



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS GEOGRÁFICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE
CURSO DE MESTRADO

JOSÉ DIEGO DE OLIVEIRA

**RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS ENVIADOS PARA GALPÕES DE
RECICLÁVEIS DA CIDADE DO RECIFE**

Recife
2017

JOSÉ DIEGO DE OLIVEIRA

**RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS ENVIADOS PARA GALPÕES DE
RECICLÁVEIS DA CIDADE DO RECIFE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Área de Concentração:

Gestão e Políticas Ambientais

Linha de Pesquisa:

Tecnologia Ambiental

Orientadora:

Profª Drª Simone Machado Santos

Coorientadora:

Profª Drª Vanice Santiago Fragoso Selva

Recife
2017

Catálogo na fonte
Bibliotecária: Maria Janeide Pereira da Silva, CRB4-1262

O48r Oliveira, José Diego de.
Resíduos eletroeletrônicos enviados para galpões de recicláveis da
Cidade do Recife / José Diego de Oliveira. – 2017.
76 f. : il. ; 30 cm.

Orientadora : Profª. Drª. Simone Machado Santos.
Coorientadora : Profª. Drª. Vanice Santiago Fragoso Selva.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, CFCH.
Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Recife,
2017.
Inclui Referências.

1. Meio ambiente. 2. Lixo eletrônico – Reaproveitamento. 3.
Cooperativas de reciclagem. 4. Resíduos eletroeletrônicos. 5. Toxicidade. 6.
Reciclagem. 7. Logística reversa. I. Santos, Simone Machado (Orientadora).
II. Selva, Vanice Santiago Fragoso (Coorientadora). III. Título.

363.7 CDD (22. ed.)

UFPE (BCFCH2018-031)

JOSÉ DIEGO DE OLIVEIRA

**RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS ENVIADOS PARA GALPÕES DE
RECICLÁVEIS DA CIDADE DO RECIFE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Aprovada em: 28 / 08 / 2017.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Simone Machado Santos (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Vanice Santiago Fragoso Selva (Coorientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Valéria Sandra de Oliveira Costa (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Elizabeth Amaral Pastich Gonçalves (Examinadora Externa)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Maisa Mendonça Silva (Examinadora Externa)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

À Deus, que em sua magnitude de criador tem me fortalecido nos momentos difíceis da vida, proporcionando sabedoria, paciência e ânimo necessário para lutar por tudo aquilo que almejo alcançar.

À minha mãe Luzinete Josefa de Oliveira, pelo amor, esforços e dedicação para comigo e, por ser a grande incentivadora da minha formação educacional. Enfim, por ser a pessoa que mais admiro na vida.

Ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA, pelo arcabouço teórico oferecido e oportunidade em integrar o seu corpo discente, especialmente aos professores que contribuíram de maneira direta para minha formação.

Aos funcionários da secretaria do PRODEMA, nas pessoas de Solange e Aldenice, pela atenção e por manterem-se dispostas a realizar as minhas solicitações das questões relativas ao curso.

A minha turma de mestrado de 2015 pela convivência e amizades construídas, sobretudo a Ítalo Soeiro, Emily Cabral e Thais Lima.

As Professoras Doutoras orientadoras Simone Machado Santos e Vanice Santiago Fragoso Selva, pela confiança, incentivo, paciência e disponibilidade sempre quando requisitadas.

Aos trabalhadores e catadores dos galpões de recicláveis O Verde é a Nossa Vida e o Recicla Torre, principais sujeitos desta pesquisa científica, principalmente a Sandra, Sr. Edson e Douglas.

A Prefeitura da cidade do Recife pelo apoio a pesquisa, sobretudo a Maria do Socorro Cavalcanti pela parceria nos trabalhos de campo somados também de momentos de descontração.

A Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco - FACEPE, pelo fomento à pesquisa.

E, por fim, a todos aqueles que direta e indiretamente contribuíram para a realização desta jornada acadêmica.

Muitíssimo Obrigado!

RESUMO

Os galpões de materiais recicláveis de Recife-PE são unidades onde funcionam cooperativas de catadores, que recebem resíduos coletados por caminhões da Prefeitura em diversos bairros da cidade, estando os Resíduos Eletroeletrônicos – REE dentre os materiais envolvidos nesta ação. Neste trabalho foram pesquisadas duas cooperativas que se encontram localizadas nos bairros de São José e da Torre, intituladas de O Verde é a Nossa Vida e Recicla Torre, respectivamente. O presente estudo tem como objetivo geral caracterizar os REE, descartados conjuntamente com os resíduos recicláveis de origem residencial, que são levados para esses galpões. A metodologia contemplada envolveu as seguintes etapas: levantamento bibliográfico, caracterização da área de estudo, caracterização dos REE, elaboração da planilha eletrônica, associação da geração de REE com o perfil socioeconômico das áreas de abastecimento das cooperativas e, identificação de possíveis impactos ambientais e riscos na saúde dos cooperados, decorrentes da manipulação de REE. Os resultados obtidos indicaram que todos os dois galpões apresentam problemas na triagem dos REE tanto em função da estrutura física do local onde são dispostos, quanto pela falta de utilização de Equipamento de Proteção Individual – EPI, por parte dos catadores, além da adoção de métodos inapropriados na remoção dos aparentes inservíveis supracitados, acarretando na eminência do potencial de toxicidade vinculado aos componentes químicos em si associados. Os principais elementos comprovados foram: Al, Hg, Ni, P, Pb, PBB, PBDE e BFR. A periculosidade desses elementos é capaz de gerar alterações na saúde que variam desde enfermidades de simples tratamento até aquelas mais complexas como é o caso dos cânceres de pulmão e pele. Para tanto, o fomento a políticas públicas eficientes, no processo da reciclagem dos REE, que promovam aos catadores capacitação, tecnologia de produção e o cuidado ao meio ambiente são desafios importantes e necessários a serem conquistados para a gestão dos galpões e inclusão social desses indivíduos no processo de logística reversa contemplada pela Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS.

Palavras-chave: Resíduos Eletroeletrônicos. Toxicidade. Reciclagem. Logística Reversa.

ABSTRACT

The Recife-PE recyclable sheds are units where waste collectors' cooperatives operate, which collect waste collected by City Hall trucks in various districts of the city, with the REE being among the materials involved in this action. In this work two cooperatives were investigated that are located in the districts of São José and the Torre, entitled O Verde é a Nossa Vida and Recicla Torre, respectively. The present study has as general objective to characterize the REE, discarded together with the recyclable residues of residential origin, that are taken to these sheds. The methodology involved the following steps: bibliographic survey, characterization of the study area, characterization of REE, elaboration of the spreadsheet, association of REE generation with the socioeconomic profile of cooperative supply areas, and identification of possible environmental impacts and risks in the health of the cooperative, resulting from the manipulation of REE. The results indicated that all the two sheds present problems in the sorting of REE both due to the physical structure of the place where they are disposed, as well as the lack of use of Individual Protection Equipment - EPI, by the collectors, besides the adoption of methods unsuitable in the removal of the aforementioned apparent inservice, leading to the eminence of the toxicity potential associated with the associated chemical components. The main evidences were: Al, Hg, Ni, P, Pb, PBB, PBDE and BFR. The danger of these elements is capable of generating changes in health that range from diseases from simple treatment to those more complex such as lung and skin cancers. Therefore, the promotion of efficient public policies, in the process of recycling REE, that promote the collectors training, production technology and care for the environment are important and necessary challenges to be achieved for the management of the sheds and social inclusion of these individuals in the reverse logistics process contemplated by the National Solid Waste Policy - PNRS.

Keywords: E-Waste. Toxicity. Recycling. Reverse Logistic.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Linha do tempo: lançamento de equipamentos eletroeletrônicos	20
Figura 2 - Geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos domiciliares pelo mundo no ano de 2014	22
Figura 3 - Materiais básicos utilizados na produção de alguns eletroeletrônicos	23
Figura 4 - Ciclo de Logística Reversa	36
Figura 5 - Mapa de localização dos galpões de reciclagem estudados	43
Figura 6 - Fluxograma metodológico	44
Figura 7 - Pesagem de TV LCD na cooperativa Recicla Torre	45
Figura 8 - Pátio de triagem de resíduos na cooperativa O Verde é a Nossa Vida	49
Figura 9 - Falta de drenagem em pátio de triagem de resíduos na cooperativa Recicla Torre	50
Figura 10 - Resíduos eletroeletrônicos separados para desmanche na cooperativa Recicla Torre	51
Figura 11 - Metal cobre retirado de Tubo de Raio Catódico (CRT) no galpão O Verde é a Nossa Vida	58
Figura 12 - Aparelho de tubo de raio catódico encontrado no galpão O Verde é a Nossa Vida	60

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Quantidade acumulada de resíduos eletroeletrônicos monitorados no G1 no período de jun/2016 – mar/2017	53
Gráfico 2 - Quantidade acumulada de resíduos eletroeletrônicos monitorados no G2 no período de jun/2016 – mar/2017	53
Gráfico 3 - Quantidade mássica de resíduos eletroeletrônicos monitorados no G1	55
Gráfico 4 - Quantidade mássica de resíduos eletroeletrônicos monitorados no G2	56

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Substâncias tóxicas associadas aos resíduos eletroeletrônicos e suas consequências na saúde	30
Quadro 2 - Roteiros de coleta seletiva nas Regiões Político-administrativas que abastecem os galpões monitorados	52
Quadro 3 - Substâncias tóxicas associadas aos resíduos eletroeletrônicos reaproveitados na triagem do G1 e do G2	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Ag - Prata

Al - Alumínio

As - Arsênio

Au - Ouro

Ba – Bário

BaO – Óxido de bário

BDE - Difenil Polibromado

Be - Berílio

BFR - *Brominated Flame Retardants* (Retardante de Chama Bromado)

Bi - Bismuto

CAEL - Coelho de Andrade Engenharia LTDA

CaO – Óxido de cálcio

Cd - Cádmio

CFC – Clorofluorcarboneto

CIISC - Comitê Interministerial de Inclusão Social e Econômica dos Catadores de Materiais Reutilizáveis e Recicláveis

Co – Cobalto

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

COOPAGRES - Cooperativa de Agentes de Gestão em Resíduos Sólidos

CPU – *Central Processing Unit* (Unidade Central de Processamento)

Cr – Cromo

CR VI - Cromo hexavalente

CRT – *Cathode Ray Tube* (Tubo de Raio Catódico)

Cu – Cobre

DNA - *Deoxyribonucleic Acid* (Ácido Desoxirribonucleico)

EMLURB - Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana

EPI - Equipamento de Proteção Individual

Fe - Ferro

GPS – Sistema de Posicionamento Geográfico

Hg – Mercúrio

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDH – Índice de Desenvolvimento Humano

In – Índio

K₂O – Óxido de potássio

Kg - Quilograma

LCD – *Liquid Crystal Display* (Display de Cristal Líquido)

LED - Diodo Emissor de Luz

Li – Lítio

MAC – Concentração Máxima Admissível

MgO – Óxido de magnésio

Mn – Manganês

MNCR – Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis

Mo – Molibdênio

Mt – Um milhão de toneladas

Ni – Níquel

NiCd – Níquel-Cádmio

OMS – Organização Mundial da Saúde

P – Fósforo

Pb - Chumbo

PBB - *Polybrominated Biphenyls* (Bifenila Polibromada)

PBDE - *Polybrominated Diphenylether* (Difenil Étere Polibromado)

PbO – Óxido de chumbo

PC – Computador Pessoal

PCB - Bifenila Policlorada

PCDD/F - Dibenzo-p-dioxinas e dibenzofuranos policlorados

PIB – Produto Interno Bruto

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

PRODEMA – Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente

Pró-Recife - Cooperativa de Catadores Profissionais do Recife

Pt - Platina

PVC - Policloreto de Vinila

RMR – Região Metropolitana do Recife

RPA – Região Político-administrativa

REE - Resíduos Eletroeletrônicos

Ru - Rutênio

Sb - Antimônio

Se – Selênio

SiO₂ - Silicato de quartzo

Sn - Estanho

TBBPA - *Tetrabromobisphenol A* (Tetrabromobisfenol)

TV - Televisão

UFPE – Universidade Federal de Pernambuco

Zn – Zinco

ZnO – Óxido de zinco

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Objetivo geral	18
1.2	Objetivos específicos	18
2	REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1	Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos	19
2.2	Composição dos resíduos eletroeletrônicos	23
2.3	Impactos ambientais dos resíduos eletroeletrônicos	26
2.3.1	Meio físico	26
2.3.2	Meio biótico	28
2.4	Substâncias químicas e toxicidade humana dos resíduos eletroeletrônicos	29
2.5	Gerenciamento de resíduos eletroeletrônicos	32
2.5.1	A Política Nacional de Resíduos Sólidos do Brasil	35
2.5.2	Tratamento e reciclagem	38
2.5.3	A disposição em aterros	39
3	MATERIAL E MÉTODOS	41
3.1	Caracterização da área de estudo	41
3.1.1	Galpões de triagem monitorados	41
3.2	Procedimentos metodológicos	44
3.2.1	Levantamento de dados	44
3.2.2	Caracterização dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos e seu processo de gestão nos galpões de recicláveis	45
3.2.3	Verificação do mercado de reaproveitamento/reciclagem dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos nas cooperativas de catadores	46
3.2.4	Identificação de possíveis impactos ambientais e riscos na saúde dos cooperados, decorrentes da manipulação de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos	46
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	47
4.1	Caracterização dos galpões de materiais recicláveis	47
4.1.1	Infraestrutura física	47
4.1.2	Área de abrangência das coletas	51
4.1.3	Resíduos eletroeletrônicos encontrados	52
4.2	Verificação no processo de triagem dos tipos de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos inseridos no mercado de reaproveitamento/reciclagem	57

4.3	Identificação de possíveis impactos ambientais e riscos na saúde dos cooperados, decorrentes da manipulação de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos	59
5	CONCLUSÕES	64
	REFERÊNCIAS	66

1 INTRODUÇÃO

A destinação de resíduos configura-se como um dos mais preocupantes e graves problemas da sociedade atual (BARCO, 2009).

No cotidiano é frequente as pessoas utilizarem os termos lixo e resíduo como sinônimos, pois embora estejam intrinsecamente associados, ambos vocábulos possuem significados bem distintos (VIEIRA, 2002). Entretanto, o hábito no uso de tais palavras em interpretações particulares, também contribui para a abertura de um caminho favorável a compreensão do potencial de reaproveitamento dos produtos descartados.

Acredita-se que a expressão lixo surgiu na Antiguidade para definir as cinzas produzidas pela queima dos detritos das atividades humanas, através de técnicas arcaicas de uso do fogo (SILVA; ROCIOLI, 1996). Nesse período, o lixo era composto basicamente por restos de alimentos, cascas, sobras de vegetais e papéis. Com a sucessão dos tempos históricos, tal termo passou a englobar também novos materiais como vidro, plástico, isopor, borracha, alumínio e outros elementos de difícil decomposição (RODRIGUES; CAVINATTO, 1997).

Para Bueno (1980, p. 666 e 986), lixo é “[...] o que se varre da casa e em geral tudo o que não presta e se deita fora” e, que resíduo é a “[...] substância que resta após uma operação e que ainda pode ser aproveitada”.

Outrossim, Leão (1997, p. 213) afirma que “resíduo é algo que fez parte do processo produtivo ou não e que eventualmente não está sendo aproveitado, mas que apresenta ainda uma utilização em potencial” e, “lixo seria algo inservível, que necessitaria apenas ser disposto de uma maneira atóxica e não poluente, que se possível, não seja notada pelas atuais e futuras gerações”.

Nesse panorama conceitual, destacam-se os Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos - REE, também conhecidos por *e-waste* (*electronic waste*), correspondendo aos equipamentos que funcionam a partir de corrente elétrica ou campos eletromagnéticos, bem como os equipamentos para geração, transferência e medição dessas correntes e campos e destinados à utilização com uma tensão nominal não superior a 1.000 V para corrente alternada e 1.500 V para corrente contínua (PARLAMENTO EUROPEU, 2003).

Com o desenvolvimento urbano-industrial atrelado ao crescimento demográfico e ao avanço da tecnologia, houve um aumento contínuo da produção desses eletroeletrônicos no mundo, juntamente ao uso doméstico da energia elétrica, em meados do século XIX, contribuindo para um significativo impulso industrial na criação de novos produtos à base de eletricidade para o consumo social (WALTER, 2010).

É premente também destacar que a adoção do fenômeno da obsolescência planejada pela indústria dos EUA, na década de 30, considera-se como um marco histórico importante no âmbito da produção e diversificação de produtos eletroeletrônicos. Motivada pela tentativa de retomada econômica do país norte-americano, que se abatia com a crise financeira de 1929, a obsolescência em questão passou a limitar a vida útil dos artigos de mercado, reduzindo sua durabilidade e levando-os ao descarte “precoce” e substituição por um novo produto. Todavia, é conferido ao investidor imobiliário estadunidense Bernard London a idealização desse fenômeno (SANTOS; DOMINIQUINE, 2014).

Sendo assim, somado as implicações dos padrões de vida modernos da sociedade, imbuídos pelo consumismo exacerbado de produtos, os acontecimentos supracitados contribuíram para que os eletroeletrônicos tivessem também, além da questão da obsolescência presente em seu processo de fabricação, uma composição cada vez mais diversificada e potencialmente nociva à saúde humana (BARCO, 2009) e ao ambiente, caracterizado, por sua vez, pela “[...] convergência de processos físicos, biológicos e simbólicos, que por meio das ações econômicas, científicas e técnicas do homem são reorganizados e reconduzidos” (LEFF, 2001, p. 19).

Os REE têm um rápido potencial de crescimento nos países desenvolvido e subdesenvolvido, tanto em termos de quantidade quanto de toxicidade¹ e estão inseridos em três categorias: (I) os elétricos - que possuem ou são resultado da eletricidade; (II) os eletrônicos - que funcionam por meio da eletricidade (movimento dos elétrons); e (III) os mecânicos - que praticam movimentos a partir da força (XAVIER et al., 2012). Nesse ínterim, os produtos utilizados em informática e os telefones celulares são os artigos de maior rapidez de substituição, com vida útil estimada em cerca de 3 ou 2 anos (BETTS, 2008; COBBING, 2008).

Consequentemente, uma quantidade imensurável de produtos eletroeletrônicos vem sendo lançada como resíduo comum (papel, vidro, plástico e alumínio) pela sociedade sem os cuidados necessários com os elementos químicos constituintes, podendo haver metais pesados envolvidos como chumbo (Pb) e mercúrio (Mg) encontrados, por exemplo, em resíduos comumente gerados no âmbito doméstico, como os tubos de raio catódico – CRT de televisores. Esse descarte chama a atenção para a questão ambiental, pois a toxicidade conferida aos elementos químicos associados pode contaminar não apenas pessoas e demais seres vivos, no

² “Propriedade potencial que o agente tóxico possui de provocar, em menor ou maior grau, um efeito adverso em consequência de sua interação com o organismo” (ABNT, 2004, p. 8).

processo de manipulação dos resíduos, mas também diversos ecossistemas (ROBINSON, 2009).

Nesta perspectiva, na cidade do Recife o descarte de REE não segue um padrão, sendo tais materiais depositados em terrenos sem impermeabilização do solo ou cobertura e, em outros, em áreas cobertas, com pavimentação do piso e identificados. Além disso, o hábito do descarte dos resíduos eletroeletrônicos junto com os resíduos domiciliares comuns é frequente, o que torna a gestão um desafio para os serviços de limpeza urbana e para os catadores de materiais recicláveis, que demandam maiores esforços no processo de triagem dos equipamentos coletados.

Devido ao aumento da produção de REE, a Prefeitura do Recife, além de ter implementado alguns programas pontuais para a coleta de materiais recicláveis, também tem inaugurado locais para o recebimento dos eletroeletrônicos descartados e outros resíduos especiais (volumosos, perigosos², entre outros), produzidos no âmbito doméstico, chamados de Ecoestações.

