

Tema: Gestão de meio ambiente e recuperação e tratamento de rejeitos

SUSTENTABILIDADE NO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS: CASO CEDIR-USP*

Marcos Paulo Kohler Caldas¹

Viviane Tavares de Moraes²

Lucas Moraes de Sousa³

Neuci Bicovi⁴

Fernando Codelo Nascimento⁵

Denise Crocce Romano Espinosa⁶

Jorge Alberto Soares Tenório⁷

Resumo

Após a sanção da RoHS Directive 2002/95/EC que entrou em vigor em 01/07/2006 proibindo a utilização de seis substâncias perigosas, sendo elas: chumbo, mercúrio, cádmio, cromo hexavalente, bifenilos polibromados e éteres difenil-polibromado fabricantes de equipamentos eletroeletrônicos tiveram que restringir os usos de tais substâncias. Com isto, as placas de circuito impresso dos equipamentos passaram a ser identificadas com a sigla RoHS ou outra identificação que indique o atendimento a diretiva. O presente trabalho visa analisar um lote de placas mãe de computadores obsoletos direcionados ao CEDIR-USP (Centro de Descarte e Reuso de Resíduos de Informática) no período de 01/01/2013 a 30/05/2013, identificando-as como "lead free" ou "comuns", a fim de verificar a relação entre placas livres de substâncias perigosas e placas contendo tais substâncias. O lote possuía quantidade aproximada de 3.230 placas. Após a separação, as placas "lead free" foram classificadas por marca e nacionalidade. O resultado da pesquisa mostrou que mesmo após onze anos da edição da diretiva o percentual de placas livres de substâncias perigosas ainda é muito baixo. Cerca de 97,80% das placas de circuito impresso coletadas ainda possuem em sua composição substâncias perigosas. Verificou-se que todas as placas "lead free" encontradas são de origem chinesa e seus fabricantes são: Gigabyte, Itautec, Intel e CE. O estudo também classifica a origem dos resíduos como: industriais, da própria universidade ou residenciais.

Palavras-chave: Reciclagem; Gestão de resíduos; Eletroeletrônicos

SUSTAINABILITY IN ELECTRONICS WASTE MANAGEMENT: IF-USP CEDIR

Abstract

After the enactment of RoHS Directive 2002/95/EC which came into force on 01/07/2006 banning the use of six hazardous substances, which are: lead, mercury, cadmium, hexavalent chromium, polybrominated biphenyls and polybrominated diphenyl ethers manufacturers electronic equipment were forced to restrict the uses of such substances. With this, the printed circuit boards of equipment came to be identified with the acronym RoHS or other identification indicating compliance policy. The present work analyzes a lot of motherboards obsolete computers willing to CEDIR - USP (Center Disposal and Reuse of Waste Computer) between 01/01/2013 to 05/30/2013, identifying them as "lead free" or "common" in order to verify the relationship between free plates and plates containing hazardous substances.. The lot had approximate quantity of 3,230 boards. After separation, the "lead free" boards were sorted by brand and nationality. The survey results showed that even after eleven years of editing the policy the percentage of free plates of hazardous substances is still very low. Approximately 97.80 % of collected printed circuit boards still have hazardous substances in its composition. It was found that all the "lead free" boards found are of Chinese origin and their manufacturers are: Gigabyte, Itautec, Intel and CE. The study also ranks the origin of waste such as: industrial, or residential or university itself.

Keywords: Recycling; Waste Management; Electronics.

¹ Professor, Instituto Federal do Espírito Santo, Doutorando em Engenharia Química, Escola Politécnica da USP, São Paulo, SP, Brasil.

² Doutora, Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Escola Politécnica, USP, São Paulo, SP, Brasil.

³ Graduando em Tecnologia Ambiental, Senai Mario Amato, São Bernardo do Campo, SP, Brasil.

⁴ Pós graduada, Gestão Ambiental do espaço Urbano, responsável técnica CEDIR, USP, São Paulo, SP, Brasil.

⁵ Professor, Senai Mario Amato, São Bernardo do Campo, SP, Brasil.

⁶ Professora, Dept. Eng. Química, Escola Politécnica, USP, São Paulo, SP, Brasil.

