

## **ANÁLISE DOS IMPACTOS DA GERAÇÃO, ENQUADRAMENTO LEGAL, TRATAMENTO E DESTINAÇÃO FINAL DOS REEE'S**

DOI: 10.19177/rgsa.v6e3201788-111

**Laís Lavnitcki<sup>1</sup>, Gustavo Spiazzi<sup>2</sup>,  
Valter Antonio Becegato<sup>3</sup>, Jairo Afonso Henkes<sup>11</sup>,  
Alexandre Tadeu Paulino<sup>12</sup>, Camila Angelica Baum<sup>13</sup>**

### **RESUMO**

O desenvolvimento industrial e os avanços tecnológicos fomentaram a produção em larga escala de diversos equipamentos eletroeletrônicos facilitando o cotidiano das pessoas. Porém, isto veio acompanhado de uma péssima perspectiva ambiental, com ciclos de consumo cada vez mais acelerados e substituídos na mesma velocidade em que novos aparelhos e tecnologias surgem, contribuindo para o aumento dos denominados resíduos eletroeletrônicos. Diante desse cenário, a regulamentação deste tipo de resíduos é de extrema necessidade para que se tenha um descarte adequado, visto seu potencial de poluição e contaminação. Objetivou-se com este trabalho verificar a legislação de alguns países, prospectando-se o volume de resíduos eletroeletrônicos gerados, sua destinação e consequências ambientais, com destaque para os números do Brasil. Todos os anos são gerados milhões de toneladas de resíduos eletrônicos no mundo. Os principais produtores de resíduos eletroeletrônicos situam-se na Ásia, Europa, América do Norte e na América Latina. Na América Latina, o Brasil é o maior gerador, porém, os maiores geradores per capita são Chile (9,9 kg/habitante), Uruguai (9,5 kg/habitante), Suriname (8,5kg/habitante), Panamá e México com (8,2 kg/habitante), estando o Brasil em oitavo lugar com 7 kg/habitante. No que se refere à legislação, apenas o México, Costa Rica e Brasil possuem normatização para resíduos eletroeletrônicos, o que se revela preocupante, pois o impacto ao meio ambiente deste tipo de resíduo é grande devido à sua periculosidade

**Palavras-chave:** Consumismo; Resíduos Sólidos Perigosos; Legislações; Destinação; Ambiente e Saúde.

<sup>1</sup> Engenheira Ambiental e Sanitária pela USM, Mestranda no programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais/ UDESC. E-mail: laisbruski\_13@hotmail.com

<sup>2</sup> Estudante de Engenharia de Produção com ênfase em Mecânica pela UDESC, aluno especial no Mestrado de Ciências Ambientais pela UDESC. E-mail: gu\_spiazzi@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Doutor em Geologia Ambiental pela UFPR (2005). Engenheiro Agrônomo (UDESC), Professor da UDESC. Vice coordenador da Pós-graduação em Ciências Ambientais da UDESC. E-mail: valter.becegato@udesc.br

<sup>11</sup> Engenheiro Agrônomo, UDESC (1986). Especialista em Administração Rural pela UNOESC (1996) e Mestre em Agroecossistemas pela UFSC(2006). Professor e Coordenador do: CST em Gestão Ambiental, e do CST em Gestão do Agronegócio na Unisul. E-mail: jairo.henkes@unisul.br

<sup>12</sup> Químico pela UEM. Mestre em Ciências / Química pela UEM, Doutora pela UEM. Estágio pós-doutorado pela UNICAMP e pela Colorado State University, USA. Professor no Mestrado em Ciências Ambientais do CAV-UDESC. E-mail: alexandre.paulino@udesc.br

<sup>13</sup> Engenheira Sanitarista e Ambiental (UFSM, 2010-2015). Mestranda em Ciências Ambientais (Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, UDESC. E-mail: camilabaumm@yahoo.com

## 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento industrial e os avanços tecnológicos trouxeram a produção em larga escala de diversos equipamentos eletroeletrônicos facilitando o cotidiano, trazendo conforto e entretenimento para a vida da população (NATUME & SANT'ANNA, 2011). Entretanto, a evolução tecnológica e o modelo de produção industrial vieram acompanhados de uma péssima perspectiva ambiental, com ciclos de consumo cada vez mais acelerados de acordo com Rocha et al. (2013), tendo equipamentos eletrônicos substituídos na mesma velocidade em que novos aparelhos e tecnologias surgem, contribuindo para o aumento do chamado lixo eletrônico (MOI et al., 2014).

O lixo eletrônico conhecido também como resíduo eletroeletrônico (REEE) ou *e-waste* são definidos como todo e qualquer produto de origem tecnológica, que vão desde televisores, rádios, telefones celulares, eletrodomésticos portáteis, equipamentos de microinformática, filmadoras, lâmpadas fluorescentes, brinquedos eletrônicos até milhares de outros produtos criados para facilitar a vida moderna, e que quando se torna obsoleto ou inservível são descartados (RODRIGUES, 2003; VIEIRA et al., 2009).

Os equipamentos eletrônicos têm um tempo de vida de 3 a 4 anos em nossas residências (RIS INTERNATIONAL, 2003), os quais são descartados uma vez que ficam tecnologicamente ultrapassados em prazos de tempo cada vez mais curtos ou ainda devido à inviabilidade econômica do conserto em comparação com aparelhos novos (WIDMER et al., 2005), evidenciando-se assim, uma grande quantidade de REEE's.

De acordo com Magalini et al. (2015), em 2014 no Brasil foram gerados 1.412 mil toneladas de REEE's, cuja produção per capita é de 7 kg desse tipo de resíduo, tendo-se como estimativa a probabilidade de aumento. Araújo et al. (2012), menciona que o comércio eletrônico brasileiro apresentou um crescimento de cerca de 30% nos últimos anos, de modo que o país se tornou o segundo maior gerador de resíduos sólidos entre os países emergentes.

Diante desse cenário, a necessidade de um descarte adequado para os REEE's se faz necessário visto seu potencial de contaminação, pois são compostos por substâncias, como: chumbo, mercúrio, arsênio, cromo, cádmio, bifenilas policloradas, éter difenil polibromado até plásticos que liberam

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 6, n. 3, p. 88-111, out./dez. 2017.

dioxinas e furanos, além de outros compostos tóxicos, o que acarretam em diversos problemas quando em contato com o ambiente (WONG et al., 2007, WANG et al., 2009; ROBINSON, 2009, CELINSKI et al., 2014).

No Brasil, o ordenamento jurídico quanto ao descarte correto, responsabilidade compartilhada, reciclagem e logística reversa dos REEE's estão previstas na Política Nacional dos Resíduos Sólidos, instituída pela Lei 12.305 de 2010 que traz a obrigatoriedade e responsabilidade de todos os envolvidos em coletar e destinar corretamente todos os resíduos gerados. Porém, tem-se um cenário nada animador, onde apesar de possuir norma legal, ocorrem dificuldades de sua implementação, estando longe de ser eficiente quanto à gestão dos REEE's, não tendo especificações quanto o tratamento dentro da Política Nacional dos Resíduos Sólidos e ainda ser o país que mais gera REEE's entre os emergentes (PNUMA, 2013).

Diante de tal contexto, objetiva com este trabalho verificar as legislações dos maiores geradores do mundo: Estados Unidos, China, Índia Suíça e países da América Latina, levantando o volume de REEE's gerados, sua destinação e consequências ambientais com destaque para números de Brasil.