Nesta perspectiva, percebeu-se na cidade do Recife a inauguração de alguns galpões de materiais recicláveis, operados por cooperativas de catadores, como parte das ações voltadas pela Prefeitura para a coleta seletiva. Porém, tais estabelecimentos não recebem apenas os resíduos comuns destinados a triagem, obtendo também aqueles não considerados como tal, ou seja, os REE; já existindo, inclusive, mercado para a reciclagem de alguns desses produtos, pois certos sucateiros têm buscado determinados tipos de REE nos locais evidenciados.

A elucidação do desenvolvimento ambiental ligado ao processo de produção, destinação e tratamento adequado dos REE caracteriza-se num dos grandes desafios da sociedade atual na busca pela sustentabilidade.

Sendo assim, este trabalho mostrará o funcionamento do mercado informal de REE que são descartados, de forma equivocada, como resíduos comuns pela população, e que chegam aos galpões de triagem das cooperativas na cidade do Recife. Os resultados poderão subsidiar futuros programas de gerenciamento desse tipo de resíduos, tanto pelo serviço público, quanto pela iniciativa privada.

Em face ao exposto, a presente pesquisa foi desenvolvida visando alcançar os seguintes objetivos:

² Característica indicada por um resíduo, quando manuseado ou destinado de forma inadequada, em razão de suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas, podendo apresentar risco a saúde pública, causando mortalidade, provocando ou acentuando, significativamente, casos de doenças, e/ou gerando riscos ao meio ambiente (ABNT, 2004).

1.1 Objetivo geral

Avaliar o processo de descarte de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REE) domiciliares nos galpões de recicláveis da cidade do Recife.

1.2 Objetivos específicos

- a) caracterizar quanti-qualitativamente os principais tipos de REE e sua frequência de aparecimento;
- b) verificar para quais desses já se têm mercado de reaproveitamento/reciclagem;
- c) identificar possíveis riscos e impactos no meio ambiente e na saúde dos cooperados, decorrentes da presença e manuseio de REE.

Assim sendo, para o primeiro item deste trabalho trará um panorama geral sobre a geração de resíduos eletroeletrônicos destacando-se a caracterização dos materiais, os impactos ambientais e humanos por contaminação de REE, as substâncias químicas e toxicidade humana dos REE, o gerenciamento dos REE, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e a disposição final. O segundo item abordará os procedimentos metodológicos que nortearam a pesquisa. Por fim, no terceiro e último item, são tratados os resultados objetivados por meio do monitoramento realizado nos galpões de recicláveis, em consonância com a literatura evidenciada, bem como serão expostas as conclusões pertinentes à pesquisa.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos

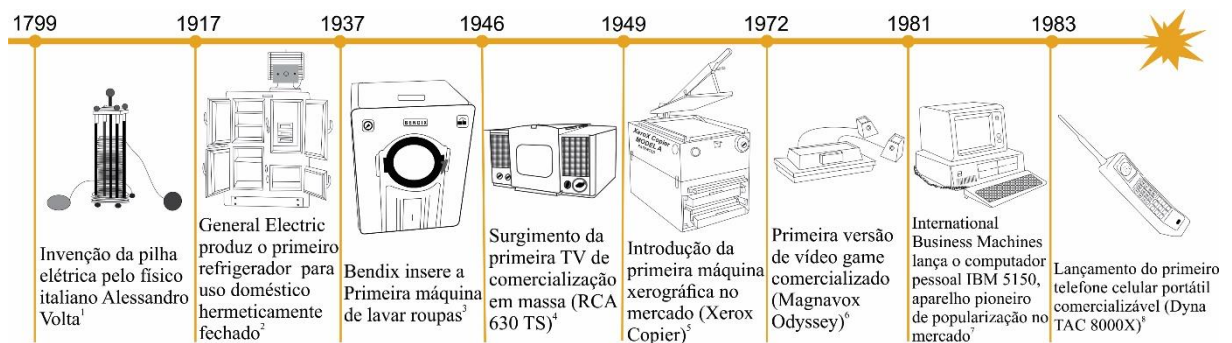
A expansão econômica proporcionada pelo período Pós-Segunda Guerra Mundial, em meados do século XX, acarretou num progresso industrial expressivo para os países desenvolvidos, experimentando importantes avanços tecnológicos, especialmente no setor eletrônico, principalmente nas áreas da automação e da computação (OLIVEIRA et al., 2015).

Sob a lógica do sistema fordista de trabalho, criado e desenvolvido por Henry Ford no período de 1910-1930, que focou na produção e no consumo em massa, a atuação da indústria de bens de consumo teve grande impulso encaminhando a sociedade a adotar novos padrões de relacionamento fabril, galgados pela expansão do capitalismo, que praticamente abandonou o sistema de habilidades tradicionais e contribuiu para a chegada de novos equipamentos de uso doméstico como os aparelhos eletroeletrônicos (LOBO, 2015).

Com o padrão de produção adotado, as mercadorias aperfeiçoaram-se cada vez mais em valor de troca, no processo capitalista de apropriação da mais-valia e do lucro. Na produção de uma geladeira, por exemplo, não importa apenas sua capacidade de conservar os alimentos. Imbuída na abstração, ela tem que atender a tendência momentânea do mercado que institui os recursos tecnológicos aos quais o equipamento ostentará ao ser lançado. Na busca de lucro com as vendas, a todo custo, as empresas investem no “fetichismo” e na obsolescência adquirida dos produtos, encurtando a vida útil dos mesmos. Para tanto, as propagandas de *marketing* configuram-se como uma estratégia de alienação nesse processo, induzindo a aquisição de bens e criando um imaginário de “felicidade pessoal” através da compra (MARX, 2006; SMITH, 1984).

Até a década de 70, quando teve início a revolução digital, a velocidade de lançamento de produtos eletroeletrônicos era limitada pelo desenvolvimento tecnológico. Na Figura 1, por sua vez, é apresentada uma estimativa gráfica de linha do tempo sobre o surgimento de alguns desses aparelhos. Dentre os marcos históricos de invenções destacados, está, por exemplo, o surgimento da primeira pilha elétrica, desenvolvida pelo físico italiano Alessandro Volta, em 1799, possibilitando que a eletricidade fosse usada em experimentos químicos. Esse feito contribuiu para a abertura de um caminho favorável ao lançamento, posterior, de uma série de eletroeletrônicos pela indústria (televisão, telefone, rádio, entre outros), que revolucionou o modo de vida moderno da sociedade de consumo, sobretudo em países desenvolvidos (CHUNG; ZHANG, 2011; FREITAS et al., 2012; RODRIGUES, 2014).

Figura 1 - Linha do tempo: lançamento de equipamentos eletroeletrônicos



¹Martins (1999), ²General Electric (2016), ³Esporta (2016), ⁴Salazar (2016), ⁵Xerox (1999), ⁶Wilson (2000), ⁷International Business Machines (2016) e ⁸Motorola (2016).

Fonte: Elaborado pelo autor

Segundo Conceição et al. (2014), o lançamento de novos produtos no mercado desperta no consumidor o desejo de ter o “novo”, o “moderno”, o produto da moda que a massa “crítica” e/ou quer utilizar.

A diversidade de produtos eletroeletrônicos é tamanha que eles podem ser divididos em dez categorias, de acordo com a diretiva 2012/19/EU, que trata dos REE na Europa, formulada pelo Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia (UNIÃO EUROPÉIA, 2012):

- Grandes eletrodomésticos: máquinas de lavar roupas e louças, secadoras, geladeiras, aparelhos de ar condicionado, micro-ondas, fogões etc.;
- Pequenos eletrodomésticos: aspiradores de pó, máquinas de café, ferros, torradeiras etc.;
- Equipamentos de comunicação e escritório: computadores, *laptops*, celulares, telefones, fax, copiadoras, impressoras etc.;
- Entretenimento e eletrônicos de consumo: televisores, aparelhos de VCR/DVD/CD, conjuntos de Wi-Fi, rádios etc.;
- Equipamento de iluminação: lâmpadas fluorescentes, lâmpadas de sódio etc.;
- Ferramentas eletroeletrônicas: brocas, serras elétricas, máquinas de costura, cortadores etc.;
- Brinquedos e equipamentos de recreação: trens elétricos, máquinas de moeda, esteiras etc.;
- Instrumentos e equipamentos médicos;
- Equipamentos de controle e vigilância;
- Máquinas automatizadas.

Para tanto, devido ao fato do surgimento de produtos eletroeletrônicos, inseridos em tais categorias, sobretudo na linha verde, ser bastante célere e muitos desses produtos estarem presentes na maioria das residências, quando finalizada sua vida útil os mesmos são descartados como resíduos sólidos comuns (papel, vidro, plástico e alumínio) pela sociedade, principalmente nos países subdesenvolvidos (BIGUM et al., 2013). Logo, a tendência é o rápido aumento da geração de REE e a consequente dificuldade de seu controle e gerenciamento, uma vez que tais resíduos possuem uma alta taxa de crescimento no mundo, na ordem de 40 milhões de toneladas anuais (BALDÉ et al., 2015; HUISMAN; MAGALINI, 2007; ZHANG; SCHNOOR; ZENG, 2012).

Nessa razão, muitos autores relacionam o aumento da geração de eletroeletrônicos e o seu consequente descarte (REE) com dois fenômenos: a obsolescência programada e a obsolescência percebida: a obsolescência programada (ou planejada) é observada quando um produto deixa de ser útil, mesmo em funcionamento, devido ao lançamento de um produto tecnologicamente mais avançado impelindo o consumidor a comprar um novo produto, mesmo quando o seu ainda continua funcionando plenamente (CARVALHO, 2013). Por outro lado, o apelo da mídia por novos produtos no mercado, com características diferentes ou adicionais, faz com que esse processo de troca seja ainda mais rápido o que dá origem à obsolescência percebida (KING et al., 2006).

A geração de REE vem crescendo a cada ano, sobretudo nos países desenvolvidos, onde o custo da tecnologia para o usuário final é menor, em comparação com os países subdesenvolvidos, que possuem também as maiores taxas de crescimento no consumo dos produtos eletroeletrônicos (DENG et al., 2007).

De acordo com Widmer et al. (2005), os países pertencentes à Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) são aqueles de maior geração de REE tal qual os Estados Unidos que produziram cerca de 2,63 milhões de toneladas em 2005 (COBBING, 2008). Estudos realizados pela Universidade das Nações Unidas (UNU), também mostram o cenário de descarte eletroeletrônico em outros países desenvolvidos como no grupo da União Europeia, sendo responsável pela produção de quase $\frac{1}{4}$ dos REE no mundo ou 8-9 milhões de toneladas por ano, com produção global ponderada em 40 milhões (YAMANI, 2012).

Liu, Tanaka e Matsui (2006) previram que, devido ao crescimento do consumo e urbanização, a produção de REE na China passará de 30.171,3 toneladas ($3,5 \text{ kg.pessoa}^{-1}$), em 2005, para 92.000 toneladas ($7,78 \text{ kg.pessoa}^{-1}$), até 2020. Em países menos desenvolvidos, no

entanto, como Índia e Tailândia, a hipótese, em 2007, foi de 0,33 e 0,1 milhão de toneladas, respectivamente (COBBING, 2008).

Segundo Estudos realizados pela Universidade das Nações Unidas – UNU, no que tange o panorama de estimativas sobre a geração mundial de REE domiciliares, relativo ao ano de 2014, os EUA configuram-se como o maior produtor entre as nações do globo, com média de 7.1 Mt (Baldé et al., 2015). A partir da análise da Figura 2 é possível identificar, além dos EUA, algumas outras nações e suas respectivas estimativas de produção de REE distribuídos pelos diferentes continentes do mundo, como na Ásia, que engloba o território chinês responsável pela produção de 6.0 Mt de REE, o que lhe propicia o título de maior produtor dentre os países subdesenvolvidos. O Estudo também contemplou a geração de REE do Brasil expressando um total de 1.4 Mt, intitulado-se como o maior produtor de REE entre os países latino-americanos (Baldé et al., 2015).

Figura 2 – Geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos domiciliares pelo mundo no ano de 2014



Fonte: Elaborado pelo autor

Com relação a geração *per capita* anual de REE, suposta no período compreendido entre 2011 a 2030, o país gera cerca de 3,4 kg/habitante (FEAM, 2009; PNUMA, 2014). Sendo assim, correlacionando tais dados de produção *per capita* brasileira com o número de habitantes de Recife, 1.537.704 pessoas (IBGE, 2010), é possível também calcular a conjectura média de

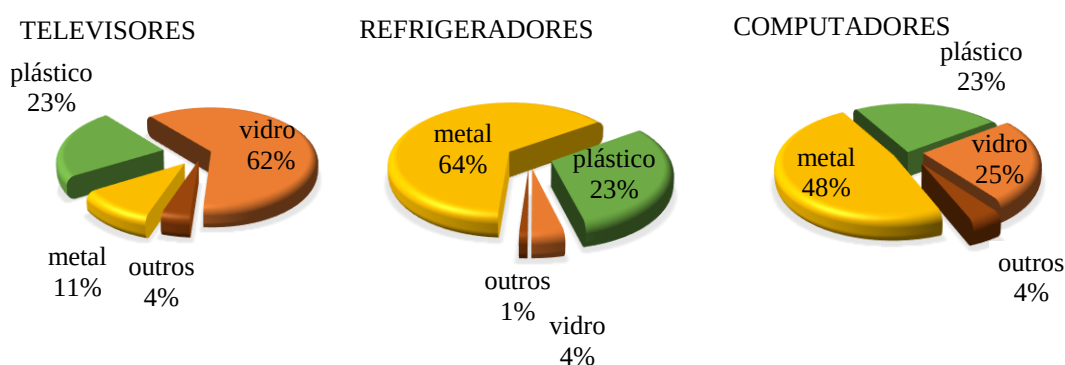
REE produzidos nesta cidade no ano de 2010, acarretando num valor superior a 5 mil toneladas (5.228.193,6 kg).

No entanto, vale ressaltar que no Brasil há uma carência de dados oficiais consolidados sobre geração de REE, pois as pesquisas realizadas por instituições nacionais apresentam métodos científicos insuficientes e distantes do nível de acurácia necessária da informação. Nas Pesquisas da Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM, 2009), por exemplo, para a estimativa da produção brasileira de REE, foi tomado como base apenas oito tipos de REE domiciliares, desconsiderando a diversidade de itens que concerne o processo de categorização dos mesmos, o que justifica a precariedade no estudo (RODRIGUES; GUNTHER; BOSCOV, 2015).

2.2 Composição dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos

Os tipos de materiais utilizados na produção de REE são variados, a depender da necessidade de cada artigo eletroeletrônico destacando-se os elementos metálico, plástico e de vidro. A Figura 3 demonstra o percentual usado desses constituintes em alguns produtos como os refrigeradores que possuem mais de 60% de metais em sua composição média.

Figura 3 - Materiais básicos utilizados na produção de alguns eletroeletrônicos



Fonte: Adaptada de Kang e Shoenung (2005)

Segundo Natume e Sant'Anna (2011), a quantidade de metais encontrada em sucatas³ também é significativa, chegando a representar mais de 70% de sua massa eletroeletrônica. A partir da análise da Tabela 1 pode-se comprovar tal percentagem no somatório entre os

³ Termo comumente utilizado para definir equipamentos eletrônicos obsoletos descartados pela sociedade (SANTOS et al., 2010).

elementos metálicos listados, destacando-se o ferro (Fe) como a substância de maior representatividade, tendo o mesmo de 35% a 40% da composição média por tonelada de sucata.

Tabela 1 - Composição de 1 tonelada de sucata eletroeletrônica

Componente	Porcentagem (%)
Ferro (Fe)	Entre 35 e 40
Cobre (Cu)	17
Chumbo (Pb)	Entre 2 e 3
Alumínio (Al)	7
Zinco (Zn)	Entre 4 e 5
Ouro (Au)	0,0002 a 0,0003
Prata (Ag)	0,0003 a 0,001
Platina (Pt)	0,00003 a 0,00007
Fibras e plásticos	15
Papel e embalagens	5
Resíduos não recicláveis	Entre 3 e 5

Fonte: Adaptado de FEAM (2009) e Rodrigues (2007)

A presença de alguns desses constituintes elencados, envolvidos nos REE, chama atenção pela sua preciosidade e/ou quantidade: partículas porções de ouro (Au) são encontradas em Placas de Circuito Impresso – PCI, possuindo cerca de 17g do metal incluso, por tonelada do equipamento; enquanto que o chumbo (Pb) compõe expressivamente as baterias de chumbo-ácido de 60 Ah (Amperes-hora), tendo um peso mássico unitário total de aproximadamente 14 kg, sendo 9 kg do metal, haja vista a relação de cada Ah equivaler a 150g de Pb (CABRAL NETO, 2016; JOLLY; RHIAN, 1994; PAVLOV, 2011; VEIT, 2005).

Ademais, outros representantes do grupo químico elementar do Au, encontrados no misto de produtos sucateados, também são considerados preciosos pelo alto valor econômico agregado como, por exemplo, os componentes dos televisores de tela plana: rutênio (Ru), platina (Pt), índio (In) etc. (DOYLE, 2007).

Para Hagelucken (2006), os REE são normalmente valorizados pelo teor de alumínio (Al) em: (I) baixo valor (<100 ppm de Al) como placas de TV, placas de monitores, telefones sem fio, calculadoras etc.; (II) médio valor (100 a 400 ppm de Al) como placa de circuito de computador, *laptops* e *palmtops*, alguns aparelhos celulares etc.; e (III) alto valor (>400 ppm

de Al) como placas de circuito de supercomputadores (*mainframes*), alguns aparelhos celulares, capacitores cerâmicos multicamadas, entre outros.

Partindo do princípio de valorização dos REE, é cabível ressaltar que a recuperação de metais nesses produtos (produção secundária) é bem menos impactante para o meio ambiente do que na produção primária, a partir de jazidas mineradoras como as do Al (HAGELUKEN; BUCHERT, 2008), no qual são necessárias cinco toneladas de bauxita para se produzir uma tonelada do metal. Sendo assim, cada tonelada de Al reciclado economizaria cinco, de rocha (SENAC, 2000). Todavia, a prática de tal prerrogativa possibilitaria também menos uso de energia e água, em detrimento ao processo de produção convencional, com a matéria prima bruta, garantindo mais lucro a indústria e podendo resolver ainda o problema de alguns países pela escassez do mineral em seus territórios.

Apesar da existência dos metais raros e valiosos contidos nos REE, a sua recuperação nas sucatas é ainda baixa (<15%), considerada sua importância (UNEP, 2011). Isto ocorre porque a reciclagem desses elementos, é bastante difícil devido à complexidade e heterogeneidade das misturas contidas em produtos de informática e alguns aparelhos celulares. Uma das razões para tal problema consiste na falta de acurácia nas informações sobre composição e propriedades físico-químicas dos REE (SUN et al., 2015).

Nesse sentido, a possibilidade de recuperação dos metais preciosos contidos nos REE estimula a pejorativa “mineração urbana eletroeletrônica” no que diz respeito a coleta desses elementos para o processo de reciclagem (DOYLE, 2007) ou retorno para o ciclo de produção, em alusão ao significado etimológico, denotado pela união vocabular Latina de termos associados a tal expressão de ação: “*re*” (retorno) e “*cyclus*” (período de anos), sendo esse, por sua vez, do idioma Grego “*kyklós*” (círculo) (GRIPPI, 2001). Ou seja, com a reciclagem ou “*recyclus*”, os REE retornariam para o ciclo produtivo em meio fabril ao qual foi exposto antes de ser descartado, porém, sob a conveniência do processo em questão.

Contudo, o surgimento de mercados clandestinos e perigosos potenciais de contaminação a saúde também se faz atraído a atuar na reciclagem dos REE, sobretudo em países subdesenvolvidos, onde as unidades recicladoras informais não têm o devido controle sobre os procedimentos adequados de desmanche eletroeletrônico, causando danos ao meio ambiente e à saúde da população suscetível.

2.3 Impactos ambientais dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos

Considerando o uso de metais na composição dos REE, como o cádmio (Cd), o mercúrio (Hg) e o Pb, é grande a ameaça no hábito de jogar REE na cesta de lixo, pois esses e outros tipos de elementos químicos podem se tornar eventuais pivores de contaminação ambiental (ROBINSON, 2009).

