

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**ESCOLA DE ENGENHARIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE MINAS,**  
**METALÚRGICA E DE MATERIAIS**

**TIAGO JOEL RIEGER**  
**ENG. AMBIENTAL**

**RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS: UMA ANÁLISE DO SETOR EMPRESARIAL**  
**DO MUNICÍPIO DE GRAVATAÍ/RS**

**Porto Alegre**  
**2018**

**TIAGO JOEL RIEGER**

**RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS: UMA ANÁLISE DO SETOR EMPRESARIAL  
DO MUNICÍPIO DE GRAVATAÍ/RS**

**Dissertação submetida ao Programa de Pós  
Graduação em Engenharia de Minas,  
Metalúrgica e de Materiais da Universidade  
Federal do Rio Grande do Sul, como  
requisito parcial à obtenção do título de  
Mestre em Engenharia, modalidade  
acadêmica.**

**Orientador: Prof. Dr. Hugo Marcelo Veit**

**Porto Alegre**

**2018**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Rui Vicente Oppermann

Vice-Reitor: Jane Fraga Tutikian

ESCOLA DE ENGENHARIA

Diretor: Luiz Carlos Pinto da Silva filho

Vice-Diretora: Carla Ten Caten

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO

Coordenador: Carlos Pérez Bergmann

Vice-Coordenador: Afonso Regulý

CIP - Catalogação na Publicação

Rieger, Tiago Joel  
RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS: UMA ANÁLISE DO SETOR  
EMPRESARIAL DO MUNICÍPIO DE GRAVATAÍ/RS / Tiago Joel  
Rieger. -- 2018.  
71 f.  
Orientador: Hugo Marcelo Veit.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de  
Materiais, Porto Alegre, BR-RS, 2018.

1. Resíduos Eletroeletrônicos. I. Veit, Hugo  
Marcelo, orient. II. Título.

**TIAGO JOEL RIEGER**

**RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS: UMA ANÁLISE DO SETOR EMPRESARIAL  
DO MUNICÍPIO DE GRAVATAÍ/RS**

**Esta Dissertação foi apresentada e julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.**

---

**Hugo Marcelo Veit**

**Aprovado em: 06 de abril de 2018.**

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Dr. Eduardo Luis Schneider-Universidade Feevale**

**Prof. Dr. Rodrigo Sanchotene Silva-Universidade Estadual do Rio Grande do Sul**

**Dra. Angela Cristina Kasper-Universidade Federal do Rio Grande do Sul**

Dedico este trabalho aos meus pais Nelson e Janice, que dignamente me apresentaram à importância da família e o caminho da honestidade e persistência e ao Prof. Hugo, o meu reconhecimento pela oportunidade de realizar este trabalho ao lado de alguém que transpira sabedoria; meu respeito e admiração pela sua serenidade.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, em especial, ao professor Hugo Marcelo Veit pela clareza em suas orientações, pela disposição e apoio durante a realização deste trabalho;

Agradeço a UFRGS por ter me possibilitado a realização deste mestrado, extensivo aos responsáveis pelo programa de Pós-graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais;

Agradeço aos professores do programa de Pós-graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais pelas aulas ministradas e conhecimento transmitido;

Agradeço a todos que de alguma forma colaboraram para a realização deste trabalho e não foram citados.

## RESUMO

Novas tecnologias vêm sendo constantemente desenvolvidos pelo mundo, alterando os hábitos de consumo da população. Neste novo cenário, surgem os Equipamentos Eletroeletrônicos (EEE), cada vez mais demandados e ao mesmo tempo descartados, que se não destinados corretamente ao fim de seu uso, podem acarretar em problemas a saúde humana e ao meio ambiente. Dessa forma, entender como está o atual comportamento do consumidor em relação aos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) é primordial para diagnosticar as dificuldades de descarte dos equipamentos após o fim da vida útil e ao mesmo tempo propor ações corretivas. Assim, o presente trabalho buscou avaliar o comportamento do consumidor institucional, especialmente de empresas privadas, no município de Gravataí/RS frente a problemática atual dos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos. A pesquisa foi desenvolvida por meio de um formulário eletrônico, com questões previamente elaboradas, sendo enviado para o endereço eletrônico das empresas que tinham cadastro ativo junto ao órgão gestor municipal. O local de estudo selecionado foi motivado por ser um importante polo industrial do Rio Grande de Sul, com um número considerável de empresas, atuando em diferentes ramos de atividades. Foram obtidos um total de 48 respostas, sendo a grande maioria de empresas pequeno porte (40) e do ramo de atuação em prestação de serviços (67%). Em relação a gestão dos resíduos eletroeletrônicos, a maioria das empresas respondentes (77%) afirmaram conhecer os riscos associados a este tipo de resíduo e 32 empresas entre as 48 respondentes assinalaram que geram REEE em suas dependências, sendo as lâmpadas fluorescente/Led o tipo de resíduo mais gerado. Além disso, foi questionado quais as principais atitudes de descarte dos EEE no final de sua vida útil, obtendo como principal resposta armazenamento (25 %). Este questionamento foi discriminado para alguns tipos de resíduos, como celulares e tablets, e as respostas mostraram que a maioria deixa somente armazenado (31%), seguido por descarte em pontos de coleta (19%) e revenda (13%). Em relação as principais dificuldades de destinação final, a falta de pontos de coleta (44 %) e a existência de pouca informação a respeito deste tipo de resíduo (34%), foram apontadas como os principais problemas. Também, a maioria das empresas afirmou conhecer o que é o sistema de logística reversa (22 de 32). Por fim, fez-se algumas considerações sobre diferentes propostas para minimizar a questão do descarte dos REEE institucionais, apresentando o sistema depósito-reembolso como instrumento econômico e ambiental, em que os consumidores têm um incentivo para devolver produtos usados e receber reembolso financeiro. Além deste sistema, as próprias empresas que atuam no ramo de reciclagem de resíduos eletrônicos obtendo ganhos econômicos podem colaborar com a destinação final dos REEE gerados nas empresas do município.

**Palavras-Chave:** Resíduos Eletroeletrônicos, descarte, logística reversa, empresas, geração.

## ABSTRACT

New technologies are being constantly developed around the world, changing the consumption habits of the population. In this new scenario, the Electro-Electronic Equipments (EEE) arise, increasingly demanded and at the same rate, discarded, and if not correctly disposed after its use, they can lead to environmental and human health problems. Therefore, understanding the current behavior of consumers regarding to Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) is essential to diagnose the difficulties of disposing the equipments after their lifespan and, at the same time, to propose corrective actions. Thus, the present work aimed to evaluate the behavior of the institutional consumer, especially private companies, in the city of Gravataí / RS in relation to the current problem of Waste Electrical and Electronic Equipment. The research was developed through an electronic form, with previously elaborated questions, sent to the electronic address of the companies that had active registration in the municipal managing agency. The selected study site was motivated because it is an important industrial center of Rio Grande do Sul, with a significant number of companies, operating in different branches of activities. A total of 48 responses was obtained, being the large majority from small companies (40%) and service providers (67%). Regarding to electronic waste management, most respondents (77%) reported knowing the risks associated with this type of waste, and 32 companies among the 48 respondents indicated that they generate WEEE in their dependencies, being fluorescent / Led lamps the most generated type of waste. In addition, the main disposal alternatives of EEE after their lifespan were questioned, obtaining storage as the main answer (25%). This survey was broken for some types of residues, such as cell phones and tablets, and the answers showed that most only store it (31%), followed by collection at collection points (19%) and resale (13%). Regarding the main difficulties of final destination, the lack of collection points (44%) and the lack of information about this type of waste (34%) were identified as the main problems. Also, most companies reported knowing what the reverse logistics system is (22 of 32). Lastly, some considerations about different proposals to minimize the issue of institutional WEEE disposal were made, presenting the deposit-refund system as an economic and environmental instrument, in which consumers have an incentive to return used products and receive financial reimbursement. In addition to this system, companies that operate in the electronic waste recycling sector earning economic gains can collaborate with the final destination of the WEEE generated in the companies of the city.

**Keywords:** *E-Waste, discard, reverse logistics, companies, generation.*



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1:</b> Categorias de linhas de produtos com tempo de vida útil. ....	20
<b>Figura 2:</b> Ciclo de vida dos EEE. ....	21
<b>Figura 3:</b> Fluxo da Logística Reversa. ....	30
<b>Figura 4:</b> Metodologia adota na pesquisa. ....	38
<b>Figura 5:</b> Porte da empresa em relação ao número de funcionários e setor de atuação. ....	42
<b>Figura 6:</b> Questionamento sobre a existência de setor encarregado pela gestão ambiental na empresa. ....	43
<b>Figura 7:</b> Quantidade de REE gerado no ano de 2015 na empresa respondente. ....	44
<b>Figura 8:</b> Destino final de EEE específicos. ....	45
<b>Figura 9:</b> Conhecimento da empresa sobre o que é Logística Reversa. ....	46
<b>Figura 10:</b> Principal dificuldade de descarte de REEE em Gravataí/RS. ....	46
<b>Figura 11:</b> Respostas por ramo de atuação das empresas. ....	48
<b>Figura 12:</b> Número de empresas por setor respondentes do questionário segundo ....	49
<b>Figura 13:</b> Conhecimento das empresas em relação aos riscos relacionados aos REEE. ....	50
<b>Figura 14:</b> Existência de setor/departamento/encarregado pela gestão ambiental nas empresas. ....	51
<b>Figura 15:</b> Empresas que já geraram algum tipo de REEE em seus estabelecimentos. ....	52
<b>Figura 16:</b> Principal tipo de resíduo de EEE gerada nas empresas. ....	53
<b>Figura 17:</b> Destinação final especificamente em relação aos celulares e tablets. ....	55
<b>Figura 18:</b> Destinação final especificamente em relação as lâmpadas fluorescentes e LED. .	56
<b>Figura 19:</b> Armazenamento incorreto de lâmpadas inservíveis. ....	56
<b>Figura 20:</b> Destinação final de computadores/monitores/televisores/impressora. ....	57
<b>Figura 21:</b> Descarte irregulares de televisores observados em uma rua do município de Gravataí/RS. ....	58
<b>Figura 22:</b> Principais formas de descarte dos REEE gerados nas empresas em Gravataí/RS.	59

<b>Figura 23:</b> Questionamentos para as empresas sobre conhecimento do sistema de logística reversa, da existência de pontos de coleta e do uso destes. ....	60
<b>Figura 24:</b> Principais dificuldades enfrentadas pelas empresas em Gravataí/RS para descarte dos REEE.....	61
<b>Figura 25:</b> Armazenamento de REEE diversos em uma empresa de grande porte. ....	63
<b>Figura 26:</b> Recipiente para coleta de pilhas e baterias. ....	64
<b>Figura 27:</b> Armazenagem em tambores de componentes de EEE. ....	64
<b>Figura 28:</b> Armazenamento de notebooks e monitores para posterior descarte.....	65
<b>Figura 29:</b> Armazenamento adequado de lâmpadas fluorescentes.....	65

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> REEE conforme a categoria. ....	19
<b>Tabela 2:</b> Composição de 4 diferentes tipos de placas de circuitos impressos selecionadas, em massa (%), excluindo os materiais em quantidade muito pequena. ....	22
<b>Tabela 3:</b> Total de resíduo eletroeletrônico gerado em 2014 no mundo. ....	31
<b>Tabela 4:</b> Número de empresas pela quantidade aproximada de REEE gerados em 2015. ....	54

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1:</b> Algumas substâncias tóxicas utilizadas nos EEEs e seus prejuízos sobre a saúde dos seres vivos. ....	24
<b>Quadro 2:</b> A legislação de REEE em diferentes países. ....	28

## LISTA DE SIGLAS

CAGR	Taxa de Crescimento Anual Composta
CNPJ	Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas
CRT	<i>Cathodic Ray Tube</i>
EEE	Equipamentos Eletroeletrônicos
EPR	Responsabilidade Ampliada do Produtor
GM	General Motors GM
HARL	Lei de Reciclagem de Eletrodomésticos
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
LR	Logística Reversa
LCD	<i>Liquid Cristal Display</i>
PCB	Placas de Circuito Impresso
PC	Computador
PIB	Produto Interno Bruto
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PROs	Organizações de Responsabilidade do Produtor
REEE	Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos
RMPA	Região Metropolitana de Porto Alegre
TV	Televisão
UE	União Europeia

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>7</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>8</b>
<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....</b>	<b>9</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>11</b>
<b>LISTA DE QUADROS.....</b>	<b>12</b>
<b>LISTA DE SIGLAS.....</b>	<b>13</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>18</b>
2.1 Objetivo Geral .....	18
2.2 Objetivos Específicos .....	18
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>19</b>
3.1 Caracterização dos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE).....	19
3.1.1 Definição .....	19
3.1.2 Composição.....	21
3.1.3 Riscos relacionados aos REEE.....	24
3.2 Legislação brasileira e mundial quanto ao descarte dos REEE.....	26
3.3 Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos .....	29
3.4 Geração de REEE no mundo e no Brasil.....	31
3.5 Gestão e Reciclagem de REEE .....	32
3.5.1 Pirometalurgia .....	34
3.5.2 Hidrometalurgia.....	34
3.5.3 Reciclagem de polímeros .....	35
3.5.4 Reciclagem de vidros .....	36
3.6 Comportamento dos consumidores em relação ao descarte EEE .....	36
3.7 Sistemas depósito-reembolso .....	37
<b>4 MATERIAIS, MÉTODOS E PROCEDIMENTOS.....</b>	<b>38</b>

4.1 Caracterização da pesquisa.....	38
4.2 Abrangência Geográfica da pesquisa .....	39
4.3 Seleção da amostra de estudo .....	40
4.4 Ferramenta de coleta de informações .....	41
4.5 Estruturação da ferramenta de pesquisa .....	41
4.5.1 Perfil das empresas .....	42
4.5.2 Gestão dos REEE .....	43
4.5.3 Geração de REEE .....	43
4.5.4 Atitudes usuais de descarte.....	44
4.5.5 Logística reversa e dificuldades de destinação final .....	45
4.6 Procedimentos de análise de dados e da apresentação das informações .....	47
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>48</b>
5.1 Perfil das empresas respondentes.....	48
5.2 Gestão dos REEE .....	50
5.3 Geração de REEE .....	52
5.4 Destinações usuais de descarte .....	54
5.5 Logística reversa e dificuldades de destinação final .....	60
5.6 Gerenciamento dos REEE gerados em empresas de médio e grande porte .....	63
5.7 Propostas para descarte de REEE.....	66
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>68</b>
<b>7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>70</b>
<b>8 BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>71</b>
<b>ANEXO A- QUESTIONÁRIO APLICADO AS EMPRESAS RESPONDENTES .....</b>	<b>80</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os tipos e quantidades de equipamentos eletroeletrônicos consumidos pela população mundial vem mudando e aumentando rapidamente, impulsionado pelo rápido avanço tecnológico com o desenvolvimento de novos materiais e processos de fabricação, provocando consequentemente um aumento na geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (PATHAK, SRIVASTAVA e OJASVI, 2017). São considerados Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) todos os tipos de equipamentos elétricos e eletrônicos que chegam ao final da sua vida útil, esgotados todas as possibilidades de reparo, atualização ou reuso (SABBAGHI, CADE e BEHDAD, 2016).

Enquanto a demanda por novos Equipamentos Eletroeletrônicos (EEE) propicia benefícios econômicos, os efeitos colaterais pela sua rápida substituição tornaram-se uma preocupação global devido ao impacto que pode gerar no meio ambiente, tanto pela disposição em lugar inadequado como pela extração de recursos minerais necessários para a sua fabricação. Estima-se que em 2015 tenha sido gerado globalmente 43,8 milhões de toneladas de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) e que esse valor pode crescer a 49,8 milhões de toneladas em 2018 (YANG, *et al*, 2017). No âmbito das Américas, foi gerado 11,7 milhões de toneladas em 2014, sendo 7,9 milhões de toneladas para a América do Norte, 1,1 milhões de toneladas para a América Central e 2,7 milhões de toneladas para a América do Sul. Os três países responsáveis pela maior geração de esses resíduos em valores absolutos foram: Estados Unidos (7,1 milhões de toneladas), Brasil (1,4 milhões de toneladas) e o México (1,0 milhão de toneladas) (YANG, *et al*, 2017).

Entre os tipos de resíduos sólidos, os REEE são particularmente interessantes pois contém uma variedade muito grande de materiais, muitos passíveis de reciclagem, como metais, polímeros e vidros. Porém, existem também alguns materiais perigosos, como chumbo, cádmio, mercúrio, cromo e retardadores de chama, que são os mais comumente encontrados. Essas substâncias são um risco para a saúde humana e para o meio ambiente, pois podem acabar contaminando água e solo (CHAN e WONG, 2013; SONG e LI, 2015). Por exemplo, o chumbo é uma neurotoxina que causa sérios danos ao cérebro humano, principalmente a exposição precoce, em crianças, que pode ser um fator de risco para comprometimento neurocognitivo na idade adulta (OLYMPIO, *et al*, 2017).

Dessa forma, devido ao grande aumento no consumo de EEE, aos riscos relacionados a contaminação do meio ambiente e a persistência e bioacumulação de metais tóxicos que podem



afetar a saúde humana, esses resíduos garantem uma consideração especial, necessitando inclusive de legislações específicas sobre o tema (ROCHA, *et al*, 2009; MAN, NAIDU e WONG, 2013).

No Brasil, os resíduos sólidos são regulados a nível federal pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS; Lei nº 12.305/2010). E uma das mudanças impostas por esta política foi a implementação de um instrumento de gerenciamento de REEE, a Logística Reversa (LR), meio pelo qual materiais recicláveis de um produto eletrônico em fim de vida útil, descartado pelo consumidor, poderão retornar ao setor produtivo na forma de matéria-prima (AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, 2013).

A LR pretende dar continuidade ao ciclo de vida de um produto, responsabilizando todos os envolvidos neste ciclo. Assim, as empresas que produzem alguns produtos, especificados na lei da PNRS, devem viabilizar a coleta dos resíduos e a restituição dos resíduos sólidos após seus produtos terem chegado ao final de sua vida útil, recolhendo os mesmos para sua reciclagem ou outra destinação final ambientalmente adequada (DIAS, *et al*, 2017).

Entretanto, apesar de existir um importante instrumento de gerenciamento de REEE no Brasil, é fundamental conhecer o comportamento do consumidor em relação ao consumo e descarte, a fim de obter as informações necessárias para propor as melhorias adequadas no sistema e para verificar a situação atual da implementação do instrumento em locais específicos. Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivo coletar informações pertinentes a atitude do consumidor e alguns dados relacionados ao consumo e descarte de REEE por instituições empresariais no município de Gravataí/RS.

O estudo possibilitará conhecer como as empresas do município selecionado estão lidando com a problemática da geração de REEE em suas dependências e suas principais dificuldades no descarte após fim da vida útil do produto, servindo como base para propor algumas ações de melhorias para o descarte em face dos resultados obtidos das empresas respondentes.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Este trabalho tem por objetivo fazer um diagnóstico qualitativo e quantitativo relacionado ao tema dos REEE em empresas do município de Gravataí/RS.

### **2.2 Objetivos Específicos**

Como objetivos específicos, têm-se:

- Apresentar o perfil das empresas respondentes da pesquisa em relação ao ramo de atuação e ao porte;
- Verificar a existência de setores dedicados a gestão dos REEE nas empresas selecionadas e o conhecimento dos riscos associados aos REEE;
- Obter dados referentes a geração dos REEE nas empresas;
- Conhecer as formas usuais de descarte dos REEE;
- Verificar o conhecimento do conceito de LR;
- Identificar as principais dificuldades de destinação final dos REEE;
- Propor alternativas ao descarte dos REEE.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo contempla uma ampla revisão bibliográfica sobre o tema dos REEE para fornecer um suporte para o desenvolvimento da pesquisa. São apresentados inicialmente uma caracterização sobre os REEE, como definição, riscos associados, dados de geração e legislações envolvidas. Após, aborda a LR no âmbito nacional e a questão da reciclagem dos resíduos, finalizando com uma abordagem na questão sobre o comportamento do consumidor.

#### 3.1 Caracterização dos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE)

##### 3.1.1 Definição

Equipamentos Eletroeletrônicos (EEE), segundo a ABDI (AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, 2013), são todos aqueles produtos cujo funcionamento depende do uso de corrente elétrica ou de campos eletromagnéticos, podendo ser divididos em quatro categorias, conforme apresentado na Tabela 1.

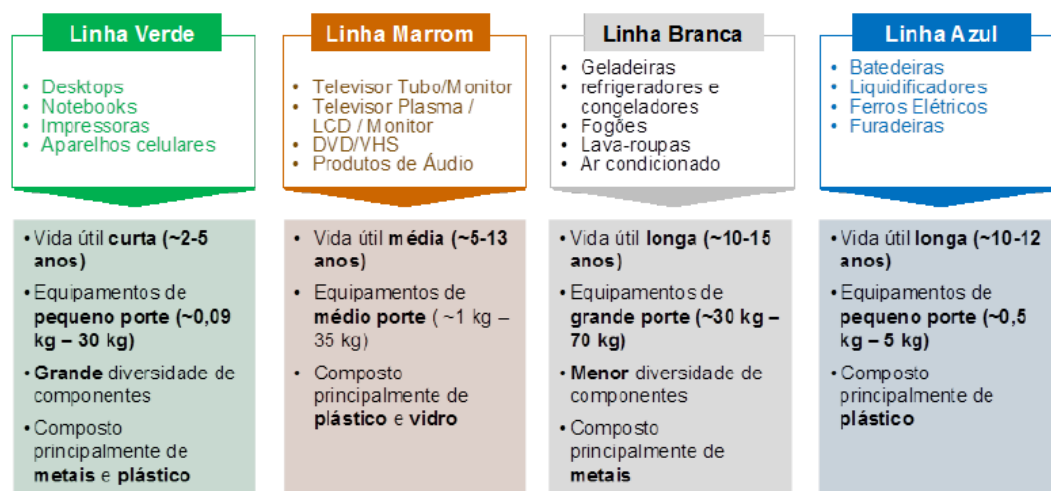
**Tabela 1:** REEE conforme a categoria.

