

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA PARA RECURSOS AMAZÔNICOS

**GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS ELETRÔNICOS: ESTUDO
DA ATUAÇÃO DE EMPRESAS E DE GRUPOS DE
CONSUMIDORES NA CADEIA PÓS-CONSUMO NO MUNICÍPIO
DE ITACOATIARA – AM.**

PAULA FERNANDA QUEIROZ PEREIRA LIMPIAS

ITACOATIARA - AM
2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA PARA RECURSOS AMAZÔNICOS

PAULA FERNANDA QUEIROZ PEREIRA LIMPIAS

**GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS ELETRÔNICOS: ESTUDO
DA ATUAÇÃO DE EMPRESAS E DE GRUPOS DE
CONSUMIDORES NA CADEIA PÓS-CONSUMO NO MUNICÍPIO
DE ITACOATIARA – AM.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Amazonas para o programa de pós-graduação em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos, área de concentração Ciências Ambientais.

Orientador: Jorge Yoshio Kanda

ITACOATIARA - AM
2018

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

L734g Limpas, Paula Fernanda Queiroz Pereira
Gerenciamento de resíduos eletrônicos: estudo da atuação de empresas e de grupos de consumidores na cadeia pós-consumo no Município de Itacoatiara – AM / Paula Fernanda Queiroz Pereira Limpas. 2018
95 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Jorge Yoshio Kanda
Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Gerenciamento de resíduos eletrônicos. 2. E-waste. 3. Responsabilidade compartilhada. 4. Logística reversa. I. Kanda, Jorge Yoshio II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

PAULA FERNANDA QUEIROZ PEREIRA LIMPIAS

Gerenciamento de Resíduos Eletrônicos: Estudo da Atuação de Empresas e de Grupos de Consumidores na Cadeia Pós-Consumo no Município de Itacoatiara-AM.

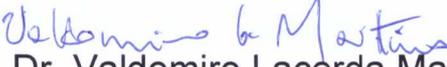
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos da Universidade Federal do Amazonas, como parte do requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos, área de concentração Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Recursos Amazônicos.

Aprovada em 16 de julho de 2018.

BANCA EXAMINADORA


Dr. Jorge Yoshio Kanda, Presidente
Universidade Federal do Amazonas


Dra. Liane Cristine Rebouças Demosthenes
Universidade Federal do Amazonas


Dr. Valdomiro Lacerda Martins
Universidade Federal do Amazonas

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Francisca Glória de Queiroz e Eduardo Pereira que por meio de seus exemplos me mostraram o caminho a seguir. Às minhas filhas Taís Limpas e Ana Júlia Limpas que constantemente me fortaleceram nessa conquista. Ao meu esposo Jaime Limpas que supriu nossas necessidades quando eu mais precisei, por meio de seu amor e sua imensa dedicação à nossa família.

AGRADECIMENTOS

A Deus por direcionar e iluminar meu caminho, que por meio de seus anjos permitiu todos os milagres em minha vida.

Às minhas filhas pelo amor incondicional e carinho que deram sentido a busca de conhecimentos.

Ao meu esposo pelo amor, carinho e incentivo, consolando-me em cada desânimo quando eu achava que não seria possível continuar.

Aos meus pais e irmãos que permanentemente torcem de longe por mim, realizando-se e alegrando-se com minhas conquistas.

Ao meu orientador Jorge Yoshio Kanda pela constante dedicação, aprendizado e companheirismo, o que tornou possível alcançar esse objetivo.

RESUMO

A cada ano ocorre um aumento significativo do consumo de eletrônicos e conseqüentemente o aumento de descarte desses produtos, conhecidos como lixos eletrônicos (*e-waste*). O descarte inadequado desse tipo de lixo pode causar danos ao meio ambiente e à saúde humana. Para minimizar o volume de resíduos sólidos existe uma Política Nacional que institui a responsabilidade compartilhada entre fabricantes, importadores, comerciante, consumidores e representantes governamentais. No Amazonas ainda está sendo implantada e implementada a política de resíduos sólidos. Este trabalho tem como objetivo avaliar as ações de gerenciamento de resíduos de equipamentos eletrônicos em grupos de consumidores e empresas no município de Itacoatiara-AM. O estudo é descritivo com abordagem mista (qualitativa e quantitativa). A logística reversa de produtos eletrônicos, instituída pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, está em fase de discussão de acordo setorial específico para sua implantação. Foram entrevistados consumidores, que relataram sobre descartes de resíduos eletrônicos e empresas que informaram sobre a gestão de resíduos eletrônicos. Um resultado importante da pesquisa mostra que a gestão dos resíduos eletrônicos no município de Itacoatiara-AM não está de acordo com o que é preconizado na Política Nacional de Resíduos Sólidos. Por isso, a importância deste estudo está da geração de informações que poderão ser úteis para subsidiar o processo de implantação e implementação das ações municipais de gestão dos resíduos sólidos eletrônicos entre consumidores, empresas e catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis.

Palavras-Chaves: Gerenciamento de resíduos eletrônicos; *E-waste*; Responsabilidade compartilhada.

ABSTRACT

Consumption of electronic products increases significantly in each new year, and, consequently, there is an increase in e-waste. Improper disposal of this type of waste can cause damage to the environment and human health. To minimize the volume of solid waste there is a National Policy that shares the responsibility among manufacturers, importers, traders, consumers and government representatives. In Amazonas State the solid waste policy is being implemented. This research aims to evaluate the actions of management of e-waste in consumers and companies in Itacoatiara-AM with a mixed approach (qualitative and quantitative). The reverse logistic of electronic products, instituted in the National Solid Waste Policy, is in the process of discussion of a specific sector agreement for its implementation. Interviews with consumers have been conducted in order to obtain information on electronic waste disposal and with business owners to know how the waste management occurs. An important result of the research shows that the management of electronic waste in Itacoatiara-AM is not in accordance with the National Policy on Solid Waste. Therefore, the importance of this study is the generation of information that may be useful to support the process of implementation of municipal actions for the management of solid electronic waste among consumers, companies and recyclable waste collectors.

Keywords: Electronic waste management; e-waste; shared responsibility.

LISTA DE SIGLAS

As	Arsênio
Be	Berílio
BRF	Bromados
Cd	Cádmio
CEGRS	Comitê Consultivo Estadual de Gestão de Resíduos Sólidos
CFC	Clorofluorocarbono
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
Cr	Cromo
CRT	Tubo de Raios Catódicos
Cu	Cobre
DRSP	Diretiva de Restrição de Substâncias Perigosas
ECR	Responsabilidade estendida dos consumidores estendidos
EEE	Equipamentos Elétricos e Eletrônicos
EOL	Fim de Vida Útil
EPR	Responsabilidade Estendida do Produtor
GPS	Sistema de Posicionamento Global
Hg	Mercurio
LCDs	Monitores de Cristal Líquido
LED	Diodo Emissor de Luz
LR	Logística Reversa
MB	Metal Base
OMS	Organização Mundial da Saúde
Pb	Chumbo
PBDEs	Éter Difenílico Polibromado
PCBs	Bifenil Policlorado
PCDD	Dibenzo-p-dioxina Policiclonada
PCDD/Fs	Dibenzo-p-dioxinas Policloradas e Dibenzofuranos.
PERS-AM	Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Amazonas
PMs	Metais Preciosos
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PRSCS-RMM	Plano de Resíduos Sólidos e de Coleta Seletiva da Região Metropolitana de Manaus
PVC	Cloreto de polivinilo
REEE	Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos
SDS	Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável
SEMA	Secretaria de Estado do Meio Ambiente
SRHU/MMA	Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano do Ministério do Meio Ambiente
TBBPA	Tetrabromobisphenol-A
TI	Tecnologia da Informação
TRA	Taxa de Reciclagem Avançada