## **2 RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS**

### **2.1 Definição e Classificação**

Os REEE's são definidos como os produtos eletrônicos após o fim de sua vida útil, os quais são classificados como perigosos de acordo com a NBR 10.004 de 2004, pois podem apresentar características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.

A Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI, 2013) define os equipamentos eletroeletrônicos como todos aqueles produtos cujo funcionamento depende do uso de corrente elétrica ou de campos eletromagnéticos, sendo classificados em quatro categorias:

**Linha Branca:** refrigeradores e congeladores, fogões, lavadoras de roupa e louça, secadoras, condicionadores de ar;

**Linha Marrom:** monitores e televisores de tubo, plasma, LCD e LED, aparelhos de DVD e VHS, equipamentos de áudio, filmadoras;

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 6, n. 3, p. 88-111, out./dez. 2017.

**Linha Azul:** batedeiras, liquidificadores, ferros elétricos, furadeiras, secadores de cabelo, espremedores de frutas, aspiradores de pó, cafeteiras;

**Linha Verde:** computadores desktop e laptops, acessórios de informática, tablets e telefones celulares.

Nos Estados Unidos a Directiva CE/96/2002 determinada pelo Parlamento e Conselho Europeu em 27 de janeiro de 2003 que dispõe sobre os resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos define dez categorias de acordo com as características de uso, peso, volume e composição em:

**Grandes eletrodomésticos:** equipamentos utilizados para refrigeração, transformar e cozinhar alimentos, aquecimento e ventilação de casas, sendo exemplos destes as geladeiras, freezers, lavadoras e secadoras de roupa, ar condicionado e fogões;

**Pequenos eletrodomésticos:** aparelhos de limpeza, afazeres e higiene, são eles: aspiradores, máquinas de costura, ferro elétrico, tesouras, máquina de barbear, relógios e aparelhos de massagem;

**Equipamentos de informática e telecomunicações:** microcomputadores, impressoras, laptop, computadores incluindo-se todos seus acessórios, máquinas de escrever, calculadoras, telefones e celulares;

**Equipamentos de entretenimento:** rádio, TV, câmeras de vídeo, instrumentos musicais e de reprodução de vídeo e imagem;

**Equipamentos de iluminação:** lâmpadas fluorescentes, de alta densidade, sódio de pressão, iodetos, entre outras, excetuando-se lâmpadas de incandescência;

**Ferramentas elétricas e eletrônicas:** ferramentas utilizadas para serrar, cortar, triturar, lixar, costurar, furar, aparafusar, soldar, espalhar, pulverizar, entre outros, excetuando-se ferramentas de grande escala industrial;

**Brinquedos e equipamentos esportivos:** qualquer brinquedo ou equipamento esportivo com componentes elétricos, podem ser citados, vídeo games e carros de corridas;

**Equipamentos médicos:** todos aqueles equipamentos utilizados para detectar, evitar, controlar, tratar, aliviar doenças, lesões ou deficiências, excetos os produtos implantados ou infectados;

**Instrumentos de monitorização e controle:** Aparelhos de medição, pesagem, regulação para uso doméstico e laboratorial e também equipamentos de controle e comando utilizados em instalações industriais;

**Distribuidores automáticos:** todos os aparelhos que forneçam automaticamente todo o tipo de produtos.

De acordo com Araujo (2015), dentre os resíduos sólidos, os REEE's apresentam maior fluxo de crescimento, com uma gestão preocupante em função do seu volume e periculosidade. Porém, apesar de existirem diversas substâncias perigosas em sua composição, há também substâncias e materiais de alto valor que podem ser recuperados e fazer parte novamente do ciclo de produção (DWIVEDY & MITTAL, 2012).

## **2.2 Regulamentações legais dos países**

A Convenção da Basileia realizada em 1989, resultou em um acordo internacional entre diversos países signatários com a finalidade de controlar os movimentos transfronteiriços de resíduos perigosos e sua disposição (ZIGLIO, 2005). Esse acordo para Pacheco (2013), é considerado um marco regulatório para os REEE's, pois é o que mais se aproxima de uma adequada regulamentação, todavia somente em 1992, 165 países, incluindo o Brasil, aderiram a convenção com objetivo principal da cooperação entre os países, para um adequado gerenciamento de resíduos perigosos, principalmente relacionado à importação e exportação de REEE's para países pobres e sem estrutura apropriada.

A Suíça é o país pioneiro na regulamentação dos REEE's. Em 1990 ratificou a Convenção da Basileia, publicando no ano de 1998 uma legislação própria com a "ORDEE", uma Portaria que estabelece a logística reversa de equipamentos, tratando especificamente da gestão deste tipo de resíduo (LUÍZIO, 2004). No entanto, antes de 1990, a Suíça já desenvolvia um gerenciamento dos REEE's que garantia a sua reciclagem, tendo apenas que normatizar o que já acontecia na prática. Para Khetriwal et al. (2009) e Wager et al. (2011), isso foi o segredo do sucesso do sistema suíço.

Para Reidler (2012), a Suíça, Alemanha, Bélgica, Suécia e mais alguns países do continente europeu são considerados referência para o tema dos

REEE's e passaram a ser prioritários desde 1991. Porém, para se implantar um sistema de referência mundial como o suíço, deve-se levar em consideração diversos fatores, como: dimensões territoriais, sistemas de governo, desenvolvimento socioeconômico e tecnologia para separação de materiais de valor agregado aos REEE's, pois nem sempre é o melhor caminho para países com realidades tão diferentes (SANT'ANNA et al., 2014).

A China embora signatária da Convenção da Basileia, não possuía nenhuma lei específica sobre os REEE's até 2003, quando a Agência de Proteção Ambiental promulgou uma declaração frisando a gestão dos REEE's. Assim, duas regulamentações em forma de portarias referentes ao controle e prevenção da poluição dos REEE's foram criadas, uma em 2006 e outra em 2007 (SANT'ANNA et al., 2014).

Ainda em 2009, foi promulgada uma portaria sobre a administração e eliminação de REEE's, que entrou em vigor em 2011 regulamentando a responsabilidade dos fabricantes e importadores através de taxas para um fundo gestor do governo, com o objetivo de subsidiar a reciclagem e o tratamento do REEE's. Neste mesmo ano, outra portaria entrou em vigor, relacionada à coleta e descarte, tendo como objetivo reduzir o volume de REEE's e aumentar sua taxa de reutilização e reciclagem (SANT'ANNA et al., 2014).

Entretanto, apesar de todas essas regulamentações na China, têm-se dificuldades, necessitando de uma política que assegure eficazmente o sistema de devolução dos produtos descartados, com segurança, ao fabricante ou à reciclagem, de forma que seja possível mapear até mesmo os operadores informais no mercado (SANT'ANNA et al., 2014). Song & Li (2015), relataram que o governo Chinês está elaborando um plano de monitoração do sistema de reciclagem de seus resíduos, com a participação de Universidades, Associações Industriais, ONG's e agências estrangeiras.

Nos Estados Unidos, os REEE's não são considerados como perigosos, não existindo uma legislação que regule a gestão desse tipo de resíduo para todos os estados, o que se dá em função do modelo descentralizado de administração pública, sendo a gestão de responsabilidade do estado e, em específico, dos municípios (WAGNER, 2009). O primeiro estado a criar uma lei específica para os REEE's foi a Califórnia em 2003. A partir de 2003 até maio

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 6, n. 3, p. 88-111, out./dez. 2017.

de 2011, outros vinte e cinco estados Americanos e oito províncias do Canadá promulgaram leis para gerenciamento de REEE's, baseadas na responsabilidade estendida do produtor e pressão sobre os fabricantes para assumirem a responsabilidade por seus resíduos (HICKLE, 2013; KYLE, 2013).

