNIHAKOTAKAHASHI, et al. Recovering indium from the liquid crystal display of discarded cellular phones by means of chloride-induced vaporization at relatively low temperature. Metallurgical and materials transactions A. 40A (2009), 891-899.
- [9] LI, J ET AL. Recovery of valuable materials from waste liquid crystal display panel. Waste Management. 29 (2009) 2033-2039.
- [10] ALFANTAZI, A.M; MOSKALYK, R. R. Processing of indium: a review. Minerals Engineering. 16 (2003) 687-694.
- [11] VIROLAINEN, S; IBANA, D; PAATERO, E. Recovery of indium from indium tin oxide by solvent extraction. Hydrometallurgy. 107 (2001) 56-61.
- [12] DODSON, J. R. et al. Elemental sustainability: Towards the total recovery of scarce metals. Chemical Engineering and Processing: Process Intensification. 51 (2012) 69-78.
- [13] TAVARES, V. Caracterização e processamento de telas de cristal líquido visando a reciclagem. Dissertação de tese de mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia metalúrgica e de materiais. São Paulo, 2006.
- [14] MA, J; YE, X; JIN, B. Structure and application of polarizer film for thin-film-transistor liquid crystal displays. Displays. 32 (2011), 49-57.
- [15] KANG, H. N; LEE, J. Y; KIM, J. Y. Recovery of indium from etching waste by solvent extraction and electrolytic refining. Hydrometallurgy. 110 (2011), 120-127.
- [16] LI, Y. et al. Recovery of indium from used indium-tin oxide (ITO) targets. Hydrometallurgy. 105 (2011), 207-212.