

QUANTIFICAÇÃO DE RESÍDUOS DE ITENS DE INFORMÁTICA E DE TELECOMUNICAÇÕES COLETADOS PELO SERVIÇO DE COLETA SELETIVA E PELOS CATADORES EM BLUMENAU/SC

Daniela Lischeski¹, Ivone Gohr Pinheiro² e José Alexandre Borges Valle³

Resumo: O crescente avanço tecnológico e a popularização de equipamentos de informática e de telecomunicações estão levando ao aumento da taxa de geração de resíduos relacionados a estes equipamentos. Assim, visou-se neste trabalho, quantificar os resíduos de equipamentos de informática e de telecomunicações, abordando, mais especificamente, CPU, monitor de computador CRT, teclado, mouse, impressora, telefone celular, telefone fixo, fontes e placas de circuito impresso que são coletados pelo serviço de coleta seletiva e pelos catadores em Blumenau/SC. Os registros da quantidade de resíduos foram feitos semanalmente durante oito meses e totalizados mensalmente, tanto na área de transbordo, que recebe os resíduos coletados pelos catadores, quanto no setor central da cooperativa de reciclagem que recebe os resíduos da coleta seletiva. Três diferentes cenários foram considerados, o quantificado, o projetado para 100% de coleta seletiva e o projetado para 100% de coleta seletiva mais 70% dos resíduos estocados. Os resultados apontaram uma maior quantidade, em massa, de monitores de computadores CRT e CPU, e em menor quantidade, os telefones fixos, mouses e celulares. A geração destes resíduos pode variar de 48922 a 56361; 128738 a 148314; e de 218860 a 252143 kg/ano, respectivamente aos três diferentes cenários. A geração per capita nos três cenários varia de 0,16 a 0,18, de 0,42 a 0,48 e de 0,71 a 0,82 kg/hab./ano.

Palavras-chave: Geração. Resíduos. Informática. Telecomunicações. Coleta seletiva.

1 Introdução

Os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos – REEE - podem ser considerados atualmente como um importante problema ambiental e social. Eles são provenientes de equipamentos eletroeletrônicos – EEE - que são aqueles que necessitam de correntes elétricas ou campos eletromagnéticos para o seu funcionamento, bem como aqueles utilizados para geração, transferência e medição dessas correntes e campos, com uma tensão nominal não superior a 1000 V (corrente alternada) e 1500 V (corrente contínua) (DIRETIVA 2002/95/CE, 2003).

Conforme a Diretiva da Comunidade Europeia 2002/96/CE (2003), os equipamentos eletroeletrônicos podem ser separados em 10 categorias, de acordo com as funções desempenhadas, grandes eletrodomésticos (refrigeradores, micro-ondas, ar condicionado etc.); pequenos eletrodomésticos (fritadeira elétrica, relógio, balança etc.); equipamentos de informática e de telecomunicações (telefone, celular, fax, copiadora, CPU, mouse, vídeo, teclado etc.); equipamentos de consumo (rádio, televisão,

aparelho de som etc.); equipamentos de iluminação (lâmpadas fluorescentes, lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão etc.); ferramentas elétricas e eletrônicas (com exceção de ferramentas industriais fixas de grandes dimensões) (brocas, serras, equipamentos de solda etc.); brinquedos e equipamento de esporte e lazer (vídeo games, trens elétricos, equipamentos de esportes com componentes elétricos ou eletrônicos etc.); aparelhos médicos (com exceção de todos os produtos implantados e infectados) (equipamentos de radioterapia, diálise, medicina nuclear etc.); instrumentos de monitoração e controle (detectores de fumaça, termostatos etc.); distribuidores automáticos (de refrigerantes, comida, dinheiro etc.).

São mais facilmente classificados como REEE aqueles provenientes de telefones, televisores e computadores. As lâmpadas fluorescentes e os eletrodomésticos como fogões e geladeiras são mais difíceis de serem percebidos como tais, pois não há interação direta do usuário com a parte eletroeletrônica deles. Pode ser mais difícil ainda identificar como REEE

¹ E-mail: daniela_dali@yahoo.com.br

² E-mail: ivonegp@furb.br
FURB. Rua São Paulo, 3250. Campus II. CEP: 89030-000. Blumenau - SC - Brasil

³ E-mail: alex@furb.br

aqueles oriundos de para-raios, paquímetros de precisão, pratos de antenas parabólicas e brinquedos que possuem sistemas eletroeletrônicos, entre outros.

