

# TRATAMENTO DE RESÍDUOS ELETRÔNICOS



## **Rafael Henrique Costa Peixoto**

Aluno de Graduação do curso de Química (Bacharelado e Licenciatura) 3º período, Fundação Técnico-Educacional Souza Marques — FTSM  
Período PIBIC/CETEM: setembro de 2010 a julho de 2011  
rpeixoto@cetem.gov.br

## **Fábio Henrique Silva dos Santos**

Orientador, Químico, Dr.  
fhsantos@cetem.gov.br

## **1. INTRODUÇÃO**

Nas últimas décadas, a indústria eletrônica vem revolucionando o mundo, em virtude da importância que esses equipamentos vem ocupando na vida moderna, dentre os quais: impressoras, máquinas de lavar, frigoríficos, televisores, computadores pessoais etc. A quantidade de aparelhos colocados no mercado cresce, vertiginosamente, a cada ano, tanto em países industrializados como em países em via de industrialização (UNEP, 2009). Com o ritmo acelerado da inovação tecnológica, o tempo necessário para que os equipamentos provenientes da indústria eletro-eletrônica alcancem a obsolescência vem sendo reduzido para períodos consideravelmente menores transformando-se em sucata tecnológica e sendo, futuramente, descartados em lixos sanitários ou incinerados (SILVA *et al.*, 2007). Estimativas realizadas pela UNEP (2009) indicam que o montante de resíduos eletrônicos, gerados em todo o mundo anualmente, é de aproximadamente 40 milhões de toneladas.

## **2. OBJETIVOS**

Este trabalho propõe uma rota hidrometalúrgica para tratamento de sucatas eletrônicas visando à posterior recuperação de seus elementos metálicos e a reinserção dos mesmos na cadeia produtiva, em especial os metais que apresentam valor agregado mais elevado.

## **3. METODOLOGIA**

A amostra estudada neste trabalho experimental é proveniente de computadores pessoais obsoletos e/ou defeituosos. Esses equipamentos foram desmontados e os seus componentes internos recolhidos e encaminhados para uma etapa de pré-tratamento utilizando-se um moinho de facas, através do qual a fragmentação do material eletrônico foi efetuada. Essa operação inicial é importante para a liberação dos elementos de interesse, os quais se encontram agregados a uma matriz polimérica e, dessa forma, possibilitar uma maior superfície de contato entre a amostra fragmentada e os reagentes químicos utilizados na lixiviação/dissolução dos elementos de interesse.

### **3.1. Determinação granulométrica**

SANTOS *et al.*, (2011) efetuaram, após a fragmentação do material, uma análise da distribuição granulométrica, a seco, seguindo norma específica (ABNT, 2009). Os resultados demonstraram que a amostra fragmentada consistia de um material de elevada heterogeneidade granulométrica, ou seja, mesmo após a operação de cominuição, a presença de partículas grosseiras era facilmente identificada na amostra (Figura 1). Esse aspecto da amostra remonta ao chamado “efeito pepita”, um fenômeno comum observado em minérios devido à presença de grandes concentrados metálicos distribuídos de maneira não uniforme na amostra.



Figura 1. Visão microscópica da amostra fragmentada.

### 3.2. Determinação analítica

Foram realizados, inicialmente, testes preliminares com objetivo de se determinar a melhor razão sólido-líquido para os ensaios posteriores de lixiviação. A definição desta razão é fundamental para propiciar a suspensão do material fragmentado no meio reacional, visando promover uma lixiviação eficiente com o máximo de contato entre o agente lixiviante e a amostra sólida. Os resultados preliminares demonstraram a necessidade da utilização de uma razão 1:10 (sólido-líquido), sendo esta condição mantida em todos os demais ensaios descritos neste trabalho.

Tabela 1. Teores médios dos elementos na amostra ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ).

Elemento	Ag	Al	Au	Cd	Cu	Fe	Ni	Pb	Sn
Quantidade	0,7	8,1	0,5	0,12	180,7	37,2	19,5	34,7	55,7

Para a determinação da composição elementar da amostra foi utilizada água-régia, recém preparada, para tratamento de uma amostra de 25 g da sucata eletrônica fragmentada que foi suspensa por um agitador mecânico apropriado. As concentrações dos elementos foram determinadas por espectrometria de absorção atômica, na Coordenação de Análises Minerais (COAM) do Centro de Tecnologia Mineral (CETEM). A Tabela 1 apresenta os teores médios dos metais analisados, em  $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , na amostra utilizada para a realização deste trabalho.