No âmbito dos métodos utilizados na reciclagem de REE, na remoção de metais preciosos, por exemplo, está a incineração a céu aberto gerando emissão de gases tóxicos para a atmosfera. Quando o descarte é feito em aterros sanitários inadequados, poderá ocorrer dissolução de substâncias perigosas no solo e águas subterrâneas próximas expondo sérios risco também as plantas, animais e pessoas (ROBINSON, 2009).

A compreensão da abrangência tóxica anunciada remonta para um marco histórico importante na discussão entre meio ambiente, economia e as questões relativas ao bem-estar social, por meio da publicação do livro “Primavera Silenciosa”, de Rachel Carson, em 1962. A obra foi pioneira na apresentação ao mundo do perigo latente de contaminação provocado pelo uso de substâncias sintéticas, no controle de pragas, resultando em graves distúrbios na saúde humana e impactos ambientais⁴ diversos (CARSON, 1969).

Sendo assim, faz-se importante destacar os meios físico e biótico atingidos por tais alterações que, apesar de serem processos ainda bastante negligenciados pela sociedade, entretanto, vêm tornando-se foco de discussão, como na Basileia, representando a difusão de questões ambientais antes silenciadas pela legislação.

2.3.1 Meio físico

Uma das formas de exposição as substâncias perigosas dos REE, se dá através do contato com a poeira produzida nos locais de reciclagem, que quando deslocada para outras áreas por meio da dinâmica natural atmosférica, pode penetrar no organismo humano mediante ingestão, inalação e/ou absorção (ROBINSON, 2009).

Tal anteposto de contaminação tem destaque em algumas regiões onde foram comprovadas presença significativa de certas substâncias químicas ligadas a processos de reciclagem clandestina de REE.

⁴ Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que direta ou indiretamente, afetam: I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e V - a qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 1986, p. 1).

A qualidade de ar para PBDE (éteres de difenilas polibromadas), um usual retardante de chamas, foi monitorada na cidade de Guiyu e comparada com a de dois centros urbanos: Hong Kong e Guangzhou. Os resultados mostraram uma presença desse contaminante de 58 a 691 vezes maior em Guiyu do que nesses dois centros urbanos (DENG et al., 2007). Na mesma cidade, Chen et al. (2009) verificaram que níveis substanciais de PBDE, por exemplo, excederam os 11.742 pg.m^{-3} durante o dia, caindo para 4830 pg.m^{-3} à noite.

Li, Duan e Shi (2011) verificaram que o solo de Guiyu tem sido seriamente contaminado por cobre (Cu), antimônio (Sb), zinco (Zn), Pb e Cd, quando comparado com o padrão de qualidade ambiental para solos da China (*Environmental Quality Standard For Soils*). Também em Guiyu, Zheng et al. (2016) caracterizaram a concentração de metais pesados no material particulado fino atmosférico, presente em locais de reciclagem de REE. Os resultados mostraram altas concentrações de cromo (Cr), manganês (Mn), Pb e Cd, quando comparados a outras cidades asiáticas. Leung et al. (2008) ainda relataram concentrações superiores a 2% de Pb e milhares de mg.kg^{-1} de Cu e Zn em pó, nas estradas da cidade oriental em questão.

Em Nova Deli, capital da Índia, constatou-se existência de metais pesados no solo, na Vila de Mandoli, equivalentes a 478 mg.L^{-1} de níquel (Ni), 340 mg.L^{-1} de estanho (Sn), 240 mg.L^{-1} de Cu, 20 mg.L^{-1} de Pb, 68 mg.L^{-1} de Sb e 2710 mg.L^{-1} de Zn (BRIGDEN et al., 2005).

Em Bangalore (Índia), trabalhadores da reciclagem de REE respiravam ar contendo bismuto (Bi), Cd, In, Pb, Sb e Sn, em concentrações diversas de 0,971; 1,48; 1,28; 88,9 ng m^{-3} , 13 e 91,6, respectivamente (HA et al., 2009).

Em amostras atmosférica no interior de instalações de armazenamento de REE, na Tailândia, os níveis de PBDE e congêneres oscilaram entre 46-350 pg m^{-3} , enquanto no ambiente exterior, as concentrações variaram entre 8-150 pg m^{-3} (MUENHOR et al., 2010).

Os solos são superfícies que também podem ser assoladas pela dissolução das substâncias tóxicas contidas nos REE. O problema torna-se ainda mais sério quando afeta as terras agrícolas, impactando a cadeia alimentar, conforme os diversos níveis tróficos, causando intoxicação direta e/ou indireta (FU et al., 2008).

Leung et al. (2008) relataram concentrações médias na poeira das estradas adjacentes às áreas recicladoras de REE, em Guiyu, de Pb, Cu, Zn e Ni, da ordem de 22.600, 6.170, 2.370 e 304 mg kg^{-1} , respectivamente, sendo as concentrações de Pb e Cu de 371 a 155 vezes maiores que em locais distantes dessas áreas recicladoras.

Para os Estudos de Wong et al. (2007), as toxinas relacionadas a dissolução ácida de REE oriundos também de locais recicladores, revelaram contaminação hídrica nas águas dos rios

Lianjiang (arsênio (As), lítio (Li), molibdênio (Mo), selênio (Se), Cr e Sb) e Nanyang (berílio (Be), cobalto (Co), prata (Ag), Cd, Cu, Ni, Pb e Zn), em Guiyu, resultando em significativas concentrações de metais dissolvidos.

Já Wang e Guo (2006) determinaram quantidades de 0,40 mg/L de Pb, em amostras hídricas coletadas de um rio, localizado ainda nesta cidade oriental supracitada, próximo a uma área de reciclagem de REE, com níveis de concentrações oito vezes maior do que o padrão de água potável local (0,05 mg/L).

2.3.2 Meio biótico

A dissolução dos REE que chega ao solo pode ser transferida para os vegetais durante o processo de absorção de nutrientes dissolvidos na terra (FU et al., 2008).

Yang et al. (2008) estudaram os solos de uma área de reciclagem de REE, no sul da China, e correlacionaram a contaminação por PBDE e congêneres em folhas de vegetais com a contaminação de solos locais, sendo esta última bastante superior. Tal estudo compreendeu as plantas: folhas de samambaia (*Pteridium aquilinum* var. *latiusculum*), samambaia aranha (*Pteris multifida* Poir.), sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), doca japonesa (*Rumex japonicus* Houtt.) e fleabane oriental da margarida (*Erigeron annuus* L. Pers.); em concentrações de 144, 116, 162, 278 e 326 ng/g (matéria seca), respectivamente. Todos esses vegetais foram desenvolvidos em solo composto de 25,479 ng/g de PBDE. Apesar deles possuírem um baixo coeficiente de bioacumulação⁵ (<0,01), porém, o potencial de absorção de resíduos tóxicos poderá impactar fortemente a cadeia alimentar onde estão inseridos.

Na agricultura de cereais, Fu et al. (2008) examinaram amostras de arroz na cidade de Taizhou (leste da China), em áreas próximas a depósitos de REE. Os dados revelaram concentrações de Pb (0,69 $\mu\text{g g}^{-1}$) e Cd (0,23 $\mu\text{g g}^{-1}$) maiores do que a Concentração Máxima Admissível – MAC (0,20 $\mu\text{g g}^{-1}$), para os elementos em destaque, de acordo com o padrão de segurança nacional de arroz branqueado do território chinês. Para Robinson (2009), esses solos de rizicultura tiveram redução da taxa de germinação, promovendo consideráveis danos as sementes e ao DNA da planta.

Outro recurso importante somado nesta seara de contaminação por REE, conforme apontado anteriormente, diz respeito aos ambientes aquáticos e, em especial, aos seres vivos pertencentes a tais recursos, suscetíveis as alterações físicas do ambiente, principalmente

⁵ “[...] termo que descreve a transferência dos contaminantes do meio ambiente externo para um organismo, no qual as concentrações observadas são muito superiores às do meio” (AZEVEDO; CHASIN, 2003, p. 238).

aqueles relativos a fauna ictiológica⁶. Dessa forma, tanto o vento quanto o solo são capazes de transportar partículas de sedimentos perigosos para a água decorrentes de áreas de reciclagem eletroeletrônica. A atividade decompositora de lixões inadequados ainda se faz colaborar para esse mal por meio do vazamento de detritos que tenderão a penetrar nos cursos fluidos mais próximos (ROBINSON, 2009).

Ademais, análises realizadas em carpas, peixe tradicional chinês, encontradas no rio Nanyang, comprovaram bioacumulações de PBDE de até 766 ng/g (peso seco), haja vista que os sedimentos de seu assoalho contabilizaram até 16.000 ng/g das mesmas substâncias contidas (LUO; CAI; WONG, 2007).

Os estudos de caso relacionados a contaminação dos REE também contemplaram exames realizados em animais capturados próximos de um depósito de REE, na região de Longtang, Sul da China, num rio com estado de contaminação hídrica contendo em média 24.4 ng.g⁻¹ de PBDE e, 204 ng.g⁻¹ de Bifenila Policlorada (PCB). O grupo experimental foi composto por seres como a cobra d'água, o camarão, a carpa e o caracol, ambos também apresentando os mesmos tipos de tóxicos potenciais, com médias de 1091/16512, 253/3503, 830/12390 e 67.5/62.8 ng/g de peso úmido, conforme a sequência de espécies supracitadas (WU et al., 2008).

2.4 Substâncias químicas e toxicidade humana dos resíduos eletroeletrônicos

Uma quantidade imensurável de REE está sendo manipulada em todo mundo, principalmente em países desenvolvidos. Esta prática, muitas vezes, feita de forma arbitrária, em processos arcaicos de reciclagem manual, tem levado a fortes consequências negativas na saúde humana (KIDDEE; NAIDU; WONG, 2013).

A ingestão de quantidades consideráveis dos elementos tóxicos presentes nos REE, podem causar graves prejuízos que vão desde a perda da visão, do olfato, da audição e, até o enfraquecimento dos ossos (Quadro 1). Cada eletroeletrônico tem um nível de toxicidade característico. Eles não são biodegradáveis e, mesmo aqueles que possuem uma quantidade de toxicidade muito abaixo do esperado, ainda assim não estão livres de causarem danos ao ser humano (LOPES; LEITE; PRASSAD, 2000).

⁶ Relativo a zoologia dos peixes (BENTES et al., 2014).

Quadro 1 - Substâncias tóxicas associadas aos resíduos eletroeletrônicos e suas consequências na saúde
“continua”

Substância Química	Aplicação em Eletroeletrônicos	Consequências na Saúde
Alumínio (Al)	Fios, cabos, placas, revestimentos.	Um dos fatores ambientais que podem provocar a doença do mal de Alzheimer.
Antimônio (Sb)	Agente de derretimento no vidro CRT, caixa de computador de plástico e uma liga de solda em cabeamento.	Substância cancerígena que pode causar dor de estômago, vômitos, diarreia e úlceras estomacais através da inalação de níveis elevados de antimônio por um período prolongado de tempo.
Arsênio (Ar)	Arsenieto de gálio é usado em diodos emissores de luz.	Efeitos crônicos em doenças de pele e câncer de pulmão e de sinalização nervosa auditiva.
Bário (Ba)	Velas de ignição, lâmpadas fluorescentes e interiores de CRT em tubos de vácuo.	Fraqueza muscular, inchaço cerebral, danos no coração, fígado e baço, mesmo em exposição de curto prazo.
*(BFR); (PBB); (PBDE); (TBBPA)	Os BFR são utilizados na redução da inflamabilidade em plástico, placas de circuito impresso, isolamento de cabo e teclados.	Distúrbios hormonais acarretados pela inalação tóxica dos vapores produzidos pela combustão de circuito impresso e de caixas de plástico.
Cádmio (Cd)	Detecores de infravermelho, chips semicondutores, tintas de impressora, toners e baterias recarregáveis de NiCd.	Acumula-se no fígado, rins (meia-vida de 30 anos nos rins), pulmões, pâncreas, coração e testículos. Em intoxicação crônica pode causar descalcificação óssea, lesão renal, enfisema pulmonar, além de efeitos teratogênicos (deformação fetal) e carcinogênicos (câncer).
Clorofluorcarbonos (CFCs)	Materiais de refrigeração e espuma de isolamento	Contribui para a redução da camada de ozônio da terra, levando a maior incidência de câncer de pele.
Cromo Hexavalente (CR VI)	Discos rígidos, cabos, Invólucro plástico e como corantes em pigmentos.	Extremamente tóxico ao meio ambiente, provocando danos ao DNA e comprometimento permanente nos olhos.
Chumbo (Pb)	Tubos de raios catódicos, baterias de chumbo-ácido (bateria automotiva), solda, cabos, placas de circuito impresso e lâmpadas fluorescentes.	Geração de danos ao cérebro, sistema nervoso, rins e sistema reprodutor e causar doenças do sangue. O acúmulo desse elemento no ambiente resulta em ambos os efeitos, agudos e crônicos, na saúde humana.
Mercúrio (Hg)	Monitores de tela plana, baterias bulbos de luz de fundo ou lâmpadas, interruptores e termostatos.	Danos no cérebro, rins e fetos.
Níquel (Ni)	Tubo de raios catódicos, baterias, invólucro do computador e placas de circuito impresso.	Reações alérgicas, bronquite e redução da função pulmonar ou câncer de pulmão.

Quadro 1 - Substâncias tóxicas associadas aos resíduos eletroeletrônicos e suas consequências na saúde

Substância Química	Aplicação em Eletroeletrônicos	Consequências na Saúde
Policloreto de Vinila (PVC)	Teclados, monitores, cabos e invólucro plástico de computador.	Substância perigosa e contaminante tóxico do ar. Sua combustão incompleta libera gás cloreto de hidrogênio, que forma o ácido clorídrico, causador de problemas respiratórios.
Selênio (Se)	Máquinas de fotocópia antigas	Elevadas concentrações podem causar selenose.

*Retardantes de Chama a Base de Brometos (BFR); Bifenilas Polibromadas (PBB); Éter Difenil Polibromados (PBDE); Tetrabromobisfenol (TBBPA).

Fonte: Adaptado de Ferreira et al. (2008) e Kiddee, Naidu e Wong (2013)

Exames realizados em pessoas na região de Guiyu (China), por exemplo, residentes de áreas clandestinas de reciclagem eletroeletrônica, denunciaram o perigo da manipulação inadequada desses subprodutos. Os resultados indicaram presença significativa de substâncias tóxicas a partir da coleta de sangue, soro, urina, leite materno ou por amostragens de tecidos do couro cabeludo (KIDDEE; NAIDU; WONG, 2013).

De acordo com Qu et al. (2007), os indivíduos de diferentes localidades de Guiyu (China) e região circunvizinha, foram submetidos a exames relacionados aos níveis potenciais de contaminantes químicos irradiados dos depósitos irregulares de REE, localizados nesta cidade notória oriental, havendo concentrações médias de Éter Difenil Polibromado - BDE no sangue em quantidades divergentes: 126 ng/L (trabalhadores de zonas de reciclagem de REE), 35 ng/L (demais residentes da cidade de Guiyu) e 10 ng/L (residentes de cidades vizinhas de Guiyu). Todavia, tais exames estão entre os resultados de maior concentração desse tipo de elemento químico coletado no corpo humano já registrados até então.

Em outras amostragens, também em áreas recicladoras, utilizando fio de cabelo, na província de Zhejiang (China), comprovou-se contaminação por teor de Bifenila Polibromada - PBB (57,77), Difenil Étere Polibromado - PBDE (29,64) e Bifenila Policlorada - PCB (181,99) por ng g – 1 dw de peso seco, foi na ordem de 2, 2 e 10 vezes maiores no grupo experimental distrital de Xinqiu, do que no grupo controle de Yandang (ZHÃO et al., 2008).

Nesta região ainda, exames feitos em crianças constataram uma maior concentração sanguínea de Pb e Cd por contaminação tóxica dos locais em evidência, acarretando em habilidades de cognição reduzidas, comparadas com o desenvolvimento infantil de cidades vizinhas. Níveis elevados de Cr (0,094 mg/L) no sangue do cordão umbilical nos recém-

nascidos, também foi alvo desse estudo, podendo trazer danos ao DNA, face a exposição da mãe no processo de reciclagem de lixo eletrônico, configurando numa potencial fonte de mutação genética (ROBINSON, 2009).

O sistema nervoso (neurocognição e comportamento) é o mais sensível à toxicidade por Pb, com prejuízos irreversíveis e com possíveis e sérios danos permanentes (MOREIRA; MOREIRA, 2004).

Contudo, tais indícios comprovam que a exposição humana a algumas das substâncias contidas nos REE tem relação com prejuízos a saúde, atingindo principalmente indivíduos mais suscetíveis como as crianças. É oportuno ainda ressaltar a abrangência ambiental desse processo que não está limitado apenas as pessoas que habitam os locais de tratamento dos materiais em questão, podendo afetar também, indiretamente, aquelas pertencentes a áreas circundantes ou mais longínquas. No Brasil, assim como na cidade do Recife, infelizmente, ainda não se têm dados de concentração química sobre as substâncias relacionadas a problemática dos REE. Urge, então, a necessidade de ações voltadas a elucidação de impactos que, porventura, estejam assolando os indivíduos envolvidos no desmanche ou remoção direto dos REE, a exemplo dos catadores de materiais recicláveis.

2.5 Gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos

Em meados da década de 80 o descarte mais econômico de REE impulsionou a sua exportação para alguns países subdesenvolvidos, principalmente naqueles localizados em continentes africano e centro-americano, transformando suas áreas recicladoras eletroeletrônicas em verdadeiros “lixões” do mundo desenvolvido (MARIS; ALMEIDA, 2009).

Dessa forma, acredita-se que mais da metade dos REE coletados nas regiões desenvolvidas do globo são enviados para sistemas de processamento e disposição final em países como China, Índia, Paquistão e Nigéria. Assim, em torno de 70% do total de REE fora de uso no mundo vão parar em territórios como esses onde serão subsídios de programas de inclusão digital ou reciclagem dos metais agregados, devido ao alto valor comercial que possui (BACHI, 2013; STHIANNOPKAO; WONG, 2013).

Nesse sentido, devido ao processo de exportação clandestina de REE, travaram-se grandes discussões políticas internacionais na busca de uma relação ética ambiental nesse processo, culminando com a promulgação, em 1989, da Convenção da Basileia, realizada na Suíça, que tratou do movimento transfronteiriço de resíduos sólidos perigosos (REE) e seu

depósito. Dentre os principais objetivos enfatizados pela convenção destacaram-se: a redução da produção e dos movimentos entre fronteiras de resíduos e, o tratamento ambientalmente adequado dos resíduos perigosos, com disposição o mais perto possível do local onde foi gerado (MARIS; ALMEIDA, 2009). No entanto, a imprecisão conceitual da expressão “resíduo perigoso” é considerada um dos grandes entraves dessa convenção, reduzindo sua efetividade nos casos de movimentos transfronteiriços e comprometendo, assim, o gerenciamento e a classificação dos REE como materiais perigosos (BOTELHO; HELD, 2013).

Apesar das dificuldades no entendimento da capacidade nociva dos REE na época de discussão e implementação da Basileia, porém, a maioria dos países desenvolvidos atualmente já dispõe de dispositivos legais para o gerenciamento desses equipamentos, geralmente baseados na responsabilidade do produtor. Entretanto, tal tipo de gestão ainda enfrenta problemas de implementação nesses países e, mais intensamente ainda nas nações subdesenvolvidas em função, por exemplo, da falta de triagem adequada dos materiais em questão, dificultando seu processo de retorno aos órgãos responsabilizados pela destinação eletroeletrônica ambientalmente correta (SELPIS; CASTILHO; ARAUJO, 2012).