⁷ Professor, Dept. Eng. Química, Escola Politécnica, USP, São Paulo, SP, Brasil.

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Com a difusão da tecnologia por todo mundo, vem crescendo a geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEs), e com isso também cresce a preocupação com o descarte adequado desse tipo de resíduo [1]. Os REEs são compostos por diversas substâncias, desde elementos químicos simples a hidrocarbonetos, sendo os metais os que se apresentam em maior quantidade chegando a representar mais de 70% [2] de sua composição.

Na sucata eletroeletrônica estão presentes as placas de circuito impresso (PCIs) que contém diversos tipos de metais, alguns deles muito prejudiciais ao meio ambiente e a saúde humana, como o chumbo, que é a substância mais tóxica contidas nas PCIs causando efeitos no sistema nervoso e cardiovascular [3].

Se descartadas inadequadamente a céu aberto, o pH ácido da chuva solubiliza o chumbo presente nas placas, que percola contaminando o solo e lençóis freáticos apresentando riscos diretos aos seres humanos, pois a contaminação se dá através da inalação de poeiras ou partículas oriundas do solo. Outras substâncias tóxicas presentes nas placas também chamam atenção para o alto grau de periculosidade que elas exercem como, por exemplo, o cádmio (Cd) que causa dores ósseas e musculares, o cromo hexavalente (Cr^{+6}) pode causar rinite, pneumonia entre outras substâncias [4].

Desde a década de 1970 a União Européia (UE) preocupou-se com estes aspectos e já previam que este quadro aumentaria com o passar dos anos dando início à discussão de políticas de tratamento, destinação adequada e até a restrição de certas substâncias contidas em equipamentos eletroeletrônicos [5].

Em 2003 foi criada na União Européia a diretiva WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment) ou (Descarte de Equipamentos Eletroeletrônicos) visando à reciclagem, reutilização e disposição adequada dos resíduos eletroeletrônicos. A edição da diretiva significou um grande avanço no sentido de minimização dos impactos causados por este tipo de resíduo, pois além de restringir o uso elementos químicos perigosos a saúde humana incentivou a reciclagem das PCIs que contém alguns metais preciosos como ouro e prata além de outros metais que possuem um valor agregado, viabilizando ainda mais a sua recuperação [6].

Porém adotou-se uma medida ainda mais eficaz, entrou em vigor na Europa mais uma diretiva a fim de sanar esse problema, a chamada RoHS (Restrição de Certas Substâncias Perigosas), também chamada de “lei do sem chumbo” (lead free) a RoHS difere-se da diretiva WEEE por ir a fundo ao ciclo de produção dos equipamentos, ela exige a substituição de elementos nocivos a saúde humana em equipamentos eletroeletrônicos [7]. Além do chumbo a diretiva engloba outras substâncias perigosas como: cádmio (Cd), mercúrio (Hg), cromo hexavalente (Cr^{+6}), bifenilos polibromados (PBBs) e éteres difenil-polibromados (PBDEs). A partir de 1º de julho de 2006 foi efetivamente proibida a fabricação de produtos eletroeletrônicos que contenham essas substâncias [8].

Apresenta-se neste trabalho um estudo de caso feito no CEDIR (Centro de Descarte de Resíduos de Informática) no período de 01/01/2013 a 30/05/2013, visando à identificação das placas de circuito impresso que ainda contem substâncias restringidas pelas diretivas européias, classificando-as por modelo, lead free ou comum, origem de produção e descarte.

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A finalidade da metodologia foi à quantificação e a segregação das placas, a fim de verificar: a quantidade de placas no lote, qual a origem das mesmas e, por fim, a separação se lead free ou comuns. As placas foram cedidas pelo CEDIR.

2.1 Quantificação das PCIS

A partir do lote cedido pelo CEDIR quantificaram-se as placas manualmente e visualmente. A Figura 1 mostra alguns *bags* contendo placas de circuito impresso dispostas no centro de descartes.



Figura 1- Resíduos de Informática dispostas no CEDIR.

A Figura 1 ilustra como os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos que ficam dispostos em centros de descartes como, por exemplo, o CEDIR.

