



Danos causados à saúde humana pelos metais tóxicos presentes no lixo eletrônico

Damage caused to human health by toxic metals present in electronic waste

Página | 2025

Adriana dos Santos Franco⁽¹⁾; Cleumar da Silva Moreira⁽²⁾;
Velber Xavier Nascimento⁽³⁾; Paulo Rogério Barbosa de Miranda⁽⁴⁾;
Adriane Borges Cabral⁽⁵⁾

⁽¹⁾ ORCID n° <https://orcid.org/0000-0003-1951-5971>, Mestranda do Programa de Pós-Graduação Análise de Sistemas Ambientais pelo Centro Universitário Cesmac-PPGASA e Docente do Instituto Federal de Alagoas-IFAL; Maceio-AL-Brazil; drikfranco@hotmail.com.

⁽²⁾ ORCID n° <https://orcid.org/0000-0002-9075-5882>, Docente e pesquisador do Instituto Federal da Paraíba IFPB; João Pessoa-PB-Brazil; cleumar.moreira@ifpb.edu.br.

⁽³⁾ ORCID n° <https://orcid.org/0000-0001-5912-8525>, Docente e pesquisador do PPGASA; Maceio-AL-Brazil; velberxavier@gmail.com

⁽⁴⁾ ORCID n° <https://orcid.org/0000-0002-8933-9945>, Docente e pesquisador do PPGASA; Maceio-AL-Brazil; oluap81@gmail.com.

⁽⁵⁾ ORCID n° <https://orcid.org/0000-0002-4417-7559> Docente e pesquisadora do PPGASA e UNCISAL; Maceio-AL-Brazil; adrianeborgescabral@gmail.com.

Todo o conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos seus autores.

Recebido em: 25 de novembro de 2020; Aceito em: 22 de março de 2021; publicado em 31 de 05 de 2021. Copyright© Autor, 2021.

RESUMO: Os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE), conhecido como lixo eletrônico e e-lixo, correspondem a aparelhos eletrônicos que são descartados no lixo. Este artigo é um estudo de revisão bibliográfica, com o objetivo de mostrar os impactos que são causados ao meio ambiente e a saúde das pessoas pelos metais pesados liberados pelos equipamentos eletrônicos descartados indevidamente. As informações foram obtidas por consulta a publicações científicas disponibilizadas no Google Scholar, utilizando os descritores “Lixo eletrônico” e “danos à saúde humana” e “Metais tóxicos” e “danos à saúde humana”. Foram assinaladas publicações científicas em português nos anos de 2011 a 2019. As publicações mostram que as placas de circuito impresso contidas nos REEE contem metais pesados podendo ser destacado chumbo, cádmio e mercúrio. Os metais presentes nos REEE trazem riscos à saúde humana, especialmente aos sistemas respiratório, nervoso, digestório podendo causar câncer ou até mesmo levar a morte. São inúmeros os malefícios causados pelos resíduos eletrônicos ao meio ambiente e à saúde humana. O conhecimento desta realidade poderá mudar o padrão de consumo destes equipamentos, bem como a correta destinação destes materiais.

PALAVRAS-CHAVE: e-lixo, Intoxicação, malefícios, metais pesados.

ABSTRACT: Waste electrical and electronic equipment (WEEE), known as electronic waste and e-waste, corresponds to electronic devices that are disposed of in the trash. This article is a bibliographic review study, with the objective of showing the impacts that are caused to the environment and people's health by the heavy metals released by the improperly discarded electronic equipment. The information was obtained by Consulting scientific publications available on google scholar, using the descriptors “Electronic waste” and “damage to human health” na “toxic metals” and “damage to human health”. Scientific publications in Portuguese were pointed out in the years 2011 to 2019. The publications show that the printed circuit boards contained in WEE contain heavy metals, including lead, cadmium and mercury. The metals presente in WEEE pose risks to human health, especially to the respiratory, nervous, digestive systems and can cause cancer or even lead to death. There are countless harms caused by electronic waste to the environment and human health. The knowledge of this reality may change the consumption pattern of this equipment, as well as the correct destination of these materials.

KEYWORDS: e-waste, Intoxication, harm, heavy metals.

INTRODUÇÃO

Vivemos em um período histórico marcado pelo consumismo exacerbado, decorrente dos avanços tecnológicos, e pela conseqüente degradação ambiental. O surgimento de novos dispositivos eletrônicos de forma constante incentiva o consumo desenfreado, o que é proporcionado pela chamada obsolescência programada, que consiste na redução da durabilidade dos produtos em curto período de tempo para que sejam substituídos, fomentando o lucro das empresas (HOCH, 2016).

O lixo eletrônico, ou e-lixo, vem sendo encarado principalmente pelos países subdesenvolvidos, como uma oportunidade de negócio de importância crescente, dado o volume de lixo eletrônico que está sendo gerado e sua composição que inclui ferro, cobre, alumínio, ouro entre outros, que no e-lixo é superior a 60%, enquanto os poluentes compreendem 2,7% (BUENO; HAUMANN; PIZARRO, 2013).