<b>Categorias</b>	<b>Resíduos</b>
Linha Branca	Refrigeradores e congeladores, fogões, lavadoras de roupa e louça, secadoras, condicionadores de ar;
Linha Marrom	Monitores e televisores de tubo, plasma, LCD e LED, aparelhos de DVD e VHS, equipamentos de áudio, filmadoras;
Linha Azul	Batedeiras, liquidificadores, ferros elétricos, furadeiras, secadores de cabelo, espremedores de frutas, aspiradores de pó, cafeteiras;
Linha Verde	Computadores desktop e laptops, acessórios de informática, <i>tablets</i> e telefones celulares.

**Fonte:** (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2012).

EEE são desenvolvidos, vendidos e usados em uma taxa muito alta em todo mundo, acelerando seu ciclo de vida (DIAS, *et al*, 2017). A Figura 1 detalha as quatro categorias de linhas de produtos com informações sobre a estimativa de vida, porte do equipamento e composição.

**Figura 1:** Categorias de linhas de produtos com tempo de vida útil.

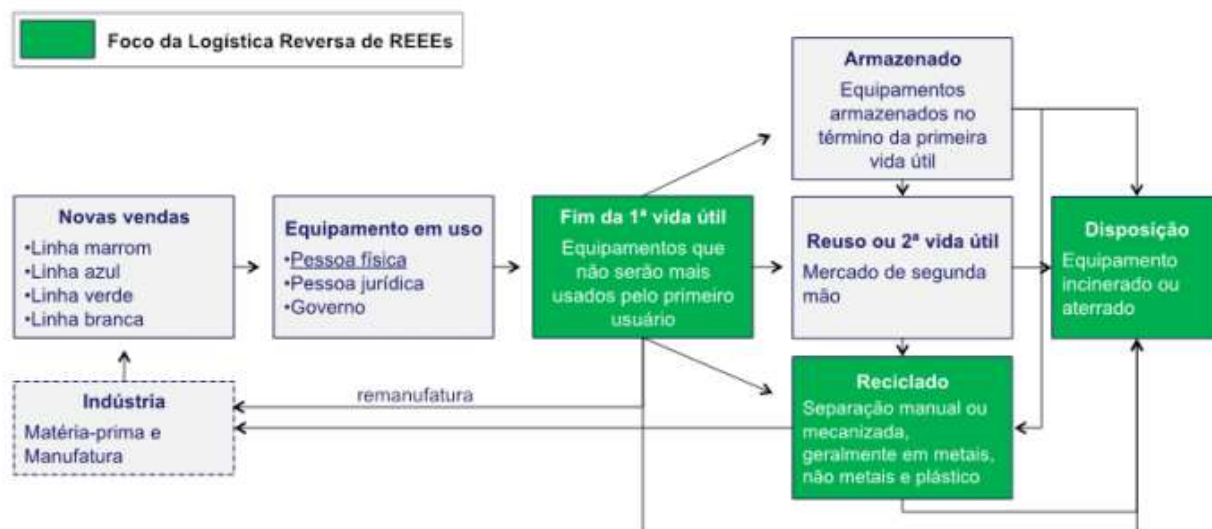


**Fonte:** (ABDI, 2013)

Quando os EEE chegam ao final da sua vida útil, esgotados todas as possibilidades de reparo, atualização ou reuso, tornam-se resíduos. Normalmente o custo relativamente elevado de reparação em relação a substituição do produto por um novo é um dos principais impedimentos para reparar produtos defeituosos (SABBAGHI, CADE e BEHDAD, 2016).

A definição para REEE que tem sido mais empregada no Brasil, é a presente na legislação européia, que os define como resíduos de equipamentos que são dependentes de correntes elétricas ou campos eletromagnéticos para funcionar corretamente, bem como os equipamentos para geração, transferência e medição dessas correntes e campos e, ainda, aqueles equipamentos projetados para o uso com uma tensão nominal não superior a 1.000 V para corrente alternada e 1.500 volts para corrente contínua (UNIÃO EUROPÉIA, 2003).

Para Kahhat *et al* (2008), os REEE são equipamentos eletroeletrônicos em fim de vida útil pois se tornaram obsoletos ou indesejáveis para um usuário. Contribuí para isto o fato de a tecnologia avançar rapidamente e as pessoas comprarem/substituírem seus dispositivos eletrônicos, como computadores, celulares, entre outros, mesmo muitas vezes não sendo necessário. A Figura 2 representa este processo envolvendo os EEE.

**Figura 2:** Ciclo de vida dos EEE.**Fonte:** (ABDI, 2013)

A constante inovação tecnológica desses diversos produtos podem apresentar vantagens e desvantagens. As vantagens associadas as melhorias está na diminuição do consumo de energia elétrica por estes equipamentos, melhoria da qualidade, aumento da capacidade de processamento ou produtividade e a redução dos preços destes equipamentos, que torna viável a aquisição por uma parcela maior da população. Já as desvantagens ficam por conta no aumento do consumo de recursos naturais do planeta e ciclo de vida curto que acaba aumentando a quantidade de geração de resíduos (PACHECO, 2013).

Com isso, nos últimos anos a quantidade de resíduos provenientes do descarte de equipamentos eletroeletrônicos aumentaram rapidamente, principalmente devido a modernização e o desenvolvimento tecnológico. Estes resíduos incluem telefones celulares, computadores, televisores, etc e sua composição depende basicamente do tipo e idade do equipamento, sendo em geral compostos por metais (40%), polímeros (30%) e cerâmicos (30%) (DIAS, *et al*, 2017).

### 3.1.2 Composição

Os REEE possuem uma ampla gama de componentes com as mais variadas substâncias químicas. Por exemplo, televisores e celulares possuem Placas de Circuito Impresso (PCI), monitores de tubos de raios catódicos (CRTs), monitores de cristal líquido (LCDs), baterias,

fiação e chips como componentes. Metais, polímeros, vidros e borrachas são os materiais mais encontrados neste componentes (YANG, *et al*, 2017).

Dispositivos eletrônicos modernos podem conter até 60 elementos químicos diferentes, incluindo materiais valiosos e perigosos. Os materiais mais complexos e valiosos são encontrados em placas de circuito impresso. As Placas de Circuito Impresso são uma plataforma para suportar componentes microeletrônicos, como chips e capacitores. A Tabela 2 apresenta a composição aproximada de 4 tipos diferentes de placas de circuitos impressos (XU, *et al*, 2015).

**Tabela 2:** Composição de 4 diferentes tipos de placas de circuitos impressos selecionadas, em massa (%), excluindo os materiais em quantidade muito pequena.

<b>Materiais</b>	<b>Placa 1</b>	<b>Placa 2</b>	<b>Placa 3</b>	<b>Placa 4</b>
Cobre	7	27	36	27
Ferro	12	2	10,7	2
Fibra de vidro e SiO <sub>2</sub>	24	15	13	15
Polímeros	23	5	7	5
Ferrite	5	0	3	0
Resina Epóxi	7	8	0	8
Resina Fenólica	0	0	6	0
Ouro	0,03	0,1	0	0,1
Bismuto	0,005	0,05	-	3,45
Cromo	0,002	0,1	-	0,1
Chumbo	0,3	3	0,2	0
Níquel	2,3	0,2	0,1	0,2
Prata	0,3	0,04	0	0,1
Estanho	0,3	3	0,2	2,5
Zinco	3	0,5	-	0,5
Alumínio	7	1	22	1

**Fonte:** Adaptado de (Xu, *et al*, 2015)

A ampla variedade de materiais encontrados nos REEE torna difícil estimar uma composição generalizada para todo o fluxo de resíduos. No entanto, a maioria dos estudos examina cinco diferentes tipos de materiais: metais ferrosos, metais não ferrosos, vidro, polímeros e outros materiais. O ferro e o aço são os materiais mais encontrados e estima-se que representam quase metade do peso total dos REEE, sendo seguidos pelos polímeros, que

representam aproximadamente 21 %. Já os metais não ferrosos, incluindo metais preciosos, representam aproximadamente 13 % dos REEE, com o cobre sendo cerca de 7 % . Já os vidros representam em torno de 5 % da massa (WIDMER, *et al*, 2005), sendo que alguns autores afirmam ter encontrado até 11 % de fração de vidro (WANG e XU, 2014).

Um estudo desenvolvido por Martinho *et al* (2012), mostrou que a maioria dos REEE contém 10-30% de polímeros, sendo que para pequenos REEE foi particularmente superior a 49,1 %, enquanto CPUs (*Central Processing Unit*) apresentam a menor proporção de plástico. Os polímeros de REEE podem incluir mais de 15 polímeros diferentes que dificultam o processo de reciclagem. No entanto, o principal problema do processo de reciclagem de polímeros é a presença de BFRs (Retardadores de Chama Bromados), o que pode desencadear poluições ambientais graves (WANG e XU, 2014).

Além disso, compõem a fração metálica dos REEE, metais preciosos como o ouro e a prata e metais de grande interesse econômico, como o cobre. Os computadores pessoais costumavam conter quase 4 g de ouro, que agora foram reduzidos para 1 g. Estes computadores antigos são também uma boa fonte de cobre, podendo conter em uma tonelada de resíduos, aproximadamente 0,2 toneladas de cobre. Os REEE, de uma maneira geral, possuem cerca de 17 vezes mais ouro e 40 vezes mais cobre do que o encontrado em minérios (IMRAN, *et al*, 2017).

Outro dado importante relativo a composição, é que para a produção destes EEE usa-se aproximadamente 100% do índio, 72% do rutênio, 50% de estanho, 44% do cobre, 34% de prata, e 22% do mercúrio extraído globalmente a cada ano (REUTER, *et al*, 2013).

Como visto, são utilizados uma ampla variedade de materiais na produção destes equipamentos, e muitos destes podem ser perigosos, o que pode causar problemas ambientais durante a fase de gestão de resíduos se não forem devidamente tratados ou adotados procedimentos corretos no processo de reciclagem, sendo desta forma importante conhecer os riscos relacionados aos REEE (CUI e FORSSBERG, 2003). De acordo com Townsend (2011), as questões que cercam o impacto e a gestão dos EEE vem recebendo atenção crescente nos últimos anos. Esta atenção é ocasionada pela crescente quantidade e variedade de EEE que a sociedade vem consumindo e a ocorrência de produtos químicos tóxicos em muitos componentes dos EEE que podem representar um risco para a saúde humana e ambiental, se forem gerenciados incorretamente.

### 3.1.3 Riscos relacionados aos REEE

Os principais métodos para destino final dos REEE incluem aterro, incineração e reciclagem, sendo que todos apresentam riscos consideráveis de contaminação. Em aterros, o lixiviado produzido pode transportar substâncias tóxicas para as águas subterrâneas e na incineração, a combustão, pode emitir gases tóxicos para a atmosfera. A reciclagem do resíduo eletroeletrônico pode também contribuir para emissão de substâncias perigosas ao meio ambiente (KIDDEE, NAIDU e WONG, 2013).

As substâncias tóxicas associadas com os REEE mais comumente relatados, incluem metais tóxicos tais como bário (Ba), berílio (Be), cádmio (Cd), cobalto (Co), cromo (Cr), cobre (Cu), ferro (Fe), chumbo (Pb), lítio (Li), lantânio (La), mercúrio (Hg), manganês (Mn), molibdênio (Mo), níquel (Ni), prata (Ag) e cromo hexavalente (Cr (6+)), além de poluentes orgânicos persistentes (POP), como dioxinas, retardadores de chama bromados (BFR), hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAHs), bifenilos policlorados (PCBs), dibenzo-polibromados p-dioxinas e dibenzofuranos policlorados (PBDD/ Fs), dibenzo-p-dioxinas policloradas e dibenzofuranos policlorados (PCDD/ F) e cloreto de polivinilo (PVC) (PUCKETT e SMITH, 2002).

O Quadro 1 apresenta algumas das substâncias tóxicas relevantes utilizadas nos EEEs e seus efeitos sobre a saúde. As formas de contato serão discutidas logo na sequência, com alguns estudos da literatura.

**Quadro 1:** Algumas substâncias tóxicas utilizadas nos EEEs e seus prejuízos sobre a saúde dos seres vivos.

<b>Elemento</b>	<b>Principais danos causados à saúde humana</b>
Alumínio	Alguns autores sugerem existir relação da contaminação crônica do alumínio como um dos fatores ambientais da ocorrência de mal de Alzheimer.
Bário	Provoca efeitos no coração, constrição dos vasos sanguíneos, elevação da pressão arterial e efeitos no sistema nervoso central.
Cádmio	Acumula-se nos rins, fígado, pulmões, pâncreas, testículos e coração; possui meia-vida de 30 anos nos rins; em intoxicação crônica pode gerar descalcificação óssea, lesão renal, enfisema pulmonar, além de efeitos teratogênicos (deformação fetal) e carcinogênicos (câncer).



Chumbo	É o mais tóxico dos elementos; acumula-se nos ossos, cabelos, unhas, cérebro, fígado e rins; em baixas concentrações causa dores de cabeça e anemia. Exerce ação tóxica na biossíntese do sangue, no sistema nervoso, no sistema renal e no fígado; constitui-se veneno cumulativo de intoxicações crônicas que provocam alterações gastrintestinais, neuromusculares e hematológicas, podendo levar à morte.
Cobre	Intoxicações com lesões no fígado.
Cromo	Armazena-se nos pulmões, pele, músculos e tecido adiposo, pode provocar anemia, alterações hepáticas e renais, além de câncer do pulmão.
Mercúrio	Atravessa facilmente as membranas celulares, sendo prontamente absorvido pelos pulmões. Possui propriedades de precipitação de proteínas (modifica as configurações das proteínas), sendo suficientemente grave para causar um colapso circulatório no paciente, levando à morte. É altamente tóxico ao homem, sendo que doses de 3g a 30g são fatais, apresentando efeito acumulativo e provocando lesões cerebrais, além de efeitos de envenenamento no sistema nervoso central e teratogênicos.
Níquel	Carcinogênico (atua diretamente na mutação genética).
Prata	10g na forma de Nitrato de Prata são letais ao homem.

**Fonte:** (HORNE e GERTSAKIS, 2006; ABDI, 2013)

Um estudo, realizado por Asante et al (2012), investigou a contaminação humana resultante da atividade de reciclagem de REEE em Gana, na África, e encontrou concentrações elevadas de Ferro (Fe), Antimônio (Sb) e Chumbo (Pb) na urina de trabalhadores envolvidos nesta reciclagem. O estudo avaliou a concentração destas substâncias na água local e não encontrou os mesmo níveis, concluindo que a exposição a estes metais pelos trabalhadores foi através do próprio processo de reciclagem, e não pela água consumida.

Basicamente, os riscos sobre a saúde humana originam-se de duas formas. A primeira é oriunda da contaminação do próprio meio-ambiente por substâncias tóxicas provenientes dos processos de reciclagem que resultam em subprodutos que podem entrar na cadeia alimentar e transferir assim para os seres humanos. Já a segunda forma, é proveniente do impacto direto

sobre os trabalhadores que atuam em áreas de reciclagem com a exposição ocupacional as substâncias tóxicas presentes nos EEE (KIDDEE, NAIDU e WONG, 2013).

Em outra pesquisa, empreendida por Fu *et al* (2013), foram coletadas amostras de grãos de arroz entre 2006 e 2010 em local de processamento de REEE na China para investigar a presença de Arsênio (As), Cádmio (Cd), Cobre (Cu) e Chumbo (Pb), concluindo que há uma estreita ligação entre os elevados teores de Pb, Cu e Cd encontrados em grãos de arroz em áreas de desmanche de EEE para áreas em que não há esta atividade. Isto, deve-se que uma vez depositado no solo, metais traços, teriam uma capacidade limitada de lixiviação, permanecendo nas camadas de média a baixa profundidade no solo, ficando então próximo as raízes de algumas plantas (CUI, *et al*, 2017), que podem através da fitoextração acumular metais (CHANDRA, YADAV e YADAV, 2017).

Além dos metais, os polímeros presentes nos REEE também podem apresentar riscos, pois contêm uma variedade de aditivos ricos em metal e halogênio, como por exemplo, pigmentos, estabilizadores, plastificantes e retardadores de chama, os quais proporcionam aos polímeros propriedades benéficas para suas aplicações, mas que a transformação química e a migração desses aditivos podem exercer um efeito nocivo sobre os seres humanos e sobre o meio ambiente (STENVALL, *et al*, 2013).

Assim, devido aos riscos de possível contaminação torna-se necessário criar meios adequados de produção, consumo e descarte para evitar a poluição, necessitando inclusive de legislações específicas sobre o tema (ROCHA, *et al*, 2009).

### **3.2 Legislação brasileira e mundial quanto ao descarte dos REEE**

Com a crescente produção, venda e descarte deste tipo de equipamento ao redor do mundo, cresceu também a atenção e quantidade de legislações a fim de regular e regulamentar esta área. Dessa forma, a coleta deste tipo de resíduo, em especial da geração doméstica, tem recebido grande atenção. Diversos países da Europa, Estados Unidos, Austrália, entre outros possuem legislações específicas relacionadas aos REEE (WANG, *et al*, 2016).

Na Austrália foram aprovados em 2009 a Política Nacional de Resíduos e em 2011 o Sistema Nacional de Reciclagem de Computadores e Televisores para melhorar os índices de reciclagem. Porém a gestão completa de REEE ainda não está devidamente implementada e está atrasada nas melhores práticas internacionais. (KUMAR, HOLUSZKO e ESPINOSA, 2017).

Na Europa, existe a Diretiva 2012/19/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de janeiro de 2003, revisada a partir da Diretiva 2002/96/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de janeiro de 2003, relativa as regras aplicadas aos REEE, que estabelece o enquadramento legal para o tratamento dos resíduos na União Europeia (UE). A Diretiva revisada tem como objetivo contribuir para uma produção e um consumo sustentáveis mediante, prioritariamente, a prevenção de REEE e, adicionalmente, através da reutilização, reciclagem e outras formas de valorização desses resíduos, de modo a reduzir a quantidade de resíduos e a contribuir para a utilização eficiente dos recursos e a recuperação de matérias-primas secundárias valiosas (PARLAMENTO EUROPEU E O CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA, 2012).

A nova Diretiva que entrou em vigor em 2012 para os Estados Membros, estabelece que se atinja anualmente uma taxa de recolhimento mínima, de 45% para os EEE vendidos que será aplicável a partir de 2016 e, numa segunda fase a partir de 2019, um objetivo de 65% para os equipamentos vendidos, ou de 85% dos REEE gerados (PARLAMENTO EUROPEU E O CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA, 2012).

Além disso, a União Europeia possui desde de 2006 a Diretiva 2002/95/EU, emitida pelo Parlamento e pelo Conselho da União Europeia, conhecida como RoHS (*Restrictions of the use of Certain Hazardous Substances*). Uma segunda versão, RoHS 2, Diretiva 2011/65/EU, foi publicada em 2011 e entrou em vigor em janeiro de 2013 (BRESCANSIN, 2014).

A presente diretiva estabelece regras em relação à restrição da utilização de substâncias perigosas em equipamentos eléctricos e eletrônicos (EEE), tendo em vista contribuir para a proteção da saúde humana e do ambiente, incluindo uma valorização e uma eliminação, ecologicamente corretas, dos resíduos de EEE. As substâncias sujeitas a restrição são: cádmio (Cd), mercúrio (Hg), cromo hexavalente (Cr(VI)), bifenilas polibromadas (PBBs), éteres difenil-polibromados (PBDEs) e chumbo (Pb) (PARLAMENTO EUROPEU E O CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA, 2011).

No Brasil, mesmo não existindo legislação similar à RoHS, observa-se que alguns fabricantes de computadores, aqui instalados, adotaram a RoHS para comercialização no mercado interno e para exportação (BRESCANSIN, 2014).

A Suíça é o país mais antigo do mundo, desde 1992, a estabelecer um sistema formal de gestão de REEE, e hoje é um país líder na coleta destes resíduos. Participam desta gestão todos os atores envolvidos, ou seja, consumidores, produtores/ fabricantes, distribuidores, PROs (Organizações de Responsabilidade do Produtor) e recicladores. Quando os produtos se tornam

obsoletos, os consumidores têm três meios para retornar os produtos usados: através de varejistas, pontos de coleta localizados em locais públicos ou através de instalações de reciclagem em si (DUYGAN e MEYLAN, 2015).

Os revendedores são obrigados a aceitar os itens devolvidos independentemente da marca e do tipo de produto. Os REEE coletados (além dos produtos obsoletos que estão em condições adequadas para reutilização) são então enviados para recicladores para uma separação manual e ou mecânica, incluindo processos de triagem, descontaminação, pré-processamento e trituração. Os recicladores têm um incentivo econômico para alcançar maior eficiência, uma vez que são pagos pelos produtores baseado na quantidade e qualidade das matérias-primas secundárias. Além disso, uma maior eficiência de reciclagem leva a uma menor massa de resíduos que deve ser enviada para aterros especiais ou incineração e menor despesa em relação aos altos impostos e taxas de disposição. A legislação em vigor é uma Portaria sobre o Retorno, a Recolocação e a Eliminação de EEE de junho de 2004 (KHETRIWAL, KRAEUCHI e WIDMER, 2009).