### 3.3. Lixiviação ácida

Após a determinação quantitativa dos metais presentes na amostra, foram iniciados os ensaios em meio ácido visando à liberação dos metais contidos na amostra. Para efetuar esses ensaios utilizou-se ácido sulfúrico 50% (v/v), recém diluído, como agente lixiviante. Entretanto, como esse ácido não apresenta características oxidantes perante alguns metais, um segundo reagente foi utilizado para proporcionar a oxidação dos metais mais nobres presentes na amostra. Testes iniciais foram realizados com o objetivo de avaliar o agente oxidante mais adequado para a amostra em estudo. Nesses ensaios foi observado o comportamento da amostra perante aos seguintes reagentes: ar, hipoclorito de sódio e peróxido de hidrogênio. Além desses, uma quarta opção como agente oxidante, proposta por PING *et al.* (2010), foi testada. De acordo com os autores, a presença de íons  $\text{Cu}^{2+}$ , provenientes do sulfato cúprico, promove a oxidação do cobre metálico, metal predominante na amostra (*vide* Tabela 1). Entretanto, os resultados obtidos demonstraram que para a amostra utilizada neste trabalho, a adoção de peróxido de hidrogênio como agente oxidante foi a mais indicada. Maiores detalhes sobre a adoção do peróxido de hidrogênio como agente oxidante da amostra, além dos testes preliminares com os demais reagentes oxidantes supracitados, podem ser obtidos em SANTOS *et al.*, (2011).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variação da quantidade do agente oxidante utilizado no meio reacional pode influenciar na quantidade de metais liberados para a solução durante o processo de lixiviação. Em virtude disso, a relação entre a concentração de peróxido de hidrogênio no meio reacional e a dissolução dos metais contidos na amostra foi avaliada. As quantidades utilizadas de peróxido de hidrogênio foram 30, 60, 90 e 120 mL. A Tabela 2 apresenta os valores médios de extração dos diversos metais contidos na amostra, bem como os respectivos volumes de peróxido de hidrogênio utilizados.

Tabela 2. Extração dos metais presentes na amostra (%).

$\text{H}_2\text{O}_2$	30 mL	60 mL	90 mL	120 mL
Al	30,19%	31,48%	41,45%	53,52%
Fe	24,06%	31,18%	35,69%	39,52%
Ni	25,31%	43,93%	58,46%	71,03%
Sn	27,02%	36,89%	39,41%	45,96%

A partir dos dados observados na Tabela acima pode ser constatado que uma maior quantidade de peróxido de hidrogênio favorece a liberação dos metais para a solução, parâmetro que necessita ser otimizado nos próximos estudos. Entretanto, esta liberação pode ser mais efetiva para determinados elementos, como por exemplo, 71% e 53%, aproximadamente, para Ni e Al, respectivamente.

Cabe ressaltar que, além dos metais apresentados na Tabela 2, as condições reacionais apresentadas neste trabalho proporcionaram elevada liberação de outros metais, como por exemplo, o cobre. Como destacado na Tabela 1, o cobre é o metal de maior abundância contido na amostra em estudo. Em trabalho anterior realizado pelo autor, e publicado em evento internacional sobre este metal (*vide* SANTOS *et al.*, 2011), os resultados de extração para o cobre atingiram valores superiores a 90%.

Em estudos posteriores outras condições serão avaliadas, tais como a utilização de pulverizadores para obtenção de uma maior fragmentação da amostra (visando a otimização da dissolução dos metais de interesse). Além disso, serão propostos ensaios para efetuar a recuperação dos metais presentes na lixívia, dentre os processos em análise são previstas a utilização de técnicas já estabelecidas, tais como: eletrodeposição, precipitação, extração por solvente etc.

## 5. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) pela infra-estrutura, ao Programa Institucional de Bolsa de Iniciação Científica – PIBIC/CNPq pela concessão da bolsa. Gostaria também de agradecer ao Dr. Luis Sobral, responsável pelo Serviço de Processos Metalúrgicos e Biotecnológicos, e ao meu orientador Dr. Fábio Henrique Silva dos Santos pela confiança que ambos depositaram para que eu realizasse este trabalho. Agradeço também à Coordenação de Análises Minerais (COAM) pelo suporte analítico e aos companheiros de trabalho Carlos Eduardo e Débora Monteiro pelo auxílio no desenvolvimento das atividades experimentais. Finalmente agradeço a todos aqueles que, de algum modo, contribuíram para a realização deste trabalho.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Minério de Ferro e pré-reduzidos — Determinação da distribuição granulométrica por peneiramento.** (Norma ABNT NBR ISO 4701/2009).

PING, Z.; ZEYUN, F.; JIE, L.; QIANG, L.; GUANGREN, Q.; and MING, Z. Enhancement of leaching copper by electro-oxidation from metal powders of waste printed circuit board. **Journal of Hazardous Materials** 166, pp. 746-750, 2010.

SANTOS, F. H. S.; SOUZA, C. E.; PEIXOTO, R. H. C.; ROCHA, P. M. Copper extraction from electronic scraps by oxidative acid leaching process. In: Hydrocopper 2011 — 6<sup>th</sup> International Seminar on Copper Hydrometallurgy. **Proceedings of 6<sup>th</sup> International Seminar on Copper Hydrometallurgy.** Viña Del Mar, Chile, 6-8 July 2011.

SILVA, B. D.; MARTINS, D. L.; OLIVEIRA, F. C. **Resíduos eletrônicos no Brasil.** Santo André, 2007. Revisão em Abril de 2008 – Felipe Fonseca. Disponível em: <<http://www.lixoeletronico.org/pagina/pesquisa/>>. Acesso em: 26/01/2011.

UNEP, United Nations Environment Programme & United Nations University. Recycling from E-Waste to resources. In: Sustainable Innovation and Technology Transfer Industrial Sector Studies, July 2009.