

SEGREGAÇÃO DOS COMPONENTES DE LCD VISANDO À RECICLAGEM¹

Viviane Tavares²
Jorge Alberto Soares Tenório³
Denise Croce Romano Espinosa⁴

Resumo

As telas de cristal líquido (LCD – liquid crystal display) são conhecidas atualmente pela sua vasta aplicação em aparelhos eletro - eletrônico, dentre eles pode-se destacar os aparelhos de TV, laptops, agendas eletrônica, calculadoras e até mesmo os telefones móveis (celulares). Os aparelhos celulares, de forma geral, são trocados com uma frequência maior do que os aparelhos de TV por exemplo, isto se dá devido ao avanço da tecnologia. Com a troca constante de celulares, o acúmulo de baterias, placas de circuito impresso e telas de cristal líquido se tornam um problema ambiental. Para minimizar os impactos ambientais causados pelos resíduos dos telefones móveis propõem-se um processo de segregação dos componentes principais das LCDs, com o objetivo de recuperar os materiais recicláveis. Este processo envolve a utilização de técnicas de tratamento de minérios com moinhos de disco, de martelos e de bolas. O processo que apresentou melhor eficiência (cerca de 98%) de liberação de vidro da LCD foi o moinho de martelos. O vidro recuperado pode ser utilizado na reciclagem de vidro e na substituição de areia na produção de blocos de concreto.

Palavra chave: LCD; Tela de cristal líquido; Reciclagem; Eletro-eletrônico.

LCD COMPONENTS SEGREGATION AIMING AT THE RECYCLING

Abstract

The liquid crystal display (LCD) are currently known by its vast application in electro – electronic devices, amongst them can be detached the devices of TV, laptops, electronic date, calculators and even though the mobile telephones (mobiles). The mobiles are changed more frequent of the TV for example, this happens due to the technology advance. With the constantly mobile exchange, the batteries, printed circuit board and liquid crystal display accumulation its become an environmental problem. To minimize the environmental impacts caused by mobile telephones residues are considered the segregation process of the LCDs main components, to goal to recover the recycle material. This process involves the use of treatment ore techniques with disc, hammers and balls mills. The process with best efficiency (about 98%) of LCD glass release was the hammers mill. The glass recovered can be used in the glass recycling and the sand substitution in the production of concrete blocks.

Key words: LCD; Liquid crystal display; Recycling; Electro-electronic.

¹ *Contribuição técnica ao 63º Congresso Anual da ABM, 28 de julho a 1º de agosto de 2008, Santos, SP, Brasil*

² *Doutoranda em Engenharia de Materiais da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo*

³ *Professor Titular da Escola Politécnica - Departamento de Engenharia de Materiais.*

⁴ *Doutora em Engenharia de Materiais da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo*

1 INTRODUÇÃO

As telas de cristal líquido são utilizadas em equipamentos eletrônicos, principalmente em TVs, monitores e aparelhos celulares.

As vantagens dessas telas são dadas pelo melhor desempenho na economia de energia e diminuição de seu tamanho, com benefício de não emitirem radiação em relação às telas de tubo de raios catódicos.⁽¹⁾

Em 2005, o consumo de LCDs aumentou diante da utilização das telas em aparelhos celulares e das vantagens sobre os outros monitores. Foi estimado que de 2 milhões de toneladas de resíduos eletroeletrônico descartado na Europa, cerca de 40.000 toneladas (2%) eram compostos somente de telas; presentes em laptops, agendas eletrônicas, calculadoras, celulares, vídeo games, equipamentos de áudio e telas de computadores e televisão.⁽²⁾

As telas possuem estrutura complexa composta principalmente de plásticos e vidro. Ao serem descartadas em aterros, além de colaborarem para o esgotamento dos mesmos, deixam de ser reciclados plásticos e vidro. A importância em se reciclar tais materiais, está relacionado com o tempo que cada um leva para se degradar no meio ambiente, por exemplo, os plásticos podem levar de 200 a 450 anos para se degradar enquanto que o vidro não se degrada.⁽³⁾

Para evitar problemas ambientais e alcançar o desenvolvimento sustentável tem-se a proposta da reciclagem das LCDs, na qual estudam-se a recuperação e reciclagem do vidro das telas.