Já o Japão possui a Lei de Reciclagem de Eletrodomésticos (HARL) e a Lei de Reciclagem de Pequenos Eletrodomésticos para aumentar a taxa de reciclagem devido à falta de áreas de terra para usar como descarte de resíduos sólidos. As leis sobre REEE exigem que fabricantes e importadores enviem os produtos eletrônicos no fim de vida útil para a reciclagem. Especificamente, a "Lei de Reciclagem de Eletrodomésticos" japonesa, promulgada em 1998 e executada a partir de 2001, obriga os produtores ou importadores a reciclar quatro tipos de lixo eletrônico doméstico: televisores, geladeiras, máquinas de lavar e aparelhos de ar condicionado. Além disso, os consumidores têm de pagar uma taxa de fim de vida que cobre parte das despesas de reciclagem e de transporte (KAHHAT, *et al*, 2008).

O Quadro 2 apresenta alguns exemplos de legislação de REEE aplicada por diferentes países.

**Quadro 2:** A legislação de REEE em diferentes países.

<b>País</b>	<b>Regulamentação/ Legislação</b>	<b>Data de Execução</b>	<b>Responsabilidade</b>
Suíça	Portaria sobre o Retorno, a Recolocação e a Eliminação de EEE	1998/ 2004	Fabricante/ Importador
Dinamarca	Ordem Estatutária do Ministério do Meio Ambiente e Energia nº 1067	1999	Governo Local
Bélgica	Acordos de Política Ambiental sobre a obrigação de retirada de resíduos de EEE	2001	Fabricante/ Importador

Japão	Lei específica de reciclagem de eletrodomésticos Lei para Promoção da Utilização Efetiva de Recursos	Promulgada em 1998, aplicada em abril de 2000	Fabricante/ Varejista
China	Medidas administrativas sobre a poluição do controle causada por produtos de informação eletrônica	Adotada em 2006 e entrou em vigor em 2007	Fabricante
Índia	Regras de Gestão de Resíduos e Perigosos	2008	Ministério do Meio Ambiente e da Floresta (MOEF)

**Fonte:** Adaptado de Afroz et al (2003).

No Brasil, existe a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que dispõe sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis. Estão sujeitas à observância desta Lei as pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, responsáveis, direta ou indiretamente, pela geração de resíduos sólidos e as que desenvolvam ações relacionadas à gestão integrada ou ao gerenciamento de resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

A Lei 12.305/10 estabelece as responsabilidades e determina que são obrigados a implementar um sistema de LR, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de pilhas e baterias, lâmpadas fluorescentes, produtos eletrônicos e seus componentes (BRASIL, 2010).

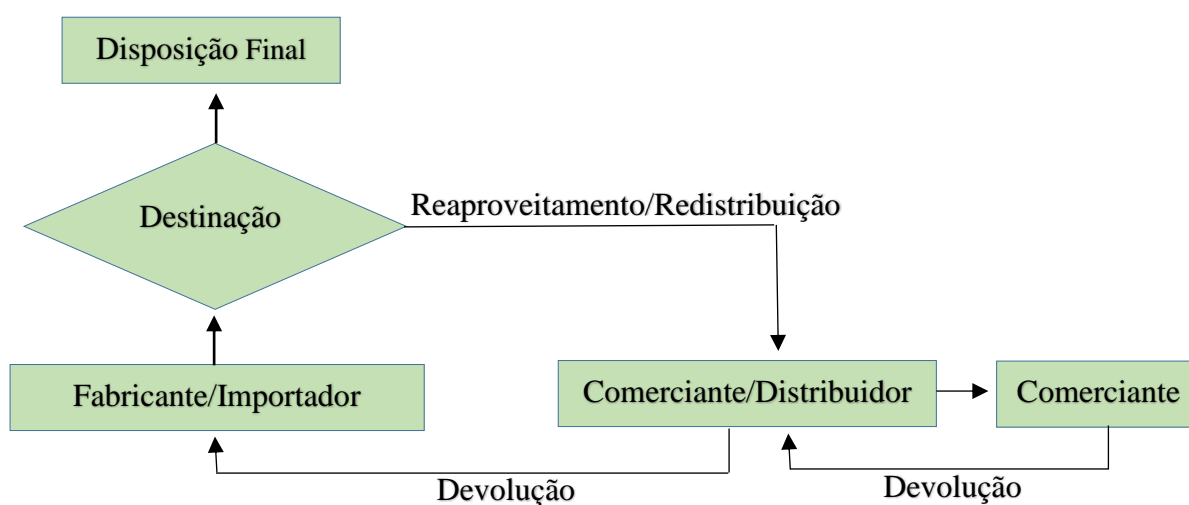
Os países que já implementaram algum tipo de gerenciamento de REEE, realizaram isso com base em um sistema logístico reverso ou uma Responsabilidade Ampliada do Produtor (EPR). O EPR transfere a responsabilidade de gerenciar os resíduos dos municípios para as indústrias e tem como instrumentos de política diferentes tipos de taxas e impostos sobre os produtos (OLIVEIRA, BERNARDES e GERBASE, 2012). O EPR é amplamente praticado em países desenvolvidos, como Japão, Coreia e países membros da União Europeia (BORTHAKUR e GOVINDB, 2017).

### 3.3 Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos

Um significativo avanço na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) brasileira é a LR, pelo meio da qual materiais recicláveis de um produto eletrônico em fim de vida útil,

descartado pelo consumidor, poderão retornar ao setor produtivo na forma de matéria-prima. A LR caracteriza instrumento de desenvolvimento econômico e social por meio do qual as empresas que produzem alguns produtos, especificados na lei da PNRS, devem viabilizar a coleta dos resíduos, ao final de sua vida útil, recolhendo o mesmos para sua reciclagem ou outra destinação final ambientalmente adequada (ABDI, 2013). A Figura 3 ilustra este processo de devolução.

**Figura 3:** Fluxo da Logística Reversa.



**Fonte:** (OLIVEIRA, 2016).

Porém, a implementação da LR exigida na PNRS é considerada um desafio, devido aspectos tais como: investimentos em estrutura física para os consumidores devolverem seus produtos; alterações em processos das empresas; mudanças no comportamento do consumidor relacionados ao descarte e criação de incentivos em termos de impostos do governo para empresas (GUARNIERI, SILVA e LEVINO, 2016).

Já os principais benefícios relacionados com a LR são: a geração de renda; formalização das áreas de coleta e triagem e redução na quantidade de materiais dispostos em aterros. Além disso, a LR é importante para ampliar a vida dos materiais usados para fabricar os EEE, colaborando assim para reduzir os impactos ambientais das operações industriais e auxiliar na resolução de problemas de escassez de matérias-primas (CAIADO, *et al*, 2017).

Com relação aos diferentes modelos de LR, estes podem ser adotados em duas dimensões: modelo de competição e responsabilidade. No primeiro modelo, o grau de competição à caracteriza, podendo ser monopolista, em que uma organização tem o controle da coleta, reciclagem e disposição, e competitivo, onde não há o controle do sistema por um grande

ator, mas sim várias organizações atuando de forma competitiva. Já no segundo modelo, existe a determinação do responsável pela gestão da reciclagem e disposição dos resíduos, tendo como alternativas: responsabilidade do fabricante, em que o fabricante é responsável por todo o processo; a responsabilidade compartilhada, em que mais de um ator é responsável e a responsabilidade do governo, em que o governo é o responsável por todo o processo de reciclagem e disposição de resíduos (ABDI, 2013).

### 3.4 Geração de REEE no mundo e no Brasil

A quantidade de REEE tem aumentado exponencialmente, como resultado de avanços na tecnologia de materiais, processos de fabricação, a penetração rápida no mercado e obsolescência programada (TANSEL, 2016). Estima-se que mundialmente em 2014, foram gerados cerca de 41,8 milhões de toneladas de REEE com uma projeção para aumentar para 50 milhões de toneladas em 2018 (BALDÉ, *et al*, 2015).

A geração de resíduo eletroeletrônico é uma preocupação em todo o mundo e está mais concentrado em regiões onde o desenvolvimento econômico é maior, conforme listado na Tabela 3, que apresenta a quantidade gerada por continentes e por habitantes (BALDÉ, *et al*, 2015). O fato que regiões com melhor desenvolvimento econômico geram mais REEE é comprovado no estudo de Kumar, Holuszko e Espinosa (2017), o qual afirma que não há correlação ou tendência significativa entre a população e a quantidade de lixo eletrônico produzido pelo país mas sim pelo tamanho do PIB (Produto Interno Bruto) do país, que quanto mais elevado, maior a geração, sugerindo que a quantidade de lixo eletrônico gerada por cada habitante aumenta com o aumento de sua riqueza individual, portanto, pelo poder de compra.

**Tabela 3:** Total de resíduo eletroeletrônico gerado em 2014 no mundo.

Continente	Montante (milhões de toneladas)	Quantidade (kg/ hab.)
África	1,9	1,7
América (sul e norte)	11,7	12,2
Ásia	16,0	3,7
Europa	11,6	15,6
Oceania (Austrália)	0,6	15,2

**Fonte:** Adaptado de BALDÉ et al (2015).

Considerando apenas a América Latina, o Brasil gerou no ano de 2014 em torno de 1,4 milhões de toneladas, seguido de longe na lista por México (958 mil toneladas), Argentina (292), Colômbia (252), Venezuela (233), Chile (176) e Peru (147), crescendo até 2018 a uma taxa de 5 a 7 % anual, segundo o relatório do Instituto para o Estudo Avançado da Sustentabilidade da Universidade das Nações Unidas (2015).

### **3.5 Gestão e Reciclagem de REEE**

Apesar dos REEE possuírem consequências socioambientais e muitos riscos relacionados, também podem gerar resultados econômico, pois possuem muitos materiais valiosos, gerando oportunidades no mercado da reciclagem, principalmente os metais preciosos, como o ouro, a prata ou o paládio (SANTOS, 2012).

A gestão eficiente dos REEE requer uma infraestrutura muito parecida a qualquer outro tipo de resíduo sólido. Os três principais problemas para o gerenciamento eficiente de resíduos são a infraestrutura de coleta, a indústria de reciclagem e as atividades de apoio, como sistemas de conscientização, monitoramento e relatórios. A coleta e o transporte representam custos significativos no processo de reciclagem. Se forem considerados os gastos em campanhas de conscientização da população, os custos tendem a serem ainda maiores. Assim, a otimização do processo de coleta, bem como formas eficientes de comunicação para os usuários de programas de reciclagem existentes, são importantes para a eficiência do processo de reciclagem (TANSKANEN, 2013).

Melhorar a conscientização pública relacionada à reciclagem de REEE é um fator importante para obter boas taxas de coleta, através do fornecimento de informações atualizadas e aumento da publicidade sobre as práticas de reciclagem prevalecentes (YLÄ-MELLA, KEISKI e PONGRÁCZ, 2015).

O gerenciamento de dispositivos de pequeno porte, como os telefones celulares, deve ser feito através do estabelecimento de acordos com a indústria, boas políticas governamentais, publicidade efetiva para conscientização pública, incentivos econômicos e instalação de pontos de coleta em locais públicos, como centros comerciais. Os incentivos econômicos podem incluir o fornecimento de serviços de coleta “gratuitos”, incluindo o transporte de equipamentos para centros de coleta ou reciclagem (TESFAYE, *et al*, 2017).



Especificamente em relação as técnicas de reciclagem, o foco normalmente está voltado para os metais. As tecnologias de reciclagem de metais já são bastante desenvolvidas e eficientes, entretanto a tecnologia de reciclagem de sucata eletrônica e recuperação de metais de fontes de matérias primas secundárias, tem um histórico mais recente. Os produtos eletrônicos são complexos, contendo uma variedade enorme de diferentes materiais, que são altamente integrados uns aos outros e estão presentes em quantidades pequenas. Isto torna a separação dos diversos tipos de materiais no processo de reciclagem bastante difícil (TANSKANEN, 2013).

Do ponto de vista econômico, os metais representam uma parte significativa dos REEE em valor recuperado. Isto deve-se devido as opções limitadas para recuperar vidros e polímeros, sendo muitas vezes somente o metal recuperado. Os metais preciosos estão concentrados principalmente nas placas de circuito impresso, o que já se transformou inclusive em commodities comercial, contendo cerca de 40% de valor de recuperação do metal em apenas 4% do peso do resíduo (GOLEV e CORDER, 2016).

Os REEE são um segmento de resíduos urbanos que mais cresce no mundo e o mercado global de gerenciamento de REEE deverá atingir US \$ 49,4 bilhões em 2020, com taxa de crescimento anual composta (CAGR) de 23,5% (2014-2020). Os REEE contém muitos materiais valiosos e recuperáveis, como alumínio, metais ferrosos, cobre, ouro e prata. A fim de conservar os recursos naturais e a energia necessária para produzir novos equipamentos, o equipamento eletrônico deve ser remodelado, reutilizado e reciclado sempre que possível (ARI, 2016).

Os equipamentos eletrônicos são compostos por vários componentes que são normalmente separados durante desmantelamento inicial e podem entrar em diferentes fluxos de reciclagem dependendo do seu valor potencial, como por exemplo as placas de circuito impresso e discos rígidos de computadores, que contém materiais valiosos, como ouro, índio e gálio, são cuidadosamente manuseados antes da reciclagem (FOWLER, 2017).

Existem resumidamente duas etapas comumente usadas na reciclagem ao redor do mundo, sendo uma o pré-processamento, que inclui desmontagem, separação mecânica, trituração e a segunda etapa que é o processamento final que pode incluir hidrometalurgia, pirometalurgia e eletrometalurgia (KUMAR, HOLUSZKO e ESPINOSA, 2017).

No pré-processamento, ocorre geralmente a desmontagem manual de dispositivos eletrônicos, remoção de materiais perigosos e separação de vários materiais, como metais, vidro e polímeros. Já o material restante que não pode ser separado manualmente é enviado para

trituração e em seguida, a separação de metais de polímeros e vidro é conseguida usando processos como a separação magnética e gravitacional. O processamento final envolve processos para recuperar metais valiosos a partir do concentrado obtido após o pré-processamento e principalmente utilizados para recuperar e purificar cobre, ouro, prata e paládio (NAMIAS, 2013).

Assim, o principal apelo econômico para reciclagem de REEE é a recuperação de metais preciosos, os quais normalmente envolvem processamento hidrometalúrgico, pirometalúrgico e eletrometalúrgico (CUI e ZHANG, 2008). Desta forma, uma breve revisão destas rotas será realizada na sequência deste trabalho, assim como uma breve descrição da reciclagem de polímeros e vidros.

### **3.5.1 Pirometalurgia**

O processamento por pirometalurgia é um método tradicional para recuperar metais não ferrosos de REEE. No processo, os resíduos são colocados em um forno ou em um banho fundido para remover os polímeros enquanto que os óxidos refratários formam uma fase de escória junto com alguns óxidos metálicos (CUI e ZHANG, 2008).

Um exemplo de processamento pirometalúrgico é a rota para o Cobre, onde na prática os materiais entram em um reator imerso em um banho de metal fundido (1250 °C), que é agitado por uma mistura de ar sobrealimentado (até 39 % de oxigênio). O resultado da zona de oxidação agitada converte impurezas, incluindo ferro, chumbo e zinco em óxidos que se fixam em uma escória à base de sílica. A escória é arrefecida e moída para recuperar mais metais antes da eliminação. O mate de cobre contendo metais preciosos é removido e transferido para os conversores. Após o processamento nos conversores, o cobre é refinado em fornos anódicos e fundido em ânodos com pureza de 99,1%. O restante 0,9% contém os metais preciosos, incluindo ouro, prata, platina e paládio, juntamente com outros metais recuperáveis, como selênio, telúrio e níquel. Posteriormente, um eletrorefino dos ânodos recupera esses metais comercializáveis (CUI e ZHANG, 2008).

### **3.5.2 Hidrometalurgia**

Comparando com o processamento pirometalúrgico, o método hidrometalúrgico é mais fácil de ser controlado, mais exato e previsível. Por isso, nos últimos anos, esta é a técnica com

pesquisas mais ativas na recuperação de metais preciosos de restos eletrônicos. A pirometalurgia é mais limitada na sua aplicação, porque o conteúdo do forno deve ser essencialmente fluído para que as impurezas flutuem na superfície e o produto metálico possa ser vertido. A hidrometalurgia não faz tais demandas. (WANG e WAI, 2005; ANDREWS, RAYCHAUDHURIB e FRIAS, 2000).

Os processos hidrometalúrgicos consistem em uma série de lixiviações ácidas ou cáusticas do material sólido. Após, as soluções são então submetidas a procedimentos de separação e purificação tais como precipitação de impurezas, extração por solvente, adsorção e troca iônica para isolar e concentrar os metais de interesse. Na sequência, as soluções podem ser tratadas por processos de eletro-obtenção, redução química ou cristalização para recuperação de metal (SUM, 1991).

### **3.5.3 Reciclagem de polímeros**

Nos últimos anos, várias técnicas de processamento foram desenvolvidas e empregadas na reciclagem de polímeros de REEE, com ênfase para melhorar a qualidade dos produtos obtidos a partir destes resíduos. Os métodos de disposição dos polímeros podem ser categorizados em quatro opções: aterro, incineração (recuperação de energia), reciclagem mecânica e recuperação química. A eliminação de resíduos polímeros em aterros vem se tornando indesejável. É preferível as outras três opções (MA, *et al*, 2016).

A recuperação energética dos polímeros por incineração é uma opção ecoeficiente. No entanto, a queima incompleta deste material pode resultar em danos ambientais e de saúde através da liberação de produtos químicos perigosos, incluindo dioxinas e gases ácidos. Já a reciclagem mecânica tem sido amplamente utilizada para reprocessar polímeros de REEE para formar novos produtos similares sem alterar as propriedades inerentes (MA, *et al*, 2016).

A reciclagem química tem como objetivo converter polímeros de REEE em combustíveis ou matérias-primas para refinarias. É uma tecnologia economicamente viável e ambientalmente amigável para o tratamento de polímeros, embora bastante complexa, que inclui técnicas como a pirólise, tratamento hidrotermal e pirólise catalítica (MA, *et al*, 2016).

### 3.5.4 Reciclagem de vidros

Existem basicamente dois tipos de vidros presentes nos REEE, sendo o vidro usado nos monitores/televisores do tipo CRT (*Cathodic Ray Tube*) e o vidro usado nos LCD (*Liquid Cristal Display*). O principal problema para a reciclagem de vidro dos CRT é a presença de chumbo em sua composição. O vidro dos LCD não contém chumbo, mas sim uma camada superficial de óxido de índio e estanho, que ao contrário do CRT, estimulam a reciclagem. Os CRTs já foram amplamente empregados na fabricação de televisores e telas de monitores de computadores mais antigos, sendo mais tarde substituídos por novas tecnologias, como o LCD (WANG e XU, 2014).

A reciclagem do vidro CRT pode ser em circuito fechado, para fabricação de novos vidros CRT, ou em circuito aberto, para novos produtos, como espuma de vidro. Porém, com o desenvolvimento de novas tecnologias, como o LCD, tem sido muito reduzido a produção de TVs com uso de vidro CRT, assim a abordagem de ciclo aberto tem sido mais interessante (CHEN, ZHANG e ZHU, 2009).

## 3.6 Comportamento dos consumidores em relação ao descarte EEE

O comportamento do consumidor é um fator chave a ser considerado. O avanço acelerado de novas tecnologias no mercado de EEE significa que cada vez mais os consumidores adquirem novos produtos, reduzindo o tempo de uso dos produtos substituídos. A disponibilidade de novos produtos permite que os consumidores considerem menos a reparação ou reutilização dos antigos equipamentos, mesmo que embora a vontade pública de reparar esteja em alta, algumas barreiras ainda desencorajam os consumidores de consertar seus EEE estragados (BOVEA, BELIS e BELTRÁN, 2017).

Os principais motivos que desencorajam os consumidores a buscar o conserto/reparação vão desde a indisponibilidade de peças de substituição, indisponibilidade de ferramentas de reparo necessárias, reparos demorados, processos complexos de reparo, indisponibilidade de manuais de reparação e principalmente o custo, que muitas vezes é igual ou até maior que um equipamento novo (SABBAGHI, *et al*, 2016).

Analisar a geração e descarte de REEE, nos âmbitos locais, é de grande importância para o planejamento e implementação da LR, assim como para formular sistemas de gestão eficazes, que minimizem os prejuízos ambientais e socioeconômicos decorrentes do descarte,

tratamento e disposição final inadequados. As principais fontes de geração de REEE são basicamente duas: institucional e domiciliar, com fluxos diferentes. Os REEE provenientes de instituições públicas ou privadas, incluindo empresas de diversas áreas compreendem o fluxo institucional, enquanto que a geração domiciliar corresponde aos REEE gerados nas residências, no âmbito do domicílio (RODRIGUES, GUNTHER e BOSCOV, 2015).

### **3.7 Sistemas depósito-reembolso**

Os sistemas de depósito-reembolso, têm sido reconhecidos como uma maneira eficiente de retirar produtos usados após sua vida útil, constituindo-se de um instrumento econômico utilizado para proteção ambiental. O sistema consiste num depósito que deve ser realizado pelos consumidores de produtos potencialmente poluidores no ato de sua aquisição e que recebem reembolsos quando devolvem os produtos usados num posto de recebimento ou reaproveitamento. Tais sistemas têm sido comumente usados na promoção do retorno e reutilização de embalagens de produtos e recipientes, como por exemplo, latas de alumínio e garrafas de vidro (NUMATA, 2016).

Os sistemas de depósito-reembolso podem ser usados pelos reguladores como uma ferramenta política eficaz em uma ampla gama de indústrias. Porém, existe uma preocupação com o impacto do depósito no preço de varejo e uma possível diminuição nas vendas (WOJANOWSKI, VERTER e BOYACI, 2007). Dessa forma, a aplicação no mundo real de um sistema de depósito-reembolso, embora recomendado por vários estudos, não se tornou popular.