Oliveira et al. (2012), esclarece que os Estados Unidos possuem apenas uma legislação federal que impede a disposição do REEE's em aterros, porém isentam o consumidor doméstico e pequenas empresas de penalidades. A inexistência de uma legislação para todos os estados de acordo com Sant'Anna et al. (2014), demonstra um desinteresse do governo federal ao ignorar a questão das substâncias perigosas contidas nos eletroeletrônicos comercializados, submetendo a sociedade à riscos de contaminação pelo manuseio e/ou descarte inadequado dos REEE's, pois não existindo uma legislação municipal não ocorrerá um descarte adequado, o que explica a baixa porcentagem de reciclagem dos REEE's nos Estados Unidos, que situa-se em torno de 15%.

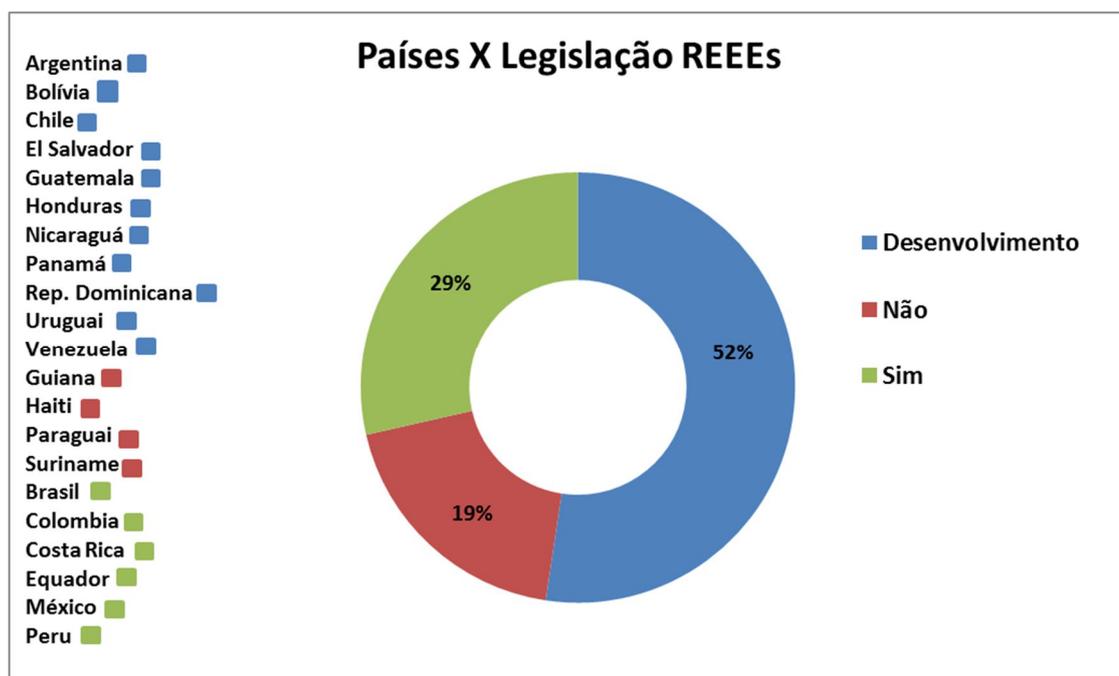
Na Índia no ano de 2005 foram desenvolvidas algumas diretrizes para o manejo sustentável dos REEE's, mas somente em 2011 entrou em vigor um conjunto de regras para gestão e manejo, tendo como proposta a responsabilidade do produtor e também a limitação do uso de componentes perigosos nos produtos eletroeletrônicos, com aumento do custo da disposição dos REEE's em aterros sanitários, na tentativa de estimular a reciclagem pelos fabricantes (DWIVEDY & MITTAL, 2012). Porém, diversos fatores essenciais para uma correta gestão não são considerados, como a correta segregação, acondicionamento, o procedimento de coleta, envio para reciclagem ou reutilização dos REEE's, além da definição das responsabilidades dos atores envolvidos no ciclo de vida do eletroeletrônico.

Assim, a Índia não apresenta um tratamento e coleta diferenciada para os REEE's, sendo tratados ainda como resíduos domésticos, situação prejudicada ainda mais com a manipulação informal de componentes para recuperação de metais e outros produtos, montados por empresas de pequena escala, falsificados e contrabandeados resultando em uma baixa recuperação de materiais, gerando problemas ambientais e sociais graves (DWIVEDY & MITTAL, 2012; SANT'ANNA, et al., 2014).

Nos países da América Latina, a legislação em relação à gestão de resíduos, quando existentes são bastante amplas e generalistas, não tratando de determinados resíduos específicos, os quais merecem atenção especial por serem perigosos (PACHECO, 2013). Existem ainda, muitos casos em que a responsabilidade pós-consumo não fica claramente definida, implicando a gestão destes resíduos, sendo um problema pontual para os REEE's.

A Figura 1, a seguir, apresenta a legislação específica para os REEE's nos países da América Latina no ano de 2014.

Figura 1: Países da América Latina e sua situação quanto à regulamentação dos REEE's.



Fonte: Magalini et al. (2015).

Países como Argentina, Bolívia, Chile, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicarágua, Panamá, República Dominicana, Uruguai e Venezuela representam alguns dos países que estão elaborando legislação específica para destinação de REEE's.

Todos esses países não possuem uma legislação em nível nacional normatizando os REEE's, sendo que na maioria dos casos encontra-se em discussão em seus parlamentos. Alguns estados já possuem norma específica para esse tipo de resíduos, como por exemplo, na Argentina a província de Buenos Aires possui uma lei para os REEE's desde 2012. Além disso, na maioria desses países em que está sendo desenvolvido este tipo de legislação

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 6, n. 3, p. 88-111, out./dez. 2017.

contemplando iniciativas para a gestão, com campanhas de conscientização, reciclagem, recuperação, projetos que abrangem a responsabilidade dos geradores, além da criação de grupos e ministérios com representantes do setor público e privado, com objetivo da normatização para correta destinação dos REEE's.

Em outros países como na Guiana, Haiti, Paraguai e Suriname representado 19% dos países da América Latina, não possuem legislação quanto aos REEE's. O Paraguai apesar de ter legislação própria para seus resíduos sólidos, não aborda de forma específica os REEE's, não tendo qualquer incentivo à coleta, reciclagem e gestão dos mesmos, sendo que a maioria desse tipo de resíduo é disposta em aterros sanitários, o que leva à contaminação de toda a área, em função de sua periculosidade.

Na América Latina, apenas 29% dos países, representados pelo Brasil, Colômbia, Costa Rica, Equador, México e Peru já possuem legislação específica para os REEE's.

A Colômbia desde 2013 possui sua regulamentação específica para os REEE's baseada no princípio da responsabilidade estendida ao produtor, assim como o Equador que em 2013 introduziu os REEE's com princípios semelhantes, com uma cota de 5:2, ou seja, para cada cinco telefones descartados e coletados, a empresa poderá lançar mais dois novos telefones ao mercado. Já o Peru conta com uma legislação específica desde 2012, porém em 2010 já apresentava diversas iniciativas de gestão dos REEE's, sendo que em 2015 publicou uma nova lei que estabelece metas de tratamento aos REEE's.