Gera-se uma grande quantidade de REEE devido a uma série de fatores, como o curto período de troca de diversos aparelhos (ROBINSON, 2009) e o crescente interesse por novos modelos e tecnologias mais modernas (SVTC, 2002). É comum que um equipamento eletroeletrônico ainda em funcionamento seja trocado por outro, de melhor aparência e com maior funcionalidade (SVTC, 2002).

O Programa Ambiental das Nações Unidas estima que no mundo sejam geradas a cada ano de 20 a 50 milhões de toneladas de REEE, sendo que sua quantidade aumenta cerca de três vezes mais rápido do que outras formas de resíduos urbanos (HUANG, GUO, XU, 2009). Esta situação tem levado a uma grande preocupação com a gestão dos REEE, pois a disposição inadequada deles pode levar a uma série de problemas ambientais, como a degradação de solos, de águas e da biota, podendo afetar a saúde humana e ambiental (HUANG, GUO, XU, 2009). Os REEE possuem substâncias perigosas como os retardadores de chama (as bifenilas policloradas, PCB) e metais pesados (mercúrio, cádmio, chumbo etc.), bem como outras substâncias potencialmente prejudiciais (TSYDENOVA; BENGTTSSON, 2010).

A gestão de resíduos sólidos requer dados confiáveis sobre a quantidade gerada e os fatores que influenciam na sua geração (LEBERSORGER; BEIGL, 2011). Entretanto, os REEE são difíceis de serem quantificados e, em consequência, tem se usado estimá-los através de diferentes abordagens.

Mesmo para se estimar a quantidade gerada de REEE surgem dificuldades como a variação da massa e da composição dos materiais presentes nos EEE em função da introdução de novas tecnologias no mercado (FRANCO, 2008). As propriedades mecânicas, a composição dos polímeros constituintes e a composição química dos REEE variam não somente entre equipamentos com diferentes funções, mas mesmo entre equipamentos com a mesma função (CHANCEREL; ROTTER, 2009).

Steubing et al. (2010) usaram o fluxo de material para estimar a geração de resíduos de equipamentos de computadores no Chile. Foram utilizados os dados da quantidade vendida de equipamentos de

computador (desktop, laptop, monitores LCD e CRT) e considerada a vida útil dos equipamentos, o que inclui o comportamento do usuário, pois o equipamento pode ficar armazenado, assim como pode ser utilizado como de segunda mão. Várias outras considerações foram ainda necessárias a fim de realizar o estudo.

Em Hong Kong, nem mesmo o uso do fluxo de vendas de equipamentos elétricos eletrônicos como base para estimativa da geração de REEE foi possível aplicar, pois dados confiáveis sobre a venda destes equipamentos não estavam disponíveis (CHUNG; LAU; ZHANG, 2011).

Assim, o objetivo deste trabalho foi quantificar os resíduos de equipamentos de informática e de telecomunicações coletados pelo serviço de coleta seletiva e pelos catadores em Blumenau, SC e fazer uma projeção de sua geração para dois cenários. O primeiro considerando-se uma cobertura de coleta seletiva de 100% e, o segundo considerando, além da cobertura de coleta seletiva de 100%, a quantidade destes resíduos que se encontram estocados pelos consumidores.

2 Metodologia

Os resíduos considerados neste trabalho enquadram-se na classe "Equipamentos de informática e de telecomunicações" – REIT – terceira das dez classes propostas pela Diretiva 2002/96/CE (2003), tendo sido selecionado, mais especificamente, sete equipamentos de uso mais frequente, CPU, monitor de computador CRT (tubos de raios catódicos; CRT - *cathode ray tube*), teclado, mouse, impressora, telefone celular e telefone fixo; uma parte integrante dos equipamentos de informática e de telecomunicações – EIT-, as fontes e um componente, as placas, totalizando nove itens.

A quantificação destes nove itens foi realizada junto à cooperativa de reciclagem que realiza a coleta seletiva de resíduos sólidos no município de Blumenau que está situado no Estado de Santa Catarina, na região sul do Brasil, na longitude 49,06° W e na latitude 26,91° S, possuindo uma área de 520 km² e 309 011 habitantes em 2010 (IBGE, 2011).