Historicamente, sistemas de depósito-reembolso começaram voluntariamente, em que a produção com matéria prima era maior que a soma do custo da coleta e da reciclagem. Porém, o custo de produção está se tornando menor que a soma do custo de coleta e reciclagem. Assim, o sistema de depósito-reembolso voluntário está declinando e tem sido feitas tentativas de introduzir um sistema obrigatório (NUMATA, 2009).

Os principais impactos negativos destes tipos de sistemas está na diminuição das vendas devido a adição de preços, do aumento no custo de coleta, pois aumentará o volume retornado de produtos e do enorme custo inicial para estabelecer o sistema de coleta. Porém, algumas políticas podem ser adotadas para mitigar os impactos negativos, como os varejistas estarem autorizados a manter os depósitos não resgatados como lucros e o governo paga comissões aos varejistas em proporção ao volume coletado (NUMATA, 2009).

## 4 MATERIAIS, MÉTODOS E PROCEDIMENTOS

Neste capítulo apresenta-se os métodos e procedimentos utilizados no desenvolvimento da pesquisa. Os elementos da caracterização da pesquisa com a sequência metodológica adotada são relatados inicialmente. Em seguida, descreve-se o local de condução da pesquisa, com a identificação das fontes de informações a serem estudadas. Após, são listados os métodos e ferramentas utilizadas para obtenção dos dados e no tratamento das informações.

### 4.1 Caracterização da pesquisa

Para investigar a percepção de atitudes dos consumidores em relação ao gerenciamento dos REEE, um levantamento específico foi elaborado para obter um panorama de informações e das práticas mais usuais do setor empresarial do Município de Gravataí/RS, tendo como suporte para elaboração do levantamento, à consulta em livros, periódicos, teses, dissertações e de legislações disponível sobre REEE no Brasil.

A metodologia utilizada neste trabalho é baseada em pesquisa descritiva qualitativa, que segundo Gil (2002), têm como objetivo a descrição das características de determinada população ou fenômeno e uma das suas características mais importantes está na utilização de técnicas padronizadas de coletas de dados, tais como questionários e a observação sistemática.

A metodologia foi desenvolvida de forma a utilizar os melhores conhecimentos consolidados sobre o tema, minimizando retrabalho e permitindo atender os prazos para conclusão do presente estudo. A metodologia utilizada foi estruturada em cinco etapas, como pode ser visualizado na Figura 4.

**Figura 4:** Metodologia adota na pesquisa.



A primeira etapa teve como objetivo entender o contexto dos REEE através de estudo baseado nas publicações na área. Por meio de uma exploração aberta das informações disponíveis foi possível aprender sobre os REEE e ter as bases para entendimento necessário para a proposição das questões.

Na segunda etapa, a partir da organização das informações levantadas, foi possível identificar com clareza os principais pontos a serem abordados na elaboração do questionário e qual a forma que seria adotada na divulgação da pesquisa, adotando-se, assim, o uso de meios eletrônicos.

Na terceira fase, o trabalho consistiu em procurar endereços eletrônicos de empresas que pudessem responder o questionário. Inicialmente usou-se mecanismos de buscas do Google, procurando empresas pelo ramo e acessando suas respectivas páginas para encontrar endereços eletrônicos. Posteriormente, o Órgão Municipal de Gestão, disponibilizou no seu sítio eletrônico uma aba denominada Auto Atendimento, em que era possível acessar publicamente o cadastro de empresas ativas no município com alguns respectivos dados, incluindo o endereço eletrônico. Paralelamente, selecionou-se algumas empresas de médio e grande porte em relação ao número de funcionários com base no conhecimento prévio das empresas instaladas no município.

Posteriormente, depois de coletados os endereços eletrônicos e selecionadas outras 10 empresas, a quarta etapa, consistiu em enviar um link com o endereço do formulário para os respondentes e entrado em contato diretamente com algum responsável para responder pessoalmente o formulário e coletar imagens das formas de armazenamento dos REEE.

Por fim, a quinta etapa, em que os dados e informações coletados foram todos eles transferidos para o *software Excel* 2013 que possibilitou trabalhar de forma a desenvolver ferramentas de visualização mais atrativas.

#### **4.2 Abrangência Geográfica da pesquisa**

A pesquisa foi conduzida no Município de Gravataí/RS, localizado na Região Metropolitana de Porto Alegre/ RS, que tem uma população estimada de 275.141 habitantes (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA , 2017). A escolha pelo município se deu ao fato que a dinâmica atual atuante em Gravataí resultaram em formas urbano-industriais diferenciadas, sendo um importante polo atrativo para a atividade industrial e que representou em 2014 o terceiro maior PIB do Rio Grande do Sul, existindo dessa forma muitas empresas no município (MARASCHIN, *et al*, 2014; FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA, 2017).

No que se refere ao município de Gravataí, sua incorporação à RMPA (Região Metropolitana de Porto Alegre) e criação de seu distrito industrial nos anos 1970 promoveram

grande mudança de seu perfil, de agrícola para industrial. A partir da segunda metade da década de 1990, consolidou-se a atividade industrial no município, sobretudo após a instalação da GM (General Motors). Este movimento de deslocamento do interesse industrial da capital para Gravataí se deu como fenômeno de absorção do excedente e pela condição locacional privilegiada de Gravataí (MARASCHIN, *et al*, 2014).

### **4.3 Seleção da amostra de estudo**

A seleção da amostra de estudo partiu da premissa que as duas principais origens de geração de REEE são: institucional e domiciliar. O fluxo institucional compreende os REEE provenientes de instituições públicas ou privadas, incluindo empresas de diversas áreas, enquanto que o fluxo domiciliar corresponde aos REEE gerados nas residências, no âmbito do domicílio.

Dessa forma, a amostra selecionada para atender aos objetivos deste estudo foram as instituições privadas e públicas do município, com inscrição no Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas (CNPJ) e que estavam devidamente cadastradas na prefeitura do município para fins tributários. Assim, os participantes foram identificados através de um cadastro existente no sítio eletrônico do órgão de gestão municipal, aberto ao público. Os convites para responder a pesquisa foram enviados por e-mail para todas as empresas que estavam cadastradas como ativas no cadastro municipal e que possuíam o endereço eletrônico.

Os e-mails enviados para as empresas respondentes eram personalizados, com um breve texto, detalhando do que se tratava a pesquisa e um agradecimento pela colaboração. Foram, no total, enviados para 4.156 empresas, obtendo um total de 49 respostas, aproximadamente 1% do total de e-mails enviados. Existem cadastradas 43.867 empresas ativas com mais de 20 segmentos de atuação (PREFEITURA MUNICIPAL DE GRAVATAÍ, 2017).

Além disso, foram selecionadas 10 empresas do município de médio e grande porte em relação ao número de funcionários com base no conhecimento prévio das empresas atuantes no município, de setores diversos, exceto do setor de serviços, totalizando 59 respostas obtidas. Esta etapa foi realizada com o objetivo obter respostas de empresas de médio e grande porte, que inicialmente não haviam respondido o formulário eletrônico, e para verificar as formas de armazenamento dos REEE.

Com relação a baixa porcentagem de respostas em relação ao número de e-mails enviados, pode estar relacionados a fatores como, endereços eletrônicos não cadastrados



corretamente e que retornaram a caixa de entrada, à empresas que usam endereços de escritórios de contabilidade, ao fato de não conferirem seus e-mails frequentemente, de desinteresse na pesquisa e por usarem e-mails de setores como compras ou vendas, o que acaba não sendo repassado para algum encarregado que responderia a pesquisa.

#### **4.4 Ferramenta de coleta de informações**

Como ferramenta de pesquisa, foi adotado um questionário estruturado eletrônico, elaborado com 16 questões objetivas de múltiplas escolhas definidas com foco a fazer um levantamento de informações e dados sobre REEE no município. Foram elaboradas questões pertinentes a área de interesse, sendo divididas em duas seções, no qual ao responder que a empresa já havia gerado algum tipo de resíduo eletroeletrônico, caso a resposta fosse “sim”, surgiriam outras questões a serem respondidas, do contrário, se a resposta fosse não, o formulário era encerrado e as respostas eram salvas.

O questionário estruturado foi elaborado em sua maioria com perguntas fechadas. Ou seja, são utilizadas perguntas nas quais as respostas são alternativas já especificadas pelo escopo da questão. A decisão por este tipo de questionário foi pela facilidade de organizar os dados apurados.

A ferramenta utilizada para elaborar o questionário foi o aplicativo Google Forms fornecido gratuitamente pela empresa Google, em que os e-mails enviados continham um link para o formulário. A pesquisa se desenvolveu entre os meses de janeiro e agosto de 2017.

Paralelamente, as 10 empresas selecionadas pelo porte e ramo de atuação, foram entradas em contatos via telefone e agendando uma data para um responsável pessoalmente responder a pesquisa e coletar imagens do armazenamento dos REEE. As empresas que prestaram informações serão mantidas com seus nomes comerciais e demais dados em sigilo, conforme acordado com os responsáveis.

#### **4.5 Estruturação da ferramenta de pesquisa**

Ao considerar as informações obtidas na revisão da literatura, foi elaborado um conjunto de questões específicas direcionadas ao setor empresarial do município de Gravataí/RS. A seguir, algumas figuras demonstram de forma resumida a formatação das perguntas elaboradas

e disponibilizadas aos respondentes. As perguntas elaboradas podem ser agrupadas em conjuntos específicos de informações, sendo dividido nos seguintes grupos:

#### 4.5.1 Perfil das empresas

Este conjunto de perguntas permite identificar a qual ramo de atividade a empresa pertence e o porte da empresa de acordo com o número de funcionários relacionadas com o segmento de atuação, entre comércio e serviços e indústria, com o objetivo de verificar se os respondentes estão de acordo com o perfil empresarial do município. Foram disponibilizadas as seguintes opções de ramo de atuação:

- Comercial (Restaurante, supermercado, atacado, ferragem, loja de roupas, veículos, posto de combustível, farmácia, etc.);
- Prestação de serviços (Lavandaria, consultoria, oficina mecânica, transporte, lazer, etc.);
- Indústria Metal-Mecânica;
- Indústria Gráfica;
- Indústria Calçadista;
- Indústria Siderúrgica;
- Indústria Moveleira;
- Outros;

Quanto ao porte da empresa em relação ao número de funcionários, foram divididos as opções em até 09 funcionários, de 10 a 49 funcionários, de 50 a 99 funcionários e mais que 99 funcionários. Essa divisão se deu ao fato que normalmente as empresas, em consulta na literatura, são divididas nestes grupos de porte. A Figura 5 ilustra a pergunta elaborada.

**Figura 5:** Porte da empresa em relação ao número de funcionários e setor de atuação.

2. Qual o porte da sua empresa?		
	Comércio e serviços	Indústria
Até 9 funcionários	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10-49 funcionários	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
50-99 funcionários	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mais que 99 funcionários	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

#### 4.5.2 Gestão dos REEE

Foi indagado também aos respondentes quanto ao conhecimento dos riscos relacionados aos REEE, se existe algum departamento/setor encarregado pela gestão ambiental da empresa de acordo com o seu porte (Figura 6) e se a empresa já gerou algum tipo de resíduo eletroeletrônico, como celulares, TV, computadores, impressoras. A colocação de exemplos na pergunta ocorreu pois inicialmente sem exemplos, os respondentes sempre respondiam que não geravam REEE em suas dependências. Após a mudança da pergunta, os resultados passaram a demonstrar que muitas empresas afirmaram gerar REEE. Assim, os resultados anteriores antes da mudança da pergunta foram descartados e foi iniciada uma nova coleta de dados.

**Figura 6:** Questionamento sobre a existência de setor encarregado pela gestão ambiental na empresa.

4. Existe algum setor/departamento/encarregado pela gestão ambiental da empresa de acordo com o seu porte?		
	Sim	Não
Até 9 funcionários	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10-49 funcionários	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
50-99 funcionários	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mais que 99 funcionários	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

#### 4.5.3 Geração de REEE

Este grupo de questões permite avaliar quais os principais equipamentos eletrônicos que as empresas utilizam, respectivas quantidades e quais os principais resíduos gerados, inferindo no potencial de geração de REEE nas instituições empresariais do município de Gravataí/RS. A Figura 7 apresenta de forma condensada o teor de uma das questões.

**Figura 7:** Quantidade de REE gerado no ano de 2015 na empresa respondente.

**8. Aproximadamente, qual a quantidade de RESÍDUOS de equipamentos eletroeletrônicos a sua empresa gerou em 2015?**

\*

	0	1	2	3	4	5	>5	Não sei
TV/Monitor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Notebook/PC	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Celular/ Tablet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Freezer/ Geladeira	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
DVD/ Home theater	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Microondas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Impressora/ Scanner	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Máquina de cartão de Débito e ou Crédito	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Lâmpada fluorescente/ LED	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Máquina de Lavar Louça/ Roupas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

#### 4.5.4 Atitudes usuais de descarte

Este grupo de questões teve como objetivo investigar quais os destinos finais quando a empresa descarta os EEE, sendo disponibilizados as seguintes opções:

- Doação para entidades sociais;
- Revenda (ainda está em condições de uso);
- Armazena;
- Descarta junto a coleta municipal de resíduos;
- Descarta em pontos de coleta;

- Doação para empresas de reciclagem;
- Vende para empresas de reciclagem.

Neste mesmo grupo de questões, inserem-se três perguntas sobre o destino final especificamente dos celulares/tablets, computadores/monitores/televisores/impressora e lâmpadas fluorescentes/LED (Light Emitting Diode). A Figura 8 apresenta, como exemplo, o teor de uma das perguntas elaboradas.

**Figura 8:** Destino final de EEE específicos.

10. Especificamente em relação aos celulares e tablets, qual a sua destinação final? \*

- ☐ Doação para entidades sociais
- ☐ Revenda (ainda está em condições de uso)
- ☐ Armazena
- ☐ Descarta junto a coleta municipal de resíduos
- ☐ Descarta em pontos de coleta
- ☐ Doação para empresas de reciclagem
- ☐ Vende para empresas de reciclagem
- ☐ Outro: \_\_\_\_\_

#### 4.5.5 Logística reversa e dificuldades de destinação final

Para conhecer a percepção e contribuição dos consumidores empresariais em relação ao processo de descarte dos REEE e identificar os fatores que dificultam o descarte destes equipamentos ao fim da vida útil, foi elaborado um conjunto de 4 questões. Tais questionamentos permitem identificar os principais problemas relacionadas a correta destinação dos REEE em Gravataí/RS, possibilitando propor alternativas para melhorar o descarte de forma a ser mais ambientalmente adequada, sem representar riscos ao meio ambiente e a saúde humana e possibilitar a geração de renda e incentivos ao descarte correto.

A primeira pergunta componente deste grupo de questões (Figura 9), aborda o conhecimento das empresas em saber o que é a LR, contendo duas opções para os respondentes assinalarem, “sim” e “não”. Já as duas próximas questões envolvem a ciência da existência de pontos de descarte de REEE no município e se caso conhecem se já usaram estes pontos de descarte.

**Figura 9:** Conhecimento da empresa sobre o que é Logística Reversa.

**13. Sua empresa sabe o que é logística reversa? \***

☐ Sim

☐ Não

Por fim, como última questão do formulário eletrônico e deste grupo, foi questionado as empresas respondentes quais seriam as principais dificuldades para descartar os REEE em Gravataí/RS, conforme Figura 10.

**Figura 10:** Principal dificuldade de descarte de REEE em Gravataí/RS.

**16. Qual a principal dificuldade para descarte de resíduos eletroeletrônicos em Gravataí/RS? \***

☐ Pouca informação a respeito deste tipo de resíduo

☐ Inexistência ou desconhecimento de pontos de coleta

☐ Inexistência ou desconhecimento de empresas que atuam no ramo de reciclagem

☐ Ausência de Fiscalização

☐ Pouca conscientização da população

☐ Outro: \_\_\_\_\_

#### **4.6 Procedimentos de análise de dados e da apresentação das informações**

Para representar de forma atrativa e expressiva as informações e dados coletados resultantes das respostas advindas do questionário elaborado com perguntas previamente fechadas e previamente definidas, foram organizadas em planilhas, tabelas, quadros e gráficos informativos, com auxílio do *software* Excel 2013.

Os gráficos e tabelas foram elaborados a partir das respostas obtidas do questionário aplicado, tanto de forma eletrônica como de forma presencial, de forma a apresentar as informações pertinentes a temática abordada neste estudo. Alguns dados, que demonstraram-se de pouca importância ao longo da formulação da apresentação das informações, foram suprimidas, como por exemplo, a quantidade de EEE existentes nas instalações das empresas.

Em relação as 10 empresas previamente selecionadas, com o deslocamento até as instalações de suas unidades produtivas, as informações foram apresentadas em forma de figuras com texto explicativo, para retratar os procedimento de gerenciamento dos REEE, desde a fase de armazenamento até o descarte.

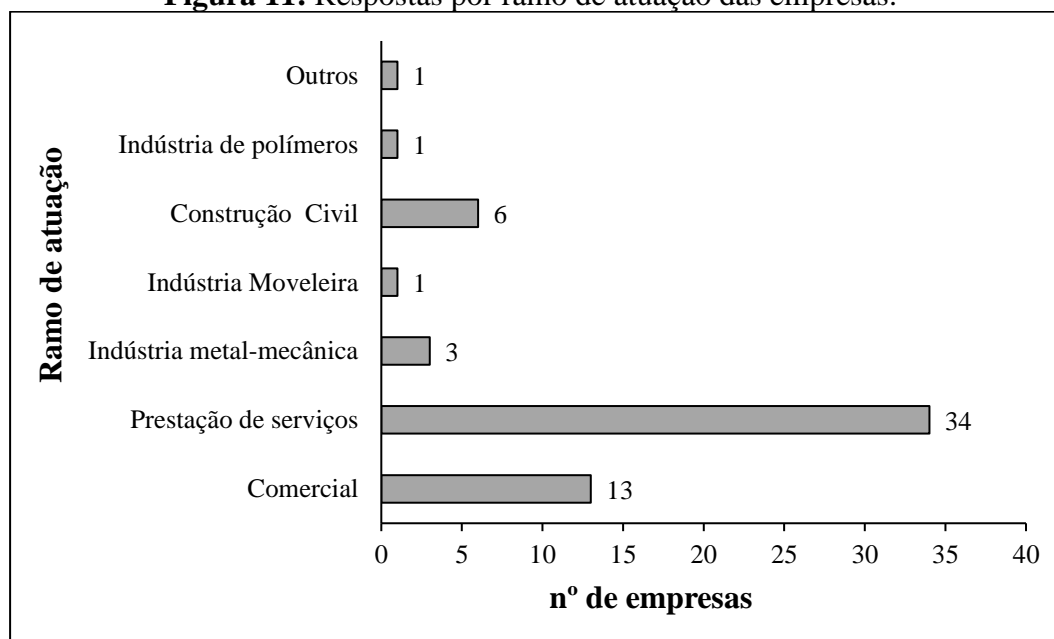
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo está dividido em 07 (sete) seções que buscam atender os objetivos da pesquisa. Em um primeiro momento apresenta-se uma caracterização do perfil das empresas respondentes, descrito na seção 5.1. Na seção 5.2 avalia-se a gestão dos REEE de forma breve nas empresas, buscando identificar a existência de setores ligados a gestão ambiental dentro das instituições de pessoa jurídica e o conhecimento dos riscos relacionados aos REEE. A seção 5.3 apresenta um compilado de dados referentes a geração dos REEE nas empresas. As atitudes usuais de descarte são estudadas na seção 5.4. A LR e dificuldades de destinação final dos REEE é objeto da seção 5.5. Na seção 5.6, é exemplificado as formas de gerenciamento de empresas de médio e grande porte. Complementando este capítulo, são apresentadas alternativas ao descarte dos REEE na seção 5.7.

### 5.1 Perfil das empresas respondentes

O ramo de atividade da empresa foi questionado com o intuito de obter uma amostra representativa de diversos segmentos de atuação de compõem o perfil empresarial de Gravataí/RS. A Figura 11 representa as respostas obtidas, sendo contabilizado um total de 59 respostas.

