

GERAÇÃO DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO: LOGÍSTICA REVERSA A PARTIR DOS PONTOS DE ENTREGA VOLUNTÁRIA (PEVS)

Marianna de Souza Oliveira Ottoni (*), Hermann Fernandes do Nascimento, Lúcia Helena Xavier

* Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), mariannaottoni@poli.ufrj.br

RESUMO

A geração de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) tem crescido significativamente em todo o mundo e representa uma questão a ser considerada desde a regulamentação da destinação até procedimentos para o reaproveitamento. No entanto, ainda são poucos os trabalhos que abordam a geração dessa categoria de resíduos no Brasil. O presente estudo propõe a estimativa da geração de REEE para os municípios do estado do Rio de Janeiro, bem como a quantificação do montante de Pontos de Entrega Voluntária (PEVs) necessários para a implementação eficaz da Logística Reversa para REEE na região analisada. Para tanto, foram utilizados dados secundários sobre a população dos municípios, bem como a estimativa de geração anual per capita de REEE no Brasil (7,0 kg/habitante) e a demanda de PEVs por grupo populacional (1 PEV para cada 25 mil habitantes), indicados na literatura. As informações obtidas foram organizadas e georreferenciadas em formato de mapa para os 13 municípios com maior geração de REEE no estado do Rio de Janeiro. A capital mostrou-se como o município com os maiores valores de geração de REEE e, consequentemente, com o maior quantitativo de PEVs do estado. Além do contingente populacional, outros indicadores como renda *per capita* ou PIB podem influenciar os volumes de geração de REEE e, desta forma, impactar a definição do número de PEVs necessários para atender os critérios para a efetividade da logística reversa.

PALAVRAS-CHAVE: Logística reversa, REEE, PEVs, Gestão de resíduos.

ABSTRACT

E-waste generation has been increasing worldwide and represents a question to be considered from the disposal regulation until recovering procedures. Nevertheless, there are few studies about the generation of this category of waste in Brazil. This study presents the estimative of WEEE generation in the cities of the state of Rio de Janeiro, as well as the estimative of the amount of Voluntary Delivery Points (VDPs) required for the effective implementation of Logistics Reverse for WEEE in the analyzed region. In this context, were used secondary data about respective cities population, the annual e-waste generation in Brazil (7.0 Kg/inhabitant) and the required VDPs for each populational group (1 VDP for each 25.000 inhabitants), according to the literature. The information obtained was organized and georeferenced in a map format, highlighting the 13 municipalities with highest e-waste generation in the state of Rio de Janeiro. The state's capital has shown to be the municipality with the highest e-waste generation values and, consequently, with the greater quantitative of PEVs. In addition to the population, other indicators such as *per capita* income or GDP can influence WEEE generation volumes and, thus, impact the definition of the number of VDPs required to meet the criteria necessary for the reverse logistics effectiveness.

KEY WORDS: Reverse Logistics, E-waste, Voluntary Delivery Points, Waste management.

INTRODUÇÃO

O tema sustentabilidade é uma das prioridades dentre as 17 Metas do Desenvolvimento Sustentável estabelecidas pela Organização das Nações Unidas (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2015), sendo que a gestão de resíduos é mencionada na Agenda 2030, inclusive com prazo antecipado para 2020 a respeito do manejo de produtos e resíduos que representem impactos negativos para o meio ambiente. A geração de resíduos sólidos resultantes das atividades humanas é um assunto de relevância para os gestores, principalmente pelo fato de, se mal geridos, têm potencial de causar danos ao meio ambiente e à sociedade (JACOBI & BESEN, 2011). A tipologia de resíduos eletroeletrônicos, em especial, traz consigo impactos substanciais em razão de conter metais tóxicos e outros elementos nocivos à saúde.

Kidee et al. (2013) citam as substâncias tóxicas mais comuns associadas aos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE), como os metais pesados e Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs). Em casos de manuseios incorretos desses materiais, segundo Pascale et al. (2016), há o risco de exposição a substâncias perigosas e consequente contaminação do indivíduo.

De maneira a restituir esses e outros tipos resíduos à cadeia produtiva, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010a; BRASIL, 2010b), apresenta a definição e procedimentos para a implantação da logística reversa no Brasil, a partir da atuação corresponsável de produtores, consumidores, importadores, comerciantes e distribuidores. De acordo com a determinação legal, a logística reversa consiste em:

“instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada.” (BRASIL, 2010a)

Entende-se, portanto, que a logística reversa prioriza a coleta dos resíduos sólidos. Especificamente para o caso dos REEE, em 2013, foi publicado pelo Ministério do Meio Ambiente o Edital de Chamamento para a logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos (BRASIL, 2013).