1.1 Componentes da Tela de Cristal Líquido

A tela de cristal líquido possui os principais componentes: cristal líquido, vidro laminado, polarizador e analisador (polímeros). Estes componentes são compostos de materiais recicláveis, como vidro e plásticos.

As moléculas de cristal líquido que compõem as LCDs são moléculas que apresentam um estado intermediário da matéria, isto é, se apresentam entre o estado sólido (organizado) e o estado líquido (fluido).⁽⁴⁻⁶⁾ Estas moléculas estão presentes entre as lâminas de vidro da tela de aparelho celular e correspondem a 0,001% em peso.⁽⁷⁾

As telas de cristal líquido são produzidas com vidro laminado que é um vidro do tipo soda - cal formado por duas lâminas delgadas e entre estas lâminas uma camada de plástico com boa resistência mecânica, dificultando, assim, a ruptura da tela.⁽⁸⁾ As camadas de vidro correspondem a cerca de 80% em peso das telas de aparelhos de telefonia móvel.⁽⁷⁾

O polarizador e o analisador são placas formadas de polímeros, triacetato de celulose e poli álcool vinil dopado com iodo, que correspondem a cerca de 10% em peso da tela.⁽⁷⁾

A Figura 1 apresenta um esquema simplificado de todos os componentes da tela de cristal líquido com suas respectivas porcentagens em peso.

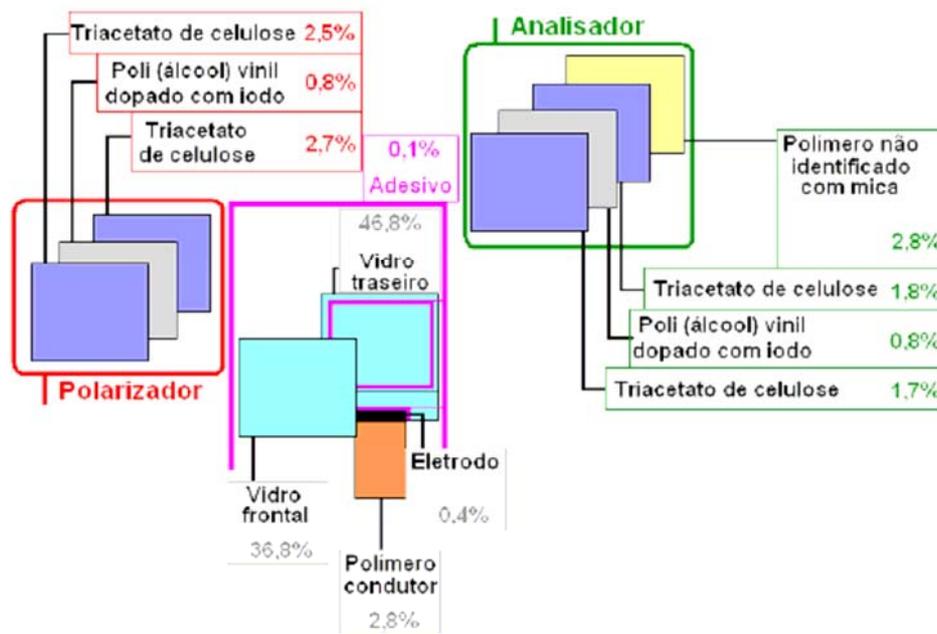


Figura 1 – Porcentagem em peso de cada componente da tela.⁽⁷⁾

1.2. Reciclagem de Vidro

O vidro é um material que pode ser totalmente reciclado como novo produto, ou reaproveitado como substituto de areia, o que vai definir a aplicação do resíduo de vidro é a qualidade e pureza dos cacos de vidro.