Incentivados pelo capitalismo e diante de tantas propagandas que motivam o consumo exagerado, a população tornou-se consumista, mesmo sem necessidade. Todos os dias, milhares de aparelhos e equipamentos eletrônicos são substituídos, pois se tornaram obsoletos aos olhos de seus donos (MOI et al., 2012). Quando a população se desfaz do lixo eletrônico sem dar a destinação correta, esse material é depositado em aterros sanitários, e as substâncias químicas presentes nesses materiais podem contaminar o solo e atingir o lençol freático (TANAUE et al., 2015).

Os equipamentos eletrônicos contêm várias frações de materiais valiosos sendo que a maioria destas substâncias está nas placas de circuito impresso. A composição média de uma placa de circuito impresso é de metais, plásticos, Bromo, material cerâmico, vidro e óxido. Os metais pesados, tais como mercúrio, chumbo, cádmio e arsênico, presentes principalmente nas placas de circuito impresso dos computadores, são altamente tóxicos (GERBASE; OLIVEIRA, 2012).

O alto consumismo tem aumentado significativamente o volume de lixo eletrônico e, como conseqüência, o descarte desse material acaba sendo em lixos comuns ou em lixões onde são queimados, sem precauções e consciência de que o eventual processo pode acarretar danos ao meio ambiente e agravos à saúde. São muitos os efeitos gerados pelo contato direto ou indireto com os metais pesados, que podem causar danos a toda e qualquer atividade biológica (TANAUE et al., 2015).

Os resíduos provenientes do avanço tecnológico tornam-se lixo contaminado que liberam substâncias químicas, tóxicas e altamente prejudiciais à saúde. Ao serem descartados com o lixo normal e de forma inadequada, em contato com todas as fontes que o ser humano utiliza para sua sobrevivência, sendo de forma direta ou indireta, esses componentes podem causar alguns distúrbios no sistema nervoso, problemas renais e pulmonares, além de câncer e outras doenças (MACIEL^{vii}, 2011 apud BOSLE; MINGHETTI; SOMENSI, 2015).

É um grande perigo lançar esses produtos na cesta de lixo comum, pois, eles contaminam o solo, lagos e rios, chegando finalmente ao homem. Os elementos tóxicos contidos quando ingeridos podem causar males como a perda do olfato, da audição, da visão e o enfraquecimento ósseo (FRUET, 2000) apud (NATUME; SANT'ANNA, 2011).

Estes metais também representam risco para a população a qual obtém parte de sua renda com a extração, segregação e venda destes componentes, partes e peças dos equipamentos eletrônicos. O manuseio ou manipulação inadequada pode provocar a manifestação de diversas doenças e estas podem ocorrer anos depois, sendo mais difícil a detecção e vinculação com as atividades laborais realizadas (MANDARINO; SINAY, 2019).

As características físicas e químicas do e-lixo distinguem esse tipo de resíduos de outras formas de resíduos urbanos ou industriais, pois contém materiais valiosos e perigosos, que requerem um método de reciclagem e tratamento especial para evitar a contaminação do meio ambiente, isso sem considerar os efeitos prejudiciais à saúde humana (ROBINSON, 2009 apud LIMPIAS, 2018).

Para mudar este panorama, é necessário repensar os hábitos de consumo e tornar-se mais conscientes com o destino destes equipamentos. Segundo (MELLO; MAYER; COSTA, 2016) a disseminação de campanhas de esclarecimento aos consumidores, conscientizando-os tanto sobre consumo responsável quanto às ameaças ao ecossistema e saúde humana, seria de extrema relevância para mitigar os danos originados pela destinação inadequada. Neste contexto, a logística reversa pós-consumo está no cerne do processo de descarte de um bem pela sociedade, cujo momento do descarte pode variar entre dias e anos (NASCIMENTO et al., 2018).

São inúmeros os malefícios causados pelos resíduos eletrônicos ao meio ambiente e à saúde humana. O conhecimento desta realidade poderá mudar o padrão de consumo

destes equipamentos, bem como a correta destinação destes materiais. Com base nisso, este artigo tem como objetivo realizar um levantamento dos danos causados à saúde humana pelos metais tóxicos presentes no lixo eletrônico.

METODOLOGIA

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica no Google Scholar utilizando os descritores: “Lixo eletrônico” e “danos à saúde humana” e “Metais tóxicos” e “danos à saúde humana”.

Foram assinaladas publicações científicas em português nos anos de 2011 a 2019. Foi realizada leitura dos títulos e resumos e seleção daquelas de maior relevância sobre a temática.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da pesquisa realizada no Google Scholar, foram listadas 87 publicações científicas sobre “Lixo eletrônico” “danos à saúde humana” (grupo 1) e 94 publicações sobre “Metais tóxicos” “danos à saúde humana” (grupo 2).

Após leitura de títulos e resumos das publicações científicas foram selecionadas as de maior relevância para a temática, que compreendeu 18 publicações científicas do grupo 1 e 16 publicações científicas do grupo 2.

Após leitura e análise, os principais achados estão resumidos a seguir.

Das 34 publicações científicas, 18 são artigos de revisão de literatura, 7 publicações científicas com prática de laboratório, 2 estudos de caso, 5 publicações de coleta de dados cuja metodologia foi aplicação de questionários/entrevistas, 2 projetos cuja execução foi baseada em educação ambiental.