**Figura 11:** Respostas por ramo de atuação das empresas.

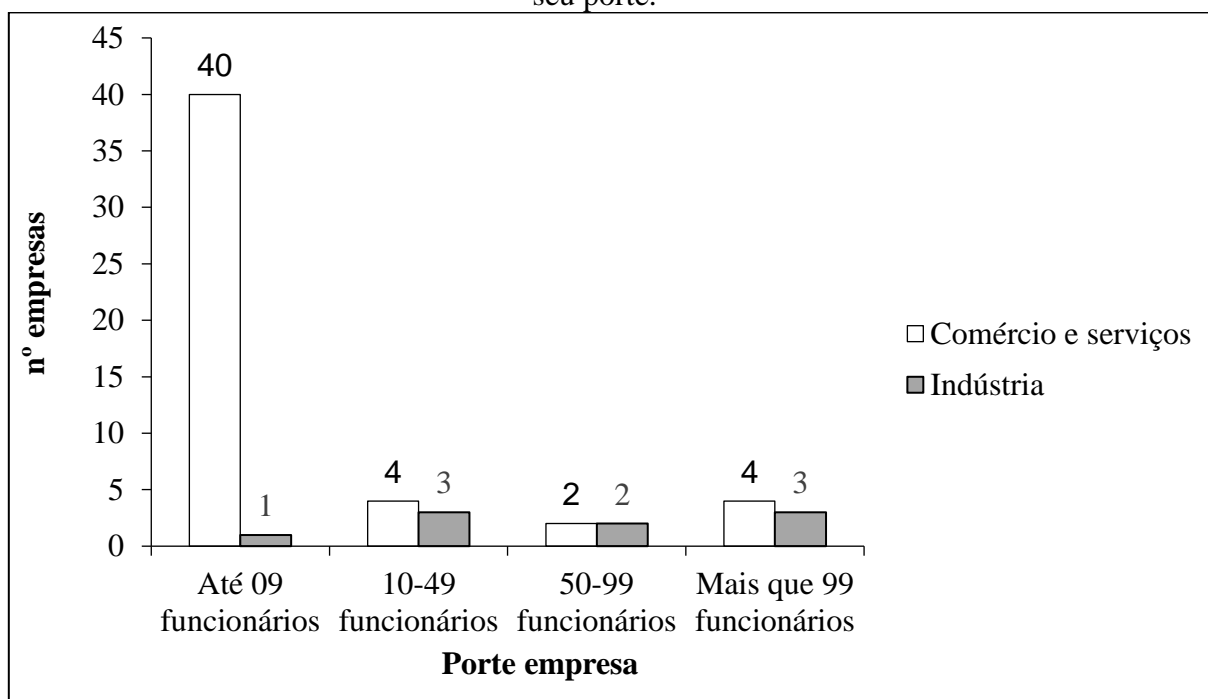




Observa-se a predominância, 34 respostas (58 %), do setor de serviços, composto por lavanderia, consultoria, oficina mecânica, transporte, lazer, etc. Logo em seguida, a opção comercial foi respondida por 13 empresas (22 %). Muitas empresas haviam assinalado a opção outros, escrevendo ao qual ramo de atuação pertenciam, porém, com base nas respostas, foi possível agrupar em outros ramos de atuação, em especial em setor comercial e construção civil. A título de comparação, o perfil empresarial do município, de acordo com o SEBRAE (2015), apontou existir em Gravataí no ano de 2015 cerca de 44% das empresas no setor de comércio, seguido pelo setor de serviços com cerca de 36%, sendo o total composto pela Indústria de Transformação com 13%, Construção Civil 5% e Agropecuária e Outros com 1%.

Quanto ao porte das empresas, estas foram questionadas quanto ao número de funcionários e o setor de atuação, divididos entre comercial e serviços ou industrial, conforme pode ser observado na Figura 12. Dessa forma, foram obtidas respostas principalmente do setor de comércio e serviços, com 40 respostas sendo empresas de até 9 funcionários e 4 respostas de 10 a 49 funcionários. Já no setor industrial, obteve-se 1 resposta com até 9 funcionários, 3 respostas de 10 até 49 funcionários e 2 resposta de 50-99 funcionários e como destaque, 3 respostas de empresas de grande porte, com mais de 99 funcionários em seu quadro.

**Figura 12:** Número de empresas por setor respondentes do questionário segundo seu porte.



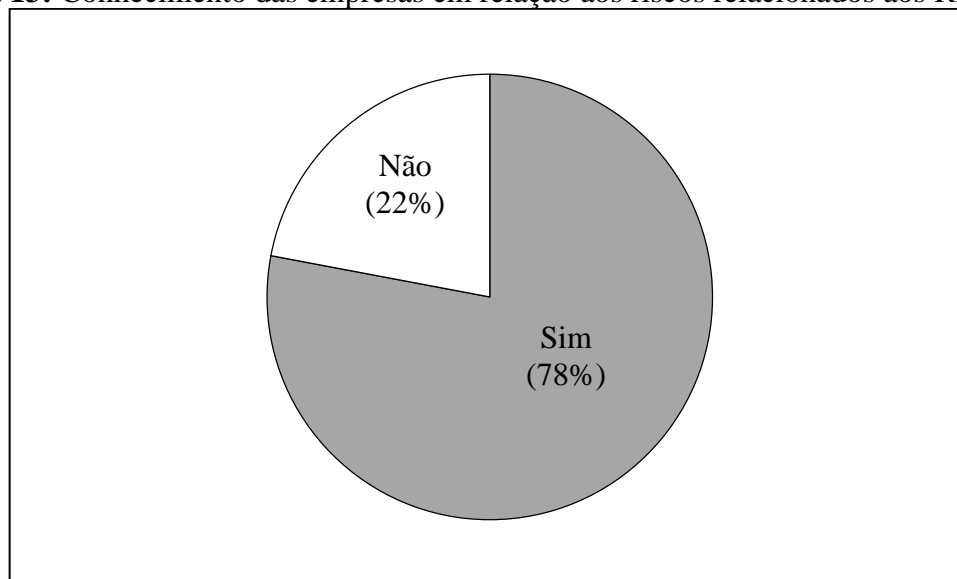
Pode-se dessa forma observar a escassez de respostas de empresas de médio e grande porte, acima de 50 funcionários. Este fato talvez seja explicado pela composição do mercado em relação ao n° de funcionários, em que existem apenas cerca de 77 empresas de médio e grande porte em um universo de pesquisa com 11.386 empresas, segundo um levantamento do SEBRAE (2015).

## 5.2 Gestão dos REEE

De acordo com Townsend (2011), as questões que cercam o impacto e a gestão dos EEE vem recebendo atenção crescente nos últimos anos. Esta atenção é ocasionada pela crescente quantidade e variedade de EEE que a sociedade vem consumindo e a ocorrência de produtos químicos tóxicos em muitos componentes dos EEE que podem representar um risco para a saúde humana e ambiental, se for gerenciado incorretamente.

Nesse sentido, a Figura 13 apresenta os resultados obtidos quando as empresas foram questionadas se estas conheciam os riscos relacionados aos REEE. Pode-se observar que a maioria das empresas afirmam conhecer os riscos, já que foi assinalado 46 (78%) respostas como sim, contra 13 respostas negativas (22%).

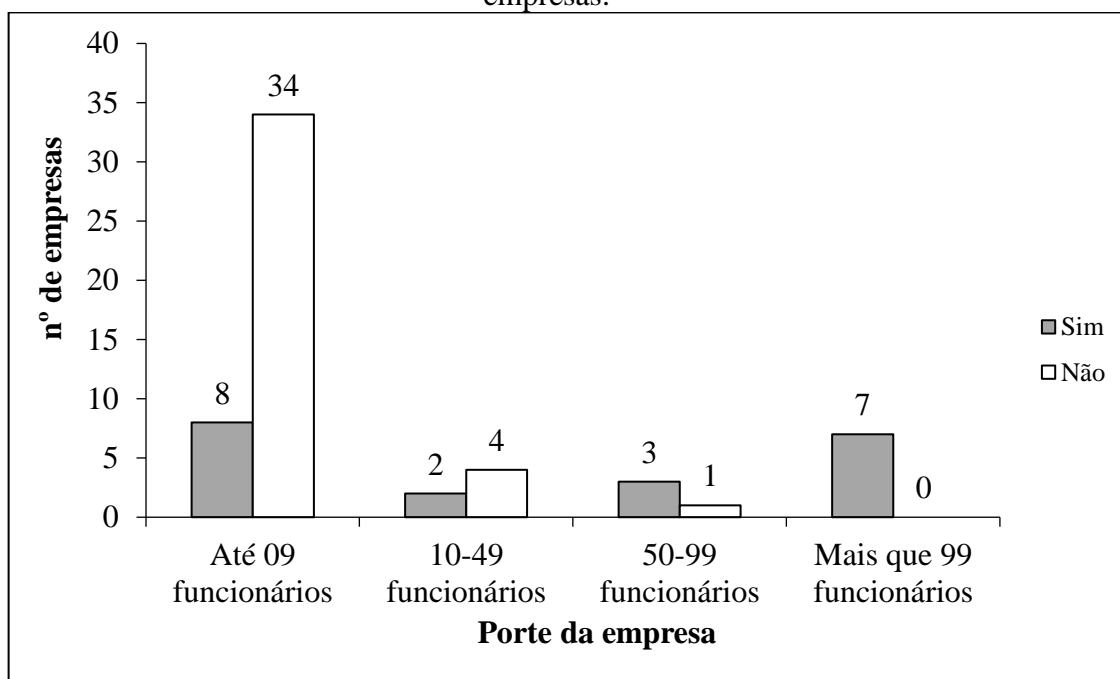
**Figura 13:** Conhecimento das empresas em relação aos riscos relacionados aos REEE.



Outro item que foi abordado no questionário eletrônico é sobre a existência de algum setor de gestão ambiental dentro das empresas, com a ênfase de resolver as questões de caráter

ambiental ou prevenir possíveis consequências negativas relacionadas aos processos de produção das empresas. A figura 14 apresenta os resultados obtidos, demonstrando que a maioria das empresas (39 de 59 empresas) não possui setor/departamento ou alguém encarregado pela gestão ambiental das empresas. Pode-se observar, que nas empresas de grande porte, todas respondentes afirmaram possuir setor encarregado pela gestão ambiental.

**Figura 14:** Existência de setor/departamento/encarregado pela gestão ambiental nas empresas.



A pesquisa pode sugerir que existe uma correlação entre o porte da empresa e a existência de algum setor/departamento de gestão ambiental. Isso verifica-se pelo fato que quanto maior o porte da empresa em relação ao número de funcionários, maior a incidência de respostas afirmativas em relação a existência de alguma estrutura de gestão ambiental nas empresas.

A gestão ambiental no mundo empresarial é algo mais recente, mas é um elemento central, visto que cada vez mais os consumidores estão preocupados. Em um estudo realizado no Brasil por Teles *et al* (2015), concluíram que as empresas com o melhor desempenho ambiental pertencem ao grupo das maiores empresas e a maioria delas está no setor industrial e que as melhores práticas ambientais estão ligadas no consumo de recursos naturais e no tratamento de resíduos.

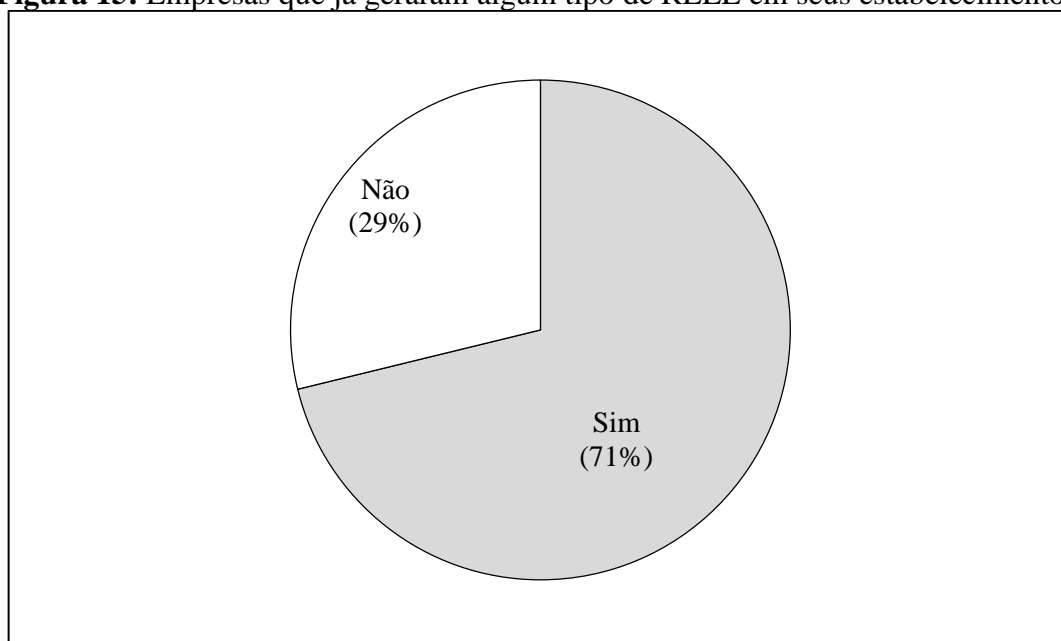
A gestão ambiental, de acordo com algumas visões, pode aumentar a vantagem competitiva de uma empresa, pois se as empresas demonstram como protegem o meio ambiente

e desenvolvem uma imagem social positiva, podem aumentar as vendas de produtos e expandir sua participação de mercado. Além disso, os requisitos regulatórios ambientais cada vez mais rigorosos colocam em risco as empresas com uma gestão ambiental fraca. Esse risco potencial estimulará as empresas a melhorar as capacidades internas de gerenciamento ambiental para reduzir os custos de produção e aumentar os benefícios econômicos (SONG, ZHAO e ZENG, 2017).

### 5.3 Geração de REEE

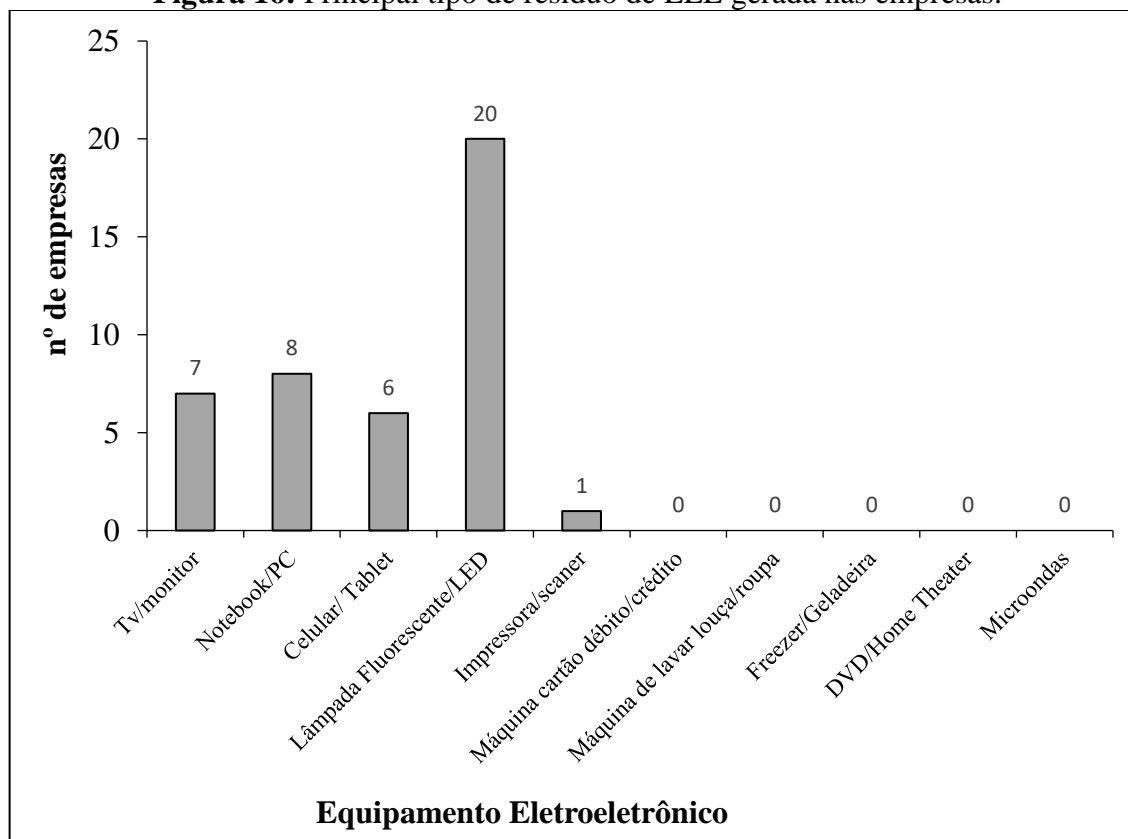
A quantidade de REEE têm aumentado exponencialmente, como resultado de avanços na tecnologia de materiais, processos de fabricação, a penetração rápida no mercado e obsolescência programada (TANSEL, 2016). Assim, foi buscado avaliar, no universo das empresas pesquisadas, quais delas geram algum tipo de REEE, como celulares, TVs, computadores, impressoras, lâmpadas fluorescentes, entre outros. Observou-se que 42 (71%) empresas do total de 59 responderam que geram resíduos, conforme apresentado na Figura 15. Para quem respondia “sim” nesta pergunta, uma nova parte do formulário, com novas questões, era disponibilizada. Já quem respondeu que não gerava REEE em sua empresa, o questionário era encerrado e as respostas salvas.

**Figura 15:** Empresas que já geraram algum tipo de REEE em seus estabelecimentos.



Na sequência do questionário foi elaborado uma pergunta com o intuito de avaliar o principal REEE gerado nas empresas, considerando a partir de agora o universo de 42 respondentes. Os resultados (Figura 16) mostram que lâmpada fluorescente/LED é o principal resíduo eletroeletrônico gerado em quase metade das empresas (20 de 42), seguido por Notebook/PC (8 de 42) e TV/monitor (7 de 42).

**Figura 16:** Principal tipo de resíduo de EEE gerada nas empresas.



A Tabela 4 representa o número de empresas que assinalaram a quantidade de resíduos que geraram em suas dependências no ano de 2015. Dessa forma, por exemplo, na coluna em que nenhum REEE foi gerado, ou seja 0, deve-se buscar pelo equipamento desejado e verificar o número de empresas que assinalaram esta opção. Considerando que o equipamento seja uma TV ou monitor, por exemplo, pode-se observar que 13 empresas afirmaram que não geraram nem um resíduo deste tipo de equipamento, 13 empresas geraram um resíduo de TV ou monitor, 4 empresas geraram dois e assim por diante, respectivamente.

**Tabela 4:** Número de empresas pela quantidade aproximada de REEE gerados em 2015.

<b>Equipamento</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>&gt;5</b>	<b>Não sei</b>
Tv/monitor	13	13	4	2	1	3	8	5
Nootebok/PC	19	6	5	3	2	2	7	5
Celular/ Tlabet	21	8	7	2	0	0	7	4
Freezer/ Geladeira	41	2	0	0	0	0	0	6
DVD/ Home Theater	41	3	0	0	0	0	0	5
Microondas	41	2	0	0	0	0	0	6
Impressora/scaner	20	17	0	0	0	0	6	6
Máquina cartão débito/ crédito	40	3	2	0	0	0	0	4
Lâmpadas Flourescentes/LED	7	3	3	3	0	1	27	5
Máquina de lavar louça/ roupa	46	0	0	0	0	0	0	3

Verificou-se que a maior geração no ano de 2015 foi de lâmpada fluorescente/LED, seguido por TV/monitor, notebook/PC e celular/tablete. Essa tendência é compatível com dados de literatura, visto que todos são equipamentos com menor vida útil. Já máquinas de lavar louça ou roupa nem uma empresa respondente assinalou que já gerou este resíduo no ano pesquisado.

Em um estudo realizado por Rocha *et al* (2009), no estado de Minas Gerais, foram obtidos dados que demonstraram que os equipamentos mais comuns nas empresas são computadores e telefones, com tempo de armazenamento não excedente a 3 anos. O estudo citado não verificou a geração de lâmpadas fluorescentes, mas os resultados em relação aos outros REEE citados, computadores e telefones, vêm de acordo com os dados obtidos nesta pesquisa.

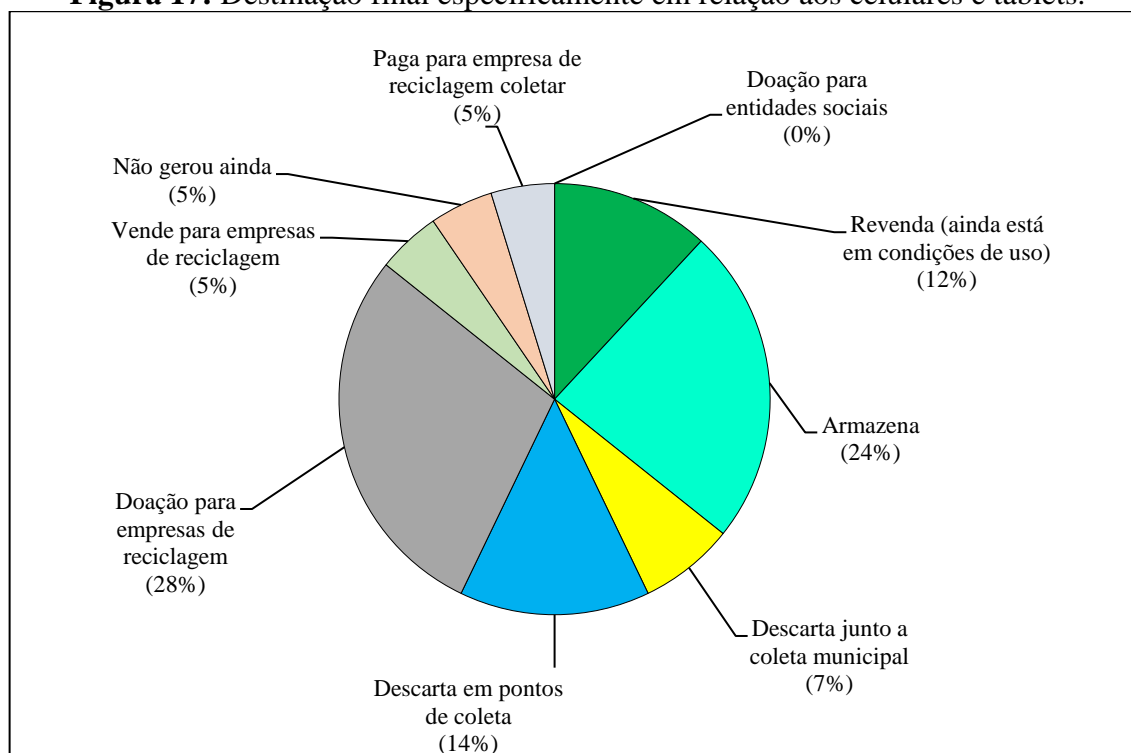
#### 5.4 Destinações usuais de descarte

Analisar o comportamento de disposição de REEE dos consumidores, neste caso institucional, são essenciais para o sucesso das iniciativas de gerenciamento de REEE. Embora muitos estudos sobre a problemática dos REEE tenham sido publicados na última década, apenas alguns deles abordam o comportamento e a conscientização da disposição dos REEE(BORTHAKUR e GOVIND, 2017).