O processo de reciclagem de vidro pode ser realizado várias vezes, sem alterar as propriedades do material.

Existem duas formas de reciclar o vidro. A primeira é substituir parte da matéria-prima, adicionando cacos de vidro no processo de produção. A segunda é a substituição total da matéria-prima, pelos cacos de vidro.

Para a adição de cacos no processo de fabricação de vidro, a entrada dos resíduos de vidro é feita no misturador, onde é calculada a composição das matérias-primas para a entrada no forno. Para isso é importante considerar o grau de contaminação e a granulometria do vidro.⁽⁹⁾

Para a substituição total da matéria-prima, o processo só pode ser realizado quando não é requerida uma cor específica ou quando não é exigida resistência mecânica, devido à presença de vidros coloridos e dos contaminantes.⁽⁹⁾ Uma alternativa para este processo seria a reciclagem de vidros de um resíduo específico, como por exemplo, a reciclagem feita somente com resíduos de vidro de pára-brisas de automóveis, assim poderia ser evitada a contaminação e a alteração na cor do vidro. Para a reciclagem do vidro também deve ser evitada a mistura dos tipos de vidros. A temperatura de fusão dos vidros é diferente e quando são colocados misturados nos fornos, pode formar regiões onde não ocorreu a fusão de um vidro e ocasionar trincas no produto final.

As vantagens em reciclar o vidro podem ser separadas em três grupos gerais com relação ao processo, meio ambiente e economia.^(10,11)

Quanto ao processo:

1) Conservação de recursos minerais através da substituição de parte da matéria-prima no processo de fabricação do vidro.

2) Diminuição do manuseio de matéria-prima. Como o vidro já é formado por diversas matérias-primas, estas deixam de ser manuseadas, ou têm volume a ser manuseado diminuído.

3) Aumento de produtividade uma vez que a adição de cacos no forno pode diminuir sua temperatura de operação, aumentando a capacidade do forno e diminuindo o tempo de fusão e o consumo de combustível.

4) Aumento da vida útil do forno. Com a temperatura de operação mais baixa, a vida útil e o tempo entre paradas para manutenção aumentam.

2 MATERIAIS E MÉTODO

2.1 Cominuição

Na cominuição alguns equipamentos são utilizados, como por exemplo, os britadores e moinhos, isto é, equipamentos capazes de reduzir o tamanho das partículas de um material.^(12,13)

Este processo tem como objetivo conseguir a separação do vidro e dos polímeros, para definir uma rota de reciclagem.

Para determinar a eficiência na recuperação dos materiais, foi feita a classificação por placas da LCD que não sofreram cominuição, com auxílio de uma pinça. Após a classificação o material foi identificado como: recuperado e não recuperado, onde o recuperado é o material cominuído e o não recuperado é o material que ainda permaneceu em placas, em seguida esses materiais foram pesados.

Este procedimento foi realizado para todos os ensaios de cominuição.

2.1.1 Moinho de rolos

Foram alimentado no britador de rolo 47g de telas inteiras, equivalentes a 15 telas, este material foi passado duas vezes no britador. Após a britagem o material foi pesado.

2.1.2 Moinho de discos

Para o processo em moinho de discos foram alimentados 48g de telas inteiras, equivalentes a 15 telas. O material foi passado duas vezes no moinho, e após a moagem o material foi classificado e pesado.

2.1.3 Moinho de bolas

Para este processo de cominuição foram utilizados dois tipos de moinhos: um com bolas de ferro e o segundo com bolas de cerâmica.

Nos dois processos foram realizados ensaios com água e com rotação de 70rpm, com objetivo de liberar o material da telas e solubilizar o PVOH.

Em cada teste com o moinho de bolas foram pesadas 15 telas.

- **Moinho com bolas de ferro**

O moinho com bolas de ferro foi completado com bolas de ferro até 40% em volume e alimentado com 49g de tela inteira e 500ml de água.