Resultados encontrados			Resultados após revisão			Tipos de publicação encontradas após revisão				
Grupo 1	Grupo 2	Total	Grupo 1	Grupo 2	Total	AR ¹	APE ²	EC ³	AAQ ⁴	P ⁵
87	94	181	18	16	34	18	7	2	5	2

1. Artigo de revisão, 2. Artigo com prática experimental, 3. Estudo de caso, 4. Artigo com aplicação de questionário, 5. Projeto

Através da consulta realizada à literatura foi possível verificar os principais danos à saúde humana causados pelos metais presentes nos equipamentos eletrônicos (Tabela 1).

Tabela 1. Principais danos à saúde humana causados pelos metais presentes nos equipamentos eletrônicos de acordo com a literatura pesquisada.

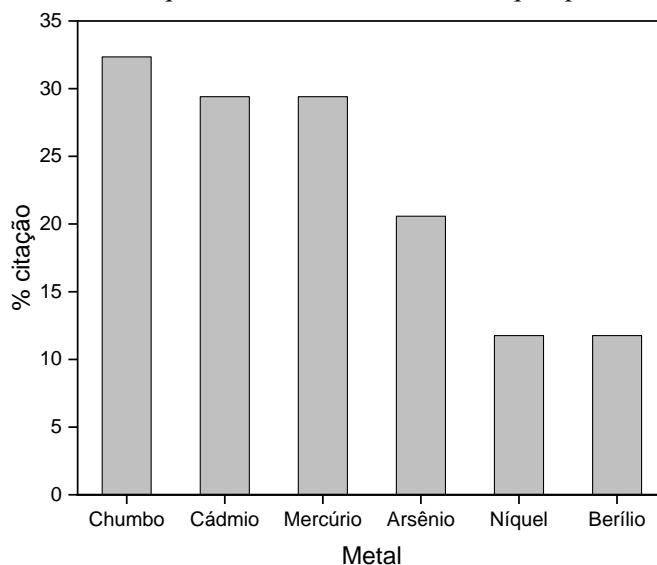
Autores	Substância	Origem	Principais danos causados à saúde
(MANDARINO; SINAY, 2019) (NASCIMENTO et al., 2018)	Alumínio	Computadores, celulares e televisores	<ul style="list-style-type: none"> Nervoso (com alterações neurocomportamentais e ocorrência do mal de Alzheimer), respiratório e fibrose
(MANDARINO; SINAY, 2019) (OLIVEIRA et al., 2015)	Arsênio	Interruptores, transmissores, placas de circuito e celulares.	<ul style="list-style-type: none"> Nervoso, cutâneo (efeitos na pele), respiratório e digestório (náusea) Câncer de pulmão e câncer linfático
(NATUME; SANT'ANNA, 2011) (GERBASE; OLIVEIRA, 2012) (LIMA et al., 2015)	Cádmio	Resistores, detectores de infravermelho e semicondutores. Computador, monitor de tubo (TRC) e baterias de laptops, cabos e placas de circuito renováveis.	<ul style="list-style-type: none"> Renal (danos tubulares renais), ósseo (diminuição da mineralização óssea), pulmonar (diminuição da função pulmonar e enfisema) e digestório (náusea, vômito, diarreia) Câncer
(NATUME; SANT'ANNA, 2011) (LIMA et al., 2015) (TANAUE et al., 2015)	Chumbo	Monitores de computador, televisores, celular e na solda.	<ul style="list-style-type: none"> hematológico, gastrointestinal, cardiovascular, renal, neurológico (neurite periférica e paralisia), reprodutivo, endócrino, pulmonar, hepáticos e ósseo
(MANDARINO; SINAY, 2019) (LIMA et al., 2015) (GERBASE; OLIVEIRA, 2012)	Mercúrio	Termostatos, sensores de posição, chaves, relés e lâmpadas. equipamentos médicos, sistema de telecomunicações, telefones celulares, baterias, placas de circuito impresso, computador e monitor de tela plana.	<ul style="list-style-type: none"> Danos permanentes ou fatais: neurológico, renal e hepático, oculares (irritação ocular e problemas na visão), digestórios (dor de garganta, gosto metálico na boca, náuseas, vômitos, disenteria), respiratório (Tosse), cardiovascular (dor no peito, aumento da pressão sanguínea ou frequência cardíaca) e dor de cabeça. Teratogênico
(MANDARINO; SINAY, 2019) (LIMA et al., 2015)	Níquel	Baterias de celulares e laptops	<ul style="list-style-type: none"> Dano mais comum: Epitelial (dermatite) Respiratório (Inflamação no pulmão) Câncer
(MOI et al., 2012) (BOSLE; MINGHETTI; SOMENSI, 2015)	Zinco	Baterias de celulares e laptops	<ul style="list-style-type: none"> Exposição à altas doses: sintomas gastrointestinais (cólicas abdominais, vômitos e diarreia) Respiratório (Problemas pulmonares), ocular (lesões nos olhos em caso de contato) e anemia.
(MANDARINO;	Bário	Painel frontal do	<ul style="list-style-type: none"> Cardiovascular (Hipocalemia, taquicardia,

