



165 - GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DECORRENTES DO DESCARTE DE EQUIPAMENTOS DE INFORMÁTICA

Ezequiel Ferreira dos Santos – Analista de Gestão – SABESP - efsantos@sabesp.com.br

Diogo Tasquim Reducino – Analista de Gestão – SABESP – dreduceino@sabesp.com.br

RESUMO

O objetivo deste trabalho é analisar as soluções existentes na gestão de resíduos sólidos na cadeia de produção e consumo de computadores para a adequação as leis existentes na esfera municipal, estadual e federal do Brasil que dispõe sobre a correta destinação dos produtos em seu pós-consumo. Entre as soluções analisadas neste estudo estão o descarte, reutilização, reciclagem com ênfase maior para os canais de logística reversa. A pesquisa analisa as principais tendências relacionadas à gestão dos resíduos sólidos provenientes de descartes de computadores no Brasil.

PALAVRAS-CHAVE: Informática, Descarte, Gestão de Resíduos.

INTRODUÇÃO

No início da década de 80, quando começou o processo de produção e uso dos computadores pessoais em todo o mundo, não havia preocupações com a destinação dos resíduos pós-consumo. Desde então, milhões de equipamentos se tornaram obsoletos causando problemas ao meio ambiente em decorrência de sua destinação incorreta. Até 2015, em todo o mundo, foram descartados mais de 500 milhões de microcomputadores. Neste período, o Brasil contribuiu com o descarte de nove milhões de equipamentos.

Tal fato contribui para o aumento dos problemas ambientais, porque os microcomputadores obsoletos ocupam grandes espaços e muitos de seus componentes internos possuem metais pesados como mercúrio, níquel, cádmio, arsênico e chumbo, que possuem efeitos tóxicos para a saúde.

Segundo o relatório *Global E-Waste Monitor 2017*, cada brasileiro gerou em média 7,4kg de resíduo eletrônico em 2016. O Brasil, portanto, lidera uma lista de onze países emergentes – entre Índia, China, Colômbia e México, como maiores produtores per capita do chamado e-lixo. Os cálculos estão baseados no descarte de computadores, tanto de mesa quanto laptops, monitores, impressoras, celulares, televisões e refrigeradores. Somente no ano de 2016, aparelhos televisores, monitores e telas em geral corresponderam a 6,6 milhões de toneladas, enquanto geladeiras, freezers e afins somados compreendiam 7,6 milhões de toneladas. Computadores desktop e periféricos, separados em uma categoria a parte, somaram 3,9 milhões de toneladas.

A vida útil de um computador tem em média de dois anos, o mesmo ocorre com o celular, aparelhos de TV e de jogos eletrônicos. Segundo o *Global E-Waste Monitor*, o curto ciclo de vida dos equipamentos eletrônicos faz com que, a cada ano, mundialmente, 44,7 milhões de toneladas de lixo eletrônico sejam descartadas. Esse número é esperado que cresça até 52,2 milhões de toneladas em 2021. O lixo eletrônico, em muitos países, já chega a 5% de todo o resíduo sólido urbano rejeitado. Na Europa, este tipo de descarte cresce três vezes mais rápido do que qualquer outro.

OBJETIVOS

O objetivo, portanto, é analisar as soluções existentes para a gestão integrada de resíduos sólidos, da cadeia de produção e consumo dos equipamentos de informática às leis que tratam da disposição correta.

Como especificidades para atingir o objetivo central tornam-se importante:

- Conhecer o perfil do setor de microcomputadores, discutindo o impacto ambiental desse segmento e as alternativas para a redução desse impacto por meio da reutilização, da reforma e da reciclagem;



- Analisar as leis, no Brasil e exterior, que determinam as empresas fabricantes a coletar e a dar o destino correto, ambientalmente adequado, aos equipamentos de informática usados;
- Descrever os conceitos de logística reversa e os modelos de gestão integrada de resíduos sólidos;
- Descrever o gerenciamento do resíduo sólido dos microcomputadores pós-consumo.