Além disso, a diversidade da destinação dos EEE após seu consumo pode estar diretamente relacionada a fatores culturais, ao poder econômico e às legislações específicas em cada país. Observando países onde a legislação para REEE já está implementada, o reuso e a reciclagem são os destinos mais abrangentes em face ao armazenamento e a doação, comuns em lugares onde não há políticas públicas para estes resíduos (PINHEIRO, *et al*, 2009).

Neste sentido, buscou-se avaliar a destinação final exclusivamente dos EEE do setor de informática, além das lâmpadas. A Figura 17 apresenta os dados obtidos das 42 empresas respondentes sobre quais os destinos mais usais para os celulares e tablets, sendo que a maioria faz doação para empresas de reciclagens (28%), seguido por deixar somente armazenado (24%) e descarta em pontos coleta (14%). Cabe informar ainda, que 5% das empresas afirmaram que ainda não geraram este tipo de resíduo.

**Figura 17:** Destinação final especificamente em relação aos celulares e tablets.

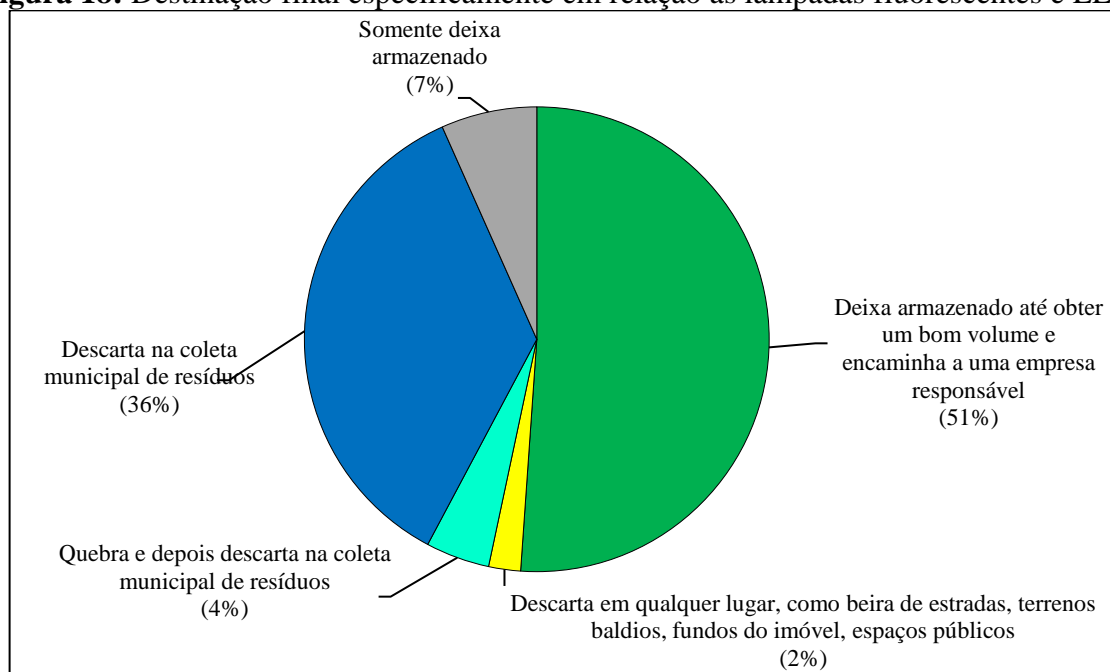


Com relação a destinação final de lâmpadas fluorescentes e LED, o tipo de REEE mais gerado em 2015, segundo esta pesquisa, a Figura 18 retrata os resultados obtidos. A grande maioria dos respondentes adota atitudes como o armazenamento (51%) até obter um bom volume e posterior encaminhamento a uma empresa responsável e descarte na coleta municipal de resíduos (36%). Porém, alguns resultados obtidos demonstram alguma preocupação com a destinação deste tipo de resíduos, pois alguns assinalaram que apenas deixam armazenado (7%), que descartam em qualquer lugar (2%), como beira das estradas, terrenos baldios, fundos de imóvel e espaços públicos e por fim, quebram as lâmpadas (4%) antes de descartar na coleta municipal de resíduos.

Algumas opções disponibilizadas nesta pergunta, são consideradas práticas ilegais, como descartar resíduos em qualquer lugar, sendo que muitas poderiam não responder

corretamente, pelo fato de não produzirem provas contra si. O próprio questionário poderia ter sido deixado de responder ao encontrar perguntas como esta.

**Figura 18:** Destinação final especificamente em relação as lâmpadas fluorescentes e LED.



Na Figura 19, pode-se observar um exemplo da armazenagem de lâmpadas inservíveis, coletada durante a etapa de disponibilização do formulário nas empresas de médio e grande porte previamente selecionadas. As lâmpadas são armazenadas em geral de forma incorreta, devido a pilhagem estar em local com possibilidade de queda e risco de virem a quebrar, além de pequenos feixes de lâmpadas sem embalagem adequada.

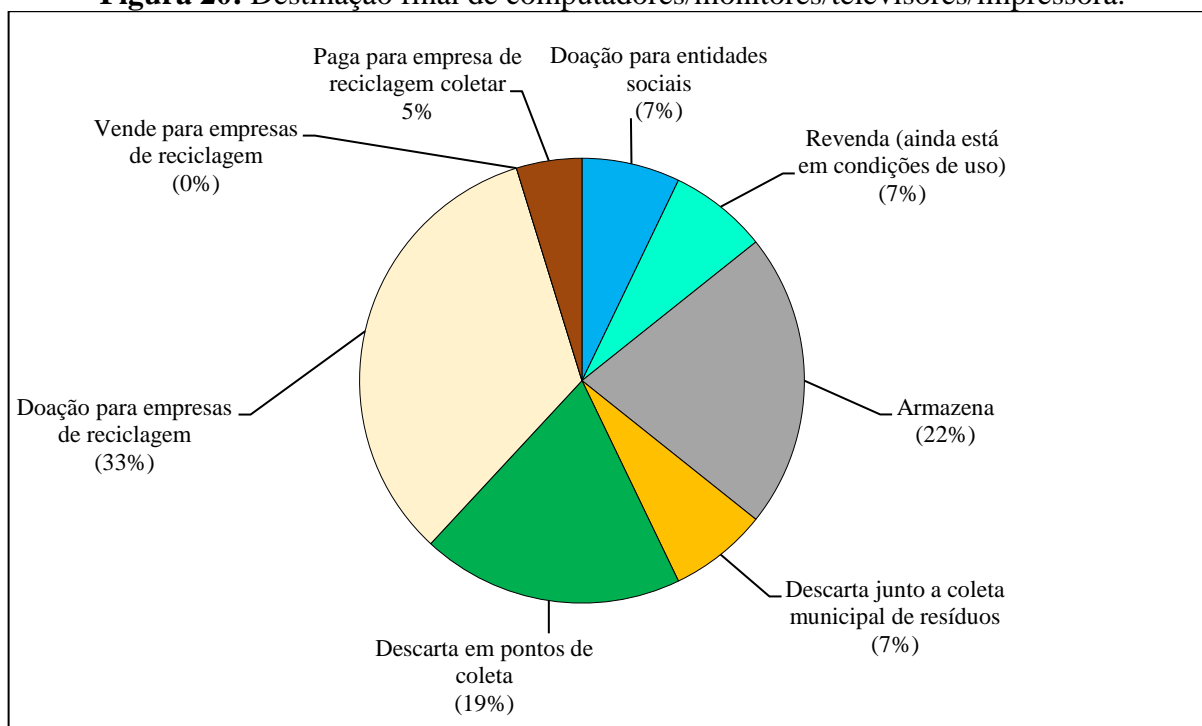
**Figura 19:** Armazenamento incorreto de lâmpadas inservíveis.





Quanto aos resultados obtidos em relação ao destino final dos computadores/monitores/televisores/impressora, a Figura 20 apresenta os dados, sendo observado que os destinos finais são os mais variados possíveis, mas sendo verificado a predominância de doação para empresas de reciclagem (33%), seguido que deixa somente armazenado (22%) e descarta em pontos de coleta (16%). Um dado que chamou a atenção foi que existem empresas que pagam para empresas de reciclagem para fazer o descarte (5%).

**Figura 20:** Destinação final de computadores/monitores/televisores/impressora.



Não foi observado, mesmo entre empresas de grande porte, a prática de vender para empresas de reciclagens resíduos de computadores, impressoras e televisores. Muito pelo contrário, algumas empresas, mesmo sem a opção na pergunta, responderam que destinavam a empresas de reciclagem com custos. Dessa forma, foi adicionado a opção no gráfico para visualização de um dado inicialmente não previsto.

Estes tipo de resíduos avaliados na Figura 20, podem ser facilmente percebidos nos pontos de descarte irregular nas ruas do município de Gravataí/RS, conforme pode ser visualizado na Figura 21, em que televisores foram inadequadamente descartados. A origem pode ser tanto de empresas como da população em geral.

**Figura 21:** Descarte irregulares de televisores observados em uma rua do município de Gravataí/RS.



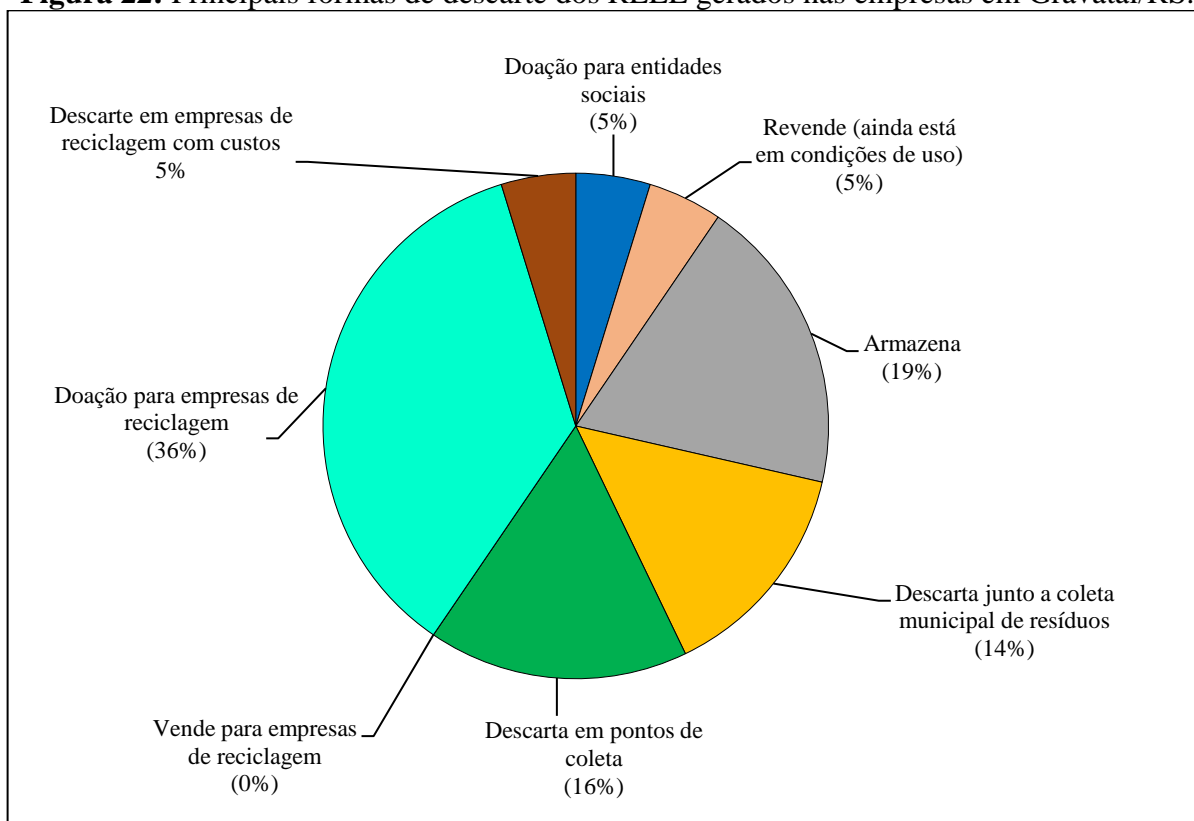
O descarte inadequado dos REEE pode desencadear uma série de problemas, como a contaminação do meio ambiente com substâncias nocivas, entre elas, metais pesados como mercúrio, berílio e chumbo, altamente prejudiciais à saúde humana e de animais e plantas.

Uma prática bem comum pela população nesses locais de acúmulo de diferentes tipos de resíduos em Gravataí/RS, entre eles os REEE, é colocar fogo para diminuir volume dos resíduos acumulados. Porém, a queima libera fumaça no ar, ocasionando problemas de poluição atmosférica e liberando substâncias tóxicas, que pode vir a causar danos à saúde da população da circunvizinhança.

Por fim, conforme a Figura 22, avaliou-se de forma geral o principal destino dos resíduos oriundos do descarte de EEE das empresas respondentes, sendo assinalado com atitude mais usual fazer a doação para empresas de reciclagem (36%). Logo em seguida aparece o próprio armazenamento (25%) como uma atitude usual de destino, o que pode demonstrar existir alguma dificuldade no descarte que ocasiona a preferência em deixar armazenado em vez de dar uma destinação mais adequada. Posteriormente, tem-se o descarte em pontos de coleta, com 22 %. Um dado preocupante é o descarte junto a coleta municipal de resíduos, com

14%, pois esta opção não contempla nenhuma perspectiva de tratamento, ou seja, o REEE será misturado com o resíduo domiciliar e comercial.

**Figura 22:** Principais formas de descarte dos REEE gerados nas empresas em Gravataí/RS.



A opção de vender o REEE para empresas especializadas não foi assinalada nenhuma vez e pode estar associado ao fato que ainda não é uma prática usual, visto que as empresas que trabalham no ramo de reciclagem de eletrônicos buscam doações, talvez por ainda não ser viável economicamente a prática de pagar pelo resíduo ou até mesmo a fiscalização em relação ao descarte adequado de resíduos não estar sendo efetiva no município.

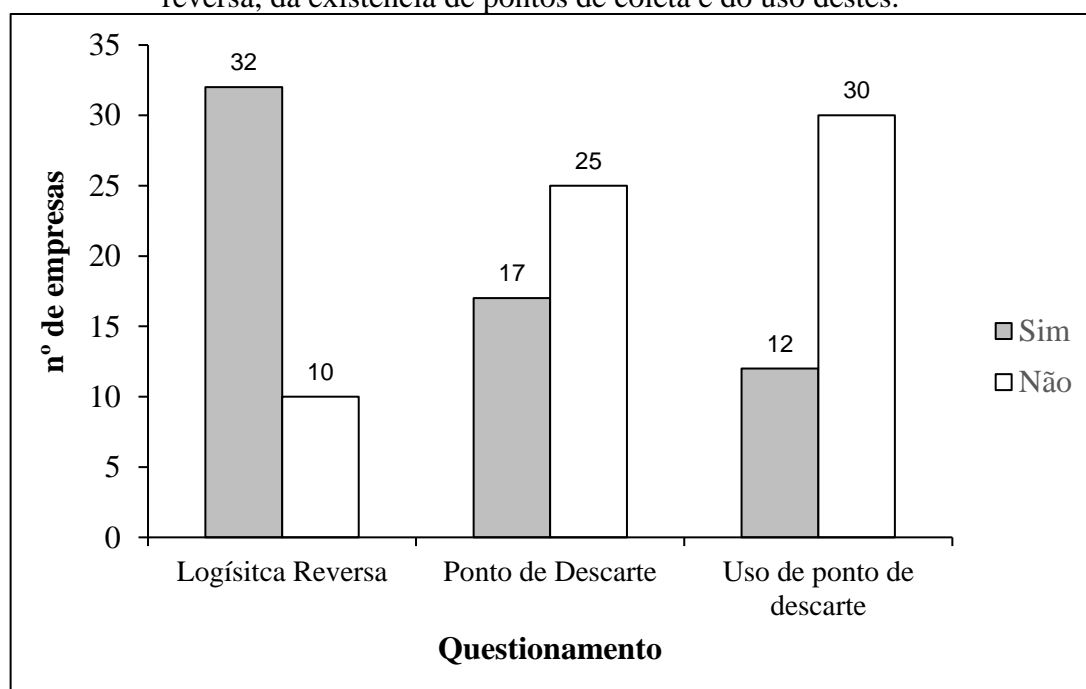
Para comparação, um estudo conduzido no estado de Minas Gerais, verificou que no caso de empresas, os destinos mais usuais foram a venda dos equipamento eletrônicos para funcionários ou outras entidades, o envio para empresas de manutenção ou especializadas, ou para centros de recondicionamento, para depósitos de resíduos e a doação a entidades carentes (ROCHA, *et al*, 2009), demonstrando as mais variadas forma de destinação, assim como foi obtido neste item da etapa de pesquisa.

### 5.5 Logística reversa e dificuldades de destinação final

Estudos sobre a compreensão pública dos REEE e suas práticas e preferências de disposição ainda são uma raridade no cenário de pesquisa global. Porém, analisar a percepção da destinação dos resíduos, é fundamental para qualquer iniciativa bem-sucedida de gerenciamento de REEE (BORTHAKUR e GOVIND, 2017). Neste sentido, esta etapa do estudo procurou identificar as dificuldades dos mecanismos de destinação dos REEE das empresas no município de Gravataí/RS a fim de conhecer os principais gargalos que impedem um gerenciamento dos REEE de forma sustentável.

Assim, buscou-se avaliar primeiramente o conhecimento que as empresas têm sobre a LR, importante instrumento na destinação dos resíduos previsto em lei, sobre a existência de pontos de descarte e do uso destes pontos. Pode-se observar na Figura 23 que a maioria das empresas (32) assinalaram conhecer o que é o sistema de LR. Já em relação ao conhecimento de pontos de descarte e o usos destes, é notável a predominância de empresas que não conhecem e não fazem uso de pontos de coleta de REEE.

**Figura 23:** Questionamentos para as empresas sobre conhecimento do sistema de logística reversa, da existência de pontos de coleta e do uso destes.

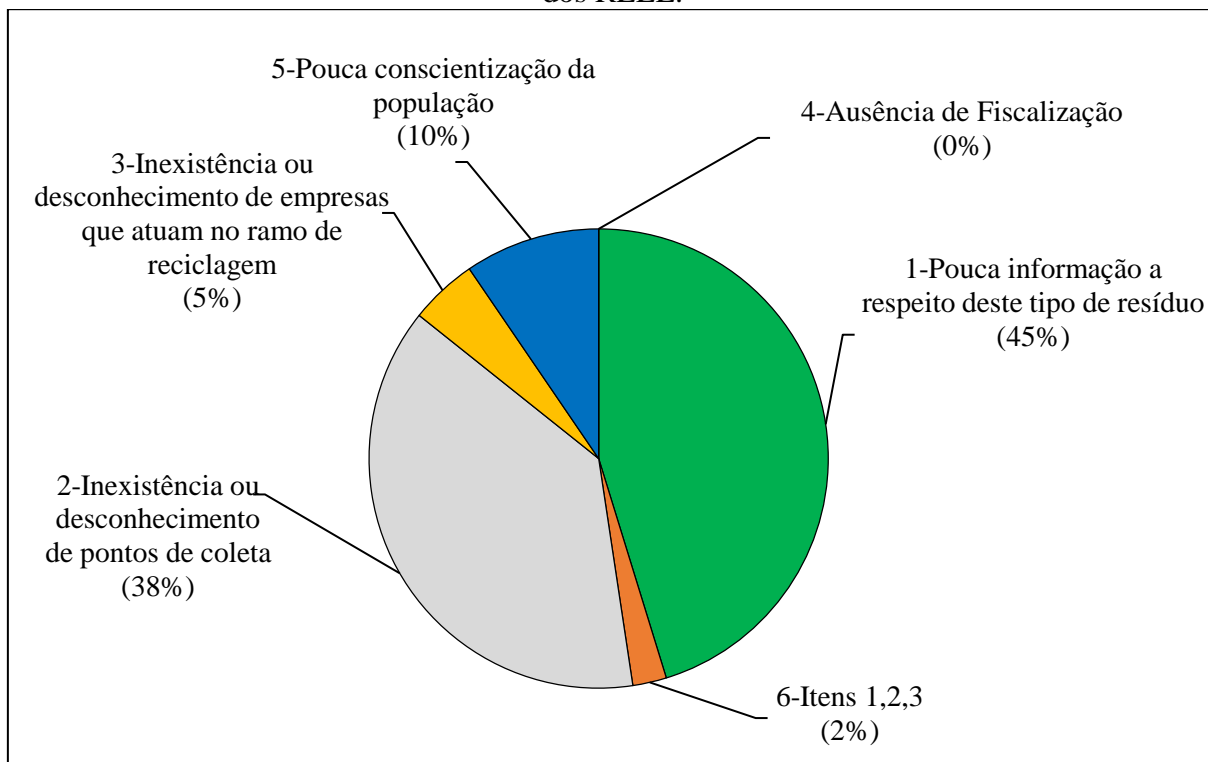


Em Gravataí/RS, existe um ponto de descarte de REEE disponibilizado pela Associação Comercial, Industrial e de Serviços de Gravataí (ACIGRA), onde podem ser

descartados eletrônicos desativados de todas as linhas, que estaria disponível não só para a população, mas especialmente para todo o setor empresarial do município (ASSOCIAÇÃO COMERCIAL, INDUSTRIAL E DE SERVIÇOS DE GRAVATAÍ/RS, 2017). Entretanto, conforme as respostas obtidas, a maioria não tem conhecimento de pontos de descarte, sugerindo que pode ser a falta de divulgação dos pontos disponíveis. Isso também pode estar relacionado à falta de informação das pessoas responsáveis por essas empresas quanto aos locais especializados nos descartes dos REEE.