SINAY, 2019) (NATUME; SANT'ANNA, 2011)		(TRC)	hipertensão e/ou hipotensão), muscular (fraqueza muscular e paralisia), neurológico (Inchaço do cérebro), hepático e esplênico
(MANDARINO; SINAY, 2019) (NASCIMENTO et al., 2018)	Cromo (6+)	Superfícies decorativas, pigmentos e aço inoxidável	<ul style="list-style-type: none"> • Armazena-se nos pulmões, pele, músculos e tecido adiposo por ser altamente tóxico e passar facilmente através das membranas celulares. • Hepático e renal e anemia • Fortes reações alérgicas (bronquite e asma) • Câncer do pulmão
(MANDARINO; SINAY, 2019) (MOI et al., 2012)	Manganês	Computador e celular	<ul style="list-style-type: none"> • Se inalado pode ser transportado diretamente para o cérebro resultando em desordem neurológica permanente, tremores, dificuldade de caminhar e espasmos faciais, gagueira e insônia. • Em níveis elevados: inflamação pulmonar • Digestório (dores abdominais e vômito) • Anemia, seborréia e impotência.
(MANDARINO; SINAY, 2019) (MELLO; MAYER; COSTA, 2016)	Berílio	Computador e celular	<ul style="list-style-type: none"> • Respiratório (sintomas de nasofaringite, falta de ar, respiração) • Cutâneo (dermatite quando em contato com a pele) • Câncer (pulmão)
(NATUME; SANT'ANNA, 2011)	Cobre	Presente em vários dispositivos eletrônicos.	<ul style="list-style-type: none"> • Hepático (lesões no fígado e cirrose hepática)
(NATUME; SANT'ANNA, 2011) (TROMBINI; GOMES 2013)	Retardantes de chamas (BRT) Retardadores de chama bromados	Presente em diversos componentes eletrônicos para prevenir incêndios.	<ul style="list-style-type: none"> • Nervoso (neurotóxico) • Reprodutor (infertilidade) • Câncer
(MOI et al., 2012)	Cloreto de amônia	Baterias de celulares e laptops	<ul style="list-style-type: none"> • Respiratório (asfixia ao acumular-se no organismo)
(MOI et al., 2012)	PVC	Usado em condutores elétricos para isolamento	<ul style="list-style-type: none"> • Respiratório
(BOSLE; MINGHETTI; SOMENSI, 2015) (NASCIMENTO et al., 2018)	Prata	Solda	<ul style="list-style-type: none"> • Digestório • Intoxicação crônica • Morte
(BOSLE; MINGHETTI; SOMENSI, 2015)	Lítio	Baterias	<ul style="list-style-type: none"> • Lesões crônicas (inalação)

Fonte: O autor (2020).

Através da pesquisa bibliográfica realizada é possível perceber que diversos metais são maléficos à saúde humana, entretanto, constatamos que os metais mais citados pelos autores, foram:

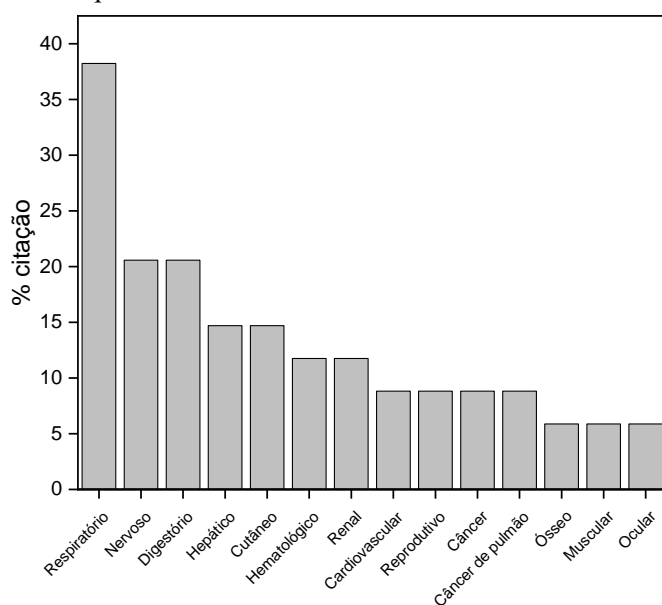
Gráfico 1. Metais mais citados pelos autores na literatura pesquisada.



Fonte: O autor (2020).

De acordo com a revisão de literatura realizada, os danos à saúde humana provocados pelos metais presentes nos equipamentos eletrônicos, mais citados pelos autores estão apresentados no gráfico 2. Dano endócrino, esplênico, Fibrose, câncer linfático, dor de cabeça, teratogênico e morte foram citadas apenas uma vez na literatura pesquisada.

Gráfico 2. Danos à saúde humana provocados pelos metais presentes nos equipamentos eletrônicos, mais citados pelos autores.



Fonte: O autor (2020).

O lixo eletrônico como também é conhecido contém contaminantes prejudiciais à saúde e ao meio ambiente como metais tóxicos e diversos outros materiais que não são biodegradáveis, o e-lixo é um problema de responsabilidade de empresas, governo, da sociedade e de instituições de ensino em seus diversos níveis. O solo possui uma grande capacidade de retenção de metais pesados, porém, se essa capacidade for ultrapassada, os metais em disponibilidade no meio penetram na cadeia alimentar dos organismos vivos ou são lixiviados, colocando em risco a qualidade do sistema de água subterrânea (ALMEIDA et al., 2015).