METODOLOGIA UTILIZADA

Esta pesquisa utiliza como método a pesquisa exploratória. Com este método foi possível alcançar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito e desenvolver soluções aplicáveis. A pesquisa exploratória envolveu o levantamento bibliográfico, documental, e análise dos exemplos (Selltiz et al., 1975, p. 63).

A pesquisa bibliográfica foi desenvolvida com base em livros e artigos científicos. Por meio desta metodologia de pesquisa foi possível uma cobertura mais ampla do que aquela que poderia ocorrer na pesquisa direta e isto foi importante porque as informações do objeto de pesquisa são dispersas no espaço e no tempo (dispersão geográfica e informação histórica). Na pesquisa documental foram observados documentos que não receberam tratamento analítico. Nesta categoria estão os documentos conservados em arquivos de órgãos públicos e instituições privadas. Incluem-se documentos como, memorandos, regulamentos, ofícios, boletins e relatórios internos. Foram também utilizados documentos, que de alguma forma já foram analisados, tais como: relatórios de pesquisa, relatórios de empresas, e tabelas estatísticas.

Neste estudo as principais fontes de informação são dados públicos na forma da lei e disponíveis para acesso na *Internet* ou em publicações especializadas.

RESULTADOS OBTIDOS

Os ciclos de substituição de produtos estão cada vez mais acelerados. O tempo médio para troca dos celulares - que já são mais de 235 milhões em uso no País (2018) - é de menos de dois anos. Os computadores, cuja base instalada é estimada em 60 milhões, são substituídos a cada quatro anos nas empresas e a cada cinco anos pelos usuários domésticos, de acordo com as previsões de depreciação anual entre 20% e 25%.

De acordo com cálculos da STEP (STEP, 2016), o mercado global de resíduos eletrônicos, desde a coleta até a reciclagem, movimenta em torno de US\$ 400 bilhões por ano. O e-lixo produzido no mundo varia de acordo com a riqueza e a consciência ambiental de cada país. No Catar, país com a maior renda per capita do mundo, são gerados 11,3kg por pessoa, 19,4kg por cada estadunidense, 20,1kg por espanhol e 7,4kg por cada brasileiro (GLOBAL, 2018). Neste contexto, o Brasil recicla apenas 2% de seu lixo eletrônico. Cálculos do governo brasileiro estimam que a reciclagem do lixo eletrônico tenha potencial para gerar dez mil empregos e injetar R\$ 700 milhões na economia brasileira (ISTO É, 2015).

A composição dos diferentes materiais (sucata mista) encontrada em cada tonelada de sucata eletroeletrônica revela o crescente interesse dos recicladores no lixo tecnológico, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Composição de Sucata Eletroeletrônica

Composição de uma tonelada de sucata eletroeletrônica mista	
MATERIAL	%
Ferro	Entre 35% e 40%
Cobre	17%
Chumbo	Entre 2% e 3%
Alumínio	17%
Zinco	4% a 5%
Ouro	200 a 300 gramas
Prata	300 a 1000 gramas
Platina	30 a 70 gramas
Fibras e Plástico	15%
Papel e Embalagens	5%
Resíduos não recicláveis	Entre 3% e 5%

Fonte: IDGNOW, 2007



ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO DE SOLUÇÕES

REDUÇÃO DE RESÍDUOS POR MEIO DE PADRÕES DE CONSUMO SUSTENTÁVEL

O custo de disposição de resíduos sólidos é elevado, pois além de sobrecarregar os aterros sanitários representa um imenso desperdício de materiais recicláveis que poderiam ser utilizados, poupando recursos naturais. Dessa forma, reduzir o consumo é a melhor alternativa e uma das maneiras mais eficazes de evitar a degradação ambiental (SOUZA, 2000). Em relação ao consumo sustentável, a solução é consumir produtos mais duráveis; fabricar produtos mais eficientes em termos de energia; reformar e conservar os produtos, ao invés de substituí-los por outros; adquirir o suficiente para consumo, evitando desperdício de produtos e alimentos; reduzir os supérfluos; evitar a utilização de embalagens em excesso priorizando as recicláveis; e reduzir o consumo de água e de energia elétrica.