Posteriormente, além dos questionamentos expostos acima, também buscou-se informações a respeito de quais as principais dificuldades encontradas pelas empresas para descartar os REEE. Nesse sentido, a Figura 24 apresenta os resultados obtidos, verificando que a principal dificuldade para descarte, seria existir pouca informação a respeito deste tipo de resíduo com cerca de 45%, seguido com 38% da inexistência ou desconhecimento de pontos de coleta. Em comparação a um estudo realizado na região nordeste do país, os autores investigaram que 83% da população entrevistada não conhece nenhum ponto de coleta de REEE (ANDRADE, FONSECA e MATTOS, 2010), como sendo uma das principais dificuldades de descarte.

**Figura 24:** Principais dificuldades enfrentadas pelas empresas em Gravataí/RS para descarte dos REEE.



As respostas da Figura 23 e Figura 24, indicam que existe um problema relacionado a pouca informação relacionado aos REEE e do desconhecimento de pontos de descarte no município. Isso pode demonstrar uma pouca conscientização para buscar informações para fazer o descarte adequado.

Em relação as opções de descarte de REEE em Gravataí, estas estão principalmente ligadas as entidades do setor empresarial do município, como o Sindilojas Gravataí e ACIGRA (Associação Comercial, Industrial e de Serviços de Gravataí). O Sindilojas coleta lâmpadas fluorescentes queimadas de empresas associadas, em parceria com uma empresa de reciclagem do município de Canoas/RS, porém impõem alguns limites, como, até 10 lâmpadas por empresa não tem custos e acima disso, o custo é de R\$ 0,89 por unidade. Além disso faz a recomendação para as associadas que as lâmpadas inteiras devem ser embaladas em fardos que permitam visualizar as pontas para facilitar a contagem, identificados com o nome da empresa.

Com relação aos demais eletroeletrônicos em desuso nas empresas associadas, o Sindilojas recebe este tipo de sucata sem nenhum custo e posteriormente encaminha para uma empresa de reciclagem parceira. Além disso, existe outra parceria para receber pilhas e baterias.

Já a ACIGRA, possui o programa chamado Descarte Tri legal, em que EEE que não são mais usados podem ser doados e eles encaminham para pessoas carentes que irão reaproveita-los, e os equipamentos estragados são encaminhados para uma empresa de reciclagem. Esse descarte funciona em forma de ponto de coleta, localizado na Rua Dr. Luiz Bastos do Prado, nº 1299, Centro, Gravataí.

Verifica-se que o descarte de REEE em Gravataí baseia-se nas entidades empresariais do município, sendo que em uma delas é necessário ser associado e outra não. Com base nas respostas que mostram que a principal dificuldade de descarte é a inexistência de pontos de coleta, pode-se sugerir uma melhoria na propaganda/divulgação dos programas e pontos fixos de coleta a fim de aumentar o interesse das empresas em fazer um descarte adequado ou até mesmo aumento da fiscalização.

Além disso, com base nas informações coletadas no momento da aplicação presencial do questionário nas 10 empresas previamente selecionadas, foi identificado que a maioria destina com custos os REEE diretamente em empresas especializadas na coleta e reciclagem deste tipo de resíduo.

## 5.6 Gerenciamento dos REEE gerados em empresas de médio e grande porte

Neste item buscou-se abordar as formas de armazenamento e descarte dos REEE gerados nas empresas de médio e grande porte no município de Gravataí/RS, com base nas informações relatadas pelo setor ou departamento responsável pela gestão ambiental no momento da aplicação do formulário estruturado, nas 10 empresas previamente selecionadas e com o deslocamento até as instalações das unidades produtivas.

A Figura 25 apresenta formas de armazenamento de REEE gerados nas instalações de uma empresa grande porte, em relação ao número de funcionários, em que é possível observar um volume pequeno deste tipo de resíduo armazenado, até posterior destinação para empresas de reciclagem. A empresa observada neste caso, está enquadrada como atuante no ramo de Indústria Metal Mecânica, pois transforma metais nos produtos desejados, desde a produção de bens até serviços intermediários, incluindo máquinas, equipamentos.

**Figura 25:** Armazenamento de REEE diversos em uma empresa de grande porte.



Em outra empresa de grande porte em Gravataí/RS, foi observado a presença de um recipiente na recepção para coleta de pilhas e baterias (Figura 26), não somente para equipamentos eletrônicos da própria empresa, como também para os equipamentos dos funcionários. Assim, após coletado um volume adequado, as pilhas e baterias são encaminhadas para empresa especializada na coleta deste tipo de resíduo, sendo pago por volume. O responsável pela parte ambiental relatou que demais REEE são armazenados até obterem um bom volume e posterior destinados com custos a uma empresa de reciclagem, sendo as lâmpadas fluorescentes encaminhadas para o estado de São Paulo.



**Figura 26:** Recipiente para coleta de pilhas e baterias.



A Figura 27 apresenta a forma de armazenamento de componentes de EEE de uma empresa de grande porte que produz revestimentos para uso na construção civil. Os REEE são armazenados em tambores de metal, sobre piso impermeável e área coberta, em local específico no pavilhão da central de resíduos. O descarte é realizado após obter um volume adequado para a solicitação de empresa especializada em reciclagem, que realiza a coleta cobrando pelo serviço.

**Figura 27:** Armazenagem em tambores de componentes de EEE.



Em outra empresa de grande porte, do ramo Metal Mecânica, o setor responsável pela gestão ambiental, relatou que não eram gerados muitos REEE e que no momento haviam acabado de realizar o descarte de lâmpadas fluorescentes para empresa especializada na reciclagem e destino final. Quanto aos demais REEE, conforme Figura 28, são armazenados no



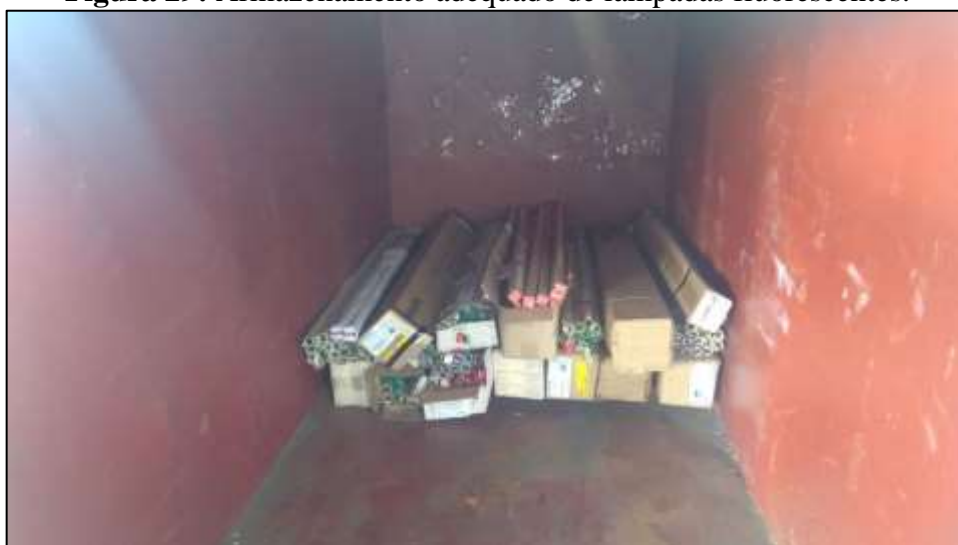
setor de Tecnologia de Informação, sendo usado as peças em condições de funcionamento para consertar outros equipamentos e quando já não possível de algum reaproveitamento, é solicitado coleta de empresa de reciclagem especializada neste tipo de resíduos, pagando pela destinação.

**Figura 28:** Armazenamento de notebooks e monitores para posterior descarte.



Com relação ao armazenamento de lâmpadas fluorescentes, considerando uma empresa atuante no ramo Metal Mecânica, são armazenadas em feixes embaladas em caixas de papelão ou individuais nas próprias embalagens. Na Figura 29, pode-se visualizar a estocagem deste tipo de resíduo, em local seco, área separada e coberta, com pilhagem sem riscos de queda, estando portanto armazenadas de forma correta.

**Figura 29:** Armazenamento adequado de lâmpadas fluorescentes.



## 5.7 Propostas para descarte de REEE.

Alguns estudos na literatura sugerem que a obsolescência programada é um problema para o meio ambiente, propondo alternativas de modo a aumentar a vida útil dos produtos, como o estudo de Echegaray (2016). Entretanto alguns estudos também destacam os efeitos benéficos associados a obsolescência programada. Considerando a acentuada inovação tecnológica que vivenciamos, vários processos de produção se tornaram mais eficientes e, assim mais baratos. Dessa forma, uma das considerações, é que seria interessante substituir continuamente um produto do que criar um que dure para sempre, além de que, com a inovação tecnológica, os novos produtos consomem muito menos recursos naturais, no seu processo de fabricação, menos energia e com um desempenho superior e propõem facilitar a vida das pessoas (ROCKWELL, 2017).

Dessa forma, além da abordagem da questão da vida útil dos equipamentos, é necessário também oferecer alternativas ao descarte adequado de REEE, de forma que esteja disponibilizado às empresas uma série de opções, sendo que cada uma vai analisar a mais vantajosa para si, respeitando a legislação vigente sobre o tema.

Uma das opções foi estudada por Milovantseva e Saphores (2013), que buscaram analisar o impacto de regulamentações que proibiam o descarte de celulares e TVs, por exemplo, em domicílios dos Estados Unidos, chegando à conclusão que, dado o desempenho decepcionante das políticas de proibições implementadas nos Estados Unidos, para melhorar a taxa de reciclagem de REEE, que é inferior ao observado na Alemanha, pode ser hora de explorar instrumentos econômicos, como sistemas de depósito-reembolso, no qual os consumidores pagam uma taxa quando compram um produto e recuperam a maior parte do valor quando o devolvem.

Esta mesma lógica, associada ao sistema de LR, poderia ser usada para o descarte de REEE no setor empresarial, com a implementação de pontos de coleta em empresas que comercializam EEE. Além disso, caso o descarte não fosse adequado e terceiros tivessem acesso ao resíduo, catadores por exemplo, estes poderiam devolver o produto e ficar com reembolso associado ao equipamento, gerando dessa forma um incentivo a destinação final adequada dos REEE.

O sistema de depósito-reembolso é um instrumento econômico utilizado para proteção ambiental, em que os consumidores de bens de depósito-reembolso têm um incentivo para devolver produtos usados e receber reembolso. Entretanto, um sistema obrigatório de depósito-reembolso, é difícil realizar na prática, pois muitos fornecedores, incluindo fabricantes, atacadistas e varejistas não são favoráveis a prática, pois podem gerar impactos negativos, como

diminuição nas vendas devido à adição do preço do depósito ao preço do produto, aumento nos custos de coleta pelo aumento no volume de retorno e custo inicial para o estabelecimento do sistema de coleta, especialmente quando envolve o uso de máquinas automáticas (NUMATA, 2009).

Entretanto, qualquer sistema para coleta de resíduos que não possuam valor agregado para reciclagem apresenta custos, independentemente do esquema para destinação final escolhido.

Outra opção seria, que devido os REEE conterem materiais valiosos, como o ouro, o paládio, a prata, o índio e as terras raras, tornaria sua reciclagem ambientalmente e economicamente atrativas (DIAS, *et al*, 2017). Nesse sentido, considerando algumas iniciativas bem sucedidas no Brasil, as empresas interessadas nesse tipo de negócio organizariam pontos de coletas de REEE, muitas vezes em conjunto com o órgão gestor municipal auxiliando na divulgação a população, e posteriormente reciclariam estes resíduos obtendo ganhos econômicos. Além disso, as empresas que já costumam operar neste setor, utilizam da prática de agendar coletas gratuitas em empresas que dispõem de uma quantidade significativa de REEE.

Apesar das empresas brasileiras não realizarem o ciclo completo da reciclagem, fazendo apenas as primeiras etapas de reciclagem de: triagem e desmontagem (DIAS, *et al*, 2017), ainda assim demonstra ser um interessante sistema para descartar de forma adequada os REEE. Também, quando os equipamentos estão apenas obsoletos, vale a pena cogitar a possibilidade de doar. Muitas vezes, os equipamentos apresentam boas condições de uso, que podem ser muito interessantes para instituições sociais ou mesmo para pessoas que não tenham condições de adquirir aparelhos novos.

Assim, verifica-se que não existe um modelo ideal para a destinação final de REEE em empresas, mas sim algumas opções que devem ser incentivadas e diversificadas, para disponibilizar o maior número de opções possíveis para as empresas realizarem o descarte correto dos REEE, respeitando as legislações que abordam o tema.

## 6 CONCLUSÃO

Com a realização desta pesquisa via formulário eletrônico e presencial, foi possível obter uma visão mais ampla da situação de como os resíduos de eletroeletrônicos são abordados nas empresas que operam suas atividades no município de Gravataí/RS. Embora tenha havido um baixo retorno das respostas, o que pode sugerir desinteresse com relação ao tema, pouca informação disponível para preenchimento do formulário ou que o endereço eletrônico estivesse incorreto/setor errado, foi possível fazer uma avaliação preliminar deste cenário.

Os objetivos propostos para a pesquisa foram atingidos, a partir da elaboração de um formulário eletrônico que foi enviado para os endereços de e-mail cadastrados nas empresas como ativas no órgão gestor municipal, bem como a partir da seleção prévia de 10 empresas de médio e grande porte atuantes em Gravataí/RS, em que teve-se o deslocamento até as instalações de operação das atividades, para disponibilizar o formulário e coletar registros fotográficos do armazenamento dos REEE, sendo observado um volume pequeno armazenado e em geral de lâmpadas fluorescentes, posteriormente destinadas a empresas de reciclagens.

Dessa forma, foi obtido um total de 59 empresas respondentes, sendo que 40 eram de pequeno porte com até 09 funcionários em seu quadro e do ramo de atuação de serviços. Inicialmente foi avaliado a questão dos riscos associados aos REEE, observando que a maioria das empresas (78 %) afirmam conhecer, sendo que poucas empresas (20 de 59 empresas), independente do porte, possuem setor/departamento ou alguém encarregado pela gestão ambiental das empresas.

A partir do cenário imposto pela pesquisa, das limitações e da análise dos resultados, observou-se que a maioria das empresas respondeu que geram REEE (71%) em suas dependências, mas que muitas delas ainda deixam os REEE armazenados (19 %), sugerindo que seja pela pouca informação a respeito deste tipo de resíduo (45 %) e falta de pontos de coleta (38 %). Foi ainda observado, a prática usual de descarte dos REEE sendo a doação para empresas de reciclagem (39%).

Além disso, foi verificado que os principais pontos de descarte de REEE estão ligados nas entidades empresariais do município, sendo que em uma delas é necessário ser associado e outra não. Já nas empresas de médio e grande porte, de forma geral, realizam o armazenamento dos REEE em suas instalações em local específico, até obter um volume adequado e posteriormente descartados com custos em empresas especializadas na coleta, reciclagem e/ou algum outro destino ambiental adequado.

Com relação a alternativas para as empresas descartarem corretamente seus REEE, o modelo depósito-reembolso seria uma opção interessante para proteção ambiental com ganhos econômicos, especialmente pela falta de pontos de coleta no município, aliando este modelo com a atuação de empresas no ramo de reciclagem como uma opção viável para empresas descartarem corretamente seus resíduos.

Assim, a pesquisa permitiu compreender melhor como está a situação das empresas atuantes no município em relação a temática dos resíduos de EEE, demonstrando dados interessantes, mas também alguns preocupantes, como a destinação de equipamentos eletrônicos no fim de sua vida útil junto a coleta municipal, misturando com resíduos domésticos, não apresentando nenhuma perspectiva para reciclagem, bem como a situação em que lâmpadas fluorescentes são quebradas antes do descarte ou descartada em terrenos baldios.

## **7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

A pesquisa concentrou-se em buscar informações gerais a respeito da temática dos REEE nas instituições empresariais do município de Gravataí/RS. Dessa forma, foi possível obter informações fornecendo um panorama geral da situação do descarte deste tipo de resíduo, como as dificuldades para descartar adequadamente, a falta de informações, entre outras questões.

Assim, como sugestões para trabalhos futuros pode-se citar uma investigação mais aprofundada a respeito da situação das empresas em relação ao uso do sistema de LR e quais seriam suas possíveis limitações na aplicação prática, bem como procurar analisar se um sistema de depósito-reembolso seria bem aceito e usado para descartar os REEE gerados em suas respectivas empresas.

Além disso, seria interessante fazer uma pesquisa mais detalhada no município em relação aos mecanismos de destino final dos REEE existentes, suas limitações, possibilidades de ampliação e dificuldades enfrentadas.

Com base nestas informações, poderia fazer-se um mapeamento de todas as opções disponíveis para as empresas para descartar corretamente seus REEE, explorar a aceitação de novos mecanismos e verificar se existe algum potencial de lucratividade na atividade de reciclagem e se despertaria interesse em negócios nessa área.

## 8 BIBLIOGRAFIA

ABDI. **Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial**. Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônico. Brasília, p. 1-179, 2013.

AFROZ, Rafia; MASUD, Muhammad Mehedi; DUASA, Jarita Bt. Survey and analysis of public knowledge, awareness and willingness to pay in Kuala Lumpur, Malaysia – a case study on household WEEE management. **Journal of Cleaner Production**, Kuala Lumpur, v. 51, p. 185-193, 2013.

ANDRADE, T. G. D.; FONSECA, S. M.; MATTOS, M. D. C. Geração e destino dos resíduos eletrônicos de informática. **Holos**, Natal, v. 2, 2010.

ANDREWS, D.; RAYCHAUDHURIB, A.; FRIAS, C. Environmentally sound technologies for recycling secondary lead. **Journal of Power Sources**, Madrid, v. 88, p. 124-129, 2000.

ARI, Vidyadhar. A Review of Technology of Metal Recovery from Electronic Waste. **E-Waste in Transition - From Pollution to Resource**, [S.l.], 2016.

ASANTE, Kwadwo Ansong; AGUSA, Tetsuro; BINEY, Charles Augustus; AGYEKUM, William Atuobi . Multi-trace element levels and arsenic speciation in urine of e-waste recycling workers from Agbogboshie, Accra in Ghana. **Science of The Total Environment**, Matsuyama, v. 424, p. 63-73, 2012.

ASSOCIAÇÃO COMERCIAL, INDUSTRIAL E DE SERVIÇOS DE GRAVATAÍ/RS. ACIGRA, 2017. Disponível em: <<http://www.acigra.com.br/ti-verde/>>. Acesso em: 05 Novembro 2017.

ASSOCIAÇÃO DE EMPRESAS DA INDÚSTRIA MÓVEL; UNIVERSIDADE DAS NAÇÕES UNIDAS. eWaste en América Latina: Análisis estadísticos y recomendaciones de política pública, 2015. Disponível em: <<https://www.gsma.com/latinamerica/wp-content/uploads/2015/11/gsma>>. Acesso em: 15 julho 2017.

BALDÉ, C.; KUEHR, R.; BLUMENTHAL, K.; GILL, S. Fondeur; MICHELI, P. E-waste Statistics: Guidelines On Classifications, Reporting And Indicators. **United Nations University, IAS – SCYCLE**, Bonn, p. 1-80, 2015.

BALDÉ, C. P.; WANG, F.; KUEHR, R.; HUISMAN, J. The Global E-waste Monitor 2014: Quantities, flows and resources. **United Nations University**, Bonn, 2015.

BRESCANSIN, A. **Restrição ao uso de substâncias perigosas (RoHS) no segmento de computadores pessoais: análise da estratégia de adoção pelos fabricantes estabelecidos no Brasil**. Dissertação (Mestrado), Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2014.

BORTHAKUR, Anwesh; GOVIND, Madhav. Emerging trends in consumers E-waste disposal behaviour and awareness: A worldwide overview with special focus on India. **Resources, Conservation and Recycling**, New Delhi, v. 111, Parte B, p. 102-113, 2017.

BORTHAKUR, Anwesh; GOVIND, Madhav. Public understandings of E-waste and its disposal in urban India: From a review towards a conceptual framework. **Journal of Cleaner Production**, New Delhi, p. 1-48, 2017.

BOVEA, M.; BELIS, V.; BELTRÁN, P. Attitude of the stakeholders involved in the repair and second-hand sale of small household electrical and electronic equipment: Case study in Spain. **Journal of Environmental Management**, Castellón, v. 196, p. 91-99, 2017.

BRASIL. LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010- Política Nacional de Resíduos Sólidos, Brasília, 2010.

CAIADO, Nathália; GUARNIERI, Patricia; XAVIER, Lúcia Helena; CHAVES, Gisele de Lorena Diniz. A characterization of the Brazilian market of reverse logistic credits (RLC) and an analogy with the existing carbon credit market. **Resources, Conservation and Recycling**, Brasília, v. 118, p. 47-59, 2017.

CHAN, Janet Kit Yan; WONG, Ming. A review of environmental fate, body burdens, and human health risk assessment of PCDD/Fs at two typical electronic waste recycling sites in China. **Science of The Total Environment**, Hong Kong, v. 463-464, p. 1111-1123, 2013.

CHANDRA, Ram; YADAV, Sheelu; YADAV, Sangeeta. Phytoextraction potential of heavy metals by native wetland plants growing on chlorolignin containing sludge of pulp and paper industry. **Ecological Engineering**, Lucknow, v. 98, p. 134-145, 2017.

CHEN, Mengjun; ZHANG, Fu-Shen; ZHU, Jianxi. Lead recovery and the feasibility of foam glass production from funnel glass of dismantled cathode ray tube through pyrovacuum process. **Journal of Hazardous Materials**, Beijing, v. 161, n. 2-3, p. 1109-1113, 2009.

CUI, Jirang; FORSSBERG, Eric. Mechanical recycling of waste electric and electronic equipment: a review. **Journal of Hazardous Materials**, Luleå, v. 99, n. 3, p. 243-263, 2003.