O Brasil também segue a tendência mundial de rápido crescimento no consumo de equipamentos eletroeletrônicos acarretando um aumento na geração destes resíduos, que apesar de ser urbano, em relação a sua geração, possui características de um resíduo industrial, devido sua composição. O destino final do resíduo de equipamentos eletroeletrônicos é a incineração ou aterro, porém, quando aterrados, metais como chumbo, cádmio e mercúrio podem ser lixiviados contaminando o solo (SILVA, 2018).

A sucata eletroeletrônica é gerada pelo descarte de equipamentos obsoletos como celulares, computadores, entre outros. Intensificado pelas inovações tecnológicas, esse descarte vem sofrendo um aumento gradual a cada ano, resultando numa problemática ambiental decorrente do montante de materiais que vem sendo acumulado. Devido à fatores culturais, os consumidores têm preferido descartar a consertar equipamentos com mau funcionamento ou quebrados (OLIVEIRA; SOBRAL, 2019).

De acordo com a pesquisa bibliográfica, além dos inúmeros danos que causam à saúde humana, foi observado que, o descarte inadequado gera problemas ambientais sérios, não só pela quantidade excedente desses resíduos nos lixões e aterros sanitários, como também pelo fato desses produtos conterem em sua composição, além dos metais tóxicos, materiais como vidro e plástico que permanecem por muito tempo na natureza. Frisando que a presença destes metais tóxicos como níquel, cobre, cádmio, chumbo e mercúrio contaminam o meio ambiente e quando em elevadas concentrações podem prejudicar todos seres vivos, através da bioacumulação nos organismos (LIMA et al., 2015).

Os metais pesados estão presentes naturalmente no ambiente e são necessários em quantidades mínimas para a manutenção da vida, mas em grandes concentrações podem causar efeitos devastadores para o meio ambiente e a saúde da população (TANAUE et al., 2015).

O descarte incorreto dos equipamentos eletroeletrônicos ocasiona um grande volume de resíduos, gerando assim uma significativa quantidade de metais pesados os quais estão presentes na composição desses equipamentos. Em contato com o meio ambiente, os estragos causados pelos metais aos seres vivos são graves. Uma das formas desses metais chegarem aos seres vivos ocorre por meio do solo que absorve esses metais dos equipamentos eletroeletrônicos que foram descartados de forma incorreta, os seres humanos, ao se alimentarem de animais ou de plantas contaminadas, acabam também absorvendo grande quantidade desses metais que, mesmo em pequenas quantidades, geram danos significativos à saúde humana (SANTOS et al., 2015).

A grande maioria dos consumidores não estão atentos ao descarte correto desses resíduos, e não percebem as consequências que estes podem transmitir, pois os seus componentes possuem substâncias tóxicas, que afetam negativamente a saúde das pessoas (MORAIS; MASCARENHAS, 2016).

Os resíduos eletrônicos têm um grande potencial de contaminação, o chumbo, cádmio, mercúrio, bifenilas policloradas (PCBs) e éter difenil polibromado (PBDE) são todas encontradas em componentes eletroeletrônicos que em contato com o ser humano traz consequências irreversíveis da acumulação em rins, fígado, ocorrência de danos cerebrais, doenças respiratórias e de pele (SANT'ANNA; MACHADO; BRITO, 2014).

Esta exposição é um risco para população em geral, bem como para profissionais e estudantes que lidam com estes materiais. Mrena (2017), alerta para a gestão inadequada de produtos químicos, incluindo as substâncias presentes no lixo eletrônico. Segundo a autora, até 13 milhões de pessoas morrem a cada ano por causa da poluição e da degradação ambiental, incluindo cerca de 190 mil por intoxicação acidental, o que mostra o perigo da exposição a substâncias nocivas presentes no e-lixo (Apud BORTOLI; SILVA; MORAES, 2017).

O contato manual direto com o REEE é um risco químico que deve ser avaliado porque o organismo é propenso a absorver tais substâncias tóxicas. Isto pode ser agravado se o manipulador possuir algum ferimento na pele, visto que isto é uma importante via de infecção (CARVALHO & SILVA, 2002 apud CAETANO et al., 2019).

Segundo OLIVEIRA et al. (2015), em visita a uma escola notou que os alunos reconheciam o lixo eletrônico, porém não tinham informações concretas a respeito do seu descarte correto. Com isso, os autores perceberam a necessidade de mostrar soluções para redução do lixo eletrônico como a extensão de sua durabilidade até sua reciclagem

por meio de pontos de coleta. Bem como, incentivar o correto manuseio e mostrar os componentes danosos encontrados no lixo eletrônico.

De acordo com TROMBINI; GOMES (2013), foi realizada uma pesquisa com artesãos que utilizam resíduos de equipamentos eletroeletrônicos e foi analisado como eles manipulam e descartam esses materiais, buscando-se identificar quais são as informações que eles tem a respeito da complexidade de seus componentes e os perigos que representam para a saúde humana e o meio ambiente. Os autores detectaram desconhecimento quanto aos riscos a que se expõem ao negligenciarem os cuidados básicos no manuseio de resíduos eletrônicos, como as recomendações para a utilização de equipamentos de proteção e segurança, EPI. Com esses resultados constatou-se o quanto que os trabalhadores colocam sua saúde em perigo ao manterem contato com tais substâncias durante suas atividades, já que podem ser responsáveis por causar doenças e distúrbios graves.