Após a moagem o material foi coletado e levado à estufa a 60°C (+/-5°C) durante 48 horas para a secagem do material.

- **Moinho com bolas de cerâmica**

O moinho com bolas de cerâmica foi completado com carga de bolas de cerâmica até 40% em volume e acrescentadas 53g de tela inteira. Em seguida o material foi coletado e levado à estufa a 60°C (+/- 5°C) durante 48 horas para secagem do material.

2.1.4 Moinho de martelos

O moinho escolhido foi o moinho de martelos do Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo sendo usada uma grelha com abertura de 0,61cm.

Para o processo de cominuição em moinho de martelos foram alimentados 79g de tela inteira.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Cominuição

3.1.1 Moinho de rolos

Nota-se que no moinho de rolos as telas sofreram esmagamento no vidro, enquanto que os polímeros tanto do polarizador quanto do analisador ficaram inteiros.

Mesmo o vidro esmagado pelo moinho ele não se separa dos polímeros da tela, devido à presença de adesivo entre o triacetato de celulose dos filtros com o vidro, como pode ser observado na Figura 2.



Figura 2 – LCD passado pelo britador de dois rolos.

Portanto este processo não pode ser utilizado para a recuperação do vidro.

3.1.2 Moinho de discos

Após duas passadas do material no moinho de discos com abertura mínima foi verificado que as telas ficam presas no disco e/ou escorregando para fora do moinho, sem sofrer a cominuição. A amostra recolhida de material pode ser observada na Figura 3.



Figura 3 – LCD passado pelo moinho de disco.

Cerca de 80% do material não foi cominuído, podendo ser visto pelas placas praticamente inteiras da LCD na Figura 3.

Portanto não pode ser utilizado um processo com moinho de disco para recuperação do vidro de LCDs, visando a reciclagem.

3.1.3 Moinho de bolas

- **Moinho com bolas de ferro com água**

Foi observada a liberação do poli (álcool) vinil do polarizador e do analisador (polímeros), porém a contaminação de ferro provocada pelas bolas dificulta a utilização deste processo para separar os polímeros, além de separar 10% do vidro, como mostra a Figura 4.



Figura 4 – LCD passado no moinho com bolas de ferro com água.

Para a reciclagem do vidro soda cal a contaminação por metais ferrosos não deve ultrapassar de 5g/t, isto é, menor que 0,000005%.^(14,15)

Portanto somente 10% do vidro foi liberado e ainda possui contaminação de ferro, sendo assim, não pode ser utilizado este processo para recuperação do vidro.

- **Moinho com bolas de cerâmica com água**

Foi observada somente a formação de finos de vidro e a solubilização do poli (álcool) vinil e por conseqüência a separação do triacetato de celulose que não fica em contato com o vidro da tela, como mostra a Figura 5.



Figura 5 – LCD passado em moinho com cerâmica com imersão em água.

Verificou-se ainda que ocorre contaminação de cerâmica (alumina) no material cominuído, assim se torna inviável a recuperação do vidro neste processo, pois no caso do vidro soda-cal a contaminação por cerâmica deve ser menor que 100g/t de vidro, isto é, menor que 0,0001%.^(14,15) Portanto o processo de moagem com bolas cerâmicas não é eficiente para recuperar o vidro.

3.1.4 Moinho de martelos

Após duas passadas do material em moinho de martelos verifica-se que há formação de grãos finos de vidro separado dos polímeros do polarizador e do analisador.

Cerca de 98% de vidro foi liberado do restante da tela, como mostra a Figura 6.



Figura 6 – Aspecto da LCD após a moagem em moinho de martelos.

Não ocorreu a contaminação de ferro no vidro, uma vez que as telas ficam no moinho por apenas três minutos e, portanto o material abrasivo (vidro) não desgasta significativamente os martelos, o que provocaria a eventual contaminação com ferro. Comparando-se os diversos processos de cominuição estudados, o que apresentou melhor eficiência na separação dos materiais foi o moinho de martelos.