REUTILIZAÇÃO DE MICROCOMPUTADORES

A reutilização é a prática de destinar um computador que se encontra no fim da sua vida útil a um usuário secundário. Nessa situação também está incluída a destinação para alguma finalidade social, como educação e outras atividades beneficentes. No reuso, o computador não é alterado em seu hardware, ele simplesmente é direcionado para outras atividades ou organizações em que o seu desempenho atual é compatível.

RECICLAGEM DE RESÍDUOS PROVENIENTES DE MICROCOMPUTADORES PÓS-CONSUMO

Os computadores estão se tornando tão comuns em todo o mundo como os televisores. Essa disseminação aumenta as preocupações relativas à destinação final desses equipamentos no fim de sua vida útil. Muitos estudos provam que relativamente poucos computadores antigos estão sendo reciclados. Em vez disso, a maioria é estocada em armazéns, sótãos, ou armários, ou então é encontrada em aterros sanitários ou incineradoras, embora não seja dada uma maior atenção sobre o impacto ambiental da reciclagem e outros cenários utilizados para o fim da vida útil dos computadores (KLATT, 2003).

O simples descarte dos equipamentos eletrônicos tecnicamente obsoletos representa um desperdício enorme de recursos. Além do ouro, da prata e do paládio, os computadores contêm cobre, estanho, gálio, índio e mais uma família inteira de metais únicos e indispensáveis e, portanto, de altíssimo valor (KUEHR e WILLIAMS, 2003).

DISPOSIÇÃO EM ATERROS

A diversidade de substâncias contidas nos computadores contribui para a ocorrência de efeitos ambientais negativos durante a deposição de resíduos em aterro. Não sendo impermeável, o perigo é maior nos aterros não controlados, pelo risco de incêndio. No entanto, a ocorrência de um determinado grau de evaporação de substâncias perigosas e lixiviação de metais e substâncias químicas é uma probabilidade, uma vez que nenhum aterro é totalmente impermeável ao longo de todo o seu ciclo de vida (WILLIAMS e SASAKI, 2003).

Os perigos dos computadores descartados derivam daquilo que eles contêm. Um equipamento eletrônico comum - especialmente um *PC – Personal Computer*, dotado de muitas placas de circuito - pode conter até 3,6 kg de chumbo, bem como presença menor de mercúrio, arsênio, cádmio, berilo e outros produtos químicos tóxicos. Também existe uma família bastante tóxica de produtos químicos retardantes de chamas, usados na maioria dos computadores (MATTHEWS, 2003).

PROGRAMAS DE LOGÍSTICA REVERSA DE MICROCOMPUTADORES PÓS-CONSUMO

Segundo Williams e Sasaki (2003), nos programas de retorno ou de coleta de microcomputadores pós-consumo deve-se levar em consideração o custo necessário para o acondicionamento e transporte realizado pelos usuários, revendedores, industriais e demais partes envolvidas no processo. No processo de logística reversa, os usuários podem transportar o computador a um revendedor local com meios de locomoção próprio ou enviá-lo por meio do serviço de correio para outro usuário, revendedor ou fabricante. Outra opção seria o



transporte até um centro de reciclagem, no entanto, o custo dessa opção é maior porque o número de centros de reciclagem de computadores ainda é relativamente pequeno e a distância entre o endereço do consumidor e o destino pode ser de centenas ou mesmo milhares de quilômetros.

No entanto, é muito difícil estimar com precisão o custo necessário, em média, para o transporte de computadores aos pontos de coleta ou ao destino final. Do ponto de vista do consumidor ele pode transportar ou encaminhar via correio aos pontos de coleta ou pode revendê-lo em sites especializados na internet. Para as opções de atualização (upgrade), o fator transporte não é tão impactante porque os custos de transportes de pequenos componentes como módulos de memória, interfaces e circuitos são reduzidos, entretanto para a reciclagem os custos dos transportes de Unidades de Processamento de Dados e Monitores de grandes dimensões são similares aos ganhos de reciclagem, e, portanto, podem afetar significativamente o resultado (KLATT, 2003).

CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Buscou-se, por meio desse estudo, analisar as práticas de Logística Reversa e Gestão de Resíduos Sólidos de empresas usuárias de microcomputadores. Verificou-se que a gestão integrada de resíduos sólidos de microcomputadores pós-consumo deverá ser controlada pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, ainda não institucionalizados e pelas demais leis estaduais e municipais.

Na análise dessa pesquisa, procurou-se verificar a prática da logística reversa de microcomputadores pós-consumo, sob a visão dos diversos níveis de gerenciamento dos resíduos sólidos, analisando a redução do consumo, a reutilização, a reforma, a reciclagem e a disposição em aterros.

A redução do consumo contribui na redução do impacto ambiental desse setor, aumentando a vida útil do produto. Embora seja a primeira etapa da gestão de resíduos sólidos, a redução de consumo não é um elemento de programas de logística reversa. Nessa etapa, foi verificado que as organizações consumidoras de microcomputadores têm uma grande participação, uma vez que a substituição por um novo equipamento pode passar por etapas como virtualização e o menor índice de substituição de equipamentos, quando surgem novas tecnologias na área de microinformática.

Pelos resultados apresentados nessa pesquisa, às organizações não recebem corretamente as informações necessárias para se adequarem as leis e normas que tratam sobre a disposição final e nem recebem orientações para participar de programas de logística reversa. Tais fatores contribuem para a descrença de que as fiscalizações poderão impedir a disposição incorreta dos microcomputadores. Portanto, existem oportunidades, por meio de maior envolvimento dos órgãos de fiscalização e dos fabricantes, para orientar sobre a gestão de resíduos e sobre as oportunidades de participação em programas de logística reversa.

Com relação à reutilização, verificou-se na literatura que as organizações possuem uma tendência de reutilizar internamente componentes e equipamentos e de fazer atualização tecnológica (upgrade), mas ainda há certa dificuldade em promover uma reutilização externa como doação aos empregados e instituições beneficentes, em decorrência de provável aspecto fiscal e do estado dos equipamentos no pós-uso.

No Brasil, os recicladores aproveitam apenas parte dos materiais existentes no conjunto de microcomputadores e a reciclagem de placas eletrônicas, que exige maior complexidade, são encaminhadas para as empresas no exterior. As empresas quando destinam os resíduos sólidos provenientes de microcomputadores pós-consumo para reciclagem não realizam o acompanhamento e a gestão dos processos utilizados por terceiros na extração de matérias primas.

A formação do passivo ambiental no país pode ser acelerada com a rápida substituição de microcomputadores, uma vez que, conforme apresentado nessa pesquisa, o tempo médio de vida útil tem sido reduzido e ainda não foram sistematizadas práticas para aperfeiçoar e monitorar os processos de logística reversa e de gestão de resíduos na área de microcomputadores. Com relação à logística reversa, os canais reversos para o destino final de microcomputadores estão estruturados, com maior intensidade, nas empresas de médio e grande porte.

Essa pesquisa apresentou limitações que merecem ser ressaltadas em relação ao método utilizado e ao alcance dos resultados. Tais limitações sugerem, complementarmente, direções para o desenvolvimento de estudos