Entretanto no Brasil, a ABDI (2013), menciona que os REEE's ocupavam até recentemente uma espécie de vazio regulatório, onde municípios e estados como São Paulo e Curitiba já possuíam legislação específica e regulamentação à respeito dos resíduos, dedicando atenção especial aos eletrônicos, atribuindo responsabilidade aos geradores e cadeia produtiva, pressionando de certa forma o surgimento de uma lei em nível nacional.

Foi somente em 2010 após 19 anos de tramitação, que se aprovou uma lei em nível nacional que oferecesse o respaldo jurídico necessário para os resíduos sólidos, incluindo-se os eletroeletrônicos, trata-se da **Lei nº 12.305/10**, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (**PNRS**). Ao longo dos 19 anos

de tramitações, vários projetos de ONG's, universidades, coletivos informais e empresas de telefonia aconteceram, como: recebimento de baterias, celulares, carregadores e demais acessórios (a partir de 2008), assim como, campanhas de recolhimento com objetivo de reuso dos eletroeletrônicos, onde todos esses projetos acabaram fazendo certa pressão para aprovação da Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS).

Em 02 de agosto de 2010, surgiu a PNRS que contempla princípios, instrumentos, objetivos, diretrizes, ações e metas da adequação dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

De acordo com o Artigo 9º da lei, a gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos devem ser observados pela prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, assim, todo resíduo tecnológico deve se deter a essa prioridade (BRASIL, 2010).

A PNRS prevê ainda a obrigatoriedade da implantação da logística reversa pelos responsáveis da fabricação, distribuição, importação e comercialização de produtos como: lâmpadas fluorescentes, baterias e pilhas, óleos lubrificantes, pneus, eletrônicos e agrotóxicos (BRASIL, 2010). Para Tibben-Lembke & Rogers (1998), o processo da logística reversa é coletar e transportar os materiais utilizados, danificados ou até mesmo rejeitados, fora de validade, levando suas embalagens do consumidor final até o revendedor.

No entendimento de Pacheco (2013), as condições necessárias para o sucesso quanto aos resíduos não foram todas estabelecidas na Lei e devido a isso, estão sendo estruturadas através de regulamentação por decretos federais, resoluções do CONAMA e planos de gestão.

A título de avanços na temática, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2013) reforçou a normatização dos REEE's através NBR 16.156/2013, que estabelece requisitos para a proteção ao meio ambiente e para o controle de riscos de segurança e saúde no trabalho da atividade de manufatura e da logística reversa de resíduos eletroeletrônicos. O Portal Brasil (2013) menciona que a regulamentação traz requisitos específicos relacionados à responsabilidade por substâncias perigosas, à rastreabilidade dos resíduos recebidos e ao balanço de massa até a disposição, sendo que compõe uma série de ações do governo para implantar a PNRS.

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 6, n. 3, p. 88-111, out./dez. 2017.

Tem-se ainda dentro do ordenamento jurídico, a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 257/99 que foi revogada pela Resolução CONAMA nº 401 de 04 de novembro de 2008, alterada pela Resolução CONAMA nº 424, de 2010. O referido ordenamento estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado.

As pilhas e baterias devem ser entregues pelos consumidores aos estabelecimentos que as comercializam ou à rede de assistência técnica autorizada pelas respectivas indústrias, os quais deverão receber as mesmas, sendo facultativa a recepção de outras marcas, para que sejam repassadas aos respectivos fabricantes ou importadores e realizados os procedimentos necessários de reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final ambientalmente adequada (PACHECO, 2013).

Até junho de 2008, somente dez estados possuíam uma política estadual de resíduos sólidos no Brasil, porém, nenhum aborda diretamente os REEE's, apenas o Rio de Janeiro menciona em partes as substâncias destes resíduos o que é preocupante visto que nem mesmo os resíduos sólidos domésticos são regulamentados (PACHECO, 2013).

Qualquer país que busca um crescimento continuado da economia deve posicionar-se e atender as questões dos resíduos eletrônicos, pois a tendência é de que nos próximos anos haja um aumento no volume de geração, assim como, países como o Brasil que busca se posicionar como potência dando especial interesse em questões sociais e ambientais, esse tema é ainda mais premente, porém, temos um grande caminho a percorrer.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

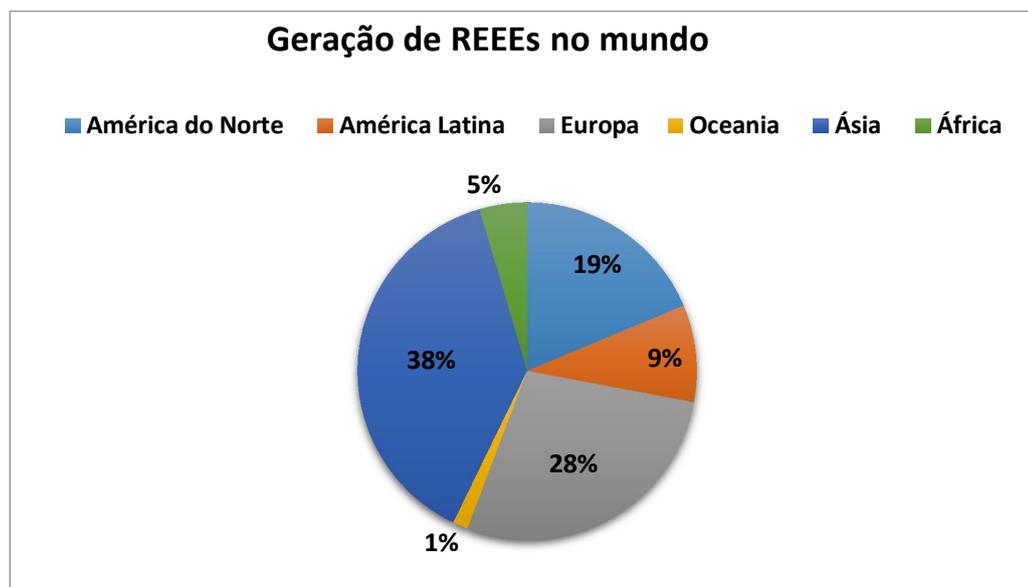
#### **3.1 Geração de REEE's na América Latina e no mundo**

O acúmulo de resíduos eletrônicos cresce a cada dia, sendo que em 2014 de acordo com Magalini et al. (2015), foram gerados cerca de 41,8

milhões de toneladas de REEE's no mundo, representando 5,9 kg por habitante.

Na Figura 2, pode-se observar a porcentagens de geração de REEE's em cada continente para o ano de 2014.

Figura 2: Geração Mundial de REEE's, por região.