A cooperativa de reciclagem é composta por duas unidades, a central, que recebe os resíduos recicláveis da coleta seletiva do município e a unidade

denominada de área de transbordo de recicláveis que recebe os resíduos recicláveis recolhidos pelos catadores.

As duas unidades possuem uma área destinada especificamente aos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos – REEE-, havendo um funcionário responsável pelo setor. Uma planilha discriminando os REIT a serem considerados foi elaborada e o responsável do setor a preencheu. Para tanto, o funcionário do setor foi acompanhado durante todo o processo e foi interado do significado e importância da pesquisa a fim de engajá-lo no processo para que o preenchimento das planilhas pudesse ser feito.

Os registros foram feitos semanalmente, totalizados mensalmente e realizados durante oito meses, tanto na área de transbordo quanto no setor central a fim de contemplar a geração de REIT.

Apenas na área de transbordo de recicláveis foram incluídos os itens fontes e placas, pois como os resíduos eram provenientes, principalmente, de assistências técnicas, eles já vinham desmontados. Entretanto, cabe observar que não foi possível, nesse caso, precisar a qual tipo de

equipamento estas fontes e placas pertenciam.

3 Resultados e discussão

A determinação da quantidade mensal de CPU, monitores de computador CRT, teclados, mouses, impressoras, telefones celulares, telefones fixos, fontes e placas que foi recolhido pela cooperativa de reciclagem, considerando a área central e a área de transbordo de recicláveis está apresentada na Tabela 1.

O item com maior quantidade mensal recolhida foi “monitores de computador CRT” correspondendo a 502 unidades, destacando-se na sequência as placas (488 unidades), fontes (340 unidades) e CPU (216 unidades), todos no mês de março. A quantidade destes quatro itens no mês de março é significativamente maior do que nos outros meses, com um desvio padrão alto. Teclados, telefones fixos, mouses, celulares e impressoras, nesta sequência, apresentam quantidades máximas em diferentes meses do ano, sem que estas quantidades máximas destaquem-se significativamente daquelas registradas em outros meses.

Tabela 1 - Quantidade de resíduos de itens de informática e de telecomunicações recebidos na cooperativa de reciclagem (área central + transbordo de recicláveis) entre março de 2010 e janeiro de 2011

Mês	CPU	Mon. Comp. CRT	Teclad.	Mouses	Impres.	Celular.	Telef. fixos	Fontes	Placas	Total mensal
(Unidades)										
Mar.	216	502	89	40	44	7	6	340	488	1732
Jul.	67	66	57	18	24	35	20	21	43	351
Ago.	12	48	44	42	22	14	18	40	34	274
Set.	53	81	117	92	58	21	58	47	128	655
Out.	51	77	70	65	54	58	50	40	47	512
Nov.	69	178	143	54	42	46	78	43	17	670
Dez.	171	162	70	44	55	25	46	76	57	706
Jan. (2011)	63	314	166	60	45	53	104	132	37	974
Total (Unid.)	702	1428	756	415	344	259	380	739	851	5874
Total (%)	12,0	24,3	12,9	7,1	5,9	4,4	6,5	12,6	14,5	
Média	87,8	178,5	94,5	51,9	43,0	32,4	47,5	92,4	106,4	
Desvio Padrão	68,7	157,1	43,4	21,7	13,6	18,7	32,9	105,7	157,7	

O total acumulado considerando os nove itens durante os oito meses foi de 5874 unidades correspondendo à soma das quantidades, em ordem decrescente, dos

monitores de computador CRT (1428 unidades), placas (851 unidades), teclados (756 unidades), fontes (739 unidades), CPU (702 unidades), mouses (415 unidades),

telefones fixos (380 unidades), impressoras (344 unidades) e celulares (259 unidades). Os monitores de computador se destacam perfazendo quase 25% do total quantificado no período, sendo que os cinco itens relacionados à informática, monitor de computador CRT, CPU, teclados, mouses e impressoras, respondem juntos por 62,2% (as fontes e placas não foram aqui computadas haja vista que elas foram coletadas já desmontadas, não sendo possível, em consequência atestar sobre sua procedência).