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Visão esquemática e componentes de tubos de raios catódicos.....	37
Figura 2. Faixa etária dos entrevistados.	58
Figura 3. Renda familiar mensal dos entrevistados.....	59
Figura 4. Equipamentos em uso nas residências dos entrevistados.....	59
Figura 5. Conhecimento quanto à geração de resíduos no fim de vida útil dos produtos.	60
Figura 6. Formas de descarte de lixo eletrônico.....	61
Figura 7. Formas de descarte por faixa etária.	62
Figura 8. Conhecimento e uso dos pontos de entrega de lixo eletrônico.	63
Figura 9. Sentimento de responsabilidade pela destinação adequada dos resíduos eletrônicos.	65
Figura 10. Produtores e comerciantes são responsáveis pelo destino dos produtos eletrônicos descartados.	65
Figura 11. Sentimento de responsabilidade pela destinação adequada dos resíduos eletrônicos.....	66
Figura 12. Motivo da última troca do aparelho celular.	67
Figura 13. Aparelho eletrônico com defeito armazenado em casa.....	69
Figura 14. Nível de consciência sobre os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos.	71
Figura 15. Práticas de gestão ambiental.	72
Figura 16. Ações de gerenciamento de resíduos eletrônicos.....	73
Figura 17. Disposição final dos resíduos de equipamentos eletrônicos.	74
Figura 18. Slogan de um projeto de reciclagem de resíduos eletrônicos.	77
Figura 19. Armazenamento dos resíduos eletrônicos para a revenda.	78
Figura 20. Monitor CRT descartado de modo incorreto no lixão.	80
Figura 21. Monitor CRT descartado de modo incorreto em via pública.....	80
Figura 22. Lixão a céu aberto no município de Itacoatiara.	81
Figura 23. Resíduos eletrônicos descartados de forma inadequada no lixão.	82

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1.1. Objetivo geral	14
1.1.2. Objetivos específicos	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1. Definições	15
2.2. Produção de resíduos eletrônicos no Brasil e no mundo	17
2.3. Legislação	20
2.3.1. Convenção Basiléia (Comércio Internacional de Resíduos Eletrônicos)	22
2.3.2. União Europeia	24
2.3.3. Suíça	26
2.3.4. Brasil	26
2.3.5. Amazonas	27
2.4. Gerenciamento de Resíduos Eletrônicos	28
2.4.1. Etapas da reciclagem	30
2.4.2. Centros de referência em reciclagem de resíduos eletrônicos no mundo	32
2.5. Importância Socioeconômica da Reciclagem de Resíduos Eletrônicos	32
2.6. Impactos Ambientais do Descarte Inadequado de Resíduos Eletrônicos	34
2.6.1. Contaminação em aterros sanitários	35
2.6.2. Contaminação do solo, água e ar	35
2.6.3. Contaminação causada por tubos de raios catódicos (CRT)	36
2.7. Impactos na Saúde Humana da Exposição a Resíduos Eletrônicos	37
2.7.1. A reciclagem informal	37
2.7.2. Danos à saúde humana	39
2.7.3. Contaminação por chumbo	41
3. MATERIAL E MÉTODOS	43
3.1. Instrumentos de coleta de dados	44
3.3. Observações em campo	48
3.4. Análise de dados	48
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
4.1. Legislações vigentes relacionadas ao gerenciamento de produtos eletrônicos	50
4.1.1. Plano Nacional de Resíduos Sólidos	51

4.1.2.	Acordo Setorial dos Produtos Eletroeletrônicos	51
4.1.3.	Resoluções relacionadas	53
4.1.4.	Legislações vigentes no Estado do Amazonas	54
4.2.	Atuação dos consumidores na Logística Reversa dos resíduos eletrônicos	57
4.2.1.	Caracterização dos entrevistados	57
4.2.2.	Conhecimento dos entrevistados referente ao descarte de resíduos eletrônicos	61
4.2.3.	Conhecimento dos entrevistados sobre resíduos eletrônicos	61
4.2.4.	Comportamento dos usuários na logística reversa dos resíduos eletrônicos	66
4.3.	Atuação das empresas na Logística Reversa dos resíduos eletrônicos	70
4.3.1.	Nível de Consciência sobre os Resíduos de Equipamentos Eletrônicos	71
4.3.2.	Práticas de Gestão Ambientais	72
4.3.3.	Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletrônicos	73
4.4.	A cadeia pós-consumo dos resíduos eletrônicos na logística reversa	75
4.4.1.	Comercialização de resíduos eletrônicos	76
4.4.2.	Destinação final dos resíduos eletrônicos	80
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	84
	REFERÊNCIAS	86

1. INTRODUÇÃO

Produtos eletrônicos não funcionantes ou obsoletos, como por exemplo, TVs, computadores, impressoras, fotocopiadoras, telefones celulares, aparelhos de fax, eletrodomésticos, equipamentos de iluminação e jogos eletrônicos são descartados quando considerados que estejam no fim da sua vida útil, tornando-se lixo eletrônico (*e-waste*) (STHIANNOPKAO; WONG, 2013). Os resíduos eletrônicos requerem um manuseio especial porque contêm muitos elementos químicos, tais como: chumbo, mercúrio, arsênico, crômio, e cádmio, que são capazes de liberar, entre outros compostos, dioxinas e furanos (WONG, M. *et al*, 2007).

A indústria eletrônica está em acelerada expansão e a principal consequência desse crescimento é a geração de resíduos eletrônicos. À medida que aumenta o consumo ou o incentivo à aquisição de novos produtos eletrônicos, cresce significativamente o descarte de materiais que contêm uma variedade de metais pesados, e isso pode provocar diferentes formas de contaminação (TANAUE *et al*, 2015). Materiais sem utilidade são geralmente amontoados indiscriminadamente e, muitas vezes, em locais indevidos como: lotes baldios, margens de estradas, fundos de vale e margens de lagos e rios (MUCELIN; BELLINI, 2008).

As características físicas e químicas do *e-waste* distinguem esse tipo de resíduos de outras formas de resíduos urbanos ou industriais, pois contém materiais valiosos e perigosos, que requerem um método de reciclagem e tratamento especial para evitar a contaminação do meio ambiente, isso sem considerar os efeitos prejudiciais à saúde humana (ROBINSON, 2009). Atualmente, o *e-waste* se configura como um dos lixos mais acumulados no mundo quanto à sua quantidade e toxicidade (CHUNG *et al*, 2011).

Uma projeção para o ano de 2030 indica que países em desenvolvimento irão descartar o dobro do número de computadores pessoais em relação aos países desenvolvidos, ou seja, estima-se que será em torno de 600 milhões de descartes em países em desenvolvimento contra 300 milhões em países desenvolvidos (YU *et al*, 2010). Um estudo sobre a produção de lixo eletrônico revelou que o Brasil gera aproximadamente 96,8 mil toneladas de resíduos de computadores por ano, sendo superado apenas pela China que gera 300 mil toneladas por ano (SCHLUEP *et al*, 2009). A situação do lixo eletrônico no Brasil ainda é uma questão que requer muita atenção, pois é necessário que haja mudanças nos setores públicos, privados e até mesmo na própria sociedade (TANAUE *et al*, 2015).