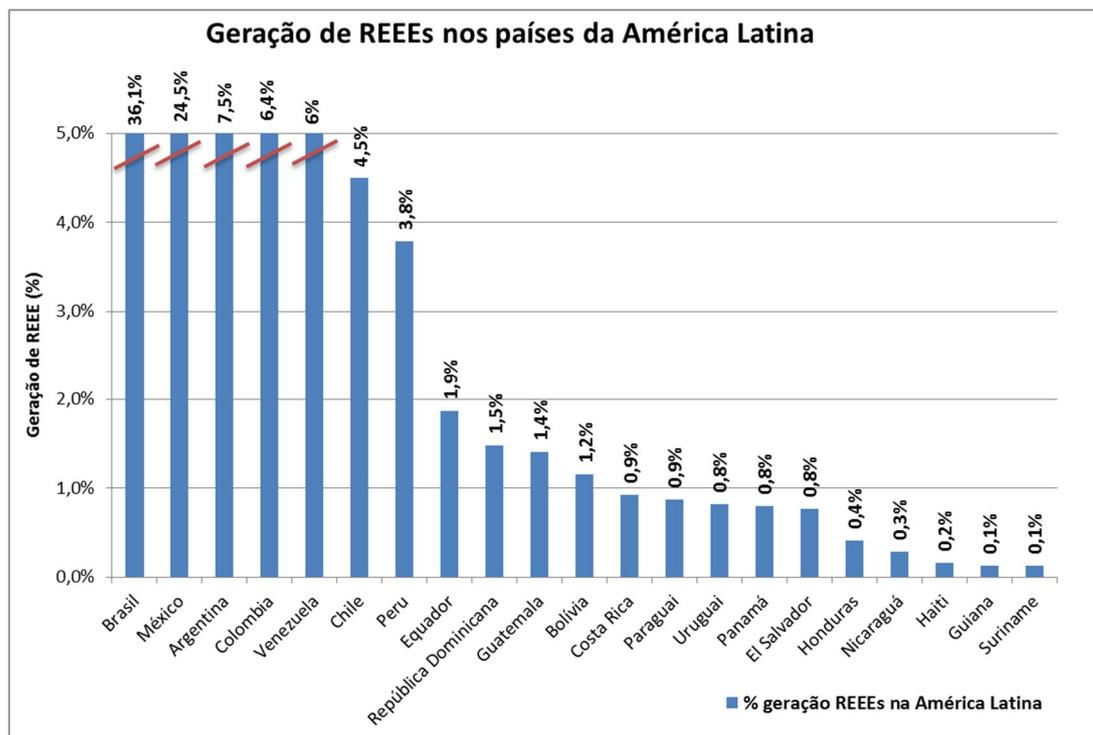
Fonte: Magalini et al. (2015).

Observa-se que há uma geração bastante distinta entre as regiões, sendo que a maior geração ocorre respectivamente na Ásia, Europa, América do Norte, América Latina, África e em último na Oceania. Todavia quando se compara a geração per capita, a classificação muda, sendo a Europa a maior geradora per capita com 15,6 kg/ habitante, seguidos da Oceania com 15,2 kg/habitante, América do Norte com 12,2 kg/habitante, América Latina 6,6 kg/habitante, Ásia com 3,7 kg/habitante e em último lugar a África com 1,7 kg/habitante (MAGALINI et al., 2015).

A América Latina foi responsável pela produção de 9% de REEE's do mundo equivalente a um total de 3,9 milhões de toneladas, com geração de 6,6 kg/habitante, maior que a média geral do mundo que foi de 5,9kg/habitante, tendo como perspectiva para 2018 um aumento de 6% na geração, atingindo 7,7 kg/habitante, valores estes, maiores que a estimativa de crescimento para o mundo que é de 5% com uma geração per capita de 6,7 kg/habitante (MAGALINI et al., 2015).

O maior produtor de REEE's da América Latina é o Brasil com uma geração de 1.412 mil toneladas, representando 36,1% dos resíduos gerados pelo continente, seguidos do México com 24,5% da produção, Argentina com 7,5%, Colômbia com 6,4%, Venezuela com 6% e demais países que podem ser verificados na Figura 3 (MAGALINI et al., 2015).

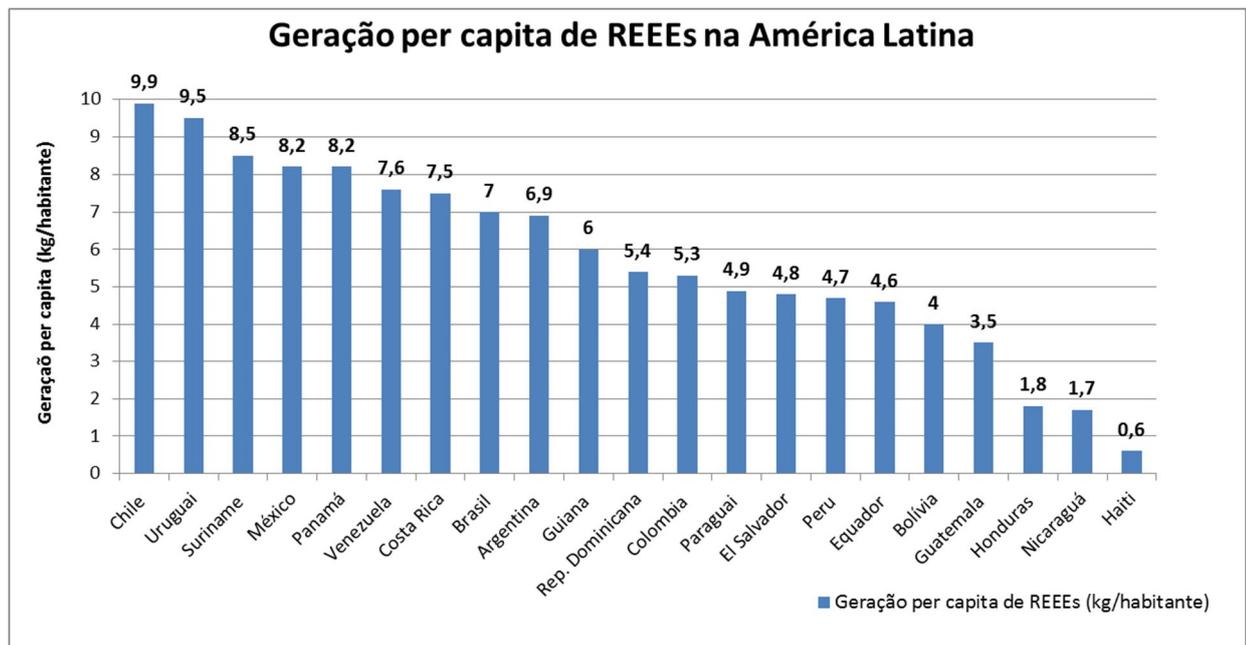
Figura 3: Geração de REEEs nos países da América Latina.



Fonte: Magalini et al. (2015).

Quando analisados separadamente a geração per capita de REEE's desses países levando em consideração os habitantes o cenário muda, que pode ser verificado no Figura 4.

Figura 4: Geração per capita de REEE's na América Latina



Fonte: Magalini et al. (2015).

O Brasil é considerado o maior produtor de resíduos eletrônicos da América Latina, no entanto, o maior produtor per capita de REEE's é o Chile com 9.9 kg/habitante, seguido do Uruguai com 9,5 kg/habitante, Suriname 8,5kg/habitante, Panamá e México com 8,2 kg/habitante, estando o Brasil em oitavo lugar com uma produção 7 kg/habitante.

Quando comparadas a legislação existente verifica-se que dos dez países com maior geração per capita, apenas o México, Costa Rica e Brasil possuem normatização quanto aos REEE's, sendo bastante preocupante visto a necessidade de coleta e gestão adequada devido à periculosidade desse tipo de resíduo. Selpis et al. (2012) menciona que mesmo quando o país possui uma lei, ocorrem muitas deficiências por fatores de custo e fiscalização, tendo muitas vezes os REEE's a destinação como resíduo comum.

No ano de 2010 para o Brasil estimou-se uma geração per capita de 2,6 kg de REEE's (ANDRADE et al., 2010), e em 2014 teve uma produção per capita de 7 kg (MAGALINI et al., 2015). Observa-se que como previsto pelos pesquisadores os resíduos eletrônicos estão aumentando no decorrer dos anos, tornando-se cada vez maior o problema em relação a sua destinação.