futuros. A sugestão para as próximas pesquisas é estudar a influência da logística reversa no desenvolvimento de novos processos e interações entre o fabricante, distribuidor e empresas consumidoras de microcomputadores que possam aprimorar o consumo ou aumentar o tempo de vida útil dos microcomputadores e seu descarte incorreto. Também como sugestão para novas pesquisas está o estudo da cadeia de microcomputadores, da extração das matérias-primas, seu processamento, produção, distribuição, venda, consumo, formas de retorno aos fornecedores e como eles realizam a disposição final.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARBIERI, J. C.; CAJAZEIRA, J. E. R. Responsabilidade social empresarial e empresa sustentável – da teoria à prática. São Paulo: Saraiva, 2009.
2. BRASIL. Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010. Promulga o texto da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/politica-nacional-de-residuos-solidos/contextos-e-principais-aspectos>>. Acesso em: 04 mai. 2018
3. CAIRNCROSS, F. Meio ambiente: custos e benefícios. São Paulo: Nobel, 1992.
4. CARDOSO, R. S, et al. Ciclo de ida do produto, tecnologia e sustentabilidade: breve análise da gestão ambiental de resíduos sólidos no Brasil. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 27., 2007, Foz do Iguaçu. São Paulo: ENEGEPE. 2007. p. 156-173.
5. CARTER, R. C.; ELLAM, E. *Reverse logistics: A review of the literature and framework for future investigation. Journal of Business Logistics*, v.19, n.1, p.85-89, 1998.
6. CEMPRE. Serviços Eletroeletrônicos. CEMPRE: Compromisso Empresarial para Reciclagem. 2017. Disponível em: < <http://cempre.org.br/servico/eletroeletronicos>>. Acesso em: 07 jun. 2018.
7. COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS. Diretiva do Parlamento Europeu e do Conselho relativa a pilhas e acumuladores e pilhas e acumuladores usados. Disponível em: < <http://www.qca.ibilce.unesp.br/prevencao/normas-europa-pilhas.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2018.
8. *COUNCIL OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PROFESSIONALS (CSCMP). Definition of logistics management.* Disponível em: <<http://cscmp.org/Website/AboutCSCMP/Definitions/Definitions.asp>>. Acesso em: jun. 2018.
9. DE BRITO, Marisa P. *Managing Reverse Logistics or Reversing Logistics Management?* Rotterdam: Erasmus University, 2004
10. DOWLATSHAHI, Shad. Article: *Developing a theory of reverse logistics. Interfaces.* Linthicum: May/Jun 2000. Vol. 30, Num. 3; pg. 143. *Periodical.* ISSN/ISBN 00922102.
11. GLOBAL E-WASTE MONITOR. *The Global E-waste Monitor 2017 Quantities, Flows, and Resources.* Disponível em <<http://ewastemonitor.info/>>, 2018.
12. GREENPEACE. Pesquisa geral no site. Disponível em: <<http://www.greenpeace.org/brasil/toxicos/>>. Acesso em: 01 mar. 2010.
13. GUARNIERI, P. et al. *WMS -Warehouse Management System: adaptação proposta para o gerenciamento da logística reversa.* v.16, n.1, p.126-139, abr. 2006.
14. GUILTINAN, J. P; NWOKOYE, N. *Reverse channels for recycling: an analysis of alternatives and public policy implications. American Marketing Association Proceedings*, n. 36, p. 341-346, 1974.
15. IBGE. Pesquisa Nacional do Saneamento Básico (PNSB 2000). Disponível em<www.ibge.gov.br>. Acesso em: 20 mar. 2018.
16. IDGNOW. Brasil tem problema de estrutura e legislação para enfrentar lixo eletrônico. Disponível em: <http://idgnow.uol.com.br/computacao_pessoal/2007/04/26/idgnoticia.2007-04-25.2669597646/paginador/pagina_4>. Acesso em: 02 mar. 2018.
17. IPT/CEMPRE. “Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado”, São Paulo: IPT, 2017.
18. ISTO É. O negócio bilionário do lixo eletrônico. Revista Isto É, Ed. 2376, junho de 2015. Disponível em: <https://istoe.com.br/422443_O+NEGOCIO+BILIONARIO+DO+LIXO+ELETRONICO/>, 2015.
19. JAHRE, M. *Household waste collection as a reverse channel - A theoretical perspective. International Journal of physical distribution & logistics management.* v. 15, n. 2, p.39-55, 1995.
20. KLATT, S. *Recycling personal computers. In: KUEHR, R. e WILLIAMS E. Computers and the Environment: Understanding and Managing Their Impacts, Kluwer Academic Publishers, Eco-Efficiency in Industry and Science Series.* 2003.
21. KOPICKI, R.J. et al. *Reuse and recycling reverse logistics opportunities.* Illinois: Oak Brook, 1993.