A menor quantidade, em particular, de celulares, telefones fixos e mouses recolhida pela coleta seletiva e pelos catadores pode estar vinculada ao fato de que pequenos eletrônicos podem estar sendo dispostos junto aos resíduos sólidos domésticos, o que vem de encontro à observação de um aumento de itens eletrônicos pequenos e baratos sendo enviados para o sistema municipal de resíduos sólidos em Brisbane, na Austrália (DAVIS; HERAT, 2008). Constatou-se também, em Taiwan, que os consumidores,

tanto domésticos quanto corporativos, responderam a uma pesquisa dizendo que a Agência de proteção ao meio ambiente deveria recolher telefones fixos e telefones celulares (40,11 % das respostas), teclado de computador (39,55%) e mouses de computador (36,72%) (LIN; WEN; TSAI, 2010), resposta que pode estar revelando o fato de o consumidor ter dificuldades de dispor adequadamente estes resíduos.

Considerando-se a massa de cada item estudado, a ordem decrescente de maior contribuição de cada um em unidades que era dos monitores de computador CRT, placas, teclados, fontes, CPU, mouses, telefones fixos, impressoras e celulares passa a ser monitores de computador CRT, CPU, impressoras, fontes, teclados, placas, telefones fixos, mouses e celulares (Tabela 2). Os monitores de computador CRT além de serem em maior número, são aqueles que possuem, também, maior massa, contribuindo, em consequência, de uma forma mais significativa no total de REIT gerados.

Tabela 2 – Quantidade de resíduos de itens de informática e de telecomunicações recebidos na Cooperativa de Reciclagem (área central + transbordo de recicláveis) entre março de 2010 e janeiro de 2011 (em massa)

Item	Quantidade (Unidade)	Massa do item (kg)	Quantidade (kg)
CPU	702	10 ^c a 13,39 ^a	7020 a 9400
Monitor de computador CRT	1428	14,1 ^c a 15,87 ^a	20135 a 22662
Teclado	756	1 ^c	756
Mouse	415	0,2 ^d	83
Impressora	344	6,5 ^c	2236
Celular	259	0,1 ^b a 0,3 ^d	26 a 78
Telefone fixo	380	1 ^b	380
Fontes	739	2,1	1552
Placas	851	0,5 ^e	426
Total	5874		32614 a 37573

Fonte: ^a SWICO (2006) segundo Steubing (2010)

^b Cobbing (2008) segundo Robinson (2009)

^c FRN, 2009 apud BERNSTAD, JANSEN, ASPEGREN, 2011

^d BERNSTAD, JANSEN, ASPEGREN, 2011

^e ABRANTES, 2009

Cabe observar que os monitores de computador CRT se dispostos inadequadamente trazem maiores problemas ao meio ambiente e a saúde humana, pois eles possuem cinco substâncias tóxicas, chumbo, mercúrio, cádmio, bário e fósforo. Todas essas substâncias podem levar à

morte, se forem manuseadas de forma incorreta (BOY, 2011).

A quantidade total de itens dos REIT estudados gerada fica compreendida entre 32.614 e 37.573 kg em oito meses de estudo, sendo que a variação é devida a diferentes valores da massa de alguns itens

(Tabela 2). Projetou-se, então, um cenário anual, utilizando-se a média de cada item no período (Tabela 1) para os quatro meses restantes do ano, obtendo-se uma quantidade compreendida entre 48922 e 56361 kg.

Entretanto, a cooperativa de reciclagem faz a coleta seletiva de, aproximadamente, 38% dos resíduos recicláveis do município. Além disso, muitos consumidores guardam seus equipamentos eletroeletrônicos em casa, mesmo após o final de sua vida útil, pois acreditam que eles ainda possam ter algum valor, ou simplesmente porque não sabem o que fazer com eles (SHINKUMA, HUONG, 2009). Estudos realizados estimam que entre 70% (ONGONDO; WILLIAMS; CHERRETT, 2011) e 75% (WAGNER, 2009) destes resíduos são estocados.