Araujo (2015), descreve que em 2012 o descarte de aparelhos de telefones celulares somava 2,2 mil toneladas por ano no Brasil, sendo que o

tempo médio de uso é inferior a dois anos. Na América Latina em 2014 foram geradas 17 mil toneladas de resíduos de telefones celulares, sendo que do total de REEE's gerados na América Latina, 0,5% do volume de peso total referem-se a aparelhos de telefone celular (MAGALINI et al., 2015). A previsão para 2018 é que sejam geradas 19 mil toneladas de resíduos de telefones celulares, de acordo com Magalini et al. (2015), o que é bastante preocupante, visto que um único aparelho celular contém diversos metais em concentrações elevadas, representando um grande risco de contaminação.

Este mesmo relatório menciona que dos REEE's gerados na América Latina, que corresponde a 3,9 milhões de toneladas, são compostos por 1,175 mil toneladas de pequenos equipamentos, 991 mil toneladas de grandes equipamentos, outras 585 mil toneladas correspondem a equipamentos de troca de temperatura que inclui refrigeradores, congeladores, condicionadores de ar, entre outros; 499 mil toneladas são compostas de telas e monitores, 585 mil toneladas de dispositivos de telecomunicação, sendo destes 17 mil toneladas somente de celulares e 69 mil toneladas de lâmpadas (MAGALINI et al., 2015).

Segundo a Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílio quanto à posse de bens no Brasil, as maiores variações percentuais positivas quanto aos equipamentos eletroeletrônicos entre os anos de 2009 a 2011, se deve aos computadores com acesso à internet com um aumento de 39,8%, telefone celular com 26,6% e máquina de lavar roupa com aumento de 20,3%, sendo que todos os demais eletroeletrônicos avaliados tiveram aumento, porém não tão significativos, tendo apenas o rádio um destaque negativo com um decréscimo de 0,6% entre os anos avaliados (IBGE, 2013).

Já a síntese de indicadores de 2014 da Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílio, quanto à posse de bens no Brasil, as estimativas da pesquisa revelaram que 98,9% dos domicílios possuíam fogão (97,6% em 2001); 98,0%, geladeira (85,1% em 2001); e 97,4%, televisão (89,0% em 2001), tendo apenas o freezer um recuou de 2001 para 2014 cerca 2,4%, porém, abriram espaço para os computadores que em 2001, tinham um percentual de 12,6%, alcançando em 2014 o patamar de 49,2% e assim é para os microcomputadores com a acesso à Internet, que no mesmo período, tiveram um aumento de 34,2%, passando de 8,5% (2001) para 42,7% (2014) (IBGE, 2015).

Quando relacionados os dados de crescimento dos equipamentos eletroeletrônicos no Brasil com as classes de REEE's gerados na América Latina no ano de 2014, verifica-se que os eletroeletrônicos que tiveram um destaque no seu aumento, como geladeira, televisores, computadores e microcomputadores, também são os REEE's que tiveram maiores volumes gerados.

De acordo com Pacheco (2013), são diversos os fatores que estão relacionados à geração de REEE's, um fator que merece destaque é o crescimento do setor de Tecnologia de Comunicação e Informação (TIC) principalmente no Brasil, Rússia, Índia e China. No Brasil, devido à crise financeira internacional, gerou-se um impacto significativo no setor de TIC's, desacelerando abruptamente sua produção entre os anos de 2008 e 2009 (RAUEN et al., 2009).

Porém, mesmo com o abalo gerado pela crise econômica no Brasil, os números de REEE's aumentaram. As estatísticas apontam para uma tendência ainda maior de crescimento quanto ao consumo de equipamento eletroeletrônico nos próximos anos, em função da crescente população, economia em expansão que aumenta o poder aquisitivo, entre outros fatores, que impulsionam o consumo desses produtos tendo uma maior geração de REEE's (REIDLER, 2012).

## **2.4 Destinação e Impactos Ambientais**

O ciclo de vida de um produto compreende as fases de concepção, definição, produção, operação e obsolescência ao longo de sua vida útil, onde a logística reversa tem como objetivo fechar esse ciclo, promovendo a reciclagem do produto retornando-o ao ciclo produtivo e dispondo os rejeitos de forma adequada.

De acordo com a ABDI (2013), no Brasil a área de reciclagem de eletrônicos já conta com 94 empresas recicladoras espalhadas por diferentes regiões do Brasil. Porém a reciclagem possui uma variação no fornecimento de materiais devido à informalidade da coleta e logística, assim como a falta tecnologia de ponta para recuperação, o que resulta em uma baixa eficiência

na separação e tratamento de insumos nobres dos REEE's, tendo assim que ser exportados para um tratamento adequado.

Algumas das empresas recicladoras no Brasil realizam apenas a separação e a moagem do material, o qual posteriormente será destinado para a Ásia para realização do processamento e tratamento. Em 2011, foram exportados 5.772 toneladas de polímeros e outros plásticos, 15.774 toneladas de ferro e 32 toneladas de acumuladores de ferro, totalizando uma exportação de 21.579 toneladas de resíduos originados de equipamentos eletroeletrônicos.

Após a reciclagem e recuperação, têm-se ainda os rejeitos derivados do processamento dos REEE's e que devido a sua composição ser altamente perigosa, onde a incineração não é indicada devido aos gases. Assim, de acordo com a ABDI (2013), a opção utilizada para disposição e tratamento desses rejeitos é os aterros, observando as normas para uma maior segurança e minimização de impactos.

Nesse contexto, verifica-se a importância do Brasil restringir substâncias tóxicas na fabricação de equipamentos eletroeletrônicos, alterando as matérias primas, melhorando o processo produtivo, assim como, desenvolverem tecnologias e aplicar taxas para que sejam aumentados os índices de reciclagem dentro do Brasil.

Nos Estados Unidos a Diretiva RoHS (Restriction of the Use of certain Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment), traz a eliminação e redução de substâncias como chumbo, cádmio, mercúrio, cromo e retardantes de chamas na fabricação dos EEE, já no Brasil, de acordo com Souza (2015) ainda não há legislação semelhante para a fabricação dos EEE, mas o Ministério do Meio Ambiente (MMA) tem adotado medidas para restringir o uso de algumas substâncias, como, por exemplo, estabelecer limites máximos de metais pesados em pilhas e baterias através da Resolução CONAMA 401/2008 além de projeto como BRA/08/G32 que tem como objetivo gerir o uso e promover a eliminação progressiva dos PCB's até 2025.

Quanto à logística reversa dos REEE's, o Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil de 2014, realizado pela Associação Brasileira de Resíduos Sólidos Urbanos e Limpeza Pública (ABRELPE, 2013), cita em seus relatórios os resíduos e os respectivos produtos que se enquadram dentro da logística

reversa, porém são citados somente às embalagens de agrotóxicos, óleos lubrificantes, pneus irreversíveis, reciclagem de alumínio, plástico e papel.

Moi et al. (2014), menciona que o Brasil foi cotado em um estudo realizado pela ONU referente aos REEE's, como campeão na ausência de dados e estudos sobre a situação da produção, reaproveitamento e reciclagem de eletrônicos, assim como: China, Índia, Argentina, Chile, Colômbia, Marrocos, África do Sul. Isso é preocupante, visto que no Panorama de Resíduos Sólidos do Brasil, em 2014, ainda não contava com um diagnóstico referente aos mesmos, o que obviamente, demonstra que não há um controle sobre o que é gerado e para onde são destinados, sabendo-se que se os resíduos eletroeletrônicos não forem manejados de uma forma correta e apropriada, são causadores de graves danos ao meio ambiente.