No Brasil, muitas vezes equipamentos elétricos e eletrônicos são destinados às cooperativas de catadores de materiais recicláveis, mas grande parte dos catadores ainda não possuem os conhecimentos necessários acerca da toxicidade dos materiais e acabam manipulando de forma inadequada (MUSSER et al., 2017).

A reciclagem inadequada dos resíduos eletrônicos, sendo muitas vezes por meio de processos rudimentares, tem causado graves problemas, que resultam em poluição ambiental e exposição de pessoas a substâncias tóxicas. Conforme exposto nesta revisão, a ingestão de grandes quantidades de elementos tóxicos, provenientes destes resíduos, pode causar inúmeros malefícios à saúde. A exposição a substâncias perigosas dos resíduos eletrônicos se dá através do contato com a poeira produzida nos locais de reciclagem (OLIVEIRA et al., 2017).

De acordo com ABDI (2012) apud SANTIAGO et al. (2016), a manipulação de REE acarreta problemas de saúde que vão desde dores de cabeça e anemia a efeitos carcinogênicos e até a morte.

Com a finalidade de diminuir os danos ao ambiente e conseqüentemente à saúde humana, recomenda-se nas situações em que o equipamento encontra-se sem condições de conserto, utilizar a logística reversa, ou providenciar o descarte consciente, encaminhando o equipamento aos processos de reciclagem que desmontam a peça e reaproveitam praticamente a maior parte dos componentes por meio do reuso ou da

reciclagem (LEITE, 2009 apud SANTOS et al., 2017). Evitando assim que os metais penetrem no solo e alcancem o lençol freático, contaminando a água.

É possível observar um crescimento da logística reversa de pós-consumo ao mesmo tempo que se verifica um aumento demasiado de lançamento de novos produtos com o uso de outras fontes provenientes de materiais constituintes de resíduos sólidos recuperados (FERREIRA, 2012 apud NASCIMENTO et al., 2018). Entretanto, mesmo com a logística reversa, ainda se encontram resíduos eletrônicos descartados de forma incorreta trazendo danos à saúde humana.

Uma dificuldade pontuada pelas indústrias e suas representatividades para realização da logística reversa é que o setor produtivo não pode ser responsabilizado por uma meta que precisa da ação dos consumidores em levar seu produto eletrônico a um posto de coleta autorizado, com isso, afirmam que a lei não pode impor aos fabricantes-comerciantes metas graduais de coleta de equipamentos eletroeletrônicos (TAVARES; PEDRO, 2017).

Um dos aspectos mais relevantes quanto ao processamento do lixo eletroeletrônico é a sua natureza multicomponente. Mesmo quando se empregam métodos físicos tanto quanto possível, não há como evitar o emprego de etapas químicas para separação e isolamento de elementos de interesse e/ou de alto valor agregado. Daí a necessidade de se criar um produto de fácil reciclagem (JÚNIOR et al., 2013)

Os aparelhos de telefone celular são excelente fonte de metais, desde os metais base até os metais valiosos, tais aparelhos não devem ser descartados de qualquer forma, pois, de acordo com as normas brasileiras, os aparelhos de telefone celular devem ser considerados resíduos perigosos (Classe I) que, por sua vez, necessitam de um tratamento para serem dispostos. O alto teor de chumbo presente nos aparelhos é o motivo dos mesmos serem considerados Classe I. O resíduo é considerado classe I (perigoso) quando apresentar uma ou mais das seguintes características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, que são avaliadas de acordo com critérios específicos baseados na composição e características físico-químicas do resíduo (SANT'ANA; MOURA; VEIT, 2013)

As placas de circuito impresso (PCI) são formadas por diversos tipos de materiais (polímeros, cerâmicas e metais), incluindo substâncias perigosas ao meio ambiente e a saúde pública (metais pesados e retardantes de chama) e substâncias valiosas recicláveis (óxidos de terras raras e metais preciosos e de base). Por apresentar em sua composição

substâncias perigosas as PCI devem receber tratamento e destinação adequados para evitar contaminar o ar, o solo e a água (MELO, 2017).

Conforme relatado nesta revisão, o lixo eletrônico, configura-se como um grave problema para o ambiente e para a saúde, desde sua produção até o seu descarte, pois são constituídos por materiais que possuem metais pesados altamente tóxicos e que causam inúmeros danos à saúde.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve como objetivo fazer um levantamento dos danos causados à saúde humana pelas substâncias tóxicas encontradas em componentes eletrônicos, com isso descobriu-se que os resíduos eletroeletrônicos em sua maioria são compostos por chumbo, cádmio, mercúrio, arsênio, níquel, berílio e outros que causam sérios danos à saúde humana, prejudicando principalmente o sistema respiratório, neurológico, digestório, hepático, cutâneo, hematológico, renal, cardiovascular e reprodutivo, adicionados ao potencial de causar câncer, especialmente câncer de pulmão.

A mitigação deste problema exige responsabilidade e participação de toda a sociedade, especialmente a conscientização da população sobre a forma correta de descartar os resíduos eletroeletrônicos e a implantação da logística reversa que é essencial para o desenvolvimento de uma infraestrutura que possa recolher os resíduos e garantir seu reaproveitamento ou destino correto e seguro.