Assim, além deste primeiro cenário que considera os dados obtidos junto à cooperativa de reciclagem, consideraram-se dois outros. O segundo cenário considerou a abrangência da coleta seletiva atingindo 100% dos resíduos (Cenário 2 - 100% coleta seletiva), enquanto que o terceiro considerou

a abrangência da coleta seletiva de 100%, mais a condição de existência dos REIT estudados que se encontram estocados, e que em algum momento terão que ser dispostos. Considerou-se a estimativa de 70% de acordo com Ongondo, Williams e Cherrett, (2011) (Cenário 3 - 100% coleta seletiva mais 70% estocados).

O item com maior contribuição, os monitores de computador CRT, gerariam entre 52986 e 59638 kg de resíduos para o cenário de 100% coleta seletiva e entre 90077 e 101384 kg para o cenário de 100% coleta seletiva mais 70% estocados. O item de menor contribuição, os celulares, geraria entre 68 e 204 kg e, entre 116 a 348 kg, respectivamente aos dois cenários, sendo o intervalo gerado pela consideração de diferentes valores de massa do resíduo.

A perspectiva de geração total de resíduos para uma cobertura de 100% de coleta seletiva é de 85819 a 98873 kg (86 e 99 t) para o período de oito meses. Considerando, também 70% dos resíduos estocados, este valor oscila entre 145939 e 168120 kg (146 e 168 t) para o mesmo período (Tabela 3).

Tabela 3 – Projeção da geração de resíduos de itens de informática e de telecomunicações entre março de 2010 e janeiro de 2011.

Item	100% Coleta seletiva (Unidade)	100% Coleta seletiva (kg)	100% Coleta seletiva +70% estocados (Unidade)	100% Coleta seletiva +70% estocados (kg)
CPU	1847	18470 a 24736	3141	31410 - 42052
Monitor de computador CRT	3758	52986 a 59638	6388	90077 a 101384
Teclado	1989	1989	3382	3382
Mouse	1092	218	1857	371
Impressora	905	5884	1539	10003
Celular	682	68 a 204	1159	116 a 348
Telefone fixo	1000	1000	1700	1700
Fontes	1945	4084	3306	6943
Placas	2239	1120	3807	1904
Total	15458	85819 a 98873	26278	145939 a 168120

Utilizando-se a média de cada item no período (Tabela 1) para os quatro meses restantes do ano, obtém-se a projeção anual em relação aos valores quantificados, à projeção de 100% de coleta seletiva, e àquela de 100% de coleta seletiva mais 70%

dos REIT estocados. Para a sequência das três situações, a quantidade dos resíduos fica, respectivamente, compreendida entre 48922 e 56361 kg (489 e 563 t), 128738 a 148314 kg (129 e 148 t) e entre 218860 a 252143 kg (219 e 252 t) (Tabela 4).

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)
v.13, n. 2, p. 78-85 jul./dez. 2011

Tabela 4 – Projeção anual da geração de resíduos de itens de informática e de telecomunicações.

Item	Projeção Anual (Unidade)	Projeção Anual (kg)	100% Coleta seletiva (Unidade)	100% Coleta seletiva (kg)	100% Coleta seletiva +70% estocados (Unidade)	100% Coleta seletiva +70% estocados (kg)
CPU	1053	10532	2771	27712	4712	47122
		a		a		a
Monitor de computador CRT	2142	30202	5637	79481	9582	135109
		a		a		a
Teclado	1134	1134	2984	2984	5073	5073
Mouse	623	125	1638	328	2786	557
Impressora	516	3354	1358	8825	2308	15005
Celular	389	39	1023	102	1739	174
		a		a		a
Telefone fixo	570	570	1500	1500	2550	2550
Fontes	1109	2328	2918	6127	4959	10415
Placas	1277	638	3359	1680	5711	2856
Total	8812	48922 a 56361	23188	128738 a 148314	39421	218860 a 252143

Para cada um dos três cenários, medido, projeção de cobertura de 100% de coleta seletiva e projeção de 100% coleta seletiva mais 70% de resíduos estocados, foi calculada a geração per capita para os dois períodos, o de oito meses e o de um ano, considerando-se a população de Blumenau de 309.011 habitantes (IBGE, 2011).