Sabe-se ambientalmente que os prejuízos são inúmeros e de grande periculosidade (ANDRADE et al., 2010). A ABDI (2013), menciona que devido às características dos REEE's, é que são exigidos tantos cuidados e processos para seu gerenciamento.

Silva et al. (2007), citam que muitos metais são encontrados nos resíduos eletroeletrônicos como o alumínio, arsênio, cádmio, bário, cobre, chumbo, mercúrio, cromo, entre outros 26 metais. Apenas um celular pode conter até 5% de hidróxido de potássio, até 1% de lítio, 0,1% de flúor, 2% a 10% de níquel, 1% a 5% de cobalto, 1% de cádmium, 0,1% até 20% de magnésio, 1% de titânio, 1% de cromo, 0,1% de antimônio, aproximadamente 1% de estanho, 0,1% de berílio, 1% de bromo, 0,1% de bário, 0,1% de enxofre, 0,1% de ítrio, 1% de magnésio, 0,1% de zircônio, 1% de zinco, 1% de chumbo e 0,1% de arsênico de sua composição, cuja variação na concentração de tais elementos depender de cada modelo, e são substâncias perigosas (MOBILE PHONE WORKING GROUP et al., 2011).

Todos esses elementos são potencialmente tóxicos, sendo uma ameaça para todo o meio ambiente (SONG et al., 2013). De acordo com Araujo (2015), os resíduos eletroeletrônicos podem resultar em dois tipos de riscos:

**Contaminação das pessoas que manipulam os REEE's:** tanto o consumidor que mantém e utiliza em casa equipamentos antigos, quanto aquelas envolvidas com a coleta, triagem, descaracterização e reciclagem dos

equipamentos estão potencialmente expostas ao risco de contaminação por metais pesados ou outros elementos;

**Contaminação do meio ambiente:** os REEE's não devem em nenhuma hipótese ser depositados diretamente na natureza ou junto a rejeitos orgânicos, pois mesmo em aterros sanitários, o mero contato dos metais pesados com a água ou o solo incorre em imediata contaminação, assim como do chorume, multiplicando o impacto decorrente de qualquer eventual vazamento. Os metais podem ainda acumular-se nos seres vivos e plantas, atingindo a cadeia alimentar e assim todo o ecossistema.

Essas questões de saúde e destinação são de grande importância, visto que segundo UNEP (2015), 90% do lixo eletrônico do mundo são descartados incorretamente ou são comercializados ilegalmente, e apesar de serem perigosos, os REEE's não estão presentes na consciência da população em relação às formas de seu tratamento e destinação, faltando campanhas de esclarecimento e incentivo, políticas públicas e cultura para a reciclagem, reuso e efetivação da logística reversa para diminuir custos com o tratamento, coleta, recuperação de áreas degradadas e principalmente na área da saúde.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A normatização dos REEE's é um fator importante tanto em nível nacional como estadual, aliados à participação e comprometimento dos entes envolvidos, promoção da educação ambiental, capacitação dos catadores, incentivos estatais, além de outros fatores, sendo cada país responsável por procurar alternativas e possibilidades que se adequem a realidade a fim de se alcançar uma melhor gestão dos REEE's.

Verifica-se que muitos países não apresentam qualquer regulamentação para os REEE's e nem mesmo mecanismos eficazes de reciclagem e logística reversa. Fatores como o diálogo entre os setores empresarial, público e ONGs, além da definição legal da responsabilidade dos envolvidos para com a logística reversa são essenciais para uma gestão adequada. Esses fatores são realidades em muitos países, como o Brasil onde faltam conhecimento, técnicas e preparo para que se chegue a um acordo e uma gestão adequada

dos REEE's. O Brasil possui regulamentação quanto aos REEE's, porém, a capacidade da reciclagem não acompanhou o crescimento do consumo de produtos tecnológicos, não atendendo a necessidade do país. Assim, no ano 2011 apesar do país possuir 94 recicladoras, foram exportados 21.579 toneladas de REEE's para a Ásia, isto porque o Brasil não apresenta tecnologia adequada para tratamento, nem mesmo dos rejeitos de equipamentos eletroeletrônicos, os quais são dispostos em aterros.

Conclui-se que há também uma carência na conscientização e na formulação de campanhas de orientação quanto ao descarte correto de equipamentos eletroeletrônicos obsoletos. Uma grande parte dos REEE's gerados no mundo são descartados de forma incorreta ou comercializados ilegalmente, tendo como destinação final formas inadequadas, tornando-se um perigo à saúde e ao meio ambiente.

## **ANALYSIS OF GENERATION IMPACTS, LEGAL FRAMEWORK, TREATMENT AND FINAL DESTINATION OF E-WASTE**

### **ABSTRACT**

Industrial development and technological advances have stimulated mass scale production of many types of electronic equipment, facilitating the daily routine of people. However, this fact came followed by a terrible environmental perspective, with consumption cycles which are every time more accelerated and substituted at the same velocity that new devices and technologies appear, contributing to the increase of the generation of electronic waste. Regarding this scenario, the regulations to this type of waste are extremely necessary in order to provide a proper discard, due to its contaminating potential. This work aimed to verify the legislation of some countries, prospecting the generated volume of e-waste, its destination and environmental consequences, evidencing the numbers of Brazil. In 2014, 41.8 million tons of e-waste were generated worldwide, with Asia, Europe, North and Latin America being the bigger contributors. Regarding the Latin American countries, Brazil is the biggest generator; however, the biggest per capita generators are: Chile (9.9 kg/habitant), Uruguay (9.5 kg/habitant), Suriname (8.5 kg/habitant), Panama and Mexico (8.2 kg/habitant); with Brazil occupying the eighth place with 7 kg/habitant. Regarding legislation, only Mexico, Costa Rica and Brazil have regulations about e-waste, which is worrying and impacting for the environment due to the dangerousness of this type of waste.

**Keywords:** Consumption; Dangerous Solid Waste; Legislation; Destination; Environment and Health.

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 6, n. 3, p. 88-111, out./dez. 2017.

## REFERÊNCIAS

ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos**: Análise de Viabilidade Técnica e Econômica. 2013. Disponível em: <[http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:iAp8G94QogsJ:www.abdi.com.br/Estudo/Logistica%2520reversa%2520de%2520residuos\\_.pdf+&cd=2&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:iAp8G94QogsJ:www.abdi.com.br/Estudo/Logistica%2520reversa%2520de%2520residuos_.pdf+&cd=2&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br)>. Acesso em: 03 fev. 2017.

ABRELPE - Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. 2013.

ANDRADE, R. T. G. de et al. Geração e destino dos resíduos eletrônicos de informática nas faculdades e universidades de Natal-RN. **XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção**: Maturidade e desafios da Engenharia de Produção: competitividade das empresas, condições e meio ambiente. São Carlos, p. 13, 2010.

ARAUJO, D. R. R. Análise quali-quantitativa dos resíduos eletroeletrônicos gerados na ilha de Fernando de Noronha. – Recife: O autor, 2015. 76 f.: il.; 30cm.

ARAÚJO, M. G. et al. A model for estimation of potential generation of waste electrical and electronic equipment in Brazil. **Waste Management**, v. 32, p.335–342, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**: Resíduos Sólidos: classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16.156**: Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos — Requisitos para atividade de manufatura reversa. Rio de Janeiro, 2013.

BRASIL. **Lei nº 12.305**, de 2 agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9605 de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasil, Brasília, DF.