Dentre os países signatários e ratificantes da Convenção da Basileia destaca-se a Suíça, pioneira no gerenciamento de REE no mundo. O governo do país quando decidiu regulamentar tal gestão já fazia uso inicialmente de um *modus operandi* no mercado que garantia a reciclagem desses materiais. Para o Estado, restava apenas a formalização em forma de lei, além de especificar procedimento de cobrança da taxa de custeio da logística reversa e as demais responsabilidades (SANT’ANNA, 2014).

Em 1998 o governo suíço criou a lei *Swiss Federal Office for the Environment - FOEN*, através da ORDEE – *The Return, the Taking Back and the Disposal of Electrical and Electronic Equipment* (Portaria sobre retorno dos equipamentos elétricos e eletrônicos), tratando especificamente sobre a gestão dos REE (KHETRIWAL; KRAEUCHI; WIDMER, 2009; WAGER; HISCHIER; EUGSTER, 2011).

A FOEN baseia-se na responsabilidade estendida do produtor ou *Extended Producer Responsibility* (EPR), especificando claramente as responsabilidades e os papéis dos atores envolvidos na rede de compartilhamento de obrigações e deveres no tratamento de REE - governo, fabricantes, importadores, distribuidores, varejistas, consumidores, pontos de coleta e recicladores (KHETRIWAL, KRAEUCHI; WIDMER, 2009).

Portanto, para garantir a eficiência no gerenciamento de REE os consumidores ao adquirirem um equipamento de mercado efetuam o pagamento de uma taxa antecipada de

reciclagem ou *Advanced Recycling Fee* - ARF. No momento do descarte, os consumidores são obrigados a levar o objeto até os pontos de coleta certificados que, por sua vez, são obrigados a transportarem os REE, gratuitamente e em segurança, até os centros recicladores suíços (KHETRIWAL; KRAEUCHI; WIDMER, 2009; ONGONDO; WILLIAMS; CHERRET, 2011).

Nesse país o gerenciamento de REE ainda conta com a contribuição do *Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research (EMP)* - Laboratório Federal Suíço para Testes e Pesquisas de Materiais, considerado referência mundial no desenvolvimento de trabalhos de quantificação e gerenciamento de REE, atuando também em outras partes do mundo (FEAM, 2009).

Para os Estados Unidos, no que tange o sistema de gestão de REE praticado em seu país, considerado como o maior produtor mundial de REE, além de não ter ratificado a Convenção da Basileia, não possui legislação federal que regule o gerenciamento desses produtos, responsabilizando os estados-membros da nação, em especial os municípios, pela criação de formas descentralizadas de gerenciamento público. Assim, mais de vinte Estados criaram suas próprias leis, baseadas na responsabilidade estendida do produtor. Alguns deles também passaram a proibir a disposição de alguns REE em aterros, o que gerou avanços importantes na problemática ambiental anunciada: Califórnia, Connecticut, Havaí, Illinois, Indiana, Maine, Minnesota, New Jersey, Nova York, Carolina do Norte, Oregon, Rhode Island e Carolina do Sul (WAGNER, 2009).

No Canadá, embora não haja lei federal regulamentando o tratamento e destino final dos REE, algumas províncias se encarregaram de implementar diferentes opções para o gerenciamento adequado desses itens, com foco na responsabilidade do fabricante (ONGONDO et al., 2011).

Países como Austrália e Japão desenvolvem modelos de gerenciamento com foco na responsabilidade do fabricante, com a diferença de que, nesse segundo país, o retorno dos REE aos produtores pode ser financiado pelos consumidores (STHIANNOPKAO; WONG, 2013).

Para as nações orientais do globo, a China tem se destacado por meio da Lei de Promoção da Economia Circular (2008), configurando-se num importante marco no gerenciamento de REE no país, com a incorporação de princípios sobre a responsabilidade estendida do fabricante, responsabilizando-o até o pós-consumo pelo produto colocado no mercado. Dessa forma, ao exigir que o fabricante assuma tal responsabilidade, parcial ou total, contribui para

uma maior consciência e sensibilização ambiental da utilização de materiais recicláveis na produção (MATHEUS; TAN, 2011).

Em 2009 o sistema de jurisdição chinês também incorporou a lei sobre gestão de REE, em vigor desde 2011: *Ordinance on the Administration of the Recovery and Disposal of Waste Electrical and Electronic Products* (Portaria Sobre Administração e Eliminação de Resíduos Elétricos e Eletrônicos). Esta lei criou o princípio do “poluidor-pagador”, ou seja, os produtores de eletroeletrônicos e importadores passariam também a contribuir com taxas para um fundo governamental a fim de subsidiar a reciclagem e o tratamento de REE (CHUNG; ZHANG, 2011; TONG; YAN, 2013). Entretanto, o país ainda é alvo do movimento transfronteiriço ilegal de REE, detendo a maior área recicladora desses produtos do mundo, localizada na cidade de Guiyu (NI et al., 2010).

2.5.1 A Política Nacional de Resíduos Sólidos do Brasil

A problemática sobre gestão dos REE no Brasil teve no ano de 2010 um marco histórico importante, com a sanção da Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, por meio da Lei Federal nº 12.305/2010, após 21 anos de tramitação no Congresso Nacional. A nova lei tem o objetivo de promover o gerenciamento ambiental adequado dos resíduos sólidos de forma isolada pelo Governo ou em regime de cooperação entre Distrito Federal, Estados, Municípios ou ainda entre as instituições privadas. Para tanto, a mesma passou a contemplar ações como a logística reversa dos REE e a inclusão social dos catadores ou cooperadores dos materiais recicláveis, no sistema de gerenciamento (BRASIL, 2010).

Salvaguardando a logística reversa dos REE, a PNRS dispõe a mesma, em seu Artigo 3º, inciso XII, como:

[...] 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, 2010, p.1).

Sendo assim, o consumidor deverá entregar os aparelhos eletroeletrônicos no pós-consumo, de forma voluntária, aos comerciantes e fornecedores e desses para os fabricantes e importadores para uma destinação ambiental correta. Responsabilizados sob forma de lei, então, os fabricantes tenderão a repensar melhor o processo de produção adotado, utilizando

produtos mais aptos a reutilização e reciclagem, já que isso implicará na quantidade de esforços necessários para a realização da logística reversa (CNI, 2014).

Para que a PNRS tenha efeito é necessário também a atuação conjunta das autoridades governamentais com os fabricantes, adotando planos estratégicos que contemplem programas de incentivo a redução, a reutilização e a reciclagem de resíduos (política dos 3 Rs). Dessa forma, ambos agentes estariam contribuindo para a articulação do ciclo de logística reversa (Figura 4), mobilizando outros agentes da sociedade, tais como: fornecedores, consumidores, catadores de materiais recicláveis e transportadores.

Figura 4 - Ciclo de Logística Reversa



Fonte: Pinto (2016)

A articulação pretendida para a aplicação da logística reversa faz parte do princípio da Responsabilidade Compartilhada presente também na PNRS, em seu Art. 3º, inciso XVII:

[...] conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos, nos termos desta Lei (BRASIL, 2010, p. 1).

Portanto, todos os agentes envolvidos na cadeia de produção e descarte de eletroeletrônicos devem cumprir seu papel para a promoção da logística reversa, facilitando o regresso de tais materiais aos fabricantes responsáveis pela destinação final dos resíduos.

Nesse sentido, faz-se importante destacar a atividade dos catadores de materiais recicláveis que desempenham papel fundamental na gestão de resíduos sólidos no Brasil. Tais indivíduo normalmente executam a coleta de modo informal (sem carteira assinada) e sem quaisquer garantias previdenciárias. Convém ainda ressaltar, que o serviço em questão é realizado desde o período anterior à criação da PNRS, contribuindo para a minimização e/ou disposição de REE em locais impróprios e, facilitando o acesso dos produtos às empresas comprometidas com a logística reversa (GOUVEIA, 2012).

A participação de diversos catadores na coleta de resíduos recicláveis, em diferentes localidades, como em Recife, representando uma das peças-chaves da implementação do sistema de coleta seletiva introduzido pela Prefeitura na cidade, revela a importância da criação de políticas de inclusão social voltadas para tal grupo de indivíduos, promovendo ações como capacitação sobre o manuseio adequado de resíduos e, oferecendo espaços de trabalho apropriados para a disposição dos mesmos, em especial os REE, que demandam maiores cuidados. Assim, os produtos em questão poderão ser vistos como um bem econômico de valor social que demanda trabalho, gera renda e promove a cidadania (MONTEIRO, 2001; MUKAI, 2002).

A preocupação por uma gestão que contemple a PNRS, no tratamento dos REE, impulsionou o lançamento da normativa NBR 16156: 2013, criada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e elaborada pela Comissão de Estudo de Normalização Ambiental para Produtos e Sistemas Elétricos e Eletrônicos do Comitê Brasileiro de Eletricidade (ABNT/CB-03). Tal normativa baseia-se em requisitos acerca da responsabilidade por substâncias perigosas e o monitoramento dos resíduos importados, além de conter determinações para proteção ambiental e o controle dos riscos de segurança e saúde no trabalho da atividade de manufatura reversa de resíduos eletroeletrônicos (ABNT, 2013).

No que tange o cenário de gestão de REE presente na capital pernambucana, apesar de ainda não haver um sistema próprio que contemple tal processo na cidade, observa-se, entretanto, a consolidação de tênues ações pontuais para a coleta de resíduos volumosos em geral (mesa, sofá, geladeira etc.), admitindo a disposição de REE. Em parceria com algumas empresas de reciclagem, a Prefeitura tem atuado também na promoção de campanhas alusivas ao tema em questão, como aconteceu em junho de 2013, no primeiro evento anual do Campus

Party⁷ na cidade, onde foram criados, por exemplo, pontos de coleta destinados na recuperação de REE para uso empresarial em inclusão digital (XAVIER, 2014).

Apesar da existência no Brasil de algumas ações pontuais ligadas ao descarte de REE, como exemplificado em Minas Gerais, entretanto, a aplicação efetiva da logística reversa no país é prejudicada em função, por exemplo, de muitas pessoas não cumprirem ou mesmo não estarem cientes de seus próprios papéis nesse processo, privando-os, muitas vezes, de qualquer informação sobre o tema evidenciado (OLIVEIRA; BERNARDES; GERBASE, 2012).

Nesse sentido, é pertinente também elencar outras causas que, de acordo com Demajorovic, Augusto e Souza (2016), comprometem o processo de aplicação da PNRS no território brasileiro: dificuldades na coordenação de interesses e conflitos de diferentes atores, extensão territorial do país, falta de tecnologia utilizada, falta de incentivos fiscais e a presença de catadores de materiais recicláveis independentes.

2.5.2 Tratamento e reciclagem

Os métodos de tratamento e reciclagem de REE podem ser divididos em três fases: pré-tratamento ou desmontagem (momento da separação dos elementos potenciais tóxicos), beneficiamento (utilização de processos físicos ou metalúrgicos para concentrar os materiais) e o refino (momento de recuperação dos materiais utilizando extração por solvente). Cada uma dessas etapas exige-se processos hidrometalúrgicos, mecânicos (dissolução de metais com a ação de soluções aquosas) e pirometalúrgicos (processamento dos materiais com o uso de altas temperaturas) para a recuperação dos materiais agregados aos REE (MORAES et al., 2014).

No entanto, os procedimentos de reciclagem praticados em diferentes regiões do mundo não seguem um padrão de fases de tratamento, pois muitas áreas recicladoras de REE, presentes na maioria dos países subdesenvolvidos, têm praticado métodos clandestinos e rudimentares: desmanche manual, queima de cabos e uso de ácidos para recuperação de metais; acarretando, muitas vezes, em graves problemas de poluição com potenciais danos à saúde humana. Todavia, à presença de mão de obra barata e a ausência ou baixo controle legal governamental na atividade contribui para a precariedade do trabalho (AWASTHI; ZENG; LI, 2016; KIDDEE; NAIDU; WONG, 2013; WEI; LIU, 2012).

⁷ Festival de tecnologia que une jovens *geeks* voltados as áreas de inovação, criatividade, ciência, empreendedorismo e entretenimento digital (CAMPUS PARTY, 2017).

O cenário de clandestinidade conferido a problemática supracitada dos REE, tem destaque na cidade de Guiyu (China) em função da mesma receber resíduos de diferentes nações. São cerca de 67% da população trabalhando em atividades vinculadas a triagem desses materiais, apesar dos baixos ganhos, o que a coloca diante de forte pressão política internacional para lidar com a situação (NI et al., 2010).

No Brasil, os procedimentos utilizados na reciclagem eletroeletrônica não diferem dos casos existenciais de outros países subdesenvolvidos, pois carecem também de sistemas próprios dotados de tecnologia especializada para tal ação, caracterizando-se pelo desmanche informal e exportação para extração dos metais preciosos agregados (SANT'ANNA, 2014).

Tendo em vista a diversidade de materiais utilizados na produção dos eletroeletrônicos, aduz-se que a redução no uso de componentes químicos, potencialmente nocivos à saúde, na indústria dos eletroeletrônicos (soldas, colas, plásticos, corantes etc.), poderá tornar seu processo de reciclagem menos complexo, já que os catadores sujeitos a prática do desmanche, estariam em contato com menos itens de toxicidade humana (LEITE, 2009).

2.5.3 A disposição em aterros

A existência de milhares de aterros sanitários antigos espalhados pelo mundo, destinados a deposição final de resíduos em geral produzidos pela sociedade, representa uma ameaça à saúde em função da ausência ou ineficiência de barreiras de proteção, capazes de impedir a passagem de materiais putrescíveis e compostos de REE para o meio ambiente, haja vista que uma vez rompido tal barreira, os contaminantes tendem a infiltrar no solo e nas águas subterrâneas mais próximas do local de deposição (KIDDEE; NAIDU; WONG, 2007). Tal prática não caracteriza-se como uma solução viável, pois o processo de dissolução dos REE atinge diferentes concentrações de substâncias tóxicas, a depender da característica dos resíduos, estágio de decomposição e tipo de aterro (QASIM; CHIANG, 1994), o que altera significativamente o sistema de tratamento e controle dos poluentes gerados de um aterro sanitário de resíduos comuns.

Em pesquisa realizada na Flórida (EUA), considerando resíduos dissolvidos de PCI de computadores e Tubo de Raio Catódico (CRT) de televisores, comparados em onze aterros do estado norte-americano, constatou-se níveis de Pb que variaram de 0.53 a 5.0 mg/L em PCI e 1.7-6.0 mg/L para os CRT (JANG; TOWNSEND, 2003). A produção de CFC (clorofluorcarbonetos) e de outros gases de efeito estufa da terra, também pode ser irradiado

desses tipos de aterros, já que os gases são utilizados na fabricação de aparelhos de refrigeração como *freezers* e condicionadores de ar (SCHEUTZ; KJELDTSEN, 2003).

Nos países desenvolvidos, os aterros em geral caracterizam-se por funcionarem de forma controlada, enquanto que nas nações subdesenvolvidas do globo os resíduos geralmente são jogados em lixões a céu aberto, sem nenhum controle ou barreira de contenção (ONGONDO; WILLIAMS; CHERRETT, 2011).

Na Nigéria, em 2007, aproximadamente 8 milhões de telefones celulares e seus respectivos acessórios foram descartados em lixões a céu aberto ou em aterros inapropriados (OSIBANJO; NNOROM, 2008).

Nos Estados Unidos, país para o qual as estatísticas são mais precisas, estimam-se que 12 toneladas anuais de REE são depositadas nos aterros sanitários do país (MATTOS; MATTOS; PARALES, 2008). Nesse território nacional, há poucos programas de entrega voluntária e, alguns estados, como o Maine, tem envolvido o setor produtivo na responsabilidade pelos resíduos gerados (ONGONDO; WILLIAMS; CHERRETT, 2011; WAGNER, 2009).

Apesar dos países desenvolvidos terem maiores condições financeiras para implementação da reciclagem de REE e construção de aterros especializados para tais produtos, em comparação com as regiões subdesenvolvidas, porém a falta de instalações e altos custos de trabalho são fatores preponderantes para a resistência contra a regulamentação ambiental. Sendo assim, embora ilegal pela Basileia, muitos desses subprodutos ainda continuam sendo exportados clandestinamente para outros países onde podem ser desmanchados para reciclagem, em condições inadequadas, como em Uganda, China e Nigéria (COBBING, 2008).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área de estudo

A área de pesquisa localiza-se na cidade do Recife, situada no litoral do Nordeste do Brasil, capital do Estado de Pernambuco, pertencente a Mesorregião Metropolitana do Recife (RMR) e a Microrregião de mesmo nome, mais precisamente nos bairros de São José e da Torre, abrangendo as Regiões Político-Administrativas (RPA) 1 e 4, respectivamente. A cidade insere-se no Sistema de Posicionamento Global – GPS nas coordenadas de latitude 8°05'14'' Sul e na longitude 34°52'51'' Oeste de Greenwich, estando boa parte da mancha urbana sobre uma planície fluviomarinha, com altitude média variando de 4 a 10 metros acima do nível do mar.

O clima de Recife é do tipo AS' ou tropical atlântico de costa oriental, segundo Köppen (2004), tendo altos índices de insolação durante todo o ano, com média anual de temperatura na faixa dos 25°C. Socioeconomicamente, segundo dados do IBGE (2017), a população recifense possui 1.633.697 habitantes, distribuídos nos 218,435 km² de território, o que lhe propicia uma densidade demográfica de 7.039,64 hab./km². Seu Produto Interno Bruto (PIB) atingiu a marca dos 46.445.339 mil reais, tendo um valor *per capita* de 29.037,18 (IBGE, 2013), com Índice de Gini (IG) de 0,68 e Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,772 (PNUD, 2010).

3.1.1 Galpões de triagem monitorados

A Política Nacional de Resíduos Sólidos do Brasil – PNRS contemplou a coleta seletiva entre os instrumentos que legitimam, viabilizam e busca retirar da informalidade a ação dos catadores de materiais recicláveis organizados em associações ou cooperativas (PNRS, 2010).

Na cidade do Recife, as ações de coleta seletiva de materiais recicláveis adotadas pela Prefeitura têm incluído organizações de catadores na implementação da PNRS por meio do Projeto EcoRecife, que compreende diversos serviços de limpeza urbana: EcoPonto (pontos de entrega voluntária de resíduos recicláveis), EcoEstação (pontos de entrega voluntária de resíduos volumosos: sofá, mesa, cadeira etc.), EcoBarco (coleta de resíduos lançados no rio Capibaribe), EcoBike (coleta de resíduos após realização de eventos na cidade como nos dias de ciclofaixas).

A EcoRecife ainda contempla o Programa EcoFrota, composto por sete caminhões baús, através do serviço prestado, majoritariamente, pela empresa VITAL Engenharia Ambiental

S.A., em parceria com a Coelho de Andrade Engenharia LTDA - CAEL. Esses caminhões circulam por diversos bairros da cidade, de segunda a sábado, cumprindo o roteiro de coleta seletiva em atendimento as residências e domicílios cadastrados pela Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana – EMLURB. O objetivo da coleta é chegar às cooperativas de catadores os resíduos recicláveis descartados pela população (RECIFE, 2016).

A cobertura do serviço da EcoFrota no ano de 2015, segundo informações da EMLURB, atingiu aproximadamente 59% da cidade, num total de 56 dos 94 bairros existenciais, obtendo uma produção anual aproximada de 2.923,31 kg, acarretando num custo mensal de R\$ 71.821,50.

Nessa perspectiva, durante a etapa de escolha do objeto de estudo a ser monitorado neste trabalho, encontravam-se em funcionamento, na cidade do Recife, cinco galpões de triagem de resíduos recicláveis: a Cooperativa de Catadores Profissionais do Recife - Pró-Recife (bairro da Imbiribeira), a Cooperativa Recicla Torre (bairro da Torre), a Cooperativa de Agentes de Gestão em Resíduos Sólidos – COOPAGRES, a Cooperativa Esperança Viva e a Cooperativa O Verde é a Nossa Vida (ambas situadas no bairro de São José).