Observa-se a existência de uma escassez de dados que regula especificamente a destinação do lixo eletrônico (TANAUE *et al*, 2015). Quando a população se desfaz do lixo eletrônico sem dar a destinação correta, esse material comumente é depositado em aterros sanitários, e as substâncias químicas presentes nesses materiais podem contaminar o solo e atingir o lençol freático (TANAUE *et al*, 2015). Portanto, o gerenciamento adequado desses resíduos é necessário para proporcionar benefícios ao meio ambiente e conseqüentemente à saúde das pessoas. Para que isso aconteça, torna-se necessário adotar a estratégia correta, seja na responsabilidade do fabricante, na logística reversa ou no manejo ambientalmente correto.

Essa pesquisa poderá contribuir com a diminuição de resíduos sólidos produzidos, aumentando a vida útil de aterros sanitários e estimulando a população a agir corretamente com a destinação final ambientalmente adequada desses resíduos. Durante o estudo buscou-se verificar se a gestão dos resíduos sólidos eletrônicos no Município de Itacoatiara, no Estado do Amazonas, atende às legislações vigentes. Assim, a principal contribuição deste trabalho será a geração de informações que poderão ser úteis para subsidiar o processo de implantação e implementação das ações municipais de gestão dos resíduos sólidos eletrônicos entre consumidores, empresas e

catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis. As orientações diversas e específicas sobre resíduos eletrônicos poderão incentivar consumidores e empresas a contribuir com as ações de gerenciamento desses resíduos, conforme está preconizado na Política Nacional de Resíduos Sólidos, que institui a responsabilidade compartilhada do ciclo de vida do produto. Além disso, resultados apresentados no presente trabalho podem servir de alerta para a sociedade quanto ao risco de exposição a esses tipos de resíduos.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo geral

Avaliar as ações de gerenciamento de resíduos de equipamentos eletrônicos em grupos de consumidores e empresas no município de Itacoatiara-AM.

1.1.2. Objetivos específicos

- Identificar o nível de adequação local às principais legislações relacionadas aos resíduos sólidos eletrônicos;
- Caracterizar o perfil e o comportamento de diferentes grupos de consumidores de produtos eletrônicos;
- Investigar se as ações de logística reversa são desenvolvidas conforme a Política Nacional de Resíduos Sólidos e se as empresas que atuam na comercialização e assistência técnica de equipamentos eletrônicos estão de acordo com as legislações.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Definições

No contexto global, há divergências no entendimento e aplicação dos termos resíduos eletrônicos (*e-waste*) tanto na legislação quanto na perspectiva de uso diário (UNU Step, 2014). Uma definição bem planejada é muito importante para formular políticas e padrões de eliminação (KUMAR *et al*, 2017).

O *Step Initiative* é uma iniciativa das Nações Unidas e opera como parte da Universidade das Nações Unidas (UNU) que promove discussões de gerenciamento de resíduos eletrônicos em todo o mundo. Essa iniciativa definiu *e-waste* como um termo usado para alcançar itens de todos os tipos de equipamentos elétricos e eletrônicos (EEE) e suas peças que forem descartadas como resíduos sem a intenção de reutilização (UNU Step, 2014). A definição descrita por Kumar *et al* (2017) é bastante semelhante, pois eles definem resíduo eletrônico como qualquer produto elétrico e eletrônico que foram descartados.

Os resíduos elétricos e eletrônicos incluem equipamentos eletrônicos ou elétricos para casa ou escritório, como: computadores, impressoras, aparelhos de televisão, telefones celulares, frigoríficos, máquinas de lavar roupa e até mesmo grandes produtos elétricos, como por exemplo, equipamentos médicos e equipamentos de telecomunicações (GRANT *et al*, 2013).

Uma definição sobre esses resíduos é também apresentada por Petridis *et al* (2017), eles afirmam que “os Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) são uma mistura de materiais e componentes de equipamentos elétricos e eletrônicos em fim de vida útil, como computadores antigos, telefones celulares e utensílios de cozinha, que, se não forem devidamente gerenciados, podem causar grandes problemas ambientais e de saúde”.

Balde *et al* (2015a) dividiu os resíduos eletrônicos em seis categorias distintas:

1. Equipamentos de troca de temperatura: geladeiras, freezers, condicionadores de ar, bombas de calor;
2. Telas e monitores: televisores, monitores, laptops, notebooks, tablets;
3. Lâmpadas: lâmpadas fluorescentes, lâmpadas LED, aparelhos de descarga de alta intensidade;
4. Equipamentos de grande porte: máquinas de lavar roupa, secadores de roupa, fogões elétricos, grandes máquinas de impressão, copiadoras e painéis fotovoltaicos;
5. Pequenos equipamentos: aspiradores, torradeiras, micro-ondas, equipamentos de ventilação, chaleiras elétricas, calculadoras, rádio, máquinas elétricas de barbear, câmeras, brinquedos elétricos e eletrônicos, ferramentas eletroeletrônicas, dispositivos médicos, pequenos equipamentos de monitoramento e controle;
6. Pequenos equipamentos de TI e telecomunicações: telefones celulares, GPS, calculadoras de bolso, roteadores, computadores pessoais, impressoras, e telefones.

Definições em outros países restringem os produtos que podem ser considerados resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos. Nos Estados Unidos, eletrodomésticos como: geladeiras, fornos de micro-ondas, cafeteiras, torradeiras não são considerados resíduos elétricos e eletrônicos na maioria dos estados. Todavia, esses objetos estão incluídos na diretiva da União Europeia de REEE e nos regulamentos suíços de REEE (TANSEL, 2017).

A Diretiva da União Europeia considera como resíduos eletrônicos: máquinas médicas, de vigilância e emissoras automáticas, equipamentos de iluminação, ferramentas elétricas e eletrônicas, equipamentos recreativos (por exemplo: esteiras e máquinas caça-níqueis) e brinquedos (por exemplo: conjuntos de trem elétrico). Esses resíduos não estão incluídos nos regulamentos suíços de equipamentos eletroeletrônicos, sendo abordados em regulamentos separados (TANSEL, 2017).

Robinson (2009) define *e-waste* e REEE como aparelhos descartados que usam eletricidade, sendo que o termo *e-waste* é limitado aos resíduos de bens eletrônicos (computadores, televisores e telefones celulares) dos quais computadores e telefones celulares são mais abundantes por causa de sua vida útil curta. Segundo o autor, o termo REEE engloba os resíduos de bens eletrônicos e também os bens tradicionalmente não eletrônicos, como geladeiras e fornos.

Tabela 1. Classificação dos resíduos elétricos e eletrônico (adaptada de Robinson, 2009).