CUI, Jirang; ZHANG, Lifeng. Metallurgical recovery of metals from electronic waste: A review. **Journal of Hazardous Materials**, Trondheim, v. 158, p. 228-256, 2008.

CUI, Jin-li; LUO, Chun-ling; TANG, Chloe Wing-yee; CHAN, Ting-Shan; LI, Xiang-dong. Speciation and leaching of trace metal contaminants from e-waste contaminated soils. **Journal of Hazardous Materials**, Hong Kong, v. 329, p. 150-158, 2017.

DIAS, Pablo; MACHADO, Arthur; HUDA, Nazmul; BERNARDES, Andréa Moura. Waste electric and electronic equipment (WEEE) management: A study on the Brazilian recycling routes. **Journal of Cleaner Production**, Porto Alegre, v. 174, n. 10, p. 7-16, 2017.

DUYGAN, Mert; MEYLAN, Grégoire. Strategic management of WEEE in Switzerland—combining material flow analysis with structural analysis. **Resources, Conservation and Recycling**, Zurich, v. 103, p. 98-109, 2015.

ECHEGARAY, F. Consumers' reactions to product obsolescence in emerging markets: the case of Brazil. **Journal of Cleaner Production**, Florianópolis, v. 134, part.A, p. 191-203, 2016.

FOWLER, A. Fowler. Chapter 1 – Magnitude of the Global E-Waste Problem. In: **ELSEVIER Electronic Waste-Toxicology and Public Health Issues**. 1. ed. Reino Unido: Academic Press, v. 1, 2017. Cap. 1, p. 1-15.

FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA, FEE, 2017. Disponível em: <<http://www.fee.rs.gov.br/indicadores/pib-rs/municipal/destaques/>>. Acesso em: 16/06/2017.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4<sup>a</sup>. ed. São Paulo: Atlas S.A. 2002, v. 1, 2002.

GOLEV, Artem; CORDER, Glen. Quantifying metal values in e-waste in Australia: The value chain perspective. **Minerals Engineering**, Brisbane, v. 107, p. 81-87, 2016.

GUARNIERI, Patricia; SILVA, Lucio Camara; LEVINO, Natallya. Analysis of electronic waste reverse logistics decisions using Strategic Options Development Analysis methodology: A Brazilian case. **Journal of Cleaner Production**, Brasília, v. 133, p. 1105-1117, 2016.

HORNE, R. E.; GERTSAKIS, J. A Literature Review on the Environmental and Health Impacts of Waste Electrical and Electronic Equipment. **RMIT University**, Melbourne, p. 39, 2006.

HUO, Xia; PENG, Lin; XU, Xijin; LIANGKAI, Zheng; QIU, Bo; ZONGLI, Qi; ZHANG, Bao; HAN, Dai; PIAO, Zhongxian. Elevated Blood Lead Levels of Children in Guiyu, an Electronic Waste Recycling Town in China. **Environmental Health Perspectives**, Shantou, v. 115, p. 1113-1117, Julho 2007.

IMRAN, Muhammad; HAYDAR, Sajjad; KIM, Junbeum; AWAN, Muhammad Rizwan; BHATTI, Amanat Ali. E-waste flows, resource recovery and improvement of legal framework in Pakistan. **Resources, Conservation and Recycling**, Lahore, v. 125, p. 131-138, 2017.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA , IBGE, 2017. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=430920>>. Acesso em: 16 Setembro 2017.

KAHHAT, Ramzy; JUNBEUM, Kim; XU, Ming; ALLENBY, Braden; WILLIAMS, Eric; ZHANG, Peng. Exploring e-waste management systems in the United States. **Resources, Conservation and Recycling**, Tempe, v. 52, n. 7, p. 955-964, 2008.

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**, St.Gallen, v. 90, n. 1, p. 153-165, 2009.

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

KUMAR, Amit.; HOLUSZKO, Maria; ESPINOSA, Denise Croce Romano. E-waste: An overview on generation, collection, legislation and recycling practices. **Resources, conservation and recycling**, Vancouver, v. 122, p. 32-42, 2017.

MA , Chuan; YU, Jie; ZIJIAN, Ben Wang Canção; XIANG, Jun; HU, Canção; SU, Sheng; SO, Lushi. Chemical recycling of brominated flame retarded plastics from e-waste for clean fuels production: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Wuhan, v. 61, p. 43-450, 2016.

MAN, Ming; NAIDU, Ravi; WONG, Ming. Persistent toxic substances released from uncontrolled e-waste recycling and actions for the future. **Science of The Total Environment**, Hong Kong, v. 463-464, p. 1133-1137, 2013.

MARASCHIN, Clarice; CAMPOS, Heleniza; ÁVILA, Leonardo Marques Hortencio; PRUDENTE, Letícia Thurmann. Grandes Empreendimentos Terciários e a Estruturação Metropolitana. **REVISTA PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO**, Curitiba, v. 35, n. 126, p. 161-176, 2014.

MARTINHO, Graça; PIRES, Ana; SARAIVA, Luanha; RIBEIRO, Rita. Composition of plastics from waste electrical and electronic equipment (WEEE) by direct sampling. **Waste Management**, Caparica, v. 32, n. 6, p. 1213-1217, 2012.

MILOVANTSEVA, Natalia; FITZPATRICK, Colin. Barriers to electronics reuse of transboundary e-waste shipment regulations: An evaluation based on industry experiences. **Resources, Conservation and Recycling**, Los Angeles, v. 102, p. 170-177, 2015.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos: Análise de Viabilidade Técnica e Econômica. **Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial**, Brasília, p. 178, 2012.

NAMIAS, Jennifer. The future of electronic waste recycling in the United States: Obstacles and Domestic Solutions. **Columbia University**, New York, p. 1-66, 2013.

NUMATA, D. Policy mix in deposit-refund systems – From schemes in Finland and Norway. **Waste Management**, Fukushima, v. 52, p. 1-2, 2016.

NUMATA, Daisuke. Economic analysis of deposit–refund systems with measures for mitigating negative impacts on suppliers. **Resources, Conservation and Recycling**, Fukushima, v.53, p.199-207, 2009.

OLIVEIRA, R. D. Contribuições para a melhoria da gestão de resíduos de eletroeletrônicos no Brasil, no contexto da sustentabilidade ambiental. **Engenharia de Produção, Dissertação (mestrado), Universidade Estadual Paulista**, Guaratinguetá, 2016.

OLIVEIRA, R. D.; BERNARDES, M.; GERBASE, E. Collection and recycling of electronic scrap: A worldwide overview and comparison with the Brazilian situation. **Waste Management**, Porto Alegre, v. 32, n. 8, p. 1592-1610, 2012.

OLYMPIO, K.; GONÇALVES, C.; SALLES, F.; FERREIRA, A.; SOARES, A. What are the blood lead levels of children living in Latin America and the Caribbean. **Environment International**, São Paulo, v. 101, p. 46-58, 2017.

PACHECO, J. **Gerenciamento de Resíduos Eletro-Eletrônicos: Uma Proposta para Resíduos de Equipamentos de Informático no Município do Rio de Janeiro**. Dissertação apresentada ao Programa de PósGraduaçãoGraduação em Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, p. 153, 2013.

PARLAMENTO EUROPEU E O CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA. Diretiva 2012/19/ue do parlamento europeu e do conselho. **Jornal Oficial da União Europeia**, [S.l.], 2012.

PARLAMENTO EUROPEU E O CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA. Diretiva 2011/65/EU do parlamento europeu e do conselho. **Jornal Oficial da União Europeia**, [S.l.], 2011.

PATHAK, Pankaj; SRIVASTAVA, Rajiv; OJASVI. Assessment of legislation and practices for the sustainable management of waste electrical and electronic equipment in India. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Rajkot, v. 78, p. 220-232, 2017.

PINHEIRO, Eualdo Lima; MONTEIRO, Márcio Augusto; ALMEIDA, Renato Nogueira de; FRANCO, Rosana Gonçalves Ferreira; PORTUGAL, Susane Meyer. Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos. **Publicado pela Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais**, Belo Horizonte, p. 1-41, 2009.

PREFEITURA MUNICIPAL DE GRAVATAÍ. Portal Cidadão. **Prefeitura Municipal de Gravataí**, 2017. Disponível em: <<https://gravatai.atende.net/>>. Acesso em: 16/06/2017.

PUCKETT, Jim; SMITH, Ted. Exporting harm the high-tech trashing of Asia. New Delhi:[S.n], 2002.

REUTER, Markus; OYJ, Outotec; HUDSON, Christian; SCHAIK, Antoinette van; HEISKANEN, Kari; MESKERS, Cristina; HAGELÜKEN, Christian. Metal Recycling: Opportunities, Limits, Infrastructure. **International Resource Panel, Working Group on the Global Metal Flows**, [S.l.], p. 1-320, 2013.

ROCHA, Gustavo; GOMES, Flávia; PORTE, Martin; PORTUGAL, Susane; ALMEIDA, Renato; RIBEIRO, José. Diagnóstico da Geração de. **Fundação Estadual do Meio**, Belo Horizonte, p. 1-85, 2009.

ROCKWELL, L. A questão da obsolescência programada - quanto tempo as coisas devem durar? **Instituto Mises Brasil**, Brasil, 2017. Disponível em: <<http://www.mises.org.br/Article.aspx?id=1528>>. Acesso em: 02.

RODRIGUES, Angela Cassia; GUNTHER, Wanda Maria Risso; BOSCOV, Maria Eugenia Gimenez. Estimativa da geração de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos de origem domiciliar: proposição de método e aplicação ao município de São Paulo. **Journal Eng. Sanit. Ambient**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 3, 2015.

SABBAGHI, Mostafa; CADE, Willie; BEHDAD, Sara. The current status of the consumer electronics repair industry in the U.S.: A survey-based study. **Resources, Conservation and Recycling**, Buffalo, v. 116, p. 137-151, 2016.

SABBAGHI, Mostafa; ESMAEILIAN, Behzad; CADE, Willie; WIENS, Kyle; BEHDAD, Sara. Business outcomes of product repairability: A survey-based study of consumer repair experiences. **Resources, Conservation and Recycling**, Buffalo, v. 109, p. 114-112, 2016.

SANTOS, Carlos Alberto Frantz dos. A gestão dos resíduos de eletroeletrônicos e as suas consequências para a sustentabilidade: Um estudo de Múltiplos casos na Região Metropolitana de Porto Alegre. **Dissertação de Mestrado em Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, p. 131, 2012.

SEBRAE. Perfil das Cidades Gaúchas-Gravataí. **SEBRAE**, 2015. Disponível em: <[http://ambientedigital.sebrae-rs.com.br/Download/PerfilCidades/Perfil\\_Cidades\\_Gauchas-gravatai.pdf](http://ambientedigital.sebrae-rs.com.br/Download/PerfilCidades/Perfil_Cidades_Gauchas-gravatai.pdf)>. Acesso em: 16/06/2017.

SONG, Hang; ZHAO, Chunguang; ZENG, Junping. Can environmental management improve financial performance: An empirical study of A-shares listed companies in China. **Journal of Cleaner Production**, Shanghai, v. 141, n. 10, p. 1051-1056, 2017.

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

SOUZA, J.; FREITAS, P.; ALMEIDA, L.; ROSMANINHO, M. Development of new materials from waste electrical and electronic equipment: Characterization and catalytic application. **Waste Management**, Belo Horizonte, 2016.

STENVALL, Erik; TOSTAR, Sandra; BOLDIZAR, Antal; CAPATAZ, Mark; MÖLLER, Kenneth. An analysis of the composition and metal contamination of plastics from waste electrical and electronic equipment (WEEE). **Waste Management**, Göteborg, v. 33, n. 4, p. 915-922, 2013.

SUM, Elaine. The recovery of metals from electronic scrap. **Review of Extractive Metallurgy**, [S.l.], v. 43, p. 53-61, 1991.

TANSEL, B. From electronic consumer products to e-wastes: Global outlook, waste quantities, recycling challenges. **Environment International**, Miami, p. 1-11, 2016.

TANSKANEN, Pia. Management and recycling of electronic waste. **Acta Materialia**, Espoo, v. 61, n. 3, p. 1001-1011, 2013.

TELES, Camila Duarte; RIBEIRO, José Luis Duarte; TINOCO, Maria Auxiliadora Cannarozzo; CATEN, Carla Schwengber dez. Characterization of the adoption of environmental management practices in large Brazilian companies. **Journal of Cleaner Production**, Porto Alegre, v. 86, n. 1, p. 256-264, 2015.

TESFAYE, Fiseha; LINDBERG, Daniel; HAMUYUNI, Joseph; TASKINEN, Pekka; HUPA, Leena. Improving urban mining practices for optimal recovery of resources from e-waste. **Minerals Engineering**, Espoo, v. 111, p. 209-221, 2017.

TOWNSEND, T. Environmental issues and management strategies for waste electronic and electrical equipment. **Journal of the Air and Waste Management Association**, Gainesville, v. 61, n. 6, p. 587-610, 2011.

UNIÃO EUROPÉIA. Directive 2002/96/ec of the European Parliament and of the council of 27 January 2003 on waste electrical and electronic equipment (WEEE). **Official Journal of the European Union**, [S.l], v. 46, p. 24-39, 2003.

WANG, Ruixue; XU, Zhenming. Recycling of non-metallic fractions from waste electrical and electronic equipment (WEEE): A review. **Waste Management**, Shanghai, v. 34, n. 8, p. 1455-1469, 2014.

WANG, Joanna; WAI, Chien. Dissolution of Precious Metals in Supercritical Carbon Dioxide. **Journal Industrial & Engineering Chemistry Research**, Moscow, Idaho, v. 44, p. 922-926, 2005.

WANG, Wenhua; TIAN, Yihui; ZHU, Qinghua; ZHONG, Yongguang. Barriers for household e-waste collection in China: Perspectives from formal collecting enterprises in Liaoning Province. **Journal of Cleaner Production**, Xangai, v. 153, p. 299-308, 2016.

WIDMER, Rolf; KRAPP, Heidi Oswald; KHETRIWAL, Deepali Sinha; SCHNELLMANN, Max; BÖNI, Heinz. Global perspectives on e-waste. **Environmental Impact Assessment Review**, Suíça, v. 25, n. 5, p. 436-458, 2005.

WOJANOWSKI, Rico; VERTER, Vedat; BOYACI, Tamer. Retail collection network design under deposit-efund. **Computers & Operations Research**, Montreal, v.34, p.324-345, 2007.

XU, Meng; HADI, Pejman; LIN, Carol SK; HUI, Chi Wai; MCKAY, Gordon. Waste printed circuit board recycling techniques. **Journal of Hazardous Materials**, Hong Kong, v. 283, p. 234-243, 2015.

YANG, Congreen; ZENG, Xianlai; CHING, Joseph; LI, Jinhui. Innovating e-waste management: From macroscopic to microscopic scales. **Science of The Total Environment**, Beijing, v. 575, p. 1-5, 2017.

YLÄ-MELLA, Jenni; KEISKI, Riitta; PONGRÁCZ, Eva. Electronic waste recovery in Finland: Consumers' perceptions towards recycling and re-use of mobile phones. **Waste Management**, Oulu, v. 45, p. 374-384, 2015.

ZHENG, Liangkai; WU, Kusheng; LI, Yan; QI, Zongli; HAN, Dai; ZHANG, Bao; GU, Chengwu; CHEN, Gangjian; LIU, Junxiao; CHEN, Songjian; XU, Xijin; HUO, Xia. Blood lead and cadmium levels and relevant factors among children. **Environmental Research**, Shantou, v. 108, p. 15-20, 2008.

## ANEXO A- QUESTIONÁRIO APLICADO AS EMPRESAS RESPONDENTES

O objetivo deste questionário é de realizar um diagnóstico da situação atual das empresas do município de Gravataí/RS sobre os resíduos eletroeletrônicos.

Este Diagnóstico será utilizado na Dissertação de mestrado do aluno Tiago Joel Rieger, Engenheiro Ambiental mestrando em Engenharia de Materiais no PPGE3M - UFRGS.

Todos os dados obtidos neste questionário serão utilizados de forma anônima na redação da Dissertação, não sendo exposta nenhuma Marca ou nome de Empresa/Cooperativa.

Desde já agradecemos a sua participação e nos colocamos a disposição para sanar qualquer dúvida através do e-mail: tiago.joel.rieger@gmail.com

### 1. Qual o ramo de atividade da sua empresa?

- ( ) Comercial (Restaurante, supermercado, atacado, ferragem, loja de roupas, veículos, posto de combustível, farmácia, etc.)
- ( ) Prestação de serviços (Lavandaria, consultoria, oficina mecânica, transporte, lazer, etc.)
- ( ) Indústria Metal-Mecânica
- ( ) Indústria Gráfica
- ( ) Indústria Calçadista
- ( ) Indústria Siderúrgica
- ( ) Indústria Moveleira
- ( ) Outros: \_\_\_\_\_

### 2. Qual o porte da sua empresa?

	Comércio e serviços	Indústria
Até 09 funcionários	( )	( )
10-49 funcionários	( )	( )
50-99 funcionários	( )	( )
Mais que 99 funcionários	( )	( )

### 3. Conhece os riscos relacionados aos resíduos eletroeletrônicos?

- ( ) Sim
- ( ) Não

### 4. Existe algum setor/departamento/encarregado pela gestão ambiental da empresa de acordo com o seu porte?

	Sim	Não
Até 09 funcionários	( )	( )
10-49 funcionários	( )	( )
50-99 funcionários	( )	( )
Mais que 99 funcionários	( )	( )



**5. A sua empresa já gerou algum tipo de resíduo eletroeletrônico, como celulares, TV, computadores, impressoras, lâmpadas fluorescentes, entre outros?**

☐ Sim

☐ Não

**6. Qual a quantidade de equipamentos eletroeletrônicos que a sua empresa possui?**

	0	1	2	3	4	5	>5	Não sei
TV/Monitor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Notebook/PC	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Celular/ Tablet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Freezer/ Geladeira	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DVD/ Home theater	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Microondas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Impressora/ Scanner	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Máquina de cartão de Débito e ou Crédito	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lâmpadas fluorescentes/ LED	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Máquina de Lavar Louça/ Roupa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**7. Qual o principal tipo de resíduo de equipamento eletroeletrônico gerado na sua empresa?**

☐ TV/Monitor

☐ Notebook/PC

☐ Celular/ Tablet

☐ Freezer/ Geladeira

☐ DVD/ Home theater

☐ Microondas

☐ Impressora/ Scanner

☐ Máquina de cartão de Débito e ou Crédito

☐ Lâmpada fluorescente/ LED

☐ Máquina de Lavar Louça/ Roupa

**8. Aproximadamente, qual a quantidade de RESÍDUOS de equipamentos eletroeletrônicos a sua empresa gerou em 2015?**

	0	1	2	3	4	5	>5	Não sei
TV/Monitor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Notebook/PC	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Celular/ Tablet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Freezer/ Geladeira	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DVD/ Home theater	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Microondas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Impressora/ Scanner	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Máquina de cartão de Débito e ou Crédito	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lâmpadas fluorescentes/ LED	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Máquina de Lavar Louça/ Roupas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**9. Quando sua empresa descarta os equipamentos eletroeletrônicos, qual seu destino final?**

- ☐ Doação para entidades sociais
- ☐ Revenda (ainda está em condições de uso)
- ☐ Armazena
- ☐ Descarta junto a coleta municipal de resíduos
- ☐ Descarta em pontos de coleta
- ☐ Doação para empresas de reciclagem
- ☐ Vende para empresas de reciclagem
- ☐ Outro: \_\_\_\_\_

**10. Especificamente em relação aos celulares e tablets, qual a sua destinação final?**

- ☐ Doação para entidades sociais
- ☐ Revenda (ainda está em condições de uso)
- ☐ Armazena
- ☐ Descarta junto a coleta municipal de resíduos
- ☐ Descarta em pontos de coleta
- ☐ Doação para empresas de reciclagem
- ☐ Vende para empresas de reciclagem
- ☐ Outro: \_\_\_\_\_

**11. Especificamente em relação aos computadores/monitores/televisores/imprensa, qual a sua destinação final?**

- ☐ Doação para entidades sociais
- ☐ Revenda (ainda está em condições de uso)
- ☐ Armazena
- ☐ Descarta junto a coleta municipal de resíduos
- ☐ Descarta em pontos de coleta
- ☐ Doação para empresas de reciclagem
- ☐ Vende para empresas de reciclagem
- ☐ Outro: \_\_\_\_\_

**12. Especificamente com relação as lâmpadas fluorescentes e LED, qual a sua destinação final?**

- ☐ Deixa armazenado até obter um bom volume e encaminha a uma empresa responsável
- ☐ Somente deixa armazenado
- ☐ Descarta na coleta municipal de resíduos
- ☐ Descarta em qualquer lugar, como beira de estradas, terrenos baldios, fundos do imóvel, espaços públicos
- ☐ Quebra e depois descarta na coleta municipal de resíduos
- ☐ Outro: \_\_\_\_\_

**13. Sua empresa sabe o que é logística reversa?**

- ☐ Sim
- ☐ Não

**14. Conhece algum ponto de descarte de resíduos eletroeletrônicos em Gravataí/RS?**

- ☐ Não
- ☐ Sim

**15. Caso positivo na questão 14, já usou o ponto de descarte ou coleta?**

- ☐ Sim
- ☐ Não

**16. Qual a principal dificuldade para descarte de resíduos eletroeletrônicos em Gravataí/RS?**

- ☐ Pouca informação a respeito deste tipo de resíduo
- ☐ Inexistência ou desconhecimento de pontos de coleta
- ☐ Inexistência ou desconhecimento de empresas que atuam no ramo de reciclagem
- ☐ Ausência de Fiscalização
- ☐ Pouca conscientização da população
- ☐ Outro: \_\_\_\_\_