2.2 Identificação da Origem e Mês de Descarte do Resíduo

As PCIs foram quantificadas conforme a documentação cedida pelo CEDIR. Observou-se o mês de descarte, sua origem e a quantidade de placas descartadas durante os cinco meses de pesquisa, na seqüência as placas foram separadas: *lead free* ou comuns.

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

2.3 Classificação *Lead Free* por Modelo e Origem (Visual)

Para a classificação todas as placas foram inspecionadas para identificação como *lead free* ou não. Posteriormente as PCBs foram classificadas quanto à fabricante, depois de quantificadas as placas foram separadas por modelo como é apresentado na Figura 2.



Figura 2- Placas de Circuito Impresso separadas por modelo.

Para a identificação das placas foi utilizado o método visual através da identificação das siglas RoHS (Restrição de Certas Substâncias Perigosas) e isento de Pb impressas nas placas, como mostra a Figura 3 circuladas em vermelho. Estas duas siglas indicam que as placas são consideradas *lead free* e atendem as especificações da diretiva RoHS 2002/95/EC.



Figura 3- Identificação de placas lead free.

Estas siglas indicam que estas placas são compatíveis com a redução dos componentes: chumbo, cádmio, mercúrio, cromo hexavalente, bifenilos polibromados e éteres difenil-polibromados listados na referida RoHS.

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados encontrados são divididos em quantificação, identificação e classificação das PCIs.

3.1 Quantificação das PCIS

Após as placas do lote analisado passarem por um longo processo de identificação visual e classificação obteve-se o seguinte resultado: 3230 placas, sendo 71 placas *lead free*, como pode ser visto na Figura 4.

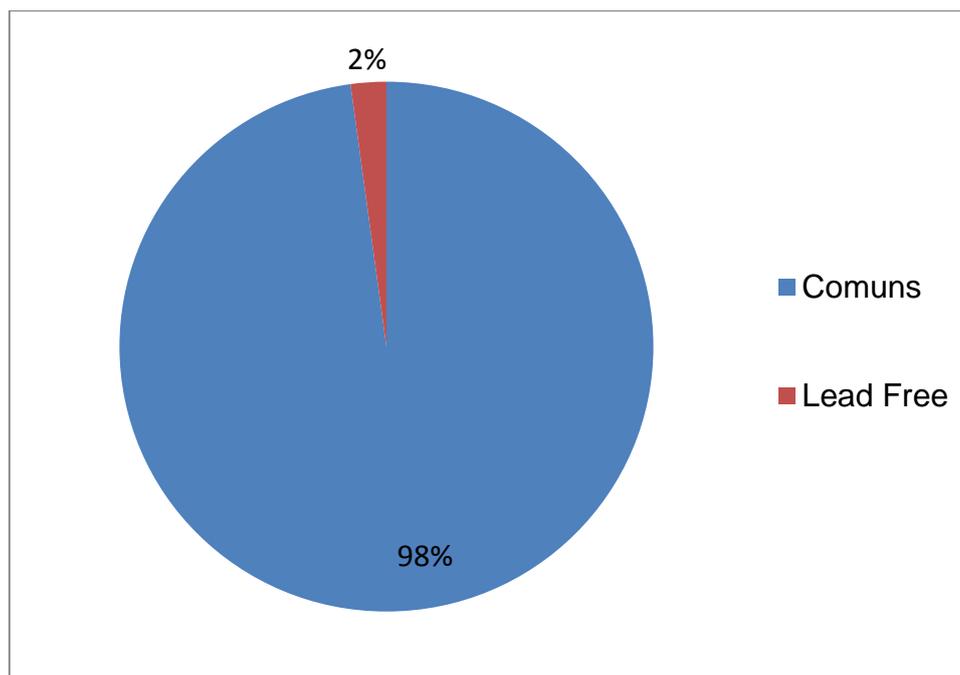


Figura 4 - Porcentagem de placas *lead free* no lote

A Figura 4 indica que, mesmo após mais de uma década da edição da diretiva, apenas 2% das placas analisadas estão realmente livres de substâncias perigosas. Cerca de 98% das placas de circuito impresso coletadas em centros de descarte ainda possuem em sua composição substâncias perigosas ao homem e meio ambiente.

Em geral os REEEs de placas de circuito impresso de computadores são descartados após 3 a 5 anos de utilização, portanto os resíduos atuais são de origem de 2008 a 2010, quando o Brasil iniciou o interesse em atender as Diretivas. Em instituições públicas o tempo de utilização pode chegar a 10 anos, portanto os resíduos podem ter sua origem em 2003, o que pode explicar a baixa porcentagem de placas de circuito impresso *lead free* [9].

Outra questão importante a ser associada a esta porcentagem de PCI's *lead free* é provocada pela coleta promovida por catadores, que reconhecem estas placas de maior valor agregado e as comercializam.

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

3.2 Identificação da Origem e Mês de Descarte do Resíduo

Descarta-se no CEDIR resíduos de informática da própria Universidade (USP) e também da comunidade, ou seja, residenciais ou industriais. Após análise documental as PCIs foram quantificadas e classificadas quanto ao mês de descarte e sua origem. A Figura 5 apresenta que a maioria das placas, cerca de 80% do lote analisado é da própria Universidade, e apenas 646 foram destinadas pela comunidade, ou seja, apenas 20%.

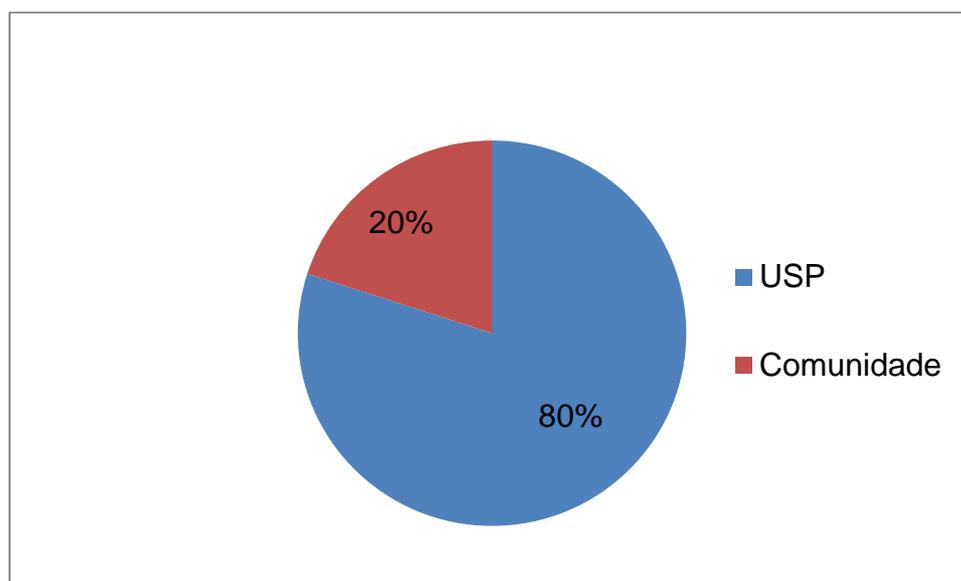


Figura 5 - Porcentagem de placas destinadas ao CEDIR.

A pesquisa analisou o lote de placas descartadas no período de 01/01/2013 a 30/05/2013 e pode-se verificar que o mês onde mais ocorreu descarte de placas no CEDIR foi no mês de abril como mostra a Figura 6.

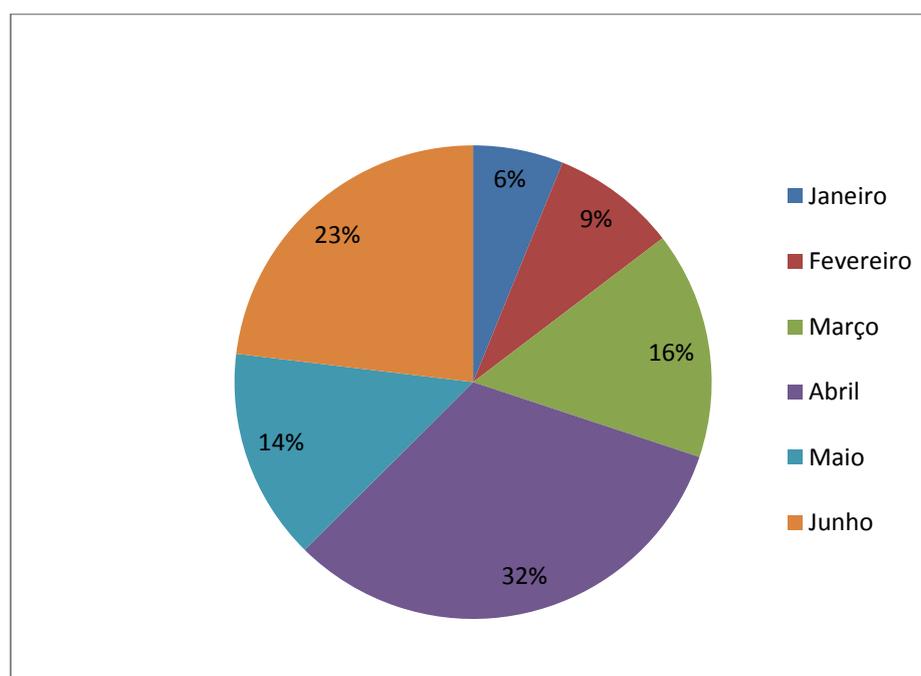


Figura 6 - Descarte de placas no CEDIR por mês.

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.

Observa-se e que houve uma variação no número de descartes de placas ao longo dos meses e que janeiro foi o mês que menos se descartou placas. É um evento que pode ser justificado pelo início real das atividades orçamentárias de instituições públicas como é o caso da USP. Os resíduos da USP representam 80% do descarte total enviado ao CEDIR, como a partir de fevereiro todo o processo de cotações e aquisição de novos equipamentos se inicia e, portanto são efetivamente adquiridos em março, existe uma tendência a ser descartados os equipamentos obsoletos em abril, por conta disso abril tem maior quantidade de descarte.

Além da oportunidade de *trade in* de alguns equipamentos eletroeletrônicos, como impressoras, facilitando a compra pela comunidade de equipamentos novos e portanto o descarte em maior quantidade dos equipamentos obsoletos. Além disso, o fator econômico pode ser a resposta, pois no fim de março em geral as contas de início de ano como: material escolar, IPVA, já foram pagas e, portanto maior demanda para a troca de equipamentos obsoletos.

Têm-se também problemas associados à sazonalidade, pois até março existem problemas no fornecimento de energia elétrica, provocada pelas chuvas, portanto maior quebra dos equipamentos.

Em Instituições de ensino como a USP é possível verificar que alguns equipamentos podem ter de 3 a 10 anos de uso, devido a evolução de projetos de pesquisas. Ainda é importante ressaltar que nestas instituições os equipamentos são utilizados até que se danifique, o que torna inviável para o CEDIR avaliar a porcentagem relativa ao tempo de vida dos equipamentos. Além disso, alguns computadores não permanecem acoplados a um mesmo equipamento e, portanto podem ter diversos usos durante sua vida útil, por exemplo, um computador utilizado para dedicação a um equipamento específico pode ser direcionado para escritório após o *up grade* de *software* de equipamentos.

Outra dificuldade na identificação da idade e tipo de uso é que os computadores ao serem recebidos pelo CEDIR são selecionados em equipamentos com possibilidade de reuso imediato ou com apenas alguns reparos, sendo assim os computadores sem possibilidade de reuso são imediatamente desmembrados e portanto não é possível o rastreamento destas informações pelo número de patrimônio.

3.3 Classificação *Lead Free* por Modelo e Origem

Foram encontradas 9 tipos diferentes de placas diferentes e a Tabela 1 mostra a quantidade de placas de cada modelo.

Tabela 1- Classificação por marca e nacionalidade

Tipo	Modelo	Fabricação	Quantidade	%
A	Gigabyte	China	27	38,03
B	Intel	China	5	7,04
C	Itautec	China	5	7,04
D	Intel	*	6	8,45
E	Gigabyte	China	7	9,86
F	Ce	China	3	4,23
G	Astrock	*	2	2,82
H	Ce	China	2	2,82
I	*		14	19,72
		TOTAL	71	100

* Não identificado.

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.



Após a classificação identificou-se que todas as placas *Lead Free* encontradas são de origem chinesa e seus fabricantes são Gigabayte, Itautec, Intel e CE.

4 CONCLUSÃO

Após o levantamento das informações conclui-se que mesmo após mais de uma década da criação da diretiva RoHS, quase todas as placas destinadas para centros de descarte contêm substâncias perigosas a saúde humana e ao meio ambiente. Apenas 2% do total de placas analisadas no estudo em questão estão livres de substâncias perigosas, um número muito pequeno em comparação ao dano que essas placas causariam se fossem dispostas inadequadamente ou se comparado ao ganho que se conseguiria se fosse feita a reciclagem das mesmas. Pode-se concluir que a China vem adotando a diretiva europeia, pois todas as placas *lead free* encontradas são de origem chinesa. Conclui-se também que é de extrema importância o levantamento quantitativo/qualitativo e a disposição final dos REEs dispostos em centros de descartes, pois os mesmos contêm informações importantes referentes a produtos obsoletos possivelmente contaminantes.

Agradecimentos

Instituto Federal do Espírito Santo – IFES Campus Serra.
 Centro de Descarte e Reuso de Resíduos de Informática - CEDIR-USP.
 Instituto de Estudos Avançados em Gestão Ambiental – IGAMBIENTAL.
 Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais - Escola Politécnica -
 Universidade de São Paulo.

REFERÊNCIAS

- 1 Pidone LA. Utilização Das Diretivas Rohs E Weee Para Equipamentos Eletromédicos Fabricados No Brasil. Dissertação de Mestrado. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Universidade de São Paulo. 2011: página 7.
- 2 Natume Ry, Santanna FSP. Resíduos Eletroeletrônicos: Um Desafio para o Desenvolvimento Sustentável e a Nova Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos. 3rd International Workshop Advanced in Cleaner Production. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Universidade Federal de Santa Catarina. 2011: página 2 a 4.
- 3 Silva Bd, Martins DI, Oliveira Fc. Resíduos Eletroeletrônicos Nobrasil. 2007. Acesso em: [08 de março 2014]. Disponível em: http://www.lixoeletronico.org/system/files/lixoeletronico_02.pdf.
- 4 Muniz DHF, Oliveira-Filho EC. Metais Pesados Provenientes de Rejeitos de Mineração e seus Efeitos sobre a Saúde E O Meio Ambiente. Universitas: Ciências da Saúde, Goiás, 2006, 4(1/2): 83-100.
- 5 Ansanelli SIm. Exigências Ambientais Europeias: Novos Desafios Competitivos para o Complexo Eletrônico Brasileiro. Revista Brasileira de Inovação, Campinas, p.130-132, jul. 2011.
- 6 Moraes VT. Recuperação de Metais a Partir do Processo Mecânico e Hidrometalúrgico de Placas de Circuito Impresso de Celulares. 2011. 1f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011: página 1 a 3.
- 7 União Europeia. Diretiva nº 2002/95/CE, de 27 de janeiro de 2003. Restrição do Uso de Determinadas Substâncias Perigosas em Equipamentos Elétricos e Eletrônicos. p.

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.



- 19-23. Acesso em: 14 mar. 2014. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:037:0019:0019:PT:PDF>>.
- 8 Brescansin A. Regulamentação Ambiental e Estratégia: Uma Análise da Adoção à Restrição do Uso de Substâncias Perigosas da Diretiva Europeia Rohs por Fabricantes de Computadores Pessoais Estabelecidos No Brasil. In: Simpósio Nacional de Inovação e Sustentabilidade, 2., 2013, São Paulo. Anais . São Paulo: Singep, 2013. p. 1 - 16.
- 9 Widmer R, Krapf Ho, Kthetriwal DS, Schnellmann M; Boni H. Global Perspective on E-Waste. Environmental Impact Assessment Review, 2005; 25: 436-458.

* Contribuição técnica ao 69º Congresso Anual da ABM – Internacional e ao 14º ENEMET - Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas, 21 a 25 de julho de 2014, São Paulo, SP, Brasil.