O que efetivamente ocorreu é que nenhum dos demais processos foi capaz de destacar ou liberar os diversos materiais. Assim, no moinho de martelos essencialmente aconteceu a quebra de uma parte significativa do vidro e o desprendimento da camada adjacente de triacetato.

4 CONCLUSÃO

As técnicas com moinho de disco e de bolas não apresentaram eficiência considerável para a recuperação de vidro ou plástico, concluindo-se que estes processos não são viáveis do ponto de vista tecnológico para o desenvolvimento de reciclagem de materiais das LCDs.

Comparando os processos de cominuição das telas de cristal líquido a técnica que apresentou eficiência de 98% de liberação do vidro foi obtida através do processamento com moinho de martelos.

O vidro recuperado no moinho de martelos pode ser utilizado na reciclagem de vidro, assim como na substituição da areia para a fabricação de blocos de cimento, por exemplo.

Agradecimentos

À Capes – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior e à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia de Materiais.

REFERÊNCIAS

- 1 AnInformativa. ***A onda do cristal líquido: monitores com tela plana são uma das novas tendências do mercado, mas o preço elevado ainda é empecilho.*** Disponível em: <<http://an.uol.com.br/1998/out/13/0inf.htm>>. Acesso em: 11 jan, 2006.
- 2 GAIKER Technological Centre. ***Recycling liquid crystal display screens.*** Disponível em: <http://www.innovations-report.com/html/reports/environment_sciences/report-36773.html>. Acesso em: 11 jan, 2006.
- 3 **Cempre. *Fichas técnicas.*** Disponível em: <http://www.cempre.org.br/fichas_tecnicas.php>. Acesso em: 25 out, 2006.
- 4 GALLARDO, H. ***Cristais líquidos.*** Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <<http://www.qmc.ufsc.br/qmcweb/>>. Acesso em: 11 março, 2005.

- 5 WEISS, R. A.; OBER, C. K., eds. **Liquid-crystalline polymers**. Washington, ACS, 1990.
- 6 MERLO, A.A.; GALLARDO, H.; TAYLOR, T.R. Cristais líquidos ferroelétricos – CLF –uma abordagem sintética. **Quim. Nova**, v. 24, nº 3, p. 354-362, 2001.
- 7 TAVARES, V. **Caracterização e processamento de telas de cristal líquido visando a reciclagem**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia dos Materiais). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo.
- 8 MESTER, A. et al. Characterization of the hazardous components in the end-of-life notebook display. In: **Light metals**, Califonia, TMS, 2005. p. 1213 – 1216.
- 9 TOOLEY, F.V. **Handbook of glass manufacture**. 3ª Ed. NY:Ashle, 1984, p37-49.
- 10 BINDER, A. G. **Optimum quality for cullet processing**. (em cd-rom) In: ENCONTRO TÉCNICO ABIVIDRO, 13., São Paulo,1996. s.l.: s.n., 2006.
- 11 HNAT, J. G.;MYLES,P.T; ZIENTEK,M.J. Advances technology for the recycling of contaminated glass wastes. **Glass Production Technology International**,p. 69 - 73, 1993.
- 12 CHAVES, A. P.; PERES, A. E. C. **Teoria e prática do tratamento de minérios, britagem peneiramento e moagem**. São Paulo: Signus, 1999. v. 3, p. 431-653.
- 13 INSTITUTO TECNOLÓGICO DO ESTADO DE PERNAMBUCO. **Tratamento de minérios e hidrometalurgia**. Recife: Itep, 1980, p.17-64.
- 14 DE SOUZA, C.C.B.M. **Técnicas de Tratamento de Minérios para reciclagem de vidro**. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas e Petróleo) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo.
- 15 EDGINGTON, J.H. Cullet- a major raw material. **Glass Production Technology International**, 1993. p. 25-30.