REFERÊNCIAS

1. ALMEIDA, M. A. De; PAPANDREA, P. J.; CARNEVALI, M.; ANDRADE, A. X. De; CORREA, F. de P. V.; ANDRADE, M. R. M. Destinação do lixo eletrônico: impactos ambientais causados pelos Resíduos Tecnológicos. **E-Locução | Revista Científica Da FAEX**, [s. l.], v. 1, n. 7, p. 56-72, 2015. Disponível em: <<http://faex.edu.br/periodicos/index.php/e-locucao/issue/viewFile/7/pdf>>
2. BELLO, N. S.; SOBRAL, L. G. S. Bioextração de metais de base a partir de sucatas eletrônicas. **V JORNADA DO PROGRAMA DE CAPACITAÇÃO INTERNA - CETEM**, [s. l.], 2016.
3. BORTOLI, L. Â. De; SILVA, J. C. Da; MORAES, T. G. O descarte e a reutilização de E-lixo através de mutirões de coleta. **VII CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL**, [s. l.], 2017.
4. BOSLE, J.; MINGHETTI, L. R.; SOMENSI, M. L. Interferências do lixo

- eletrônico no ambiente e na qualidade de vida: problemas e soluções. **Revista Gepesvida**, [s. l.], v. 1, n. 2, p. 142–153, 2015.
5. BUENO, P. D. A.; HAUMANN, F. C.; PIZARRO, C. A. Levantamento de dados sobre a reciclagem do lixo eletrônico no município de Medianeira – PR. **TECNO-LÓGICA Revista do depto. de Química e Física, do depto. de Engenharia, Arquitetura e Ciências Agrárias e do Mestrado em Tecnologia Ambiental**, [s. l.], v. 17, n. 1, p. 1–8, 2013. Disponível em: <<https://online.unisc.br/seer/index.php/tecnologica/article/view/3638>>
 6. CAETANO, M. O.; LEON, L. G. De; PADILHA, D. W.; GOMES, L. P. Análises de risco na operação de usinas de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos (REEE). **Gestão & Produção**, [s. l.], v. 26, n. 2, p. 1–12, 2019. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2019000200214&tlng=pt> DOI 10.1590/0104-530x3018-19
 7. GERBASE, A. E.; OLIVEIRA, C. R. De. Reciclagem do lixo de informática: uma oportunidade para a química. **Química Nova**, [s. l.], v. 35, n. 7, p. 1486–1492, 2012.
 8. HOCH, P. A. A obsolescência programada e os impactos ambientais causados pelo lixo eletrônico: o consumo sustentável e a educação ambiental como alternativas. **UNISC XII Seminário Nacional Demandas Sociais e Políticas Públicas na Sociedade Contemporânea II Mostra Nacional de Trabalhos Científicos**, [s. l.], 2016.
 9. JÚNIOR, S. de S. H.; MOURA, F. P. De; CORREA, R. de S.; AFONSO, J. C.; VIANNA, C. A.; MANTOVANO, J. L. Processamento de placas de circuito impresso de equipamentos eletroeletrônicos de pequeno porte. **Química Nova**, [s. l.], v. 36, n. 4, p. 570–576, 2013.
 10. LIMA, A. F. de O.; SABIÁ, R. J.; TEIXEIRA, R. N. P.; SOBREIRA JÚNIOR, F. de A. V. Gestão de resíduos eletroeletrônicos e seus impactos na poluição ambiental. **Latin American Journal of Business Management**, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 109–126, 2015. Disponível em: <<http://www.lajbm.net/index.php/journal/article/view/256%0Ahttp://lajbm.com.br/index.php/journal/article/view/443>>
 11. MANDARINO, M. L. F.; SINAY, M. C. F. De. O Resíduo de equipamento elétrico e eletrônico: suas principais características e nocividades. **Revista Interdisciplinar Científica Aplicada**, [s. l.], v. 13, n. 2, p. 30–57, 2019.
 12. MELLO, A. P. De; MAYER, J. P. S.; COSTA, K. A. de S. Considerações sobre a destinação do lixo eletrônico. **REVISTA FATEC Zona Sul**, [s. l.], v. 2, p. 1–13, 2016.
 13. MELO, R. A. C. De. Estudo da lixiviação de placas de circuito impresso de computadores desktops obsoletos da UFRN. **DISSERTAÇÃO DE MESTRADO - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química - PPGEQ, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN**, [s. l.], 2017. Disponível em: <<http://www.albayan.ae>>
 14. MOI, P. C. P.; SOUZA, A. P. S. De; OLIVEIRA, M. M.; FAITTA, A. C. J.; REZENDE, W. B. De; MOI, G. P.; FREIRE, F. A. D. L. Lixo eletrônico: consequências e possíveis soluções. **Connection Line: Revista Eletrônica do Univag**, [s. l.], v. 7, p. 37–45, 2012.
 15. MORAIS, J. A.; MASCARENHAS, M. P. Lixo eletrônico: uma análise do descarte de resíduos em Belo Horizonte - MG. In: INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (Ed.). **Climate Change 2013 - The**