22. KUEHR, R. e WILLIAMS E. *Computers and the Environment: Understanding and Managing Their Impacts*, Kluwer Academic Publishers, *Eco-Efficiency in Industry and Science Series*, 2003.
23. LACERDA, L. Logística reversa: uma visão sobre os conceitos básicos e as práticas operacionais. Rio de Janeiro: COPPEAD, 2002. Disponível em: <<http://www.centrodelogistica.org/new/fspublic.htm>>. Acesso em: 07 jun. 2018.
24. LEITE, P. R. Logística Reversa - Meio Ambiente e Competitividade. São Paulo: Prentice Hall, 2003.
25. ENANPAD. Logística reversa: categorias e práticas empresariais em programas implementados no Brasil – um ensaio de categorização. In: Encontro Nacional da ANPAD - ENANPAD, 24. Brasília, São Paulo: ENANPAD. 2005.
26. SIMPOI. Fatores da logística reversa que influem no reaproveitamento do “lixo eletrônico” - Um estudo no setor de informática. In: Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais - SIMPOI, 12, 2009, São Paulo. São Paulo: SIMPOI. 2009.
27. MATTHEWS S. e MATTEWS D. *Information Technology Products and the Environment*. In: KUEHR, R. e WILLIAMS E. *Computers and the Environment: Understanding and Managing Their Impacts*, Kluwer Academic Publishers, *Eco-Efficiency in Industry and Science Series*, 2003.
28. PARRA, P.; PIRES, S. Uma análise da Gestão da Cadeia de Suprimentos na indústria de computadores. *Gestão & Produção*. v. 10, n. 1, p. 1-15. Abril, 2003.
29. PNUMA. *Urgent Need to Prepare Developing Countries for Surge in E-Wastes*. Disponível em: <<http://unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?DocumentID=612&ArticleID=6471&l=en&t=long>>. Acesso em: 18 fev. 2010.
30. POHLEN, T.; FARRIS, M. *Reverse Logistics in Plastics Recycling*. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*. v. 22, n. 7, p. 34-47, 1992.
31. REVLOG. Pesquisa geral no site. Disponível em: <<http://www.fbk.eur.nl/OZ/REVLOG/>>. Acesso em: 02 mar. 2018.
32. ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMBKE, R. S. *Going backwards: reverse logistics, trends and practices*. Reno: CLM, 1999.
33. ROGERS, D. S; TIBBEN-LEMBKE R. *An examination of reverse logistics practices*. *Journal of Business Logistics*. v. 22, n. 2, p. 129, 2004.
34. SELLTIZ, C. et al. Pesquisa nas relações sociais. São Paulo: Editora Pedagógica e Editora da Universidade de São Paulo, 1975.
35. SOCIETY OF ENVIRONMENTAL TOXICOLOGY AND CHEMISTRY (SETAC); UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAM (UNEP). Por qué adoptar un enfoque de ciclo de vida. Genebra: SETAC e UNEP, 2007.
36. STEP. *Overview of e-waste related information*. *STEP Solving the e-waste problem*, 2017. Disponível em: <http://www.step-initiative.org/Overview_USA.html>. Acesso em: 01 jun. 2018.
37. SOUZA, M. T. Organização sustentável: indicadores setoriais dominantes para avaliação da sustentabilidade - análise de um segmento do setor de alimentação. Tese (Doutorado em Administração de Empresas) - Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas. 2000.
38. STOCK, J. *Reverse Logistics*, Council of Logistics Management. 1992.
39. STOCK, J. *Development and Implementation of Reverse Logistics Programs*. Council of Logistics Management, 1998.
40. WILLIAMS, E.; SASAKI, Y. *Strategizing The End-Of-Life Handling Of Personal Computers: Resell, Upgrade, Recycle*. In: KUEHR, R. e WILLIAMS E. *Computers and the Environment: Understanding and Managing Their Impacts*, Kluwer Academic Publishers, *Eco-Efficiency in Industry and Science Series*, 2003.
41. WILLIAMS, E.; KUEHR, R. *Today's markets for used PCs – and ways to enhance them*. In: KUEHR, R. e WILLIAMS E. *Computers and the Environment: Understanding and Managing Their Impacts*, Kluwer Academic Publishers, *Eco-Efficiency in Industry and Science Series*, 2003.