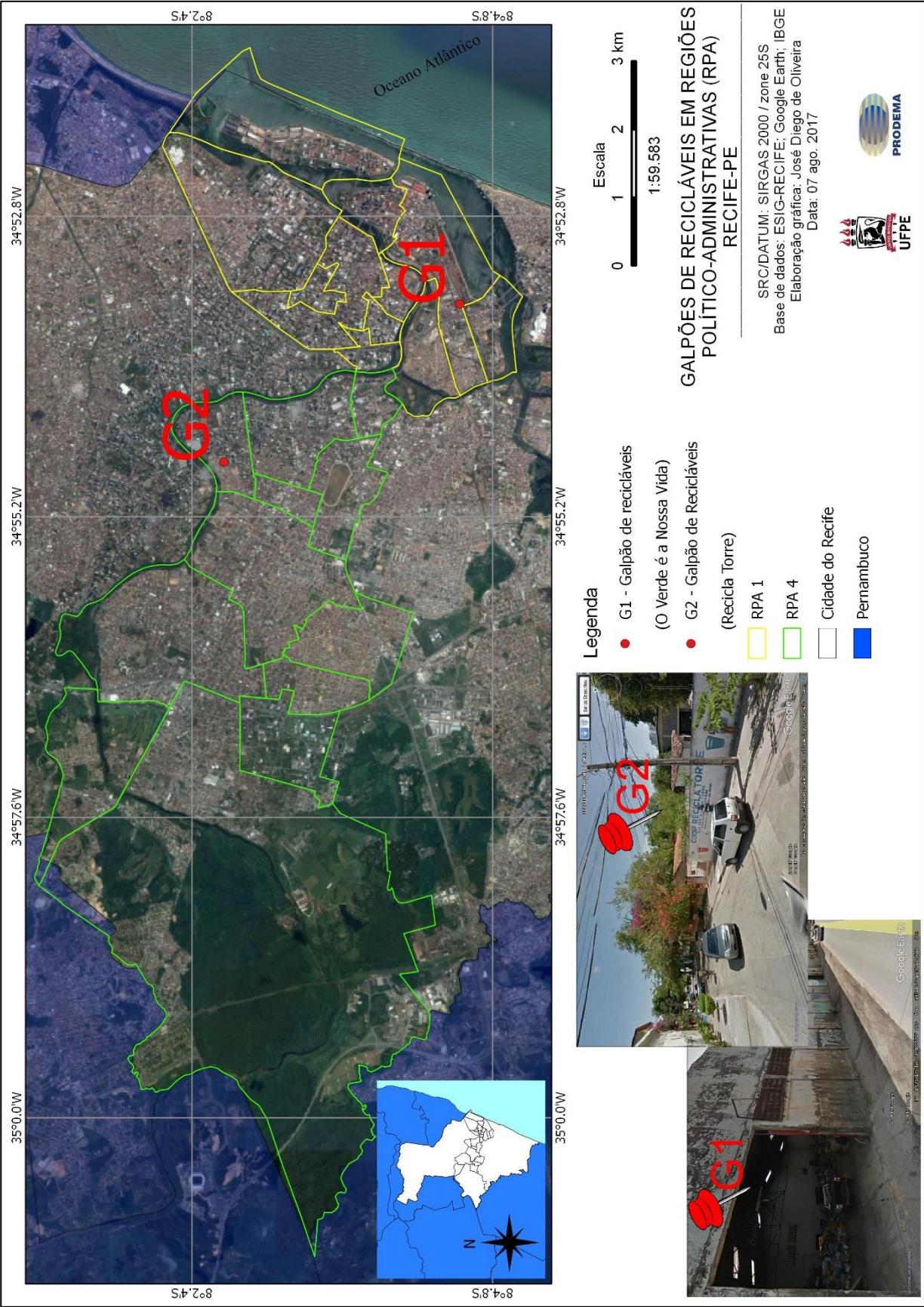
Na Pró-Recife a gestão é feita de forma privada, estando a Prefeitura desincumbida de qualquer custo operacional e seleção de trabalhadores, não se adequando, dessa forma, ao foco do estudo que abrange apenas as cooperativas administradas pelo governo da cidade recifense.

A COOPAGRES, apesar de ser gerida pela Prefeitura, possui resíduos eletroeletrônicos, em sua quase exclusividade, provenientes de instituições particulares, o que fugiria do escopo do trabalho que é verificar a chegada de REE misturados aos resíduos recicláveis domiciliares.

Para a cooperativa Esperança Viva, o sistema de gestão e as condições de REE existenciais mostraram-se em conformidade com o intuito da pesquisa, porém, a ocorrência de problemas na liderança interna e dessocialização do grupo comprometeram o apoio ao trabalho, refratando-se das indicações de triagem dos REE, impossibilitando e afastando a cooperativa do campo experimental proposto.

Sendo assim, os galpões de recicláveis selecionados para o trabalho foram as Cooperativas O Verde é a Nossa Vida e a Cooperativa Recicla Torre, localizadas as margens da Avenida Sul Governador Cid Sampaio - Lat. 8°02'39.38"S / Long. 34°54'45.87"O (bairro de São José) e na Vila Santa Luzia - Lat. 8°04'32.30"S / Long. 34°53'30.04"O (bairro da Torre), respectivamente (Figura 5). A partir daqui todas as referências ao galpão O Verde é a Nossa Vida será denominado Galpão 1 e o galpão Recicla Torre, de Galpão 2.

Figura 5 - Mapa de localização dos galpões de recicláveis estudados

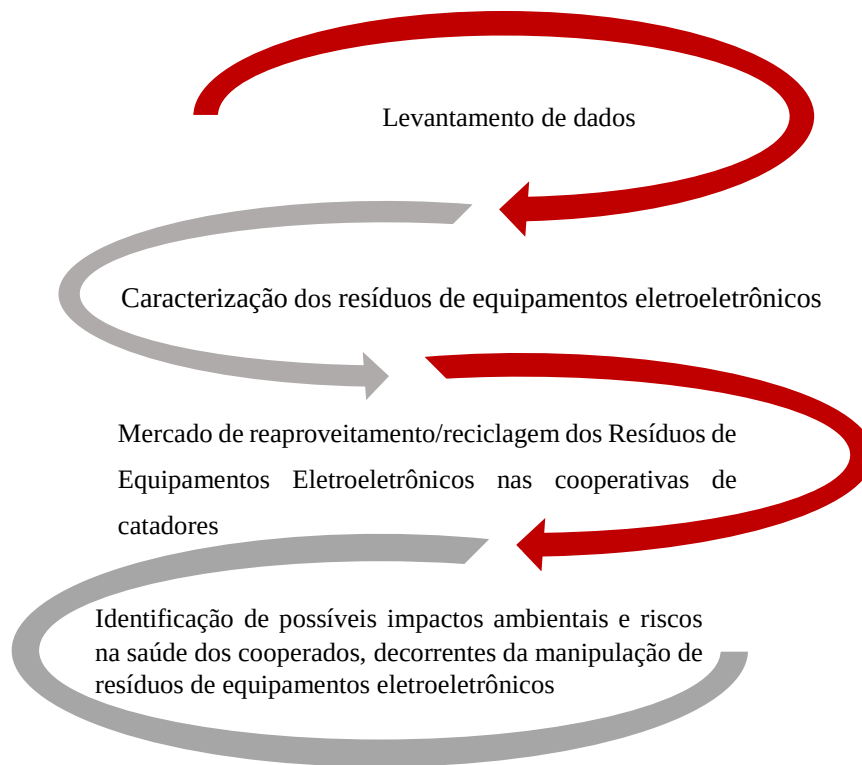


Fonte: Elaborado pelo autor

3. 2 Procedimentos metodológicos

Após a escolha dos galpões de recicláveis, os mesmos foram monitorados semanalmente conforme as etapas descritas na Figura 6.

Figura 6 - Fluxograma metodológico



Fonte: Elaborado pelo autor

3.2.1 Levantamento de dados

Para a realização da primeira etapa da pesquisa, buscou-se o uso de fontes primárias por meio: identificação e coleta das coordenadas geográficas dos galpões de recicláveis monitorados, registro fotográfico, entrevistas não-estruturadas junto aos associados das cooperativas de catadores, aos representantes das Empresas de Manutenção e Limpeza Urbana da cidade do Recife – EMLURB e a VITAL Engenharia Ambiental S. A.

No que tange às fontes secundárias, foi realizado o levantamento bibliográfico a partir da utilização de relatórios, cartilhas, estatutos, leis, artigos, teses, dissertações, trabalhos de conclusão de curso e consultas em sites eletrônicos especializados na temática da pesquisa.

3.2.2 Caracterização dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos e seu processo de gestão nos galpões de recicláveis

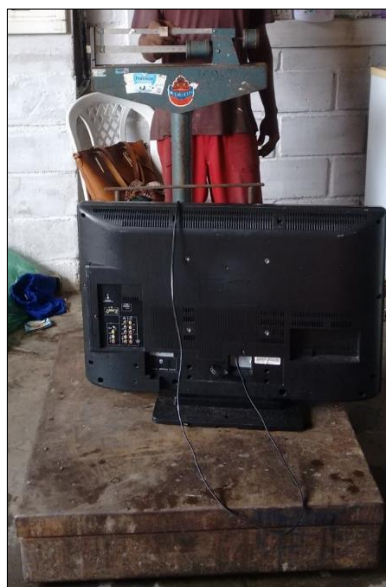
Realizou-se a descrição de cada galpão de recicláveis, em termo de infraestrutura disponível, horários de funcionamento, organização interna e liderança do grupo.

Semanalmente, foram feitas visitas técnicas nos galpões para monitoramento dos principais REE descartados pela EcoFrota em meio aos resíduos recicláveis comuns (papelão, latas de alumínio, garrafas PET e de vidro etc.).

Destarte, após a disposição dos resíduos recicláveis, orientou-se os cooperados dos Galpões 1 e 2 a fazerem a separação dos REE e depositá-los em um local específico, separados dos demais resíduos. Na visita semanal, juntamente com a presença de um catador responsável, os REE foram caracterizados (massa e tipologia) e transformados em valores, transcritos e armazenados em banco computacional, apresentados sob a forma tabular e gráfica numa planilha eletrônica.

Para o registro da massa realizou-se a pesagem de cada tipo específico de REE por meio de balança industrial disponível nas próprias cooperativas (Figura 7).

Figura 7 - Pesagem de TV LCD na cooperativa Recicla Torre



Fonte: Autor

A tipologia gerou o total de REE coletados, destacando-se os aparelhos de maior frequência de aparecimento, baseados na classificação das linhas dos aparelhos

eletroeletrônicos, de acordo com a categorização expressa pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI (2013):

- Linha branca: freezers, geladeiras, fogões, lavadoras de roupa e louça, secadoras, condicionadores de ar (vida útil de 10 a 15 anos);
- Linha azul: liquidificadores, batedeiras, ferros elétricos, secadores de cabelo, furadeiras, espremedores de frutas, aspiradores de pó, cafeteiras (vida útil próxima a 10 anos);
- Linha marrom: monitores e televisores de tubo, plasma, LCD e LED, aparelhos de DVD, *blu-ray* e VHS, equipamentos de áudio, filmadoras (vida útil próxima a 5 anos);
- Linha verde: acessórios de informática, computadores *desktop* e *laptops*, *tablets* e telefones celulares (vida útil de 2 a 3 anos).

3.2.3 Verificação do mercado de reaproveitamento/reciclagem dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos nas cooperativas de catadores

Verificou-se nas cooperativas de catadores monitoradas os REE que possuem mercado de reaproveitamento/reciclagem e seus respectivos compradores, caracterizando-os através de entrevista direcionada, indagando sobre a tipologia de resíduo recebido, processo de beneficiamento e destinação final.

3.2.4 Identificação de possíveis impactos ambientais e riscos na saúde dos cooperados, decorrentes da manipulação de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos

A partir da caracterização dos REE, buscou-se identificar a presença de alguns compostos químicos nos aparelhos descartados com mais frequência nos galpões de recicláveis, por meio de comparação com estudos encontrados no arcabouço literário referenciado. Sucessivamente, associou-se esses elementos com seu potencial de toxicidade para a saúde dos trabalhadores e o meio ambiente, em detrimento do processo de manipulação evidenciado nas cooperativas, de modo a elucidar questões que contribuam com a melhoria do processo de triagem dos resíduos recicláveis e com futuros programas de ação voltados aos REE.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Caracterização dos galpões de materiais recicláveis

4.1.1 Infraestrutura física

Os programas e projetos de coleta seletiva adotados na cidade do Recife seguem a legislação da PNRS, incluindo e integrando as cooperativas de catadores de materiais recicláveis, conforme explicações desse instrumento de lei.

Tendo em vista tal prerrogativa, o sistema de gestão dos galpões monitorados (O Verde é a Nossa Vida e o Recicla Torre) foi implementado por meio de deliberações aplicadas em seus Estatutos, que ditam o funcionamento de cada cooperativa específica e o papel das funções administrativas existenciais: diretor, vice-diretor, secretário, tesoureiro, diretor de patrimônio e fiscal. O diretor, chamado pelos catadores de presidente da cooperativa, é escolhido, assim como os demais cargos de representatividade, por Assembleia Geral entre os associados com mandato de três anos de duração, podendo ser estendido a partir de reeleição (Recife, 2008).

Os dois galpões de recicláveis funcionam de segunda a sexta-feira das 7:30 h às 16:30 h no G1, com intervalo para almoço das 11:00 h às 13:00 h e, das 8:00 h às 17:00 h no Galpão 2, com uma hora de recesso para a primeira refeição da tarde.

No G1 o presidente é um ator social engajada nos movimentos políticos de catadores, participando de encontros regionais e nacionais ligados ao seu ofício como no MNCR – Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis. Esse galpão conta com um grupo formado por nove trabalhadores cooperados de maioria masculina.

No G2 também possui um “presidente”, porém, chama atenção nesta cooperativa a presença de uma gerente, funcionária direta da Prefeitura escalada para administrar exclusivamente o local, coordenando os catadores e mantendo a ordem no espaço, uma vez que o mesmo vinha sofrendo com problemas de dessocialização no grupo, desorganização dos ambientes internos, falta de liderança e casos de furtos de materiais recicláveis e equipamentos de aperfeiçoamento produtivo. A cooperativa em questão dispõe de quinze pessoas cadastradas, tendo apenas dois homens associados.

O trabalho de coleta de recicláveis nos dois galpões é feito por todos os cooperados, de forma a se esforçarem e fiscalizarem mutuamente a fim de conseguirem manter e alavancar a produção para um maior beneficiamento do grupo, já que a renda financeira conquistada com

as vendas dos materiais é dividida igualmente. Ressalva-se, entretanto, que no G1 esse modelo sofreu adequação, pois é destinado 10% do valor do lucro mensal para arcar com certas despesas administrativas da cooperativa como: ligações telefônicas, transporte, água para beber e materiais de limpeza.

Do total de catadores dos dois galpões, somente alguns poucos coletam REE e se beneficiam de forma individual com a venda de partes dos constituintes eletroeletrônicos. É o caso, por exemplo, de dois cooperados que trabalham (separadamente) nos galpões supracitados. Ambos já participaram de capacitação de catadores oferecida pelo Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis - MNCR em parceria com a Prefeitura do Recife e do Instituto GEA – Ética e Meio Ambiente, em 2015. Na ocasião, ensinou-se a forma adequada de manipulação de REE para retirada, com segurança, de suas partes valoráveis a exemplo do Cu e Al, tendo sido também doadas ferramentas específicas para tal processo.

Neste estudo, também foi observado a estrutura de cada galpão, bem como ainda o uso de equipamentos essenciais ao seu funcionamento no trato com os materiais recicláveis, de modo a elucidar questões que contribuam com a melhoria da coleta seletiva e com o manejo dos REE.

Segundo consta em cartilha publicada pelo Comitê Interministerial de Inclusão Social e Econômica dos Catadores de Materiais Reutilizáveis e Recicláveis – CIISC, coordenado pela Secretaria-Geral da União do Governo Federal, os galpões de recicláveis devem conter:

“[...] uma área administrativa, banheiros e vestiários masculino e feminino e copa para refeições dos catadores. Na parte externa deve haver pátio para manobras de veículos de carga e descarga (de um e outro lado) e estacionamento para veículos de passeio e eventualmente de veículos operacionais da cooperativa ou associação” (CIISC, 2013, p. 28).

Nessa perspectiva, as visitas *in loco* do trabalho demonstraram que a infraestrutura das instalações analisadas nos galpões não é padronizada, além disso quase a totalidade dos itens destacados para funcionamento de galpões de recicláveis apresentam problemas no G2, estando o G1 com uma melhor estruturação, mas possuindo também algumas inadequações.

A sala de administração é um dos ambientes presentes nos dois galpões, por exemplo, porém carecem de mobiliários adequados, equipamentos de informática e sistema de ventilação. Os móveis e utensílios encontrados em ambos locais são retirados da coleta ou fruto de doações, estando alguns deles avariados.

A pesquisa também demonstrou que apenas o G1 possui copa para refeições. A inexistência de tal espaço no G2 leva as vezes os cooperados a se alimentarem em locais

próximos aos resíduos armazenados, expondo, assim, os catadores a doenças que podem decorrer das condições de insalubridade do ambiente.

No que tange os itens de banheiro e vestiário, o G1 conta com tais repartições divididos por gêneros, enquanto que no G2 é utilizado apenas 1 banheiro para todos os catadores e não há local apto para se vestir.

Com relação ao descarregamento dos caminhões da EcoFrota nos galpões, vários fatores devem ser considerados: a área, a cobertura e se é feito interno ou externamente. O externo ocasiona problemas que podem afetar o trabalho em função das condições do tempo e da distância dos locais de montagem e armazenamento dos fardos de recicláveis comuns, sendo a forma mais adequada o descarregamento interno. O G1 apresenta instalações com pátio interno coberto e impermeabilizado para esse fim (Figura 8). Já no G2, as ações mensuradas se realizam externamente devido a uma falha no projeto de construção ocasionando vários transtornos ao serviço com os materiais, como também à comunidade circunvizinha (Figura 9).

Figura 8 - Pátio de triagem de resíduos na cooperativa O Verde é a Nossa Vida



Fonte: Autor

Figura 9 – Falta de drenagem em pátio de triagem de resíduos na cooperativa Recicla Torre



Fonte: Autor

Sendo assim, em meio ao solo exposto, descoberto e ausente de sistema de drenagem, com intermitentes acúmulos de águas pluviais, formando pontos alagadiços, tais requisitos, constatados no G2, contribuem para a produção de chorume e a presença de vetores transmissores de doenças. Ademais, nas altas temperaturas do dia, com a exposição frequente ao sol e o aumento do esforço físico no trabalho, os catadores dessa cooperativa tendem a ficar fadigados, gerando menor rendimento com a produção.

As condições inadequadas do G2 somada a falta parcial ou total de Equipamento de Proteção Individual – EPI, comprometem mais a segurança dos cooperados, sendo também uma deficiência registrada no G1. Vale ressaltar ainda que os catadores de ambos locais ora têm acesso a certos EPI, mas, são inutilizáveis por não se adaptarem ao material e acharem dificultar o processo de triagem (luvas e máscaras), ora encontram-se sem qualquer EPI a disposição ou em uso; caso de algumas trabalhadoras do G2, onde sequer utilizam botas.

Além disso, verificou-se que os dois galpões possuem alguns maquinários específicos para sistematização da reciclagem (ciclolix⁸, carro plataforma, balança, prensa e elevador de carga), mas não atende à demanda da produção, executando ainda, por exemplo, arrastamento de fardos de resíduos pela força corporal para carregamento de caminhões.

⁸ Bicicletas de alumínio equipadas com uma carroça e amassador de latinhas, com capacidade para meia tonelada de resíduos (JC, 2014).

Para tanto, a disposição de REE nas cooperativas não segue um padrão. Aqueles artigos que possuem elementos valoráveis para comercialização, já conhecidos pelos catadores que se habilitam com a triagem desses produtos, são separados dos recicláveis convencionais e coletados em locais provisórios. Cada trabalhador faz sua própria separação, manipulação e revenda (Figura 10).