- Physical Science Basis.** Cambridge: Cambridge University Press, 2016. v. 6p. 1–30. DOI 10.1017/CBO9781107415324.004
16. MUSSER, C. F.; GARCIA, C. O.; GOYA, W. A.; SIDRIM, M. L.; SILVA, D. S.; AGUIAR, R. B. De; GUIMARÃES, L. Q. de S.; MODESTO, F. S.; GOMEZ, G. R. Responsabilidade socioambiental: estudo de caso - cooperativas de catadores atuando a triagem de resíduos eletroeletrônicos no Brasil. **REVISTA ESPACIOS**, [s. l.], v. 38, n. 16, 2017.
 17. NASCIMENTO, F. B. Do; SILVA, Y. B. R. Da; LIMA, L. S. da S.; SANTOS, M. do S. F. Dos. Logística reversa dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos de pós-consumo na cidade de Teresina. **Sistemas & Gestão**, [s. l.], v. 13, n. 4, p. 519–531, 2018. Disponível em: <<https://www.revistasg.uff.br/sg/article/view/1443>> DOI 10.20985/1980-5160.2018.v13n4.1443
 18. 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. **3rd International Workshop | Advances in Cleaner Production**, [s. l.], 2011.
 19. OLIVEIRA, A.; SALVADOR, F.; MATTOS, I.; RIBEIRO, L.; BILIA, L.; TOMAZINI, P.; MARCHETTO, P. B. Descarte correto do lixo eletrônico: a importância da conscientização para a sustentabilidade. **8º CONGRESSO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA DA UNESP**, [s. l.], 2015.
 20. OLIVEIRA, A. D. N. De; SOBRAL, L. G. S. Bio-Extrato de metais de base a partir de sucata eletro-eletrônica. **XXVII JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA III JORNADA DE INICIAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO E INOVAÇÃO**, [s. l.], 2019.
 21. OLIVEIRA, J. D.; SELVA, V.; PIMENTEL, R.; SANTOS, S. M. Resíduos Eletroeletrônicos: Geração, Impactos Ambientais e Gerenciamento (Electronic Waste: Generation, Environmental Impacts and Management). **Revista Brasileira de Geografia Física**, [s. l.], v. 10, n. 5, p. 1655, 2017. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/234068>>
 22. SANT'ANA, H. B. da S. De; MOURA, F. J.; VEIT, H. M. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO DE APARELHOS DE TELEFONE CELULAR. **Tecnologia em Metalurgia Materiais e Mineração**, [s. l.], v. 10, n. 3, p. 231–238, 2013. Disponível em: <<http://tecnologiammm.com.br/doi/10.4322/tmm.2013.033>>
 23. SANT'ANNA, L. T.; MACHADO, R. T. M.; BRITO, M. J. De. Os resíduos eletroeletrônicos no Brasil e no exterior: diferenças legais e a premência de uma normatização mundial. **Revista de Gestão Social e Ambiental (RGSA)**, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 37–53, 2014.
 24. SANTIAGO, Í. M. N.; OLIVEIRA, G. D. De; PEREIRA, H. da S.; BRILHANTE, A. K. V. C.; ROCHA, E. M. R. Análise da gestão dos resíduos de equipamentos Eletroeletrônicos(REEE) em João Pessoa/PB. **ECOGESTÃO BRASIL ANAIS DO CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE**, [s. l.], v. 4, p. 283–295, 2016.
 25. SANTOS, A. L. Dos; SANTOS, C. R. A. da S.; PASSOS, V. S. Dos; QUEIROZ, Z. A. K. De. A destinação dos resíduos eletrônicos. **Leopoldianum - Revista de estudos e Comunicações da Universidade Católica de Santos**, [s. l.], v. 43, n. 119 e 120, p. 55–74, 2017.
 26. SANTOS, J. da S. G.; VIEIRA, P. L.; BELTRAME, L. T. C.; EL-DEIR, S. G.

- Impactos causados por metais em humanos devido à disposição inadequada de equipamentos eletroeletrônicos. **REVISTA PERNAMBUCANA DE TECNOLOGIA**, [s. l.], v. 3, n. 3, p. 66–74, 2015. Disponível em: <<http://revistas.itop.br/index.php/rsta/article/view/32>>
27. SILVA, M. do S. B. Da. Estudo da remoção de metais pesados de placas de circuito impresso por eletrodeposição utilizando eletrodos de cobre. **TESE DE DOUTORADO - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química - PPGEQ, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN**, [s. l.], 2018.
28. TANAUE, A. C. B.; BEZERRA, D. M.; CAVALHEIRO, L.; PISANO, L. C. Lixo eletrônico : agravos a saúde e ao meio ambiente. **Ensaio e Ciências: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde - Universidade Anhanguera**, [s. l.], v. 19, n. 3, p. 130–134, 2015.
29. TAVARES, T. D. R.; PEDRO, W. J. A. Ciência, Tecnologia e Sociedade: reflexões sobre o problema do lixo eletrônico. **Revista CEREUS**, [s. l.], v. 9, n. 3, 2017. Disponível em: <<http://www.institutogea.org.br/lixo/links-sobre-o-assunto/>>
30. TROMBINI, F.; GOMES, O. V. de O. Reaproveitamento de resíduos de equipamentos eletro- eletrônicos – REEE – uma visão sobre o trabalho dos artesãos e os impactos sobre a saúde e o meio ambiente. **IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais**, [s. l.], p. 1–10, 2013.