GRUPOS	PRODUTOS
REEE geralmente considerado <i>e-waste</i>	Computador Fax Sistema de áudio de alta fidelidade Telefone celular Jogos eletrônicos Fotocopiadora Rádio Televisão Gravador de vídeo e leitor de DVD
REEE geralmente não considerado <i>e-waste</i>	Ar condicionado Máquina de lavar louça Fogão elétrico Aquecedores elétricos Misturador de alimentos Freezer Secador de cabelo Ferro de passar roupas Chaleira Micro-ondas Geladeira Telefone Torradeira Secador de roupa Aspirador de pó

2.2. Produção de resíduos eletrônicos no Brasil e no mundo

A indústria eletrônica é uma das indústrias mais importantes do mundo (SINGH *et al*, 2016). Ressalta-se que a produção dos EEE é um dos mais rápidos em termos de crescimento na

indústria de fabricação global (TESFAYE *et al*, 2017). Esse fato se deve, principalmente, aos avanços que continuamente ocorrem nas tecnologias de telecomunicações e de informação, fazendo com que haja um aumento na globalização, e conseqüentemente, uma expansão de mercados para os novos produtos em escalas maiores do que antes, em termos de: aquisição de dados, disseminação de produtos, aplicações de tecnologia, comportamento do consumidor e incorporação no mercado (TANSEL, 2017).

Além dessa tendência, é importante observar que a popularidade do consumo de eletrônicos e dos eletrodomésticos provavelmente continuará a crescer nos próximos anos, com um fluxo constante de: iPhones, iPads, smartphones, computadores, refrigeradores, leitores eletrônicos e outros dispositivos (SINGH *et al*, 2016). Nesse contexto, pode-se observar que o uso de equipamentos de tecnologia da informação e comunicação, além de outros tipos de equipamentos eletrônicos, está crescendo em quase todo o mundo, e a consequência disso será uma quantidade cada vez maior de equipamentos que se tornarão resíduos após um determinado tempo de uso (BALDÉ *et al*, 2015a).

Enquanto que muitos outros fluxos de resíduos estão em tendência decrescente, os resíduos eletrônicos continuam a crescer a uma taxa média global de 3% a 5% ao ano (CUCCHIELLA *et al*, 2015). Esse crescimento é mais significativo nos países em desenvolvimento, pois o aumento é exponencial, sendo que os volumes de resíduos podem aumentar em até 500% na próxima década em alguns desses países (MCCANN; WITTMANN, 2015).

Atualmente são gerados em escala global aproximadamente de 20 a 50 milhões de toneladas de REEE por ano, com a possibilidade real de aumento (CUCCHIELLA *et al*, 2015). Em 2014, essa quantidade global foi de aproximadamente 42 milhões de toneladas (BALDÉ *et al*, 2015b). Nesse mesmo ano os autores relataram que a Ásia foi o continente que mais gerou resíduos eletrônicos com 16 milhões de toneladas, sendo o valor per capita de 3,7 Kg/hab.; em segundo

lugar ficaram as Américas que geraram 11,7 milhões de toneladas de resíduos eletrônicos, sendo que a América do Norte gerou 7,9 milhões de toneladas, a América Central produziu 1,1 milhões de toneladas e a América do Sul contribuiu com 2,7 milhões de toneladas, somando todas as Américas houve uma representação de 12,2 kg/hab.; no continente europeu, a quantidade gerada foi de 11,6 milhões de toneladas, registrando a maior quantidade de resíduos eletrônicos per capita de 15,6 kg/hab. O continente africano gerou 1,9 milhões de toneladas, tendo a menor quantidade de resíduos eletrônicos per capita de 1,7 kg/hab. Apesar de a Oceania apresentar a menor quantidade de resíduos produzidos, ou seja, 0,6 milhões de toneladas, a geração por habitante foi a segunda maior: 15,2 kg/hab. A estimativa global para 2018, com taxa de crescimento anual de aproximadamente 4% a 5 %, é de 49,8 milhões de toneladas de resíduos eletrônicos (BALDÉ *et al*, 2015b).

A Ásia é o maior produtor global de resíduos eletrônicos, embora a produção per capita de resíduos eletrônicos seja mais alta nas Américas, Europa e Oceania (BALDÉ *et al*, 2015b). No Leste e Sudeste Asiático, a quantidade de resíduos eletrônicos aumentou 63% nos últimos cinco anos (HONDA *et al*, 2016). Os autores citam a China como o principal país a contribuir com esse aumento, pois nos últimos cinco anos o país aumentou em 100% a quantidade de resíduos eletrônicos. Esse crescimento é resultado de que muitos países asiáticos servem de campo de despejo de todo o mundo, somando-se a isso o próprio resíduo eletrônico desses países, fazendo com que o problema se torne muito pior (HONDA *et al*, 2016; UNU, 2017).

Na China haverá um aumento de 200% a 400% em relação a 2007 na geração de resíduos eletrônicos de computadores antigos até 2020, e um aumento de 1,5 a 2 vezes no número de televisores descartados (SINGH *et al*, 2016). Os especialistas da indústria ainda estimam que entre 400 a 500 milhões de celulares podem ser substituídos por aparelhos novos anualmente nesse país asiático nos próximos anos (UNU, 2017).

Os países que mais produziram lixo eletrônico em 2014 foram: Estados Unidos com 7,1 milhões de toneladas, China com seis milhões de toneladas, Japão com 2,2 milhões de toneladas, Alemanha com 1,8 milhões de toneladas e Índia com 1,7 milhões de toneladas. Esses cinco países juntos produziram quase metade (44,8%) de todo o resíduo eletrônico do mundo (BALDÉ *et al*, 2015b).

Na América Latina, espera-se que a quantidade de resíduos eletrônicos regionais aumente para 4,8 milhões de toneladas em 2018, sendo um crescimento de 70% em relação a 2009, enquanto o crescimento global será de apenas 55%. Na América Latina, a taxa de crescimento anual esperada para 2018 será de 5% (MAGALINI *et al*, 2015).

Segundo YU *et al*, (2010), a taxa de crescimento dos resíduos eletrônicos no mundo em desenvolvimento já será maior do que no mundo desenvolvido provavelmente em 2018. Desse modo, mais resíduos eletrônicos serão produzidos em locais incapazes para processá-lo corretamente do que em locais com melhor capacidade de processamento (STHIANNOPKAO; WONG, 2013).

Uma projeção para o ano de 2030 indica que o mundo em desenvolvimento irá descartar o dobro do número de computadores pessoais anualmente em relação ao mundo desenvolvido, ou seja, serão descartados cerca de 600 milhões de computadores em países em desenvolvimento contra 300 milhões em países desenvolvidos (YU *et al*, 2010).

Em 2014, o Brasil ficou em sétimo lugar juntamente com a França por produzido 1,4 milhões de toneladas na escala global na geração de Resíduos eletrônicos, já na América Latina o Brasil é o primeiro na geração de resíduos eletrônicos com uma produção 7 kg/hab., sendo que há uma estimativa de alcançar 1,7 milhões de toneladas em 2018 (MAGALINI *et al*, 2015).

2.3. Legislação

Muitos países classificam em suas legislações o *e-waste* como resíduo perigoso devido à sua composição (KIDDEE *et al*, 2013). Por isso, a gestão efetiva e responsável dos resíduos eletrônicos é uma preocupação global, pois exige um fluxo complexo que requer considerações de manipulação específicas (BORTHAKUR; GOVIND, 2017). Portanto, devido à sua composição o *e-waste* deve ser manipulado com cuidado para evitar a liberação de substâncias perigosas (TESFAYE *et al*, 2017).