A logística reversa, de modo geral, tem início a partir dos consumidores que devolvem os materiais pós-consumo em Pontos de Entrega Voluntária (PEVs) ou diretamente nos estabelecimentos comerciais. Na sequência, procede-se a separação dos produtos ou materiais que são retornados aos produtores ou seguem diretamente para etapas de recondicionamento, remanufatura, reprocessamento, reparo, reciclagem ou reúso. Ao final da vida útil e devolução ao produtor, este tem por responsabilidade o reaproveitamento desses resíduos ou a destinação final ambientalmente correta (BRASIL, 2010a; BRASIL, 2010b) (Figura 1).

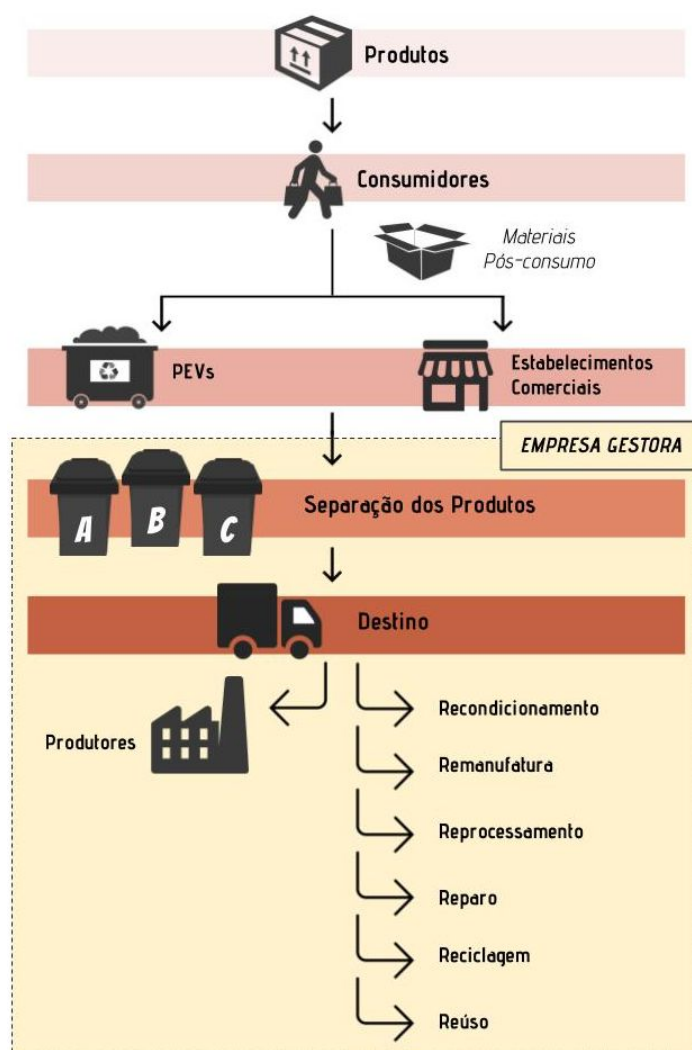


Figura 1. Fluxo da destinação de resíduos eletroeletrônicos no Brasil segundo a PNRS.

Fonte: Elaboração própria.

A estimativa da geração de resíduos eletroeletrônicos é um procedimento complexo por envolver uma gama de diferentes aspectos e, por isso, há poucas possibilidades de se obter um valor real (Zeng et al., 2016). No entanto, uma estimativa, ainda que distante do real, é necessária para o estabelecimento de ações e políticas públicas que atendam as demandas.

Ylä-Mella et al. (2014) ressaltam que as etapas de coleta e transporte são geralmente as fases com as quais gastam-se mais recursos na logística reversa de REEE. Por isso, torna-se fundamental a elaboração de um sistema de coleta eficiente. De forma geral no mundo, a coleta de REEE dá-se pelos Sistemas de Pontos de Entrega, ou *Drop-off Systems*, e Sistemas de Coleta, ou *Pick-up Systems*. No primeiro, o consumidor deve levar seus produtos descartados aos pontos de coleta. Já nos Sistemas de Coleta, o órgão municipal é responsável por retirar os resíduos descartados diretamente da porta dos consumidores, conforme explicado por ARDI (2016).