O valor per capita de REIT dos dados quantificados no período de oito meses situa-se entre 0,11 e 0,12 kg/hab., porém, a fim de melhor comparação,

realizou-se a projeção anual que fornece um valor entre 0,16 e 0,18 kg/hab./ano. Para os outros dois cenários, projeção de 100% de coleta seletiva e 100% de coleta seletiva mais 70% dos REIT estocados, encontra-se, para o período de oito meses, valores respectivos compreendidos entre 0,28 e 0,32 kg/hab. e 0,48 e 0,54 kg/hab. Para o período anual os valores ficam entre 0,42 e 0,48 e 0,71 e 0,82 kg/hab./ano respectivamente (Tabela 5).

Tabela 5 – Geração per capita de resíduos de itens de informática e de telecomunicações

Período	Cenário	Quantidade (kg)	100% Coleta seletiva (kg)	100% Coleta seletiva +70% estocados (kg)
Período (oito meses)		32614 a 37573	85819 a 98873	145939 a 168120
	Projeção anual	48922 a 56361	128738 a 148314	218860 a 252143
Per capita (kg/hab./período)				
Período (oito meses)		0,11 a 0,12	0,28 a 0,32	0,48 a 0,54
	Projeção anual	0,16 a 0,18	0,42 a 0,48	0,71 a 0,82

4 Conclusões

Este estudo sobre os resíduos REIT recebidos pela cooperativa de reciclagem, que realiza a coleta seletiva em Blumenau, durante o período de oito meses permitiu a obtenção da quantidade de resíduos gerados assim como a projeção para três cenários no período, de um ano.

As maiores quantidades de resíduos são provenientes de monitores de computador CRT e CPU e, as menores, dos telefones fixos, mouses e celulares. A menor quantidade destes itens pode estar vinculada ao fato de que pequenos eletrônicos podem estar sendo dispostos junto aos resíduos sólidos domésticos como tem sido destacado na literatura.

A geração anual de resíduos de equipamento de informática e de telecomunicações pode variar de 48922 a 56361; 128738 a 148314; e de 218860 a 252143 kg, respectivamente aos três cenários, quantificado; projetado para 100% de coleta seletiva; projetado para 100% de coleta seletiva mais 70% estocado, com uma geração per capita correspondente variando de 0,16 a 0,18, de 0,42 a 0,48 e de 0,71 a 0,82 kg/hab./ano.

Cabe ressaltar alguns aspectos quanto à caracterização quantitativa dos resíduos de equipamentos eletro-eletrônicos – REEE -, mais especificamente neste caso, os resíduos de equipamentos de informática e telecomunicações – REIT-. De acordo com os locais de procedência dos resíduos eles podem vir desmontados ou não, ou seja, definir uma classe para quantificá-los a fim de contemplar todas as fontes de sua geração nem sempre é possível. A massa considerada de cada item varia de acordo com o fabricante do item considerado. Os resultados apresentados neste trabalho estão vinculados com a coleta seletiva. O fluxo dos REIT junto aos resíduos sólidos domésticos e aqueles dispostos inadequadamente não estão contemplados.

Os nove itens que foram considerados neste trabalho são alguns daqueles incluídos em apenas uma das dez classes de REEE segundo a Diretiva 2002/96/CE (2003), a classe dos equipamentos de informática e de telecomunicações. Embora estes resíduos estejam em destaque, não se pode esquecer-se daqueles oriundos das outras nove classes.

5 Quantification of the telecommunications and computer waste collected by the selective collection service and the curbside collectors in Blumenau/SC/Brazil.

Abstract: *The increasing technological and popularization of the computer and telecommunications equipment are leading to an increase of such waste. Thus, this work aimed to quantify the disposal of computer equipment and telecommunications, addressing more specifically, CPU, CRT computer monitor, keyboard, mouse, printer, cell phone, telephone, sources and printed circuit boards that are collected by the selective collection service and the curbside collectors in Blumenau/SC/Brazil. The records of the amount of waste were weekly for eight months and were quantified monthly, both in the transshipment area, which receives the waste collected by the curbside collectors, as well as in the central sector of the recycling cooperative that receives waste from selective collection. Three different scenarios have been considered, the quantified scenario, the one that forecasts 100% selective collection, and the third which forecasts for 100% selective collection more the 70% of stocked wastes. The results showed a greater amount, by weight of CRT computer monitors and CPU, and a smaller amount of fixed phones, mice and phones. The generation of these wastes can range from 48,922 to 56,361, 128,738 to 148,314, and 218,860 to 252,143 kg/year, respectively to three different scenarios. The per capita generation of wastes in the three scenarios varies from 0.16 to 0.18, 0.42 to 0.48 and from 0.71 to 0.82 kg/per capita/year.*

Key-words: Generation. Waste. Computer. Telecommunications. Selective collection.