Se por um lado o desenvolvimento de novas tecnologias em equipamentos eletrônicos está surgindo mais rapidamente, por outro lado, o desenvolvimento de tecnologias e políticas que abordam a gestão de resíduos eletrônicos está apenas nos estágios iniciais (TANSEL, 2017). Hoje em dia, existe uma enorme discrepância nos regulamentos globais de resíduos eletrônicos (LI *et al*, 2015). A União Europeia, Japão e Coreia do Sul possuem regulamentos sofisticados e controles já implementados (ZENG *et al*, 2017a). Muitos países, incluindo Estados Unidos da América e China, lançaram novos regulamentos de comando e controle (ZENG *et al*, 2017a). No entanto, a maioria dos países do hemisfério sul está apenas nas fases iniciais da formulação de regulamentos e programas de gerenciamento de resíduos eletrônicos eficazes e sustentáveis (ROCHMAN *et al*, 2017), mas há também países ou regiões que ainda não tem seus regulamentos sobre o *e-waste* (ZENG *et al*, 2017a).

Outras discrepâncias têm surgido com a consequência da variedade de legislações relacionadas ao gerenciamento do *e-waste*, como a que envolve a alocação de responsabilidade de financiar programas de gerenciamento de resíduos eletrônicos (BORTHAKUR; GOVIND, 2017). Atualmente, existem dois principais modelos financeiros adotados para a gestão de *e-waste* em todo o mundo: financiado pelos consumidores e financiado pelos fabricantes (CHI *et al*, 2014). Em países desenvolvidos como Japão, Coreia e países membros da União Europeia a responsabilidade estendida do produtor (EPR) é amplamente praticado (BORTHAKUR; GOVIND, 2017).

Existem críticas aos sistemas de gerenciamentos em desenvolvimento (TANSEL, 2017), pois barreiras para reutilizar os materiais reciclados podem estar sendo criadas em decorrência da avaliação de resíduos eletrônicos com base na definição, classificação, procedimentos operacionais e níveis de execução (MILOVANTSEVA; FITZPATRICK, 2015).

2.3.1. Convenção Basileia (Comércio Internacional de Resíduos Eletrônicos)

As preocupações com os impactos ambientais e com os danos à saúde humana tem se intensificado com comércio internacional de resíduos perigosos, incluindo os resíduos eletrônicos (LUNDGREN, 2012). A negociação de equipamentos de segunda mão é legal somente se for permitida tanto pelos países emissores quanto pelos países receptores, porém o despejo de resíduos acontece ilegalmente (BALDÉ *et al*, 2015b).

A Convenção de Basileia criada em 1989 é a principal iniciativa internacional que surgiu para tentar controlar a disposição e o movimento transfronteiriço de resíduos perigosos, sendo o acordo ambiental multilateral mais significativo que aborda as questões relacionadas aos resíduos eletrônicos e sua gestão (LUNDGREN, 2012, OGUNSEITAN, 2013). A partir de março de 2013, 179 países fizeram parte da convenção, e os Estados Unidos, Afeganistão e Haiti, foram os únicos países a terem assinado, mas não ratificaram (MCCANN; WITTMANN, 2015).

Se o país exportador tiver ratificado a Convenção de Basileia, as exportações de resíduos perigosos devem seguir as normas do acordo (BALDÉ *et al*, 2015b; HONDA *et al*, 2016). A convenção contribui para evitar que os países desenvolvidos procedam ao despejo ilegal de resíduos nos países em desenvolvimento, onde a infraestrutura de reciclagem é geralmente ausente (BALDÉ *et al*, 2015b; HONDA *et al*, 2016) e a mão de obra é mais barata (OGUNSEITAN, 2013). Nessas regiões as crianças são colocadas em risco trabalhando para recuperar pequenas quantidades de metais preciosos de resíduos eletrônicos usando procedimentos inseguros (OGUNSEITAN, 2013).

Na sétima reunião da Conferência das Partes da Convenção de Basileia, realizada em 10 de novembro de 2006, os países signatários, observando a rápida expansão do movimento transfronteiriço de resíduos eletrônicos em todo o mundo e o risco para a saúde humana, especialmente em países sem capacidade para o gerenciamento seguro de tais resíduos, declarou necessidade urgente de promover a conscientização pública sobre os riscos, desenvolvimento de tecnologia e troca de informações sobre melhores práticas de gestão e maior aplicação das disposições da Convenção de Basileia (UNEP, 2006).

A convenção apresenta quatro objetivos principais relacionados à prevenção, redução, recuperação e disposição final: reduzir a geração de resíduos perigosos na sua fonte; promover e garantir a gestão ambiental sólida de resíduos perigosos; promover o princípio da proximidade, defendendo a disposição o mais próximo possível da fonte; regular e monitorar os movimentos transfronteiriços remanescentes de resíduos perigosos (LUNDGREN, 2012). A Convenção de Basileia impõe uma série de restrições comerciais aos materiais perigosos em movimentos transfronteiriços, conforme estabelecido pelo objetivo de regulamentação e monitoramento (LUNDGREN, 2012).

Embora a Convenção de Basileia forneça algumas informações para analisar fluxos e quantidades de movimentos transfronteiriços de resíduos eletrônicos, as mesmas são insuficientes para uma análise mais abrangente pelas seguintes razões conforme constam em (HONDA *et al*, 2016):

Relatórios incompletos: muitos países membros não apresentaram um relatório nacional, tanto que em 2013, menos de 40% dos membros enviaram seus relatórios;

Definições ambíguas: as interpretações das definições são diferentes entre países que ratificaram o acordo, e isso pode resultar em possíveis irregularidades na agregação e análise dos dados;

Categorização incorreta: países que ratificaram o acordo categorizam resíduos perigosos de maneira diferentes;

Discrepâncias no relatório: A quantidade de movimentos transfronteiriços de resíduos perigosos descritos nos relatórios nacionais pode ser imprecisa; e

Imprecisões de dados: muitas vezes, o mesmo embarque transfronteiriço é relatado como tendo diferentes quantidades de resíduos perigosos, conforme descrito pelo país importador e pelo país exportador.

Assim como ocorreu com outras políticas de resíduos eletrônicos, a Convenção de Basileia surgiu a partir do enquadramento da questão em termos de interesses comerciais ou qualidade ambiental em vez dos efeitos reais ou potenciais na saúde pública. Quando os efeitos da saúde humana emergem de um quadro dominante, as questões ambientais tendem a serem tomadas mais seriamente, e cada vez mais ações rigorosas são tomadas a fim de prevenir doenças e deficiência (OGUNSEITAN, 2013).

2.3.2. União Europeia

A questão dos resíduos eletrônicos fez com que a União Europeia estabelecesse muitas diretrizes ou legislações em matéria de REEE desde 2002 (KROL *et al*, 2016). Além disso, uma série de regulamentos relativos à restrição do uso de substâncias perigosas em equipamentos elétricos e eletrônicos foi promulgada (Li *et al*, 2015).

A Diretiva Europeia que trata dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos teve sua atualização em 4 de julho de 2012, época em que foram estabelecidas condições mais rigorosas para os Estados membros (Directiva REEE 2012/19 / UE). Essa diretiva entrou em vigor em 13 de agosto de 2012 e tornou-se efetiva em 14 de fevereiro de 2014 (PETRIDIS *et al*, 2017), atribuindo aos produtores a responsabilidade pelo financiamento e pela coleta dos eletrônicos que estejam no fim de vida útil (EOL) (MCCANN; WITTMANN, 2015). Com base nessa diretiva a União

Europeia se tornou uma das poucas regiões do mundo em que existe uma legislação uniforme em matéria de coleta e tratamento de resíduos eletrônicos (BALDÉ *et al*, 2015b).

Em 2011, a Diretiva da União Européia de REEE e a Diretiva de Restrição de Substâncias Perigosas (DRSP) implementaram restrições no uso de prata na soldagem (TANSEL, 2017). Além da restrição da prata, o DRSP também restringiu o uso de outras substâncias como: chumbo, cádmio, cromo hexavalente, mercúrio e dois retardadores de chama bromados em equipamentos elétricos e eletrônicos (CALDER, 2010). Devido à utilização de materiais que podem causar impacto na saúde humana e no meio ambiente, os novos requisitos da DRSP obrigam os fabricantes e os distribuidores a redesenhar os produtos e a usar materiais alternativos, implementar gerenciamento de fornecedores / clientes e esforços de educação (CALDER, 2010).

Os países europeus, em particular, com base na Diretiva, estipulam que o fabricante de um dispositivo elétrico ou eletrônico é responsável por esse produto além da venda inicial (The ECONOMIST INTELLIGENCE UNIT, 2015). Este é um princípio fundamental da Diretiva Europeia de Resíduos de Equipamentos Eletrônicos e Elétricos, que descreve a responsabilidade do produtor em gerenciar a coleta e reciclagem desses produtos, além de exigir que o produtor assuma o custo da reciclagem. Assim, os produtores de dispositivos elétricos e eletrônicos na Europa têm um interesse financeiro no ciclo de vida desses produtos (THE ECONOMIST INTELLIGENCE UNIT, 2015).

Apesar do sistema europeu baseado na Diretiva Europeia de REEE ser visto como uma referência para a legislação de resíduos eletrônicos, esse sistema não é viável para ser adotado por muitos países, especialmente àqueles que não possuem um sistema público de gerenciamento de resíduos e um sistema de reciclagem de resíduos eletrônicos (MCCANN; WITTMANN, 2015).

2.3.3. Suíça

A Suíça foi o primeiro país do mundo a estabelecer um sistema formal de gestão de resíduos eletrônicos e atualmente é o país líder na coleta de resíduos eletrônicos (DUYGAN; MEYLAN, 2015). Nesse país, a Taxa de Reciclagem Avançada (TRA) é cobrada no ato da comercialização de todos os novos aparelhos, tendo por finalidade o financiamento da coleta e da reciclagem dos resíduos eletrônicos desses aparelhos (BORTHAKUR; GOVIND, 2017). Assim sendo, embora o sistema suíço de gerenciamento de resíduos eletrônicos dependa em grande parte do EPR, os consumidores são ainda os responsáveis por pagar o TRA (BORTHAKUR; GOVIND, 2017).

2.3.4. Brasil

No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) institui a responsabilidade compartilhada no ciclo de vida desses produtos, atribuindo atividades individualizadas aos fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e representantes governamentais dos serviços de gerenciamento de resíduos sólidos. O objetivo é minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental de correntes do ciclo de vida dos produtos (BRASIL, 2010b).

A Lei Federal 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a PNRS, obriga os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de produtos eletroeletrônicos e seus componentes a estruturar e implementar sistemas de logística reversa (BRASIL, 2010b). De acordo com o artigo 3º, inciso XII, dessa lei, a logística reversa é um instrumento de responsabilidade compartilhada, desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada. Esse é um tema de grande relevância para a sociedade,

pois se refere à saúde e ao bem-estar da população, que são direitos assegurados pela Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 (BRASIL, 2010b).

O Decreto Nº 7.404, de 23 de Dezembro de 2010 regulamenta a Lei nº 12.305 e cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa; e dá outras providências (BRASIL, 2010a).

Para a implementação da Logística Reversa é necessário o acordo setorial, que representa: “ato de natureza contratual firmado entre o poder público e fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes, tendo em vista a implantação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto” (BRASIL, 2010b).

2.3.5. Amazonas

No Estado do Amazonas, a Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SEMA afirma que o governo estadual tem procurado cumprir a Lei Federal nº. 12.305, de 02 de agosto de 2010 e o Decreto Federal nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010, implantando a PNRS (SEMA, 2016). A partir do PNRS, a SEMA deve: planejar, ordenar, estruturar e operacionalizar o gerenciamento de resíduos sólidos no Estado, e garantir a efetiva participação da sociedade e monitoramento do controle social. Além disso, essa secretaria deve efetivar a inclusão e o reconhecimento da relevância dos serviços ambientais prestados pelos catadores de materiais recicláveis (SEMA, 2016).

O Comitê Consultivo Estadual de Gestão de Resíduos Sólidos (CEGRS) é um colegiado multidisciplinar de natureza técnico-científica e consultiva, composto por representante de 21 instituições. Esse comitê foi criado por meio da Portaria Nº 076, de 06 de maio de 2014 da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável (SDS) e tem o objetivo de acompanhar a implementação da PNRS no Estado do Amazonas, apoiar e analisar os produtos gerados durante o desenvolvimento dos Planos de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (SEMA, 2016).

Em relação ao gerenciamento de Resíduos Sólidos até o ano de 2018, o governo do Estado do Amazonas tem como ações prioritárias (SEMA, 2016):

- Elaboração, regulamentação e implementação da Lei da Política Estadual de Resíduos Sólidos;
- Conclusão da elaboração e posterior implementação do Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Amazonas – PERS-AM;
- Conclusão da elaboração e posterior implementação do Plano de Resíduos Sólidos e de Coleta Seletiva da Região Metropolitana de Manaus – PRSCS-RMM;
- Entrega dos Diagnósticos Municipais de Resíduos Sólidos dos 62 municípios do Estado do Amazonas revisados/atualizados;
- Elaboração e implementação do Programa Estadual de Apoio à Estruturação da Gestão de Resíduos Sólidos e implementação do Programa Estadual de Coleta Seletiva e de apoio aos Catadores de Materiais Recicláveis.

A SEMA e a Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano do Ministério do Meio Ambiente – SRHU/MMA celebraram o Contrato de Repasse para a elaboração do PERS-AM e o Contrato de Repasse para a elaboração do PRSCS-RMM (SEMA, 2016).

Com a implantação das ações do PRSCS-RMM são esperados avanços nas ações de gerenciamento de resíduos eletrônicos na Região Metropolitana de Manaus, que é constituída por sete municípios, dentre os quais está Itacoatiara (AMAZONAS, 2007).

2.4. Gerenciamento de Resíduos Eletrônicos

Nos últimos anos, um grande esforço foi feito em nível global em relação à gestão e à reciclagem de resíduos eletrônicos. Infelizmente, esses esforços ainda estão em fase inicial

(PETRIDIS *et al*, 2017). Particularmente, isso acontece em países recém-industrializados (ROCHMAN *et al*, 2017).

As crescentes necessidades de matérias-primas, bem como o número crescente de operações descontroladas de reciclagem de resíduos eletrônicos, contribuem para as crescentes preocupações com o gerenciamento de resíduos eletrônicos (TANSEL, 2017).

A estimativa das taxas de reciclagem de resíduos eletrônicos difere por região (TANSEL, 2017). Estima-se que apenas 25% dos resíduos eletrônicos gerados na União Europeia (PERKINS *et al*, 2014) e 40% nos Estados Unidos (USEPA, 2015) são reciclados adequadamente.

A gestão e o destino dos resíduos eletrônicos mostram significantes diferenças entre países desenvolvidos e subdesenvolvidos (TANSEL, 2017). Existem várias práticas de coleta, reciclagem e eliminação de resíduos eletrônicos em diferentes países, desde sistemas avançados de regulação, de mercado e de alta tecnologia na Europa (PELLETIER *et al*, 2014) a sistemas informais e de baixa tecnologia em muitos países asiáticos e africanos (LI *et al*, 2015).

O desenvolvimento de programas eficazes e proativos de gerenciamento de resíduos eletrônicos exige o envolvimento ativo das partes interessadas e empresas responsáveis pela fabricação de produtos, distribuição, coleta e processamento de itens descartados, tendo em vista a técnica apropriada e critérios econômicos não só para produtos, mas também para os itens descartados (TANSEL, 2017).

Devido à complexidade e à variedade de resíduos eletrônicos e sempre mudando composições com tecnologias avançadas para produção de equipamentos elétricos e eletrônicos, novos processos ou melhorias nas tecnologias de reciclagem atuais são requeridos (TESFAYE *et al*, 2017). Porém, independentemente do material, a recuperação de resíduos eletrônicos envolve um trabalho com várias etapas (TANSEL, 2017). É importante desenvolver estratégias de gestão

para reciclar todos os produtos no final de suas vidas úteis em vez de recuperar materiais específicos contidos neles (UNEP, 2013).

2.4.1. Etapas da reciclagem

A reciclagem de resíduos eletrônicos consiste em três etapas: coleta; pré-processamento e separação física e eliminação de resíduos não recicláveis (MESKERS *et al*, 2009).

Coleta: Representa a primeira fase da cadeia de reciclagem que exige um alto nível de conscientização dos consumidores para a devolução de equipamentos elétricos e eletrônicos em fim de vida nos centros de coleta adequados para reciclagem (TESFAYE *et al*, 2017).

Pré-processamento e separação física: após a coleta o pré-processamento de resíduos eletrônicos é iniciado com a desmontagem manual dos equipamentos descartados a fim de isolar componentes individuais (TESFAYE *et al*, 2017). Os desafios de separação física de materiais, devido à presença de elementos com características semelhantes, podem ser reduzidos pela pré-triagem onde há separação dos materiais uns dos outros por força física (FROELICH *et al*, 2007). Usando uma simples desmontagem, muitos plásticos, metais e lata de vidro podem ser facilmente recuperados, em particular de resíduos eletrônicos de alta reciclagem (ZENG; LI, 2016).

A metodologia de reciclagem compreende triagem, classificação, trituração, compactação, empacotamento ou processamento de plásticos segregados e componentes de metais, seguida pela separação, identificação, e testes dos metais relevantes (ARI, 2016). Processos como esmagamento, moagem ou corte são utilizados na trituração que fornecem separação parcial dos materiais (VAN SCHAİK; REUTER, 2010). Metais e não metais são separados usando técnicas de separação magnética e de densidade, e os grãos finos resultantes são compactados, possibilitando a recuperação de metais valiosos como Cobre e Ouro (TANSEL, 2017).

As frações não metálicas de PCBs (*Polychlorinated biphenyl*) são principalmente compostas por resinas e fibras de vidro termoendurecidos (TESFAYE *et al*, 2017). As resinas

termoendurecidas não podem ser re-fundidas devido à sua estrutura de cadeia. Todavia, processos químicos que incluem gaseificação, pirólise, desmeterização de fluidos supercríticos e degradação hidrogenolítica podem ser aplicados para produzir produtos químicos e combustíveis (GUO; XU, 2009). Atualmente, na recuperação de metais, vários processos industriais são usados para extrair metais de resíduos eletrônicos, baseados em processos combinados de piro, hidrogênio e eletrometalúrgico (TESFAYE *et al*, 2017). As técnicas de processamento de pirometalúrgico, como a conflagração, a fusão em um forno a arco de plasma, crosta, sinterização, derretimento e várias reações sólido-líquido-gás a altas temperaturas para recuperação de MB (Metal Base) e PM (*Precious metals*) de resíduos eletrônicos são métodos convencionais utilizados nas últimas duas décadas (TESFAYE *et al*, 2017).

Eliminação de resíduos não recicláveis: a reciclagem de resíduos eletrônicos envolve alta taxa de coleta e recuperação de materiais, e ajuda a minimizar a quantidade de materiais perigosos depositado em aterros sanitários.

Os principais desafios do gerenciamento de resíduos eletrônicos incluem a falta de infraestrutura para recolhimento e separação de resíduos eletrônicos; falta de mecanismo de contabilidade para o transporte de fronteiras de resíduos eletrônicos; e falta de consciência e treinamento para manipulação e processamento seguros durante a recuperação de materiais em operações de reciclagem descontroladas (TANSEL, 2017).

Outros aspectos importantes também devem ser considerados, como: a geração de grandes volumes, grande variedade de produtos, falta de mecanismos de coleta efetivos e redes, presença de materiais tóxicos, dificuldade de separação (isto é, componentes sendo aparafusado, ferrado, encaixado, colado ou soldado em conjunto), falta de incentivos financeiros e falta de regulamentos adequados (LUNDGREN, 2012). Contudo, observa-se que a conscientização é a chave para o gerenciamento bem sucedido dos resíduos eletrônicos (TESFAYE *et al*, 2017).

2.4.2. Centros de referência em reciclagem de resíduos eletrônicos no mundo

Após o ano de 2000, houve um aumento nos registros de patentes relacionados com a recuperação de materiais de resíduos eletrônicos (TANSEL, 2017). Patentes recentes referem-se à recuperação de metais não ferrosos (como cobre e níquel), plásticos, metais ferrosos e materiais perigosos (como: arsênico, antimônio, e principalmente, chumbo), bem como a recuperação de metais preciosos (tais como: ouro, prata ou platina) e elementos raros (como: cério e escândio) (WIPO, 2013).

Boliden Rönnskär (Skelleftehamn, Suécia) é o maior reciclador do mundo de Cu (Cobre) e PMs (*Precious metals*) de resíduos eletrônicos (BORELL, 2015). A maioria dos resíduos eletrônicos enviado para Rönnskär vem da União Europeia e da América do Norte (PARK; FRAY, 2009).

O processo de Noranda (Rouyn-Noranda, Canadá) também é um importante centro de reciclagem de resíduos eletrônicos (TESFAYE *et al*, 2017). Outros importantes centros são: instalações de fundição integrada Umicore e instalação de refinação na Bélgica, a fábrica de reciclagem de Kosaka no Japão, o sistema de reciclagem Kayser (Aurubis) na Áustria e o Metallo-Chimique N.V que operam na Bélgica e na Espanha (TESFAYE *et al*, 2017).

2.5. Importância Socioeconômica da Reciclagem de Resíduos Eletrônicos

O *e-waste* em muitos países em desenvolvimento criou novas oportunidades econômicas em torno da extensão da vida útil dos produtos, mediante mercados secundários e extração de materiais valiosos, como ouro (BIRLOAGA *et al*, 2013).

A recuperação de metais preciosos e energia destes produtos representam uma oportunidade econômica significativa (TESFAYE *et al*, 2017), pois os materiais presentes no *e-waste* são recursos secundários valiosos (BALDÉ *et al*, 2014a). Além disso, o aumento da demanda por

metais, bem como a atual complexidade da extração dos recursos primários disponíveis, torna a reciclagem do *e-waste* uma opção atrativa (TANSEL, 2017).

O potencial de reciclagem de resíduos eletrônicos é significativamente afetado por condições econômicas, técnicas e toxicidade das substâncias contidas no equipamento (ZENG *et al*, 2017b). Assim, pode-se concluir que a toxicidade e o preço dos metais extraídos são duas questões chaves que afetam a reciclagem (ZENG *et al*, 2017b).

Telefones celulares, monitores CRT, computadores LCD e TVs representam os resíduos eletrônicos com o melhor valor de recuperação (CUCCHIELLA *et al*, 2015), por conter componentes constituídos por metais valiosos. Com base em uma avaliação feita na União Europeia com 14 equipamentos elétricos e eletrônicos, o ouro foi considerado o metal que influencia a metade do potencial econômico da reciclagem (CUCCHIELLA *et al*, 2015).

As várias impurezas utilizadas na fabricação em diferentes produtos criam desafios para reciclagem de vidro de resíduos eletrônicos (TANSEL, 2017). Além disso, o vidro é classificado como um material perigoso devido ao seu principal componente: o chumbo; por isso o vidro de CRT tem um valor relativamente baixo (SINGH *et al*, 2016). Quanto aos componentes plásticos utilizados em produtos eletrônicos a maioria tem aditivos tóxicos, e isso os tornam impróprios para reciclagem em novos equipamentos eletrônicos (TANSEL, 2017).

A recuperação de materiais críticos e metais preciosos é vista como propedêutico ao desenvolvimento de uma economia de reciclagem (CUCCHIELLA *et al*, 2015). O Ministério do Meio Ambiente da Indonésia (2007) identificou, em um relatório, que os catadores de materiais recicláveis são os primeiros manipuladores de resíduos eletrônicos para a reciclagem em larga escala, utilizando vários processos informais com tecnologia rudimentar. Esse fato ilustra a necessidade de incluir atores informais no desenvolvimento de regulamentos e gerenciamento adequado de resíduos eletrônicos, pois representam um componente significativo do atual sistema

de reciclagem de resíduos eletrônicos, evidenciando uma oportunidade de renda para indivíduos de baixa renda (ROCHMAN *et al*, 2017).

As oportunidades para a formalização do gerenciamento de resíduos eletrônicos devem considerar cuidadosamente como esse potencial pode ser realizado, ao mesmo tempo em que melhora os benefícios para os atores informais cujas margens de lucro são baixas e a exposição ao risco é alta no sistema atual (ROCHMAN *et al*, 2017).

2.6. Impactos Ambientais do Descarte Inadequado de Resíduos Eletrônicos

Para satisfazer às necessidades dos consumidores, a atualização contínua de equipamentos de alta tecnologia resultou na acumulação de resíduos eletrônicos cujos componentes se tornaram grandes contaminantes (ZHANG *et al*, 2017). Com as elevadas taxas de geração e descarte de resíduos eletrônicos, o meio ambiente está sendo dramaticamente afetado, por isso há necessidade de uma solução radical imediata (PETRIDIS *et al*, 2017).

A acumulação de *e-waste* causou poluição ambiental grave e tornou-se uma das preocupações de saúde ambiental mais significativas (LI *et al*, 2015), pois contém substâncias perigosas, representando uma problemática ambiental (ZHANG *et al*, 2017) que após o descarte, permanecerão em resíduos eletrônicos descartados por muitos anos (COBBING; DOWDALL, 2014). Os metais pesados emitidos ao solo, à água e ao ar foram um dos principais contribuintes para os impactos ambientais (IKHLAYEL, 2017). Os resíduos eletrônicos contém além de Mercúrio (Hg), Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Cromo (Cr), Arsênio (As) e Berílio (Be), outros materiais perigosos, como retardadores de chama bromados (BFR), cloreto de polivinila (PVC) e clorofluorcarbono (CFC) que prejudica a camada de ozônio (BALDE *et al*, 2015a).

A retirada de matéria prima do meio ambiente também é uma preocupação. Os dispositivos eletrônicos têm alta demanda de materiais, especialmente minerais preciosos, raros e muito raros na crosta terrestre, levando a tensões econômicas e flutuações de preços devido a sua

disponibilidade limitada nos mercados globais (TANSEL, 2017). A disposição em aterros sanitários, incineração ou exportação para eliminação de resíduos eletrônicos não são mais opções indicadas, devido aos rigorosos regulamentos relacionados à proteção ambiental existentes, levando a indústria de reciclagem a desempenhar um papel vital na proteção ambiental (TESFAYE *et al*, 2017).

2.6.1. Contaminação em aterros sanitários

Uma das opções de gerenciamento de resíduos mais usados para o descarte é deposição em aterros sanitários, que podem apresentar lixiviação de materiais tóxicos nas águas subterrâneas e potenciais riscos em longo prazo (por exemplo, terremotos, inundações) criando preocupações quanto à integridade dos aterros durante longos períodos de tempo depois de fechados (TANSEL, 2017).

Devido ao surgimento relativamente recente de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos, houveram oportunidades limitadas para estudos de longo prazo que se concentram especificamente nos riscos associados ao aterro de resíduos eletrônicos (LI *et al*, 2009). Portanto, a disposição em aterros sanitários deve ser evitada, pois produzem efeitos nocivos para o meio ambiente, e a reciclagem pode atenuar a impactos adversos (IKHLAYEL, 2017).

2.6.2. Contaminação do solo, água e ar

Estudo em sistema de gerenciamento de resíduos eletrônicos aponta que as emissões de metais pesados para o solo foram principalmente de: zinco, manganês e cromo; para a água foram o cromo, manganês e zinco; e para o ar os principais foram manganês, mercúrio e chumbo (IKHLAYEL, 2017).

Em áreas próximas aos locais de processamento de resíduos, há um aumento significativo na concentração de metais pesados no solo e na água, podendo haver contato direto com as pessoas e possibilitar também a entrada na cadeia alimentar de seres humanos (ROBINSON, 2009). Um

dos principais poluentes na reciclagem e desmantelamento de resíduos eletrônicos é o Chumbo (Pb) que é liberado no despejo, queima e lixiviação de sucatas de equipamentos eletrônicos, como placas de circuito, baterias e TVs, resultando na libertação de poluentes no ar, solo e água (BI *et al*, 2015; WONG, M. *et al*, 2007).

O maior perigo ainda pode estar associado às práticas de reciclagem de resíduos eletrônicos não regulamentados, pois nesses casos pode acontecer a contaminação de amostras de solos, plantas e águas subterrâneas, e isso certamente irá proporcionar um aumento de metais pesados nas concentrações (ZHANG *et al*, 2012). A queima, o aterramento ou o despejo direto de materiais tóxicos, contidos em resíduos eletrônicos, no meio ambiente contribui de maneira muito significativa com a sensação de insegurança para habitações próximas (STHIANNOPKAO; WONG, 2013).

2.6.3. Contaminação causada por tubos de raios catódicos (CRT)

Podemos afirmar que um CRT é um tubo de vácuo com forma cônica, onde são geradas as imagens. Os CRTs são utilizados, por exemplo, em televisões, monitores, caixas automáticos, máquinas de videogames, e vídeo câmeras. A sua composição é caracterizada pela presença de três tipos de vidro e alguns metais, especialmente, o chumbo (SINGH *et al*, 2016). O descarte de CRT é universal e a contaminação associado a esses resíduos já provocou considerável degradação em países pobres e afetou negativamente a saúde de seus moradores (LUNDGREN, 2012).

Estudos anteriores mostraram que, quando os CRTs são descartados em aterros sanitários, o chumbo pode lixiviar do vidro triturado e contaminar os lençóis