CELINSKI, T. M. et al. Lixo eletrônico: educação e conscientização ambiental In: **Encontro Conversando sobre Extensão da Universidade Federal de Ponta Grossa**. 2014.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 401**, de 04 de novembro de 2008. Revoga a Resolução CONAMA nº 257/99 e Alterada pela Resolução nº 424, de 2010. Brasília: DOU de 04/11/2008.

DWIVEDY, M.; MITTAL, R. K. An investigation into e-waste flows in India. **Journal of Cleaner Production**, v. 37: 229-242. 2012.

HICKLE, G. T. Comparative Analysis of Extended Producer Responsibility Policy in the United States and Canada. **Journal of Industrial Ecology**, v. 17, n. 2. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios**: síntese de indicadores em 2014. IBGE, Coordenação de Trabalho e Rendimento. - Rio de Janeiro: IBGE, 2015. 102 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios**: síntese de indicadores em 2011. IBGE, Coordenação de Trabalho e Rendimento. - Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

KYLE, B. New EPA Report Shows We are Generating More E-waste But Also Recycling, Electronics Take Back Coalition. 1ed. **Electronics Take Back Coalition**. 2013. Disponível em: <http://www.electronicstakeback.com>. Acesso: 15 de junho de 2017.

KHETRIWAL, D.S et al. Producer responsibility for e-waste management: key issues for consideration e learning from the swiss experience. **Journal of Environmental Management**, (90), 153-165. 2009.

LUÍZIO, M. Gestão Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos: Proposta para um Modelo de Gestão de REEE em Portugal. 2004. 51 f. Monografia (Licenciatura em Engenharia do Ambiente). Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2004.

MAGALINI, F. et al. E-Waste in Latin America: Statistical analysis and policy recommendations. 2015. Disponível em: <<http://www.gsma.com/latinamerica/wp-content/uploads/2015/11/gsma-unu-ewaste2015-eng.pdf>>. Acesso em: 20 nov. de 2016

MOBIL PHONE WORKING GROUP et al. Guidance document on the environmentally sound management of used and end-of-life mobile phones. **The Secretariat of the Basel**. Cartagena, Colombia, 2011.

MOI, P. C. P. et al. Lixo eletrônico: consequências e possíveis soluções. **Connection Line**, n. 7, 2014.

NATUME, R. Y.; SANT'ANNA, F. S. P. Resíduos eletroeletrônicos: um desafio para o desenvolvimento sustentável e a nova lei da política nacional de resíduos sólidos. In: **3rd International Workshop on Advances in Cleaner Production**. São Paulo. 2011.

OLIVEIRA, C.R. et al. Collection and recycling of electronic scrap: A worldwide overview and comparison with the Brazilian situation. **Waste Management**, Porto Alegre, v.32, p.1592-1610, 2012.

PACHECO, G. J. Gerenciamento de Resíduos Eletro-Eletrônicos: Uma Proposta para Resíduos de Equipamentos de Informática no Município do Rio de Janeiro. 2013. PhD Thesis. PUC-Rio. 2013.

PNUMA. Programa das Nações Unidas para o meio ambiente. Recuperado em 31 de julho de 2013. Disponível em: <<http://www.pnuma.org.br>>. Acesso: 20 de junho de 2017.

PORTAL BRASIL. Descarte de Resíduos Eletroeletrônicos terá nova regulamentação. 2013. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2013/04/norma-regulamenta-industria-reversa-de-residuos-eletroeletronicos-no-brasil>>. Acesso em: 03 fev. 2017.

RAUEN, C. V. et al. Relatório de acompanhamento setorial: Tecnologias de informação e comunicação. Volume III. Campinas: UNICAMP/ABDI. 2009.

REIDLER, N. M. V. L. Resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos em instituições de ensino superior: estudo de caso e diretrizes para a gestão integrada. 2012. PhD Thesis. Tese de Doutorado em Saúde Pública. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

RIS International Ltd. Information technology (IT) and telecommunication (Telecom) waste in Canada — 2003 update report to environment Canada. Final Draft, 45. Concord, Ontario: RIS International.2003.

ROBINSON, B. H. E-waste: an assessment of global production and environmental impacts. **Science of the total environment**, 2009, 408.2: 183-191.

ROCHA, A. C. da et al. Lixo Eletrônico: um levantamento da produção científica e dos hot topics publicados na base Web of Science na última década. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, v. 8, n. 2, p. 36-48, 2013.

RODRIGUES, A. C. Resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos. \_\_\_\_\_. Resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos: Alternativas de política e Gestão. USP, São Paulo, 2003.

SANT'ANNA, L. T. et al. Os resíduos eletroeletrônicos no Brasil e no exterior: diferenças legais e a premência de uma normatização mundial. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, 2014, 8.1: 37.

SELPIS, A. N. et al. Logística reversa de resíduos eletroeletrônicos. **Tekhne e Logos**, v. 3, n. 2, p. 111-128, 2012.

SILVA, B. D. da et al. Resíduos eletrônicos no Brasil. 2007. LIXO ELETRÔNICO. Disponível em: <http://lixoeletronico.org/>. Acesso em: 13 nov. 2016.

SONG, Qingbin; LI, Jinhui. A review on human health consequences of metals exposure to e-waste in China. **Environmental Pollution**, v. 196, p. 450-461, 2015.

SONG, Qingbin et al. The life cycle assessment of an e-waste treatment enterprise in China. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v. 15, n. 4, p. 469-475, 2013.

SOUZA, C. C. T. RoHS por Organização Militar da Marinha do Brasil. 2015. Tese de Doutorado. PUC-Rio.

TIBBEN-LEMBKE, R. S.; ROGERS, D. S. Going backwards: reverse logistics trends and practices. **Reverse Logistics Executive Council**, 1998.

UNEP - Illegally Traded and Dumped E-Waste Worth up to \$19 Billion Annually Poses Risks to Health, Deprives Countries of Resources, Says UNEP report. 2015. Disponível em <<http://www.unep.org/newscentre/Default.aspx?DocumentID=26816&ArticleID=35021&l=en>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

UNIÃO EUROPEIA. **Directive 2002/96/EC** of the European Parliament and the Council of 27 January 2003 on waste electrical and electronic equipment (WEEE). Official Journal of the European Union, Luxemburg, v.46, p.24-39, 2003.

VIEIRA, K. N. et al. A Logística Reversa do Lixo Tecnológico: um estudo sobre o projeto de coleta de lâmpadas, pilhas e baterias da BRASKEM 10.5773/rqsa.v3i3. 180. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 3, n. 3, p. 120-136, 2009.

WAGNER, T.P. Shared responsibility for managing electronic waste: A case study of Maine, USA. **Waste Management**, 2009, 29.12: 3014-3021.

WAGER, P.A. et al. Environmental impacts of the Swiss collection and recovery systems for Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE): A follow-up. **Science of the Total Environment**, Elsevier, (409), 1746-1756. 2011.

WIDMER, Rolf et al. Global perspectives on e-waste. **Environmental impact assessment review**, v. 25, n. 5, p. 436-458, 2005.

WONG, M. H. et al. Export of toxic chemicals—a review of the case of uncontrolled electronic-waste recycling. **Environmental Pollution**, v. 149, n. 2, p. 131-140, 2007.

WANG, Faming, et al. Chemical and ecotoxicological analyses of sediments and elutriates of contaminated rivers due to e-waste recycling activities using a diverse battery of bioassays. **Environmental Pollution**, 2009, 157.7: 2082-2090.

ZIGLIO, Luciana. A convenção de Basiléia e o destino dos resíduos industriais no Brasil. 2005. PhD Thesis. Universidade de São Paulo.

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 6, n. 3, p. 88-111, out./dez. 2017.