Figura 10 – Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos separados para desmanche na Cooperativa Recicla Torre



Fonte: Autor

O fato de estar dispostos diretamente sobre o solo, em meio aos resíduos recicláveis comuns e sujeitos as oscilações do tempo, os REE tornam-se, então, uma ameaça para os catadores, que se expõem ainda mais ao potencial de toxicidade dos elementos químicos atrelados a tais materiais.

4.1.2 Área de abrangência das coletas

O roteiro dos caminhões de coleta de materiais recicláveis que abastecem os galpões estudados, de acordo com informações fornecidas pelo setor de tráfico da empresa Vital, abrange 15 bairros oriundos das RPA 2, 4, 5 e 6 (Quadro 2).

Quadro 2 – Roteiros de coleta seletiva nas Regiões Político-administrativas que abastecem os galpões monitorados

Local	Bairro			
	RPA 2	RPA 4	RPA 5	RPA 6
G1	Água Fria, Arruda.	Ilha do Retiro, Prado.	Afogados, Bongi, San Martin, Mustardinha, Jequiá.	Boa Viagem, Imbiribeira.
G2		Ilha do Retiro, Torre, Madalena, Engenho do Meio, Torrões.	Afogados.	Boa Viagem.

Fonte: Pesquisa direta (2017)

A partir do Quadro 2, certificou-se que a distribuição dos REE misturados com os resíduos recicláveis comuns, coletados pela EcoFrota, não segue um modelo de abastecimento restritivo por bairros/cooperativa, pois há três bairros que coincidem no fornecimento de tais materiais para o G1 e o G2: Afogados, Boa Viagem e Ilha do Retiro. É oportuno também ressaltar, o fato do G1 não receber resíduos de nenhum bairro inserido na RPA 1 ao qual faz parte. Ou seja, os resíduos que chegam nesse galpão são advindos de bairros fora de sua RPA como o bairro do Prado, que, por sua vez, poderia atender apenas o G2, já que ambos localizam-se na RPA 4.

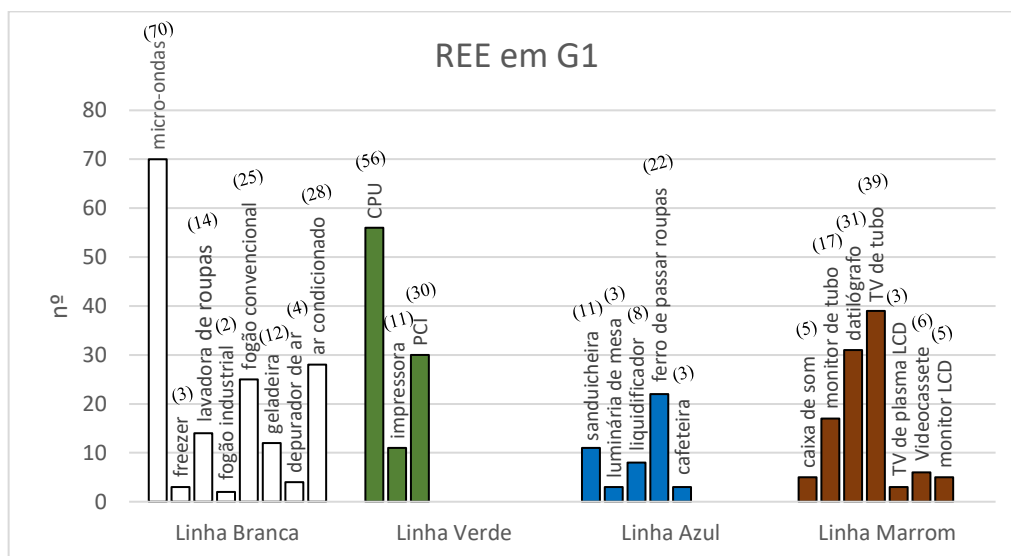
4.1.3 Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos encontrados

O monitoramento nos galpões estudados constatou a presença de diversos equipamentos pertencentes as quatro linhas classificadas de eletroeletrônicos (Linha Branca, Linha Verde, Linha Azul e Linha Marrom), destacando-se os aparelhos de maior frequência de aparecimento.

De acordo com os dados monitorados, em um período de dez meses (junho de 2016 a março de 2017), foram contabilizados 410 REE no G1, o equivalente a 7.120,800 kg. Já no G2, os registros apontaram 351 REE, correspondendo a 5.860,600 kg.

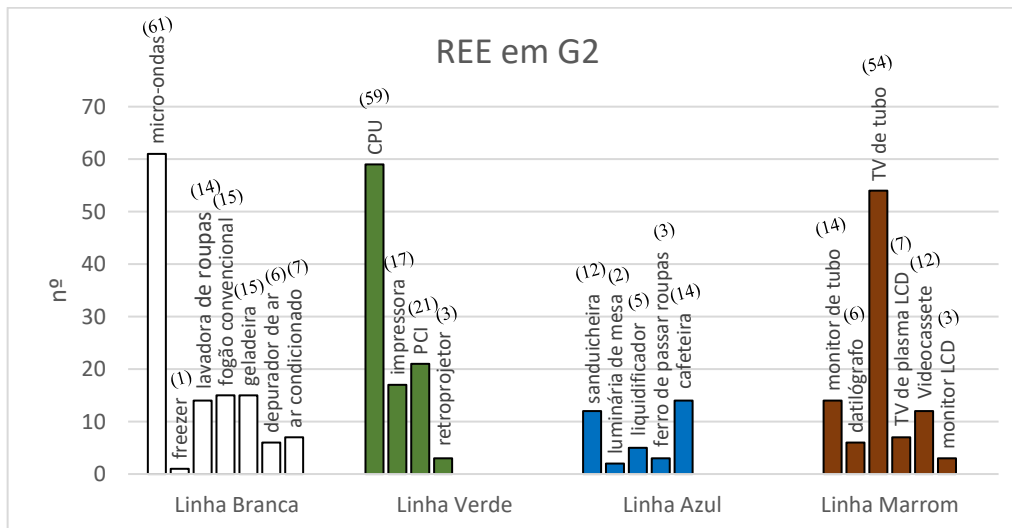
Os Gráficos 1 e 2 demonstram os números de REE encontrados nos galpões de recicláveis amostrados.

Gráfico 1 – Quantidade acumulada de resíduos eletroeletrônicos monitorados no G1
no período de jun/2016 - mar/2017



Fonte: Autor

Gráfico 2 – Quantidade acumulada de resíduos eletroeletrônicos monitorados no G2 no período de jun/2016 - mar/2017



Fonte: Autor

A análise dos Gráficos 1 e 2 permite constatar a semelhança nos principais tipos e quantidades de REE coletados em G1 e G2. Na Linha Branca foram encontrados: aparelhos de micro-ondas, freezer, lavadora de roupas, fogão industrial (com exceção no G2), fogão convencional (doméstico), geladeira, depurador de ar e ar condicionado. Nos dois galpões de recicláveis, os micro-ondas tiveram a maior representação da Linha Branca com 70 unidades

no G1 e 61, no G2. Tal indicador remete para o fenômeno da obsolescência dos produtos eletroeletrônicos, pois, entre os artigos da linha supracitada, o micro-ondas e o ar condicionado são os equipamentos de menor tempo de vida útil, estimado em 10 anos, segundo Silva (2011). Entretanto, o micro-ondas tem um preço de mercado mais acessível aos consumidores do que o ar condicionado, o que leva a sua maior procura para uso doméstico e, consequentemente, também um maior descarte. Ao todo, a linha branca quantificou 277 REE no somatório de ambos locais.

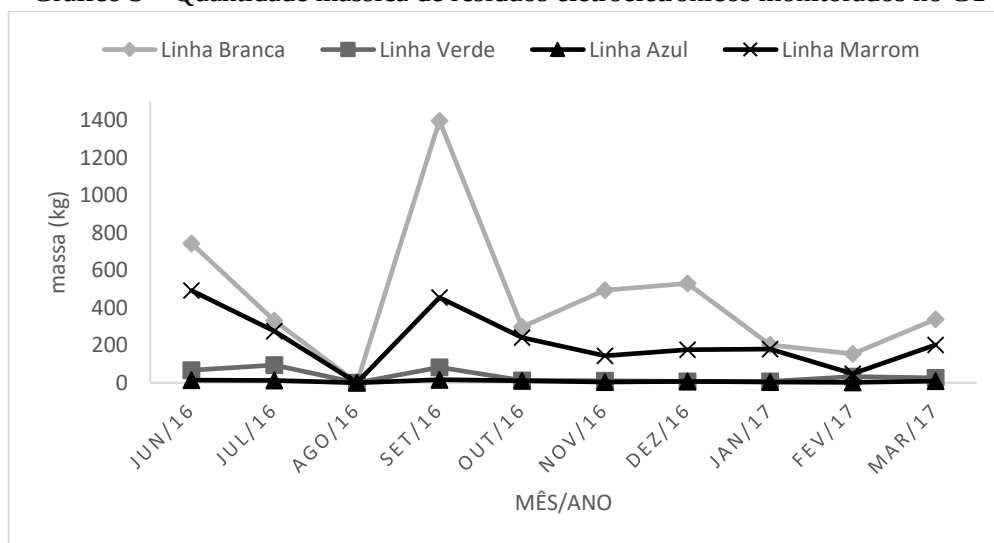
As observações nos Gráficos 1 e 2, também indicaram a Linha Verde de REE destacando-se: CPU, impressora, PCI e retroprojeto (com exceção do G1). Faz-se oportuno ressaltar que essa linha de classificação configura como a mais célere de todas, integrando os telefones celulares entre os equipamentos característicos e, estando esses entre um dos itens de maior uso doméstico, com vida útil de 2 a 5 anos, conforme Silva (2011). Porém, chama atenção nos gráficos em questão a ausência de tais aparelhos. O pequeno porte dos telefones celulares atrelado a falta de conscientização e/ou sensibilização ambiental da população acerca do descarte adequado de REE, dão margem para que os mesmos sejam misturados com o lixo comum doméstico quando fim de sua vida útil, dificultando a coleta para os galpões de recicláveis. Outro fator que pode estar relacionado com a falta dos aparelhos celulares nos locais monitorados, diz respeito a existência de alguns pontos especializados de coleta de “lixo” eletroeletrônico espalhados pela cidade do Recife como acontece nas Ecoestações dos bairros da Torre (mesmo bairro do G2) e do Recife (divisa com a porção nordeste do bairro do G1). Na Linha Verde a CPU tem o maior quantitativo do grupo monitorado, contabilizando 56 itens no G1 e, no G2, 59. É premente também inferir, que apesar das PCI comporem as CPU, a separação gráfica aqui representada dos aparelhos, se dar pela diversidade da forma de descarte e beneficiamento deles. Houve CPU dispostas nos pátios de triagem dos galpões sem conter PCI devido ao seu valor de reaproveitamento/reciclagem, ou seja, muitas CPU descartadas sofreram processos de remoção de peças valoráveis antes de chegarem aos galpões de recicláveis. Em outros casos, as PCI foram encontradas em amontoados de peças variadas de informática descompactadas de sua caixa original de fábrica (CPU). Para as implicações dos demais itens da Linha Verde, tanto a impressora quanto o retroprojeto têm uma demanda doméstica menor do que a CPU. Além do mais, a impressora, por exemplo, também possui uma vida útil maior que o PC (CPU). Contudo, um total de 197 REE da linha em destaque foram anotados em ambas cooperativas.

A Linha Azul expressa também nos Gráficos 1 e 2, compreendeu os REE de sanduicheira, luminária de mesa, liquidificador, ferro de passar roupas e cafeteira. Apesar do ferro de passar roupas ser o artigo da linha mais encontrado no G1 e, a cafeteira, no G2, porém, os números não foram significativos, chegando a quantitativos de apenas 22 e 14 itens, respectivamente. Para tanto, o hábito do descarte desses REE pela população no lixo comum também é capaz de ter influenciado tal cenário de coleta nos galpões ou ainda estarem sendo produtos de arrecadação nas Ecoestações, assim como se supôs na Linha Verde.

Por fim, os Gráficos 1 e 2 mostram a Linha Marrom e seus respectivos REE representados pelas caixas de som (exceto em G2), monitores de tubo, datilógrafos, TV de tubo, TV de plasma/LCD, videocassetes e monitores LCD. No total, 204 itens da linha em evidência foram registrados, com frequência maior das TV de tubo. Os números locais desse tipo de produto não apresentaram grandes disparidades, obtendo 41 unidades no G1 e 54, no G2. Entretanto, evidencia-se uma diferença significativa no comparativo gráfico entre as colunas verticais relativas ao número de TV de tubo e as TV LCD, em ambos os galpões. O acelerado desenvolvimento tecnológico da sociedade, experimentado pela era digital em vigor, atrelado as estratégias de marketing industrial têm introduzido aparelhos de TV cada vez mais modernos e consequentemente mais atrativos para o consumo, que associado a abertura de novas possibilidades de compra no comércio varejista, vêm provocando um rápido aumento na quantidade de TV de tubo descartadas, substituindo-as pelas de tecnologia mais avançada (TV LCD).

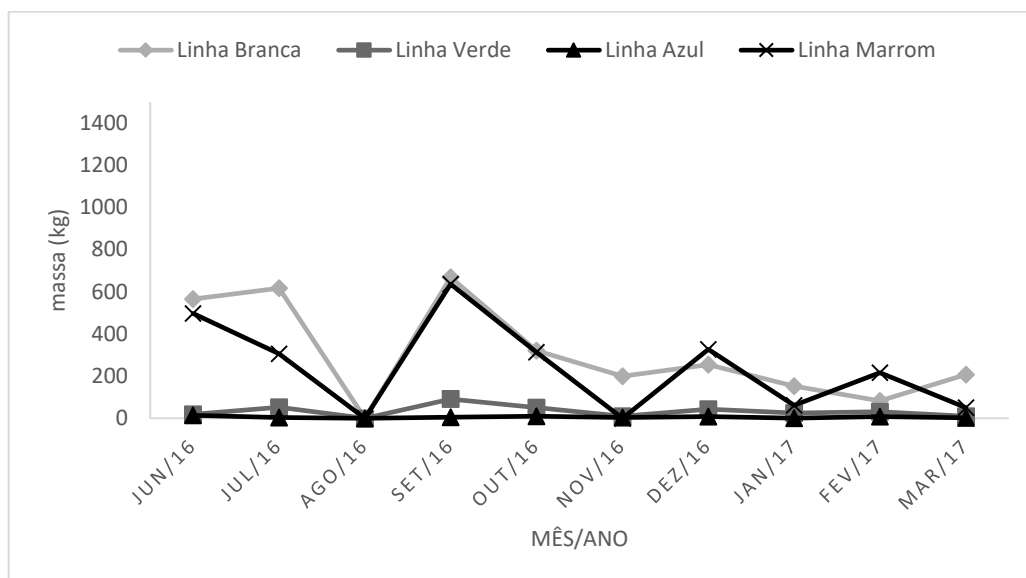
Abaixo, os Gráficos 3 e 4 demonstram os REE em massa (kg) coletados nos galpões.

Gráfico 3 – Quantidade mássica de resíduos eletroeletrônicos monitorados no G1



Fonte: Autor

Gráfico 4 - Quantidade mássica de resíduos eletroeletrônicos monitorados no G2



Fonte: Autor

As observações nos gráficos de série temporal (Gráficos 3 e 4), contendo as variáveis das linhas de eletroeletrônico e os seus respectivos valores mensais em massa (kg) de resíduos, monitorados no G1 e no G2, revelaram uma heterogeneidade no fluxo de produção da Linha Branca e da Linha Marrom desses materiais, no entanto, como esperado, a massa de REE dessas linhas é sempre maior do que as outras. As outras linhas de classificação com produções periódicas de pouca representatividade como a Linha Azul, que caracterizou-se como o nadir mássico nos gráficos apresentados com valores mínimo inferiores a 20 kg mensais de REE. Nota-se, entretanto, um hiato de produção no período de agosto de 2016, em ambos os locais. Esse achado provavelmente deveu-se a inauguração, no mês de julho, de um galpão de catadores de materiais recicláveis no bairro recifense do Arruda (Cooperativa Ecovida Palha de Arroz), que demandou maiores quantidades de resíduos coletados pela EcoFrota para atender também a essa nova cooperativa, interferindo no número de descarregamento dos caminhões coletores nos galpões monitorados. Tal cenário de queda brusca da disposição de REE, reverteu-se no mês de setembro, quando o mesmo adquiriu picos de produção, registrando, por exemplo, na Linha Branca 1.397,500 kg no G1 e 668,400 kg no G2; ficando a Linha Marrom com 454,300 Kg e 636, 500 Kg, respectivamente.

É notório também destacar na análise dos gráficos em questão, o comportamento da variável de Linha Marrom, pois, no G2 ela oscilou consecutivamente suas produções mensais (ascendentes e descendentes), enquanto no G1 as variações na linha, aponta um trimestre de

valores aproximadamente contínuos que vai de novembro de 2016 a janeiro de 2017. A análise gráfica em foco ainda mostra no G1 (Gráfico 3), que a Linha Branca superou a produção de REE em todas as demais linhas entre os períodos de coleta abordados. Tal posicionamento não foi igual no G2, pois nos meses de dezembro de 2016 e fevereiro de 2017 a produção da Linha Marrom ultrapassou a Linha Branca. Contudo, a Linha Branca foi a que mais despontou tanto em números de equipamentos encontrados quanto em quantidade mássica (kg) entre as demais classificações, inferindo-se como a linha de REE mais descartada nos galpões estudados.

O resultado do monitoramento quantificou mais de doze toneladas de REE (12.981,400 kg) no somatório geral entre o G1 e o G2. Sendo assim, apesar dos galpões de recicláveis não terem sido criados objetivando o recebimento desses equipamentos, mas sim dos materiais recicláveis comuns (papel, plástico, alumínio e vidro), porém, a quantidade de REE estatisticamente considerada neste estudo revela a necessidade de adequação dos espaços de triagem dos galpões de recicláveis e o aperfeiçoamento dos seus trabalhadores cooperados para lidarem com a oferta dos REE que demandam cuidados especiais de manipulação devido à toxicidade em si relacionada a fim de prevenir possíveis danos à saúde e ao meio ambiente.

4.2 Verificação no processo de triagem dos tipos de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos inseridos no mercado de reaproveitamento/reciclagem

Nem todos os REE inseridos no monitoramento da pesquisa são utilizados pelos catadores para beneficiamento, ou seja, apenas alguns dos aparentes inservíveis eletroeletrônicos passam por processos de desmanche para retirada de itens de valor comercial envolvidos, como por exemplo nas TV de tubo de onde se extrai o metal Cu (Figura 11). Nesse sentido, os equipamentos que sofrem tal processo e suas respectivas partes valoráveis são: CPU de computador (PCI, fios e cabos de Cu e Al), TV de tubo e monitores de PC de tubo (PCI, fios e cabos de Cu e Al) e micro-ondas e máquinas de lavar roupas (fios e cabos de Cu e Al).

Figura 11 – Metal cobre retirado de Tubo de Raio Catódico (CRT) no galpão O Verde é a Nossa Vida



Fonte: Autor

Após a remoção dos materiais de valor comercial contidos nos REE, eles são reservados em locais específicos de cada galpão e acumulados até adquirir uma quantidade adequada para venda, realizada por quilograma do produto, sendo posteriormente acionado alguns compradores que atuam de modo informal na aquisição desses itens na cidade do Recife. Caracterizados como atravessadores, tais agentes de comercialização inserem-se nas cadeias produtivas como intermediários entre os produtores e os consumidores (OLIVEIRA; MAYORGA, 2005). No âmbito dos galpões estudados, os mesmos atuam entre os catadores e outros atravessadores de maior capacidade de armazenamento de REE para envio posterior as indústrias responsáveis pela reciclagem, geralmente localizadas no Estado de São Paulo. A ação dos sujeitos em questão implica na compra dos REE por um preço muito inferior ao que será revendido. Logo, aduz-se a necessidade de um gerenciamento que crie uma relação direta de comércio entre galpão de recicláveis e indústria, contribuindo para o aumento do faturamento dos catadores com as vendas dos REE por um preço justo de mercado.