6 Referências

ABRANTES, R. J. D. **Reciclagem de Placas de Circuito Impresso:** Optimização da Operação de Processamento Físico. Dissertação. Instituto

Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa. 2009.

BERNSTAD, A.; JANSEN, J. C.; ASPEGREN, H. Property-close source separation of hazardous waste and waste electrical and electronic

equipment – A Swedish case study. **Waste Management**. v. 31, p. 536–543, 2011.

BOY, N. **O que acontece com o seu PC quando ele vai para o lixo?** Disponível em: <http://www.baboo.com.br/conteudo/modelos/O-que-acontece-com-o-seu-PC-quando-ele-vai-para-o-lixo_a6562_z0.aspx>. Acesso em: 12 jan. 2011.

CHANCEREL, P.; ROTTER, S. Recycling-oriented characterization of small waste electrical and electronic equipment. **Waste Management**. v. 29, p. 2336–2352, 2009.

CHUNG, S.; LAU, K.; ZHANG, C. Generation of and control measures for, e-waste in Hong Kong. **Waste Management**. v. 31, p. 544–554, 2011.

DAVIS, G.; HERAT, S. Electronic waste: The local government perspective in Queensland, Australia. Resources, **Conservation and Recycling**, 52, p. 1031–1039, 2008.

DIRETIVA 2002/96/CE. **Resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE)**. 2003. Disponível em: <<http://www.erp-portugal.pt/index.php?content=8>>. Acesso em: 23 mar. 2009.

FRANCO, R. G. F. **Protocolo de Referência para Gestão de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos Domésticos para o Município de Belo Horizonte**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2008.

HUANG, K.; GUO, J.; XU, Z. Recycling of waste printed circuit boards: a review of current technologies and treatment status in China. **Journal of Hazardous Materials**. v.164, p. 399–408, 2009.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=420240>>. Acesso em: 12 fev. 2011.

LEBERSORGER, S.; BEIGL, P. Municipal solid waste generation in municipalities: Quantifying impacts of household structure, commercial waste and domestic fuel. **Waste Management**. v. 31, p. 1907–1915, 2011.

LIN, C.; WEN, L.; TSAI, Y. Applying decision-making tools to national e-waste recycling policy: An example of Analytic Hierarchy Process. **Waste Management**, 30, p. 863–869, 2010.

ONGONDO, F. O.; WILLIAMS, I. D.; CHERRETT, T. J. How are WEEE doing? A global review of the management of electrical and electronic wastes. **Waste Management**. v. 31, p. 714–730, 2011.

ROBINSON, B. H. E-waste: An assessment of global production and environmental impacts. **Science on the Total Environment**. v.408, p. 183-191, 2009.

SHINKUMA, T.; HUONG, N. T. M. The flow of E-waste material in the Asian region and a reconsideration of international trade policies on E-waste. **Environmental Impact Assessment Review**. v. 29, p. 25-31, 2009.

STEUBING, B. et al. Assessing computer waste generation in Chile using material flow analysis. **Waste Management**. v. 30, p. 473–482, 2010.

THE BASEL ACTION NETWORK (BAN) E SILICON VALLEY TOXICS COALITION (SVTC). **Exporting Harm: The High-Tech Trashing of Asia**. 2002. Disponível em: <<http://www.ban.org/E-waste/technotrashfinalcomp.pdf>>. Acesso em: 07 fev. 2011.

TSYDENOVA, O.; BENGTTSSON, M. Chemical hazards associated with treatment of waste electrical and electronic equipment. **Waste Management**. v. 31, p. 45-58, 2011.

WAGNER, T. P. Shared responsibility for managing electronic waste: A case study of Maine, USA. **Waste Management**. v.29, p.3014–3021, 2009. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/wasman>. Acesso em: 08 mar. 2010.

7 Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio da cooperativa de reciclagem, área central e área de transbordo por compartilhar importantes informações. E agradecem também ao CNPq pela bolsa de mestrado concedida ao primeiro autor.