O presente estudo trouxe uma abordagem com foco nos Pontos de Entrega Voluntários (PEVs), pois são os tipos de medidas de implantação da logística reversa adotadas na PNRS. Para tanto, utilizou-se como estudo de caso o estado do Rio de Janeiro. Poucos estudos abordam a gestão de REEE no estado (Albuquerque, 2013; Pacheco, 2013; Nascimento e Xavier, 2017). Recentemente, um estudo elaborado por Xavier et al. (2018) apresenta o levantamento dos agentes envolvidos na gestão de REEE na cidade do Rio de Janeiro, como subsídio a logística reversa dessa categoria de resíduos.

OBJETIVOS

Tendo em vista a escassez de estudos a respeito da geração de resíduos eletroeletrônicos no Brasil e os fatores que influenciam esta geração, verificou-se a necessidade de se buscar tais informações. Desta forma, o presente estudo trouxe a proposta da análise quantitativa do atual cenário de geração de REEE nos municípios do estado do Rio de Janeiro, e a conseguinte proposição do número de Pontos de Entrega Voluntária (PEVs) necessários, segundo metodologia sugerida pela literatura, para promover a eficiência da Logística Reversa nesta cadeia produtiva. Ao final, uma análise acerca de uma metodologia utilizada de quantificação do número de PEVs é apresentada, bem como propostas para metodologias alternativas para a gestão de resíduos eletroeletrônicos a partir do estudo de caso em questão.

METODOLOGIA

A primeira etapa do estudo consistiu na estimativa da quantidade de REEE gerados nos municípios do estado do Rio de Janeiro, sendo esse o universo amostral. Para tanto, foram utilizados os dados de população relativos ao ano de 2010, quando foi realizado o último Censo Demográfico do IBGE. Segundo estudo realizado por STEP (2014), o Brasil gera cerca de 7 kg/hab anualmente. Para a obtenção da classificação dos municípios em função da geração de REEE, multiplicou-se tal montante pela quantidade populacional de cada município. Os resultados foram ilustrados em um mapa construído no Programa ArcGIS.

Por meio de pesquisa bibliográfica, buscaram-se metodologias de quantificação do número necessário de PEVs para REEE. De acordo com a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI, 2013), para fins de Logística Reversa no país, estima-se que seja necessário um PEV para cada 25 mil habitantes. Com esse valor, calculou-se, dentro da população da amostra, quantos PEVs cada município deveria instalar, de modo a contribuir com a logística reversa.

Por fim, verificou-se se a quantidade de resíduos, em massa, por cada PEV anualmente seria coerente, ou seja, se o método de quantificação de PEVs utilizado corresponde adequadamente à realidade de geração de REEE dos municípios do estado do Rio de Janeiro. Esta análise torna-se significativa, de modo a auxiliar os tomadores de decisão e empresas envolvidas na logística tanto de alocação e implantação de tais PEVs, como na sua manutenção e recolhimento dos resíduos neles descartados.

RESULTADOS

Os dados de população, geração de resíduos eletroeletrônicos e pontos de entrega voluntária dos 92 municípios do estado do Rio de Janeiro foram organizados e triados segundo o critério de maiores geradores de REEE, com geração acima de 1.400 ton/ano. Essa segregação foi realizada, de maneira a facilitar o entendimento acerca dos locais do estado onde a geração de resíduos é mais significativa, sendo uma ferramenta para o tomador de decisão quanto às decisões logísticas de priorização para a implantação dos PEVs. O valor total de pontos de entrega voluntária foi contabilizado em 640 para todo o estado. A Tabela 1 ilustra os 13 municípios da amostra que se destacam quanto à sua produção de resíduos eletroeletrônicos, apresentando, da mesma forma, o número de habitantes e a quantidade de PEVs que cada município deveria implantar, segundo a metodologia adotada nesse estudo.

Tabela 1. Contingente populacional e estimativa de geração de resíduos eletroeletrônicos e de pontos de entrega voluntária necessários nos 13 municípios com maior geração de REEE no estado do Rio de Janeiro em 2014.

Fonte: Autor .

Nº	Município	População (hab)	REEE (ton/ano)	PEVs (unidade)
1	Rio de Janeiro	6.323.037	44.261	253
2	São Gonçalo	999.901	6.999	40
3	Duque de Caxias	855.046	5.985	34
4	Nova Iguaçu	795.212	5.566	32
5	Niterói	487.327	3.411	19
6	Belford Roxo	469.261	3.285	19
7	Campos dos Goytacazes	463.545	3.245	19
8	São João de Meriti	459.356	3.215	18
9	Petrópolis	296.044	2.072	12
10	Volta Redonda	257.996	1.806	10
11	Magé	228.150	1.597	9
12	Itaboraí	218.090	1.527	9
13	Macaé	206.748	1.447	8

O mapa contido na Figura 2 apresenta a geração de REEE, por gradação de cores, entre os municípios do estado do Rio de Janeiro, bem como a quantidade de PEVs para os 13 maiores geradores, em números, sinalizados no mapa ao centro do território de cada município. Por questões de escala e visualização dos valores de PEVs, duas imagens com aproximação maior de dois trechos do mapa foram destacadas na lateral deste. Vale ressaltar que os municípios da amostra com coloração na escala de cinza implicam em uma faixa de valores de geração de REEE muito baixos, se comparados aos outros municípios com coloração avermelhada. Este recurso teve por objetivo o destaque visual dos municípios com maior geração.

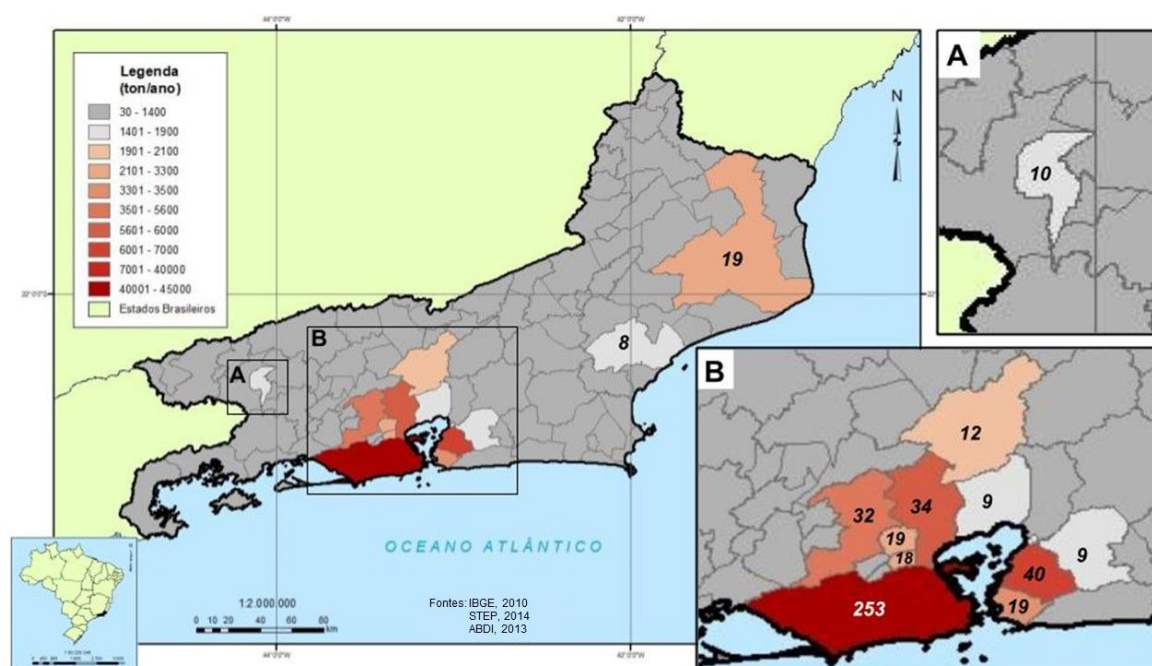


Figura 2: Quantidade gerada de resíduos eletroeletrônicos (em cores) em 2014 e número de pontos de entrega voluntária (ao centro dos municípios) necessários nos municípios do estado do Rio de Janeiro. (A) Município de Volta Redonda. (B) Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Fonte: Elaboração própria.

Por meio da Tabela 1, observa-se que o município do Rio de Janeiro destaca-se em questões populacionais, e, por isso, apresenta os maiores índices de geração de REEE e de número de PEVs a serem implantados. Dessa forma, recomenda-se que mereçam maior atenção quanto às futuras propostas de logística para distribuição de tais PEVs, que representam cerca de 40% do número total de PEVs estimados para todo o estado.

O cálculo da quantidade de REEE por cada PEV indica um valor anual de 175 toneladas para cada município. Esse número convertido para valores diários, considerando-se os dias úteis, resulta em cerca de 500 kg por PEV. Tal estimativa é relevante, principalmente, aos tomadores de decisão, responsáveis pela logística do retorno de resíduos de produtos eletroeletrônicos pós-consumo ao setor produtivo, conforme estabelecido pelos instrumentos regulamentadores (BRASIL, 2010) e (RIO DE JANEIRO, 2008).

Os maiores geradores de REEE do estado concentram-se na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), conforme constatado no mapa da Figura 2, com especial destaque para a capital do estado. Tal fato está diretamente aos maiores contingentes populacionais, e, por isso, com tendência a uma maior geração de resíduos. Espera-se, portanto, que regiões com maiores aglomerados populacionais gerem mais REEE e, conseqüentemente, demandem maior número de PEVs.

No entanto, houve exceções. Os municípios de Campos dos Goytacazes, Volta Redonda e Macaé, apesar de não estarem localizadas nos centros tradicionalmente mais populosos do estado, como a RMRJ, seus altos níveis populacionais podem ser explicados, no caso de Campos dos Goytacazes e Macaé, pelos incentivos financeiros recentes devidos aos royalties de exploração do petróleo, o que acaba por atrair pessoas para morarem na região. Da mesma forma, o município de Volta Redonda abriga a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), inferindo-se, assim, o deslocamento populacional e conseqüente desenvolvimento da região e aumento na geração de resíduos eletroeletrônicos. Em outras palavras, os três municípios mencionados, são polos geradores de emprego e renda e, por isso, um PIB diferente do usualmente observado para os municípios não pertinentes à RMRJ.

Logo, percebe-se que outros critérios podem nortear o processo decisório a respeito da definição da quantidade de PEVs necessários para atender a demanda de recolhimento dos REEE. Dentre os critérios a serem considerados, pode-se sugerir que indicados relativos às condições de renda e qualidade de vida da população sejam, da mesma maneira, úteis.

CONCLUSÕES

A análise dos resultados no presente estudo reforça a direta relação entre o quantitativo populacional e a geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, conforme proposto por Awasthi et al., (2018). A implantação de Pontos de Entrega Voluntária para tais resíduos conta como uma das estratégias para a consolidação da logística reversa dos produtos pós-consumo na cadeia de suprimentos de equipamentos eletroeletrônicos. O estudo contabilizou ao todo 640 PEVs para o estado do Rio de Janeiro, dos quais mais de 50% estão concentrados na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. No entanto, foram verificados valores significativos em outros três municípios, com altos quantitativos populacionais. Soma-se a este fato os maiores ganhos financeiros por royalties do petróleo e complexos industriais, como a de indústria siderúrgica, nessa região.

Assim, a quantidade de população não é necessariamente a única variável da qual a quantidade de REEE depende. Estudos apontam que quão maior é o poder aquisitivo do indivíduo, maiores serão as porcentagens de equipamentos eletroeletrônicos consumidos, e, por isso, maior o descarte de tais materiais (Awasthi et al., 2018).

Além disso, torna-se interessante a análise da possível relação entre indicadores de qualidade de vida com o consumo de equipamentos eletroeletrônicos, e, por conseqüência, com a geração dessa tipologia de resíduos. Isso se deve às melhores condições de vida, que sugerem um maior poder de compra e de educação para a escolha por um consumo de produtos de maior complexidade e tecnologia.

Dessa maneira, um estudo mais detalhado das relações dadas entre população, renda e indicadores de qualidade de vida podem ser considerados em estudos futuros, como forma de obter uma estimativa mais próxima e real da geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos em uma dada localidade, e, com isso, melhorar a aplicação e adesão dos princípios da logística reversa no país.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI). **Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos. Análise de Viabilidade Técnica e Econômica.** 2013. Disponível em: [http://www.abdi.com.br/Estudo/Logistica%20reversa%20de%20residuos .pdf](http://www.abdi.com.br/Estudo/Logistica%20reversa%20de%20residuos.pdf). Acesso em: 12 de abril de 2018.
2. Albuquerque, V.B.S., 2013. **Gestão de resíduos eletroeletrônicos: a cadeia de reciclagem na cidade do Rio de Janeiro.** Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana e Ambiental. Departamento de Engenharia Civil. PUC-RJ. Dissertação de mestrado. Pp. 139.

3. Ardi, R. **Waste Electrical And Electronic Equipment Waste Electrical (WEEE) Management Systems In The Developed And The Developing Countries: A Comparative Structural Study**. Doctoral Dissertation, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering and Process Engineering, Universität Duisburg-Essen, Germany, 2016. Disponível em: https://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-42445/Ardi_Diss.pdf. Acesso em: 12 de abril de 2018.
4. Awasthi A.K., Cucchiella F., D'Adamo I., Li J., Rosa P., Terzi S., Wei G., Zeng X., (2018). **Modelling the correlations of e-waste quantity with economic increase**. Science of the Total Environment, 613-614, 46-53.
5. Brasil, 2010a. **Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 12 de abril de 2018.
6. Brasil, 2010b. **Decreto Nº 7.404, 23 de dezembro de 2010**. Regulamenta a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm. Acesso em: 6 de maio de 2018.
7. Brasil, 2013. **Edital de Chamamento para a Elaboração de Acordo Setorial para a Implantação Sistema de Logística Reversa de Produtos Eletroeletrônicos e seus Componentes**. Edital nº 01/2013. Disponível em: http://www.mma.gov.br/images/editais_e_chamadas/SRHU/fevereiro_2013/edital_ree_srh_18122012.pdf. Acesso em 6 de maio de 2018.
8. Jacobi, P.R., BESEN, G.R., **Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade**. Estud. av., São Paulo, Vol. 25, n. 71, p. 135-158. 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-401420110001000100010&lng=en&nrm=iso. Acesso em 6 de maio de 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142011000100010>.
9. Kidee P., Naidu R., Wong M.H. (2013). **Electronic waste management approaches: an overview**. Waste Management, vol. 33, 1237-1250.
10. Nascimento, H.F.F. e Xavier, L.H., 2017. **Cenário atual da gestão de resíduos eletroeletrônicos: O estudo de caso do Rio de Janeiro**. Sembragires. Natal, RN.
11. Organização das Nações Unidas (ONU). **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Traduzido pelo Centro de Informação das Nações Unidas para o Brasil (UNIC Rio), última edição em 13 de outubro de 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2015/10/agenda2030-pt-br.pdf>. Acesso em: 7 de maio de 2018.
12. Pacheco, G.J., 2013. **Gerenciamento de resíduos eletroeletrônicos: uma proposta para resíduos de equipamentos de informática no município do Rio de Janeiro**. Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana e Ambiental. Departamento de Engenharia Civil. PUC-RJ. Dissertação de mestrado. Pp. 153.
13. Pascale A., Sosa A., Bares C., Battocletti A., Moll M.J. (2016). **E-Waste Informal Recycling: An Emerging Source of Lead Exposure in South America**. Antonio Maria José Moll, MD, Annals of Globe Health. vol. 82. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aogh.2016.01.016>. Acesso em: 12 de abril de 2018.
14. Rio de Janeiro. **Lei nº 4.969, de 3 de dezembro de 2008**. Dispõe sobre objetivos, instrumentos, princípios e diretrizes para a gestão integrada de resíduos sólidos no Município do Rio de Janeiro e dá outras providências. Disponível em: http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/1017211/DLFE-229312.pdf/Lei4.9.6.9._2.0.0.8._aspasia_gestao_residuos.pdf. Acesso em: 12 de abril de 2018.
15. STEP. **Brazil: Overview of e-waste related information**. 2014. Disponível em: http://www.step-initiative.org/Overview_Brazil.html. Acesso em: 12 de abril de 2018.
16. Xavier, L.H., Lins, F.A.F., Nascimento, H.F.F., Bellan, I. O., Ribeiro, F., Caldas, M.B., Silva, L.O.S., Zomer, B., Araujo, R.A., Filho, O.O.D., Reinol, P. C., Fagundes, R.L., Gusmão, A.C.F.. **Manual para a destinação de resíduos eletroeletrônicos: orientação ao cidadão sobre como dispor adequadamente os resíduos eletroeletrônicos na cidade do Rio de Janeiro**. 1ª Edição. Rio de Janeiro: Cetem, 2017.
17. Ylä-Mella, J., Poikela, K., Lehtinen, U., Tanskanen, P., Román, E., Keiski, R. L., & Pongrácz, E. (2014). **Overview of the WEEE Directive and its implementation in the Nordic countries: national realisations and best practices**. Journal of Waste Management, 2014.
18. Zeng, X., Li, J. **Measuring the recyclability of e-waste: an innovative method and its implications**. J. Clean. Prod. 131, 156-162. 2016.