Os valores médios (em reais) pagos na compra dos REE pelos atravessadores nos locais monitorados são:

- Alumínio (Al) – R\$ 3,00/kg
- Cobre (Cu) - R\$ 13,00/kg
- PCI (Placa de Circuito Interno) - R\$ 5,00/kg

Todavia, tais valores são passíveis a flutuação de preços do mercado, podendo variar para mais ou para menos conforme época do ano.

Além do mais, os REE não contemplados nesse sistema de reaproveitamento/reciclagem, irão ser recolhidos novamente pelos caminhões da EcoFrota da Prefeitura e seguirão para disposição final no aterro licenciado do Centro de Tratamento de Resíduos (CTR Candeias), localizado na Região Metropolitana de Recife.

4.3 Identificação de possíveis impactos ambientais e riscos na saúde dos cooperados, decorrentes da manipulação de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos

Conforme evidenciado em itens anteriores desta pesquisa, os REE são passíveis de toxicidade, pois podem expelir diversas substâncias químicas perigosas, que uma vez absorvidas, em concentrações para além daquelas admissíveis pela Organização Mundial de Saúde (OMS), são capazes de encadear sérios danos vitais ao ser humano, além de interferir na qualidade dos recursos ambientais suscetíveis de áreas clandestinas de remoção eletroeletrônica, como aconteceu na cidade chinesa de Guiyu (DENG et al., 2007; LEUNG et al., 2008; ROBINSON, 2009; YANG et al., 2008).

Partindo-se do pressuposto de toxicidade anunciado, associando-se ao monitoramento nos galpões de recicláveis de Recife, faz-se importante destacar alguns procedimentos de desmanche praticados em tais instalações e sua relação com as substâncias químicas agregadas.

Sendo assim, o estudo revelou a adoção de procedimentos inadequados na manipulação dos REE pela ausência de cuidados necessários perante a eminência de contaminação atribuída aos elementos envolvidos a tais equipamentos; cuidados esses também negligenciados por alguns poucos catadores, que foram orientados sobre a prática adequada de desmanche, durante capacitação promovida pela Prefeitura do Recife, no ano de 2014, segundo informação dos próprios catadores.

O lançamento de alguns REE contra o chão para desprendimento de peças de valor comercial, configura-se como uma das formas inadequadas de manejo de resíduos perigosos. Tal prática é frequente no G1 e no G2, executando-se também, exclusivamente no segundo galpão, a combustão a céu aberto de partes de REE, como em revestimentos plásticos de fios e cabos, para retirada dos metais de Cu e Al inclusos. Nesse sentido, o fatídico de combustão implica no consequente lançamento de gases tóxicos para a atmosfera contribuindo para elevar os níveis de toxicidade biótica e física. Já no G1, a desencapação do conteúdo metálico desses materiais é feita com o uso manual de alicates, facas e tesouras.

Ademais, no G2 foi também constatado o uso de machado como ferramenta usual, por exemplo, para remoção dos materiais contidos nos obsoletos aparelhos de projeção de imagem (televisores e monitores de computador) compostos por Tubos de Raio Catódico - CRT ou cinescópios, a fim da busca por Placas de Circuito Impresso - PCI e fios de Cu acoplados em suas estruturas. Não menos obstante, no G1 tal processo com os artigos de tecnologia CRT compreende o uso de ferramentas distintas a exemplo de alicates e chaves de fenda. Porém, a diferença instrumental aparente não afasta nenhum dos locais de recicláveis do perigo de contaminação química atribuído a esses REE, pois ambas ações apontam para a precariedade no desmanche eletroeletrônico (Figura 12) podendo ocasionar sérias alterações na saúde.

Figura 12 – Aparelho de tubo de raio catódico encontrado no galpão O Verde é a Nossa Vida



Fonte: Autor

Nesse sentido, os aparelhos de CRT, por exemplo, possuem uma média de composição mássica na poeira tóxica liberada após sua descompactação equivalente a 18,4 g/kg de Pb (FRANCO, 2008), enquanto que cada unidade do produto possui cerca de 1,8 a 3,6 kg do metal incluso ou 20% de sua massa total (SANTOS, 2010). O Pb é capaz de provocar dores de cabeça no organismo humano, além de dores musculares, cólicas, diarreias, palidez facial, hipertensão etc. (CAPITANI, 2009; MOREIRA; MOREIRA, 2004). Todavia, vale ressaltar ainda, que os aparelhos de CRT são constituídos também de outros componentes químicos (Hg, P, BFR, SiO₂, CaO, K₂O, MgO, ZnO, BaO, PbO) com condições reais de gerar sintomas e doenças mais complexas, como tipos diversos de câncer, em função principalmente da contingência de bioacumulação atribuída aos metais pesados característicos (GABRIEL et al., 2013).

Doravante, diante das afirmações supracitadas, no que tange aos REE e seus respectivos materiais desmanchados e comercializados nos galpões monitorados, é apresentado no Quadro 3, então, as correlações dos elementos químicos existenciais com os REE valoráveis de mercado estudados, associando-se também aos riscos de toxicidade através da elucidação de sintomas de/ou doenças envolvidas.

Quadro 3 – Substâncias tóxicas associadas aos resíduos eletroeletrônicos reaproveitados na triagem do G1 e do G2

“continua”

Elemento químico	Resíduos eletroeletrônicos	Risco de toxicidade	Fonte
Al	Fios, cabos, placas etc.	Um dos fatores ambientais que podem provocar a doença do mal de <i>Alzheimer</i> .	Ferreira et al., 2008.
As	Diodos Emissores de Luz – LED (lâmpadas).	Pode contaminar o estrato edáfico e os corpos hídricos, chegando a conduzir também a várias doenças através da ingestão de água e alimentos contaminados, tais quais: doenças cardiovasculares, distúrbios no sistema nervoso central e vascular periférico, hiperpigmentação, conjuntivite, câncer de pele, hiperqueratose e gangrena nos membros.	Kidde; Naidu; Wong, 2013; OMS, 2000.
Ba	CRT de TV e monitores.	Pode causar fraqueza muscular, inchaço cerebral, danos no coração, fígado e baço, mesmo em exposição de curto prazo, sendo capaz de evoluir para paralisia muscular respiratória, inflamação severa gastrointestinal, arritmia cardíaca, hipocalemia profunda e parestesia.	
BFR, PBB, PBDE, TBBPA	Placas de Circuito Impresso – PCI e isolantes de cabos e teclados.	Quando inalados é capaz de encadear distúrbios hormonais.	Kidde; Naidu; Wong, 2013.

Quadro 3 – Substâncias tóxicas associadas aos resíduos eletroeletrônicos reaproveitados na triagem do G1 e do G2

“conclusão”

Elemento químico	Resíduos eletroeletrônicos	Risco de toxicidade	Fonte
Cd	Chips semicondutores, tintas de impressora, toners e baterias recarregáveis de NiCd.	Pode causar anemia, osteoporose, lesão renal e doenças carcinogênicas de pulmão e de próstata, além de efeitos teratogênicos (deformação fetal).	Kidde; Naidu; Wong, 2013; OMS, 2000.
CFC	Motores e isolantes de espuma presentes em artigos de refrigeração como geladeiras e freezers.	A combustão de suas partes ou o escapamento inadequado dos gases contidos no sistema compressor contribui para a redução da camada de ozônio que protege a terra da radiação solar, levando a maior incidência de câncer de pele.	Kidde; Naidu; Wong, 2013.
CR VI	Discos rígidos, cabos, invólucros plásticos.	Provocando danos ao DNA e comprometendo permanentemente a visão.	
Hg	Monitores de tela plana, baterias, interruptores, termostatos e bulbos de luz de fundo ou lâmpadas.	Alterações cerebrais, renais e fetais.	
Ni	CRT, baterias, invólucros de computadores e PCI.	Alergias, a bronquite e redução da função pulmonar ou câncer de pulmão.	
Pb	CRT, baterias de chumbo-ácido, solda, cabos, PCI e lâmpadas fluorescentes.	Pode afetar todos os órgãos e sistemas do corpo humano: endócrino, circulatório, renal, reprodutor, nervoso central e periférico, além de causar doenças do sangue.	Kidde; Naidu; Wong, 2013; OMS, 2000.
PVC	Teclados, monitores, cabos e invólucros plásticos de artigos de computadores.	Quando incinerados, liberam contaminantes tóxico para a atmosfera na forma de gás cloreto de hidrogênio, que forma o ácido clorídrico, causador de problemas respiratórios.	Kidde; Naidu; Wong, 2013.

Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme observado no Quadro 3, são graves os efeitos danosos a saúde que à manipulação inadequada dos REE pode causar nos indivíduos envolvidos com esse processo, sendo capaz de ocasionar também sérios prejuízos ambientais relativos, por exemplo, a poluição do meio físico (solo, água e ar). Dessa forma, a população mais exposta aos riscos de contaminação diz respeito aos catadores de materiais recicláveis que se sujeitam a coleta e tratamento dos REE, representados nesta pesquisa pelos cooperados dos G1 e G2.

A precedência da problemática anunciada sobre os REE, corrobora com Pesquisas realizadas em alguns países do oriente, a exemplo dos Estudos de Ni et al. (2010), na cidade chinesa de Guiyu, onde a remoção de peças eletroeletrônicas valoráveis à reciclagem, em zonas clandestinas recicladoras, também esteve condicionada a sistemas precários de gerenciamento de resíduos, principalmente por essa cidade sofrer ainda com o tráfico transfronteiriço de REE.

Contudo, os elementos químicos supracitados no Quadro 3 também podem ser encontrados em outros REE enviados para o G1 e o G2, que não fazem parte daqueles envolvidos em seus processos de reciclagem/beneficiamento (mercado), porém, como são descartados e chegam aos galpões, seu acondicionamento inadequado pode causar problemas ambientais no local e áreas circunvizinhas.

5 CONCLUSÕES

Os galpões de recicláveis da Prefeitura do Recife são locais estratégicos e importantes para a construção de um caminho favorável ao cumprimento da PNRS, reduzindo a quantidade de resíduos abandonados pela cidade e viabilizando novos destinos para tais materiais, antes enviados diretamente para o aterro sanitário, além de possibilitar uma ressignificação positivo aos resíduos, através do processo de reciclagem, transformando o que por gerações humanas se expressava apenas como “lixo” no sentido mais redutível de sua palavra, ou seja, objetos incapazes de serem reaproveitados e tampouco aptos de gerar renda.

Apesar das cooperativas O Verde é a Nossa Vida (G1) e a Recicla Torre (G2) não terem sido criadas para o recebimento de REE, mas sim dos resíduos recicláveis domiciliares comuns, porém, os mesmos surgem com frequência em ambos os locais, exceto no mês de agosto quando houve hiato na disposição de REE nos pátios de triagem. Ao todo, foram 761 REE monitorados totalizando mais de doze toneladas mássicas de equipamentos no somatório dos dois galpões. Dentre as linhas de classificação dos aparelhos eletroeletrônicos, a maioria dos produtos anotados ficou com os micro-ondas na Linha Branca, as CPU na Linha Verde, as TV de tubo na Linha Marrom e, na Linha Azul, embora não tenha tido quantidades significativas de artigos registrados, a maior parte ficou com os equipamentos de ferro de passar roupas no G1 e, a cafeteira no G2.

No conjunto de REE monitorados na pesquisa apenas as CPU, as TV de tubo, os monitores de tubo, os micro-ondas e as máquinas de lavar roupas sofreram processos de desmanche para remoção de partes comercializáveis a obtenção de renda em prol dos catadores, tais como as PCI, o Cu e o Al.

Além disso, percebeu-se notadamente que as condições precárias do G1 e do G2 face ao desuso de EPI, alagamento do espaço de triagem e exposição solar têm agravado as chances de toxicidade nesses locais, haja vista as substâncias químicas vinculadas aos REE expostos em meio a tal cenário, destacando os equipamentos de CRT contendo Hg, P e Pb em si associados, as Placas de Circuito Impresso – PCI envolvidas, por sua vez, com Pb, BFR, Ni, PBB e PBDE e, os aparelhos de micro-ondas compostos por Pb e Al. Os elementos envolvidos são capazes de ocasionar problemas de saúde, variando desde enfermidades de simples tratamento até aquelas mais complexas como os cânceres de pulmão e de pele.

Contudo, visto a situação atual em que os galpões monitorados se encontram no processo de reciclagem na cidade do Recife, a aplicação do princípio de logística reversa atrelada a

inclusão social dos catadores podem trazer importantes benefícios sociais, econômicos e ambientais para os locais em destaque, como também em outras regiões onde a PNRS se projeta, já que a problemática em questão transcende para além dos limites territoriais locais.

Na prática, tais benefícios estariam relacionados, por exemplo, na cooperação governamental e empresarial voltada a valorização da atividade de catador, promovendo capacitação educacional, inclusão de tecnologia de produção nos galpões supracitados e assistência social e técnica permanente; além da firmação de parcerias com a indústria de aquisição dos REE, para a destinação direta dos materiais processados nas cooperativas, possibilitando a criação de preços mais atrativos com as vendas dos subprodutos, acarretando no aumento do faturamento.

Para tanto, as prerrogativas listadas teriam como fator condicionante a reestruturação do sistema de coleta do EcoFrota no Recife proporcionando uma maior coleta de resíduos pelos bairros da cidade e o consequente aumento de REE nos espaços de triagem.

Assim, com a introdução de ambos fatores sugeridos no âmbito do gerenciamento dos REE, nos galpões evidenciados, o processo de reciclagem tenderia a ser melhor estimulado e difundido, o que pouparia maiores impactos ambientais frente a degradação que poderia ser causada nos meios físico e biótico pelo descarte inadequado desses aparentes inservíveis eletroeletrônicos, que se incorporam cada vez mais aos padrões de consumo inerentes da sociedade pós-moderna atual.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos**: análise de viabilidade técnica e econômica. Brasília, DF, 2013.
- AGÊNCIA BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16156** – Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos. São Paulo, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR. 10004**: Resíduos sólidos- Classificação, 2004.
- AWASTHI, Abhishek Kumar; ZENG, Xianlai; LI, Jinhui. Environmental pollution of electronic waste recycling in India: A critical review. **Environmental pollution**, v. 211, p. 259-270, 2016.
- AZEVEDO, Fausto Antonio de; CHASIN, Alice Aparecida da Matta. **As bases toxicológicas da ecotoxicologia**. São Carlos, SP: RiMa, v. 43, 2003.
- BACHI, Mariana Helena. Resíduos Tecnológicos: a relação dos resíduos eletroeletrônicos e a legislação no Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, Pombal, PB, v. 7, n. 1, p. 01-05, 2013.
- BALDÉ, C. P. et al. The global e-waste monitor – 2014. **United Nations University**, Bonn, Germany: IAS – SCYCLE, 2015.
- BARCO, Juliana Alexandra Pereira de Carvalho. **Trabalhos dos catadores de materiais recicláveis na região leste de Goiânia-Goiás em áreas urbanas como alternativa para sustentabilidade**. 2009. 62 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Produção Sustentável) – Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2009.
- BENTES, Dieisson Darlem Barbosa; ANJOS, Marcelo Rodrigues dos; VALES, Isma de Souza; RIBEIRO, Patrícia Neto Teles. Caracterização da fauna ictiológica da lagoa paraíso, sul do Estado do Amazonas – Brasil. **Revista EDUCamazônia**, v. 12, n. 1, p. 147-164, 2014.
- BETTS, Kellyn. Producing usable materials from e-waste. **Environmental Science & Technology**, v. 42, n. 18, p. 6782-6783. jul. 2008.
- BIGUM, Marianne et al. WEEE and portable batteries in residual household waste: quantification and characterization of misplaced waste. **Waste Management**, v. 33, n. 11, p. 2372-2380, 2013.
- BOTELHO, Tiago Resende, Held, Thais Maira Rodrigues. Uma análise sobre a convenção de Basileia e os movimentos transfronteiriços de resíduos perigosos e seu depósito. In: CONPEDI/UNINOVE (Org.), Direito Ambiental I. FUNJAB; 2013, Florianópolis. **Anais...**, Florianópolis, 2013. p. 302-331.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA no 001**, 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais

para o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Poder Executivo, Brasília, DF, 17 fev. 1986, Seção 1, p. 2548-2549. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=23>>. Acesso em: 06 abr. 2016.

_____. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Brasília, DF: [s.n], 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 17 jun. 2016.

BRIGDEN, Kevin et al. Recycling of electronic wastes in China and India: workplace and environmental contamination. **Greenpeace International**, Amsterdam. v. 55, p. 1-12. ago. 2005.

BUENO, Francisco da S. **Dicionário escolar da língua portuguesa**. 11.ed. Rio de Janeiro: Fename, 1980.

CABRAL NETO, João Pinto. **Estimativa da geração de sucata de bateria de chumbo-ácido como ferramenta de gestão de resíduos eletroeletrônicos**. 2016. 68 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Núcleo de Tecnologia, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2016.

CAMPUS PARTY. **Campus Party Weekend** – Recife 2016. 2017. Disponível em: <<http://campuse.ro/events/campus-party-recife-2016>>. Acesso em: 16 mar. 2017.

CAPITANI, Eduardo M. Metabolismo e toxicidade do chumbo na criança e no adulto. **Medicina**, Ribeirão Preto, v. 42, n. 3, p. 278-286, 2009.

CARSON, Rachel. **Primavera silenciosa**. São Paulo: Melhoramentos, 1969.

CHEN, Duohong et al. Pollution characterization and diurnal variation of PBDEs in the atmosphere of an E-waste dismantling region. **Environmental Pollution**, v. 157, n. 3, p. 1051-1057, mar. 2009.

CHUNG, Shan-Shan; ZHANG, Chan. An evaluation of legislative measures on electrical and electronic waste in the People's Republic of China. **Waste Management**, v. 31, n. 12, p. 2638-2646, dez. 2011.

COBBING, Madeleine. Toxic Tech: not in our Backyard. **Greenpeace International**, Amsterdam. p. 1-12. fev. 2008.

CONCEIÇÃO, Joelma Telese Pacheco. Obsolescência programada – tecnologia a serviço do capital. **INOVAE - Journal of Engineering and Technology Innovation**, v. 2, n. 1, p. 90-105, jan/abr. 2014.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Proposta de implementação dos instrumentos econômicos previstos na lei nº 12.305/2010 por meio de estímulos à cadeia de reciclagem e apoio aos setores produtivos obrigados à logística reversa**. Brasília: CNI, 2014. 141 p.

DEMAJOROVIC, Jacques; AUGUSTO, Eryka Eugênia Fernandes; SOUZA, Maria Tereza Saraiva de. LOGÍSTICA REVERSA DE REEE EM PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO: desafios e perspectivas para o modelo brasileiro. **Ambiente & Sociedade**, v. 19, n. 2, 2016.

DENG, W. J. et al. Distribution of PBDEs in air particles from an electronic waste recycling compared with Guangzhou and Hong Kong, South China. **Environment International**, v. 33, n. 8, p. 1063-1069, nov. 2007.

CARVALHO, Carlos Rogério dos Santos. A sociedade de risco e o descarte de computadores. **Revista Eletrônica do Curso de Direito**, UFSM, v. 8, p. 264-275, 2013.

DOYLE, Alister. **Nova aliança para combater as montanhas de lixo eletrônico**. Reuters, 2007.

ESPORTA WASH SYSTEMS. **The Evolution of Washing Technology**. 2013. Disponível em: <<http://esporta.ca/evolution-of-washing-technology-1/>>. Acesso em: 21 jan. 2016.

FERREIRA, Pricilla Costa et al. Alumínio como fator de risco para a doença de Alzheimer. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v. 16, n. 1, 2008.

FORTES, Clarissa Corrêa. **Interdisciplinaridade: origem, conceito e valor**. 2009. Disponível em: <http://www.pos.ajes.edu.br/arquivos/referencial_20120517101727.pdf>. Acesso em: 10 maio 2017.

FRANCO, Rosana Gonçalves Ferreira. **Protocolo de referência para gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos domésticos para o município de Belo Horizonte**. 2008. 162 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Faculdade de Engenharia, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 162p.

