



# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

## **CARACTERIZAÇÃO DE REJEITOS GERADOS NA TRIAGEM DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS – SUBSÍDIOS PARA GESTÃO E GERENCIAMENTO**

**Marco Aurélio Soares de Castro<sup>(1)</sup>; Valdir Schalch<sup>(2)</sup>**

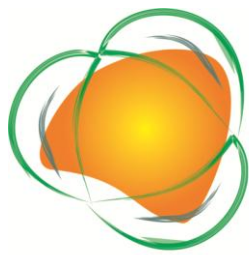
<sup>(1)</sup> Professor, Departamento de Hidráulica e Saneamento Escola de Engenharia de São Carlos (EESC-USP) / Centro Universitário Anhanguera – unidade Pirassununga; Av. Trabalhador Sancarlense, 400, CP 359, São Carlos, SP; [marcocaastro.rs@gmail.com](mailto:marcocaastro.rs@gmail.com); <sup>(2)</sup> Professor Associado, Departamento de Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos (EESC-USP); Av. Trabalhador Sancarlense, 400, CP 359, São Carlos, SP; [vschalch@sc.usp.br](mailto:vschalch@sc.usp.br)

**Eixo temático:** 7. Gerenciamento de Resíduos Sólidos e Líquidos

**RESUMO** – O processo de triagem de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REE), seguido pela desmontagem e teste de componentes é fundamental para permitir a identificação das frações reutilizáveis e recicláveis. Porém a separação e armazenamento, se realizados de forma inadequada, podem contribuir para danificar os materiais inicialmente triados, tornando-os inservíveis e portanto rejeitos do processo de triagem. Dado este contexto, o presente trabalho, por meio de estudo de caso suportado por revisão bibliográfica, realizou a caracterização dos rejeitos gerados na triagem de REE's recebidos em um programa de reciclagem em São Carlos-SP. Observou-se que apenas 15,4% dos rejeitos gerados no processo de triagem eram realmente inservíveis; o restante poderia ser retornado para destinação via reutilização e reciclagem, pois encontrava-se apenas misturado em meio aos rejeitos ou havia sido danificado em razão de armazenamento inadequado. Como conclusões, aponta-se que caso o processo de triagem seja aprimorado, mantendo-se a separação adequada entre os diferentes tipos de materiais, e a área de armazenamento seja totalmente coberta, a porcentagem de rejeitos diminuirá sensivelmente; no mais, destaca-se a possibilidade de considerar outras formas de gerenciar os resíduos inservíveis, como seu aproveitamento energético, em lugar da simples disposição em aterros.

**Palavras-chave:** Resíduo de equipamentos eletroeletrônicos. Caracterização. Reciclagem.

**ABSTRACT** – The sorting of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE), followed by disassembly and component testing is crucial for the identification of reusable and recyclable parts. However, if sorting and storing are performed poorly, may contribute to damage previous sorted materials, turning them into refuse. In this context, the work reported here, through a case study supported by bibliographic review, performed an analysis of the refuse generated on WEEE sorting on a recycling program located in São Carlos, SP. It was observed that only 15,4% of the refuse was actually unsuitable for posterior reuse or recovery; The remaining



# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

fraction might be destined for component or material recovery, once it was only mixed to the refused or had been damaged due to inadequate storing or handling. As conclusions, it is pointed out that, if the sorting process is improved, maintain the several kinds of materials adequately separated, and adopting a fully covered storing area the percentage of refuse is to be dramatically reduced; also, the possibility of considering other forms of managing refuse instead of landfilling, such as energy recovery, is highlighted.

**Key words:** Waste Electric and Electronic Waste. Material analysis. Recycling.

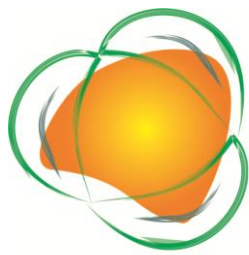
## **Introdução**

A gestão e gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REE) deve prever um processo de triagem que permita a separação mais eficiente possível dos materiais e componentes aproveitáveis, seguido pelo armazenamento destes em local adequado até a sua posterior utilização, com o que a reciclagem e reutilização dos REE são maximizadas. Dada a complexa composição dos REE, os processos de triagem, que também devem incluir a desmontagem e teste de componentes, acabam por gerar uma certa quantidade de resíduos que tendem a ser considerados inservíveis por terem sido danificados durante o uso ou se tornado tecnologicamente obsoletos, entre outras razões. Porém, problemas no armazenamento ou na manipulação dos REE podem acarretar danos como quebras, exposição a chuvas ou a contaminação com substâncias provenientes dos próprios resíduos que os tornam inadequados para posterior reuso ou reciclagem; ou seja, resíduos com potencial de reutilização são convertidos em rejeitos, cuja destinação possível é somente a disposição final em aterros.

Nesse sentido, o objetivo principal do estudo é destacar a importância de, nas atividades de gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, considerar também a massa dos rejeitos, isto é, dos resíduos considerados inservíveis, ou para os quais as “possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis” mostram-se esgotadas, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada” (BRASIL, 2010). Como objetivos específicos, o trabalho visa apresentar e caracterizar os rejeitos gerados em um processo de triagem de resíduos, mas especificamente de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REE), visando à reciclagem de materiais; objetiva-se, ainda, à proposição de medidas para sua gestão e gerenciamento adequados, com o que eles possam ser considerados efetivamente resíduos, e não sejam portanto enviados para disposição final em aterro.

## **Material e Métodos**

Os procedimentos metodológicos adotados para o trabalho foram estudo de caso, suportado por revisão bibliográfica. O estudo de caso foi realizado um programa de gestão e gerenciamento de REE existente na cidade de São Carlos-SP; o programa coleta e recebe REE, procedendo a seguir à desmontagem e triagem. No caso dos computadores pessoais, aí incluídos *desktops*, *notebooks* e



# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

*tablets*, são realizados testes para verificar a possibilidade de reutilização do equipamento com a troca de componentes defeituosos ou obsoletos. Na impossibilidade, os equipamentos não desmontados e seus componentes e acessórios são armazenados e destinados a empresas que realizam a reciclagem propriamente dita dos materiais.

O estudo propriamente dito compreendeu a coleta (figura 1) e análise da massa de resíduos restante após o processo de triagem; observou-se a geração de uma massa de resíduos que eram armazenados para posteriormente serem descartados como rejeitos. A amostra tomada correspondeu à massa de rejeitos gerados no período de um mês nas atividades de triagem do programa.



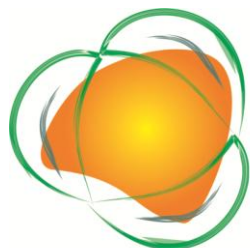
Figura 1 – Coleta do material.

Fonte: os autores.

Os rejeitos foram separados segundo os principais materiais constituintes, em papel e papelão, isopor, plástico duro e plástico mole, metais (incluindo cabos diversos), vidro, pilhas e baterias, e diversos. Papel, papelão e isopor foram pesados no próprio local, enquanto que os demais materiais foram posteriormente levados para outro local, e espalhados sobre uma lona, para serem caracterizados. Salienta-se que o processo de quarteamento para amostragem de resíduos descrito na ABNT 10007 (ABNT, 2004) não foi realizado, uma vez que a massa coletada foi considerada pequena e portanto manejável em sua totalidade. O processo de separação e pesagem dos materiais é ilustrado na figura 2.

Os dados obtidos na caracterização foram contrastados com dados obtidos em referências bibliográficas, sobretudo em trabalhos previamente realizados anteriormente no mesmo local.





# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016



Figura 2 – Separação e pesagem dos materiais.

Fonte: os autores.

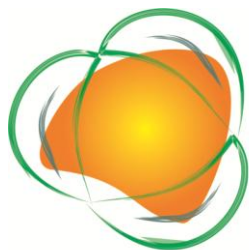
## Resultados e Discussão

Castro (2014) caracterizou a massa total de REE gerados a partir de computadores pessoais que era gerenciada no programa, obtendo os dados apresentados na tabela 1.

Tabela 1 – REE gerados a partir de computadores recebidos e processados mensalmente no programa.

REE/equipamento	massa (kg)
CPU	957,65
monitores	1709,02
impressoras	236,89
componentes e periféricos	395,72
teclados	87,64
placas	20,83
<b>total</b>	<b>3407,75</b>

Fonte: Castro (2014), adapt.



# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

Durante o estudo de caso, logo na coleta do material, já foi possível observar a existência de componentes, como bases de monitores de vídeo e gabinetes de computador, que se encontravam íntegros e que portanto poderiam ser reutilizados ou ter seus materiais reciclados; no entanto, deu-se prosseguimento ao trabalho, coletando também estes componentes, que foram posteriormente retornados ao programa. Também foi observado que parte do material potencialmente reciclável, notadamente papelão de embalagens, encontrava-se misturado com resíduos de outros tipos, contaminado por tinta de cartuchos de impressoras ou danificado por exposição às intempéries (chuva) visto que havia sido armazenado ao ar livre, situação ilustrada na figura 3.



Figura 3 – Resíduos expostos ao ar livre, contaminados por tinta de cartuchos.

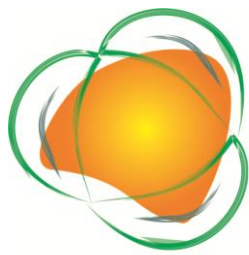
Fonte: os autores.

Os resultados da pesagem estão sintetizados na tabela 2.

Tabela 2 – Resíduos inicialmente descartados no processo de triagem, segundo o tipo de material

Material	Massa (kg)	Participação no total
plástico duro	17,23	32,8%
papelão	13,63	25,9%
metais	9,06	17,2%
outros	8,07	15,4%
papel / papelão	2,43	4,6%
plástico mole	0,97	1,8%
vidro	0,71	1,4%
isopor	0,34	0,6%
pilhas e baterias	0,13	0,2%
<b>Total</b>	<b>52,57</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: os autores



# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

Em função dos valores das tabelas 1 e 2, observa-se que a massa de resíduos gerados no período e que seriam descartados como rejeitos corresponde a cerca de 1,54% dos REE recebidos.

Porém, do total coletado, os resíduos identificados como 'outros', e que efetivamente constituem os rejeitos da triagem, representaram apenas 8,07 kg, ou 15,4% do total que seria em princípio descartado. Tais rejeitos eram constituídos por: madeira compensada, proveniente de outros equipamentos recebidos pelo programa, sobretudo televisores antigos; resíduos de construção civil (telhas, tijolos), que foram misturados aos REE possivelmente durante o armazenamento; e resíduos contaminados pela tinta de cartuchos, entre outros (figura 4).



Figura 4 – Massa de resíduos efetivamente caracterizados como rejeitos do processo de triagem.

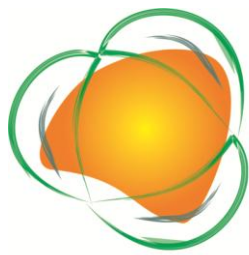
Fonte: os autores.

## **Conclusões**

As atividades realizadas até o momento permitem concluir que, em que pese a quantidade relativamente pequena de resíduos gerados, a observação mais minuciosa e a caracterização realizada permitem concluir que a quantidade real gerada de rejeitos pode ser ainda menor, visto que 84,7% dos materiais e componentes considerados como rejeitos estavam em condições de ser aproveitados no processo de reutilização ou de reciclagem, tanto que foram retornados ao programa - caso não tivessem sido identificados e reinseridos no processo, por ocasião do estudo, teriam como destino a disposição em aterro.

Verifica-se, portanto que, apenas com uma triagem mais criteriosa, é possível reduzir sensivelmente a fração do material considerada como rejeito. No mais, hierarquias de alternativas de gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, tal como a expressa na Lei Federal 12305/10 (BRASIL, 2010) privilegiam, além da reutilização e reciclagem, a própria recuperação energética sobre a disposição final





# XIII Congresso Nacional de **MEIO AMBIENTE** de Poços de Caldas

[www.meioambientepocos.com.br](http://www.meioambientepocos.com.br)

XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS

21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016

ambientalmente adequada, o que indica a necessidade de investigar sua aplicabilidade também neste caso.

Assim, como desdobramentos da pesquisa, prevê-se a identificação de potencialidades para a gestão e gerenciamento de cada tipo de resíduo, visando à otimização do processo de triagem em particular, e da destinação de modo geral.

### **Agradecimentos**

Ao CNPq, pelo suporte financeiro, e ao programa Recicl@tesc, pela disposição e disponibilidade em participar da pesquisa.

### **Referências**

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004. NBR 10007 - Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 21 p.

BRASIL, 2010. Lei nº 12.305, de 02 de agosto. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília-DF, 02 de agosto de 2010. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em: 22 set. 2010.

CASTRO, M. A. S., 2014. Diagnóstico da gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos e proposta de modelo em um contexto de Green Supply Chain Management. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo: São Carlos-SP. 326 p.