FREITAS, Luiz Alberto Barros et al. Parceria bolsista PIBID e professora do ensino médio: a história da química como facilitadora na aprendizagem de eletroquímica. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA E ENCONTRO DE EDUCAÇÃO QUÍMICA DA BAHIA, 16 e 10; 2012, Salvador. **Anais...** Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2012. p. 1-8.

FU, Jianjie et al. High levels of heavy metals in rice (*Oryza sativa* L.) from a typical E-waste recycling area in southeast China and its potential risk to human health. **Chemosphere**, Netherlands, v. 71, n. 7, p. 1269-1275, abr. 2008.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Diagnóstico da geração de resíduos eletroeletrônicos no Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, 2009. 85 p.

COMITÊ INTERMINISTERIAL PARA INCLUSÃO SOCIAL E ECONÔMICA DOS CATADORES DE MATERIAIS REUTILIZÁVEIS E RECICLÁVEIS. **Coleta seletiva com a inclusão dos catadores de materiais recicláveis**. Brasília, 2013. 36 p.

GABRIEL, Adjanara P. et al. Reciclagem de carcaças de monitores: propriedades mecânicas e morfológicas. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, São Paulo, v. 23, n. 6, p. 823 – 831, 2013.

GENERAL ELECTRIC. **História**: 1913-1924. 2016. Disponível em:
<http://www.ge.com/br/nossa-empresa/historia/1913_1924>. Acesso em: 19 fev. 2016.

GOUVEIA, Nelson. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciência & saúde coletiva**, v. 17, n. 6, 2012.

GRIPPI, Sidney. **Lixo, reciclagem e sua história**: guia para prefeituras brasileiras. Rio de Janeiro: Interciência, 2001. 134p.

HA, Nguyen Ngoc et al. Contamination by trace elements at e-waste recycling sites in Bangalore, India. **Chemosphere**, Netherlands, v. 76, n. 1, p. 9-15, abr. 2009.

HAGELÜKEN, Christian. Recycling of electronic scrap at umicore's integrated metal smelter and refinery. **World of Metallurgy –Erzmetall**, v. 59, n. 3, p. 152-161, 2006.

HAGELÜKEN, Christian; BUCHERT, Matthias. The mine above ground—Opportunities and challenges to recover scarce and valuable metals from EOL electronic devices. **IERC Salzburg**, v. 17, jan. 2008.

HUISMAN, Jaco; MAGALINI, Federico. Where are WEEE now? Lessons from WEEE: Will EPR work for the US?. In: **Electronics & the Environment, Proceedings of the 2007 IEEE International Symposium on**. Orlando, FL, USA; IEEE, 2007. p. 149-154.

INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES. **The PC Personal Computing Comes of Age**. 2016. Disponível em:
<<http://www03.ibm.com/ibm/history/ibm100/us/en/icons/personalcomputer/transform/>>. Acesso em: 20 abr. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico de Recife**, 2010. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=261160>>. Acesso em: 22 set. de 2016.

JANG, Yong-Chul; TOWNSEND, Timothy G. Leaching of lead from computer printed wire boards and cathode ray tubes by municipal solid waste landfill leachates. **Environmental Science & Technology**, United States, v. 37, n. 20, p. 4778-4784, 2003.

JOLLY, R.; RHIN, C. The recycling of lead-acid batteries: production of lead and polypropylene. **Resource Conservation and Recycling**, v. 10, n. 1-2, p. 137-143, abr. 1994.

KANG, Hai-Yong; SHOENUNG, Julie M. Electronic waste recycling: a review of U.S. infrastructure and technology options. **Resources Conservation & Recycling**, Elsevier, v.45, n. 4, p. 368-400, dez. 2005.

KHETRIWAL, Deepali Sinha; KRAEUCHI, Philipp; WIDMER, Rolf. Producer responsibility for e-waste management: key issues for consideration—learning from the Swiss experience. **Journal of Environmental Management**, v. 90, n. 1, p. 153-165, 2009.

KIDDEE, Peeranart; NAIDU, Ravi; WONG, Ming H. Electronic waste management approaches: An overview. **Waste Management**, Italy, v. 33, n. 5, p. 1237-1250, 2013.

KING, Andrew M. et al. Reducing waste: repair, recondition, remanufacture or recycle? **Sustainable Development**, v. 14, n. 4, p. 257–267, out. 2006.

LEÃO, Alcides Lopes; MAIA, Nilson Borlina. Geração de resíduos sólidos urbanos e seu impacto ambiental. In: MARTOS, Henry Lesjak (Org.) **Indicadores ambientais**. Sorocaba, SP, 1997. p. 213.

LEFF, Enrique. **Saber ambiental**. 6. ed. Petrópolis: Vozes, 2001. p. 45.

LEITE, Paulo Roberto. **Logística reversa: meio ambiente e competitividade**. Pearson Prentice Hall, 2009.

LEUNG, Anna OW et al. Heavy metals concentrations of surface dust from e-waste recycling and its human health implications in southeast China. **Environmental science & technology**, United States, v. 42, n. 7, p. 2674-2680, 2008.

LI, Jinhui; DUAN, Huabo; SHI, Pixing. Heavy metal contamination of surface soil in electronic waste dismantling area: site investigation and source-apportionment analysis. **Waste Management & Research**, v. 29, n. 7, p. 727-738, 2011.

LIU, Xianbing; TANAKA, Massaru; MATSUI, Yasuhiro. Generation amount prediction and material flow analysis of electronic waste: A case study in Beijing, China. **Waste Management & Research**, v. 24, p. 434 – 445, 2006.

LOBO, Paulo André Marques. Do sistema Fordista ao sistema Hyundai: uma análise comparativa entre quatro sistemas de produção oriundos da indústria automotiva. **Revista Eletroeletrônica Machado Sobrinho**, Juiz de Fora, v. 10, n. 01, p. 43-53. 2015.

LOPES, Wilton Silva; LEITE, Valderi Duarte; PRASSAD, Silva. Avaliação dos impactos ambientais causados por lixões: um estudo de caso. In: CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA E AMBIENTAL, 27; 2000, Porto alegre, **Anais...** Porto alegre: ABES, 2000. p. 1-7.

LUO, Qian; CAI, Zong Wei; WONG, Ming Hung. Polybrominated diphenyl ethers in fish and sediment from river polluted by electronic waste. **Science of the Total Environment**, v. 383, n. 1, p. 115-127, 2007.

MARIS, Thiago; ALMEIDA, Luciana Togeiro de. A convenção de Basiléia e os desafios para o seu progresso. In: SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RELAÇÕES INTERNACIONAIS DO PROGRAMA “SANTIAGO DANTAS”, 2 ;2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo: UNESP, 2009. p. 1-30.

MARTINS, de Andrade Roberto. Alessandro Volta e a invenção da pilha: dificuldades no estabelecimento da identidade entre o galvanismo e a eletricidade. **Acta Seientiarurn**, v. 21, n. 4, p. 823-835, 1999.

MARX, Karl. **O Capital**: crítica da economia política. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2006.

MATHEWS, John A.; TAN, Hao. Progress toward a circular economy in China. **Journal of industrial ecology**, v. 15, n. 3, p. 435-457, 2011

MATTOS, Karem Maria da Costa; MATTOS, Katty Maria da Costa; PERALES, Wattson José Saenz Parales. Os impactos ambientais causados pelo lixo eletrônico e o uso da logística reversa para minimizar os efeitos causados ao meio ambiente. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 28; 2008, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2008. p. 1-11.

MAYORGA, Maria Irles de Oliveira; OLIVEIRA, Antônio Dimas Simão de. Os impactos da participação do atravessador na economia do setor agrícola: um estudo de caso. In: CONGRESSO DO SABER, 43; 2005, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto, 2005. P. 1-13.

MONTEIRO, José Henrique Penido. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Administração Municipal, 2001.

MORAES, V. T. et al. Tecnologias de tratamento para resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. In: CARVALHO, T. C. M. B.; XAVIER, L. H. (Org.). **Gestão de resíduos eletroeletrônicos: uma abordagem para sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014. p. 1129-1148.

MOREIRA, Fátima Ramos; MOREIRA, Josino Costa. Os efeitos do chumbo sobre o organismo humano e seu significado para a saúde. **Revista Panamericana de Salud Publica**, n. 15, v. 2, p. 119-29, 2004.

MORIN, Edgar. **Os Sete Saberes necessários à educação do futuro**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2000.

MOTOROLA SOLUTIONS. **A Legacy of Innovation: Timeline of Motorola history since 1928**. 2016. Disponível em: http://www.motorolasolutions.com/en_us/about/companyoverview/history/timeline.html. Acesso em: 20 abr. 2016.

MUENHOR, Dudsadee et al. Brominated flame retardants (BFRs) in air and dust from electronic waste storage facilities in Thailand. **Environment international**, v. 36, n. 7, p. 690-698, 2010.

MUKAI, Toshio. Direito ambiental sistematizado. In: **Direito ambiental sistematizado**. Forense Universitária, 2002.

NI, Hong-Gang et al. Environmental and human exposure to persistent halogenated compounds derived from e-waste in China. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 29, n. 6, p. 1237-1247, 2010.

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: **International Workshop on Advances in Cleaner Production**, 3, São Paulo. 2011.

OLIVEIRA, Camila Reis de; BERNARDES, Andréa Moura; GERBASE, Annelise Engel. Collection and recycling of electronic scrap: A worldwide overview and comparison with the Brazilian situation. **Waste Management**, v. 32, n. 8, p. 1592-1610, 2012.

OLIVEIRA, Vanderli Fava de et al. A expansão do número de cursos e de modalidades de engenharia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 43; 2015, Mauá. **Anais...** Juiz de Fora, MG: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2015. p. 1-10.

ONGONDO, Francis O.; WILLIAMS, Ian D.; CHERRETT, Tom J. How are WEEE doing? A global review of the management of electrical and electronic wastes. **Waste management**, v. 31, n. 4, p. 714-730, 2011.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Substâncias químicas perigosas à saúde e ao ambiente**. São Paulo, 2000, 119 p.

OSIBANJO, Oladele; NNOROM, Innocent Chidi. Material flows of mobile phones and accessories in Nigeria: environmental implications and sound end-of-life management options. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 28, n. 2, p. 198-213, 2008.

PAVLOV, Detchko. **Lead-Acid batteries: science and technology - A Handbook of Lead-Acid Battery Technology and its Influence on the Product**. Amsterdam: Elsevier Science, 2011.

PINTO, Cristiane Gonçalves de. **Logística reversa** – a importância de reduzir, reciclar, reutilizar. UNIVERSO, n 6. 2016. Disponível em: <<http://pre.univesp.br/logistica-reversa>>. Acesso em: 10 maio 2016.

PORTO DIGITAL. **O que é o Porto Digital**. 2017. Disponível em: <<http://www.portodigital.org/parque/o-que-e-o-porto-digital>>. Acesso em: 10 jun. 2017.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO NO BRASIL. **Ranking IDHM municípios 2010**. Disponível em: <<http://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/idh0/rankings/idhm-municipios-2010.html>>. Acesso em: 15 abr. 2017.

QASIM, Syed R.; CHIANG, Walter. **Sanitary landfill leachate: generation, control and treatment**. CRC Press, 1994.

QU, Weiyue et al. Exposure to polybrominated diphenyl ethers among workers at an electronic waste dismantling region in Guangdong, China. **Environment International**, v. 33, n. 8, p. 1029-1034, 2007.

RECIFE. Nº 791244, 07 de agosto de 2009. **Estatuto da Associação de Catadores O Verde é a Nossa Vida**. Recife, p. 7. 2008.

_____. Estrutura Urbana. 2017. Disponível em: <http://www2.recife.pe.gov.br/pagina/estrutura-urbana>. Acesso em: 18 jun. 2017.

ROBINSON, Brett H. E-waste: An assessment of global production and environmental impacts. **Science of the Total Environment**, Canterbury, New Zealand, v. 408, n. 2, p. 183 - 191, out. 2009.

RODRIGUES, Angela Cassia. **Impactos socioambientais dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos**: estudo da cadeia pós-consumo no Brasil. 2007. 321 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara d'Oeste, SP, 2007.

RODRIGUES, Angela Cassia; GUNTHER, Wanda Maria Risso; BOSCOV, Marla Eugenia Gimenez. Estimativa da geração de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos de ordem domiciliar: proposição de método e aplicação ao município de São Paulo, São Paulo, Brasil. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 20, n. 3, p. 437-447, set. 2015.

RODRIGUES, Francisco Luiz; CAVINATTO, Vilma Maria. **Lixo: de onde vem? para onde vai?** São Paulo: Moderna, 1997.

RODRIGUES, Mauricio Camilo Cesconetto. ICMS sobre a demanda contratada de energia elétrica. 2014.

SALAZAR, Cristian. **TVs through the years: 1939 NY World's Fair to digital screens**. Newspaper Am New York, 2014. Disponível em: <<http://www.amny.com/entertainment/tvs-through-the-years-1939-ny-world-s-fair-to-digital-screens-1.7759949>>. Acesso em: 24 mar. 2016.

SANT'ANNA, Lindsay Teixeira. **A gestão dos resíduos eletroeletrônicos no Brasil e no mundo**: legislações, práticas e formas de cooperação interorganizacionais. 2014. 254 f. Dissertação (mestrado em administração pública) – Programa de Pós-Graduação em Administração Pública – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2014.

SANTOS, Fábio Henrique Silva dos; SOUZA, Carlos Eduardo Gomes de. **Resíduos de origem eletrônica**. Rio de Janeiro: CETEM, 2010. 52 p. (Tecnologia Ambiental).

SANTOS, Helena Rosa; DOMINQUINI, Eliete Doretto. **A insustentabilidade da obsolescência programada**: uma violação ao meio ambiente e aos direitos do consumidor. 2014. Disponível em: <<http://www.publicadireito.com.br/artigos/?cod=ea2af5ea4aabdca1>>. Acesso em: 18 abr. 2017.

SCHEUTZ, Charlotte. **Attenuation of methane and trace organics in landfill soil covers**. 2002. 64 f. Tese (Doutorado em Environment & Resources) - Environment & Resources - Technical Universitet of Denmark, Bygningstorvet, Build, Denmark, 2002.

SCHEUTZ, Charlotte; KJELDSEN, Peter. Capacity for Biodegradation of CFCs and HCFCs in a Methane Oxidative Counter-Gradient Laboratory System Simulating Landfill Soil Covers. **Environmental Science and Technology**, v. 37, n. 22, p. 5143-9, 2003.

SELPIS, Adriano Nicolau; CASTILHO, Renata de Oliveira; ARAUJO, João Alberto Borges de. Logística reversa de resíduos eletroeletrônicos. **Tekhne e Logos**, v. 3, n. 2, p. 111-128, 2012.

SILVA, Cristina Rosa da. **Papel do consumidor do descarte dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos**. Porto Alegre. 2011. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Administrativas) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

SILVA, Regina Célia da; ROCIOLI, Rosilene Fátima. **Lixeiros somos nós**. 1996. 86 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Educação) - Faculdade de História, Direito e Serviço Social. Universidade Estadual Paulista, Franca, 1996.

SMITH, Neil. **Desenvolvimento Desigual**. Rio de Janeiro: Bertanhd Brasil S.A, 1984.

STHIANNOPKAO, Suthipong; WONG, Ming Hung. Handling e-waste in developed and developing countries: Initiatives, practices, and consequences. **Science of the Total Environment**, v. 463, p. 1147-1153, 2013.

TONG, Xin; YAN, Lin. From legal transplants to sustainable transition. **Journal of Industrial Ecology**, v. 17, n. 2, p. 199-212, 2013.

SUAPE. **Complexo Industrial Portuário Governador Eraldo Gueiros**. 2017. Disponível em: <<http://www.suape.pe.gov.br/pt/>>. Acesso em: 19 jun. 2017.

SUN et al. Characterisation of metals in the electronic waste of complex mixtures of end-of-life ICT products for development of cleaner recovery technology. **Waste Management**, v. 35, p. 227-235, jan. 2015.

United Nations Environment Programme, 2011. **Recycling rates of metals** - a status report. Paris. 48 p.

UNIÃO EUROPEIA, **Diretiva 2012/19/UE do Parlamento Europeu e do Conselho – Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE)**, 2012. Disponível em: <<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:197:0038:0071:PT:PDF>>. Acesso em: 05 jun. 2016.

VEIT, Hugo Marcelo. **Reciclagem de cobre de sucatas de placas de circuito impresso**. 2005. 115 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais) – Escola Politécnica da USP, Porto Alegre, 2005.

VIEIRA, Elias Antônio. **A questão ambiental do resíduo/lixo em Ribeirão Preto (SP)**. 2002. 170 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2002.

WÄGER, P. A.; HISCHIER, R.; EUGSTER, M. Environmental impacts of the Swiss collection and recovery systems for Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE): a follow-up. **Science of the Total Environment**, v. 409, n. 10, p. 1746-1756, 2011.

WAGNER, Travis P. Shared responsibility for managing electronic waste: A case study of Maine, USA. **Waste Management**, v. 29, n. 12, p. 3014-3021, 2009.

WALTER, Osvaldo Luiz. **História de eletricidade**. Mogi Mirim, 2010. Disponível em: <<http://www.univasf.edu.br/~edmar.nascimento/iee/1HistoriaEletricidade.pdf>>. Acesso em 21 fev. 2011.

WANG, Jian-Ping; GUO, Xi-Kun. Impact of electronic wastes recycling on environmental quality. **Biomedical and Environmental Sciences**, v. 19, n. 2, p. 137, 2006.

WIDMER, Rolf et al. Global perspectives on e-waste. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 25, n. 5, p. 436–458, jul. 2005.

WEI, Lin; LIU, Yangsheng. Present status of e-waste disposal and recycling in China. **Procedia Environmental Sciences**, v. 16, p. 506-514, 2012.

WILSON, Jason. Odyssey renewed: Towards a new aesthetics of video gaming. 2000. Disponível em: <http://ro.uow.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=2016&context=sspa_pers>. Acesso em: 01 jun. 2016.

WONG, Coby SC et al. Evidence of excessive releases of metals from primitive e-waste processing in Guiyu, China. **Environmental Pollution**, v. 148, n. 1, p. 62-72, 2007.

WU, Jiang-Ping et al. Bioaccumulation of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) in wild aquatic species from an electronic waste (e-waste) recycling site in South China. **Environment international**, v. 34, n. 8, p. 1109-1113, 2008.

XAVIER, Lúcia Helena et al. **Aspectos socioambientais e técnicos da gestão de resíduos de equipamentos eletrônicos**. São Paulo: IEE-USP : CEDIR, 2012, p. 40.

XAVIER, Lúcia Helena. Resíduos Eletroeletrônicos na Região Metropolitana do Recife (RMR): Guia Prático para um Ambiente. **Recife: Massangana**, 2014.

XEROX CORPORATION. **The Story of Xerography**. 1999. Disponível em: <<http://www.xerox.com/downloads/usa/en/s/Storyofxerography.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2016.

YAMANI, Luciana Harue. **Recuperação de placas de circuito impresso de computadores obsoletos através de processo biohidrometalúrgico**. 2012. 145 f. Tese (Doutorado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

YANG, Z. Z. et al. Polybrominated diphenyl ethers in leaves and soil from typical electronic waste polluted area in South China. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 80, n. 4, p. 340-344, 2008.

ZHANG, Kai; SCHNOOR, Jerald L.; ZENG, Eddy Y. E-Waste Recycling: where does it go from here? **Environmental Science & Technology**, v. 46, n. 20, p. 10861–10867, set. 2012.

ZHAO, Gaofeng et al. PBBs, PBDEs, and PCBs levels in hair of residents around e-waste disassembly sites in Zhejiang Province, China, and their potential sources. **Science of the Total Environment**, v. 397, n. 1, p. 46-57, 2008.

ZHENG, Xiangbin et al. Ambient air heavy metals in PM 2.5 and potential human health risk assessment in an informal electronic-waste recycling site of China. **Aerosol and Air Quality Research**, v. 16, n. 2, p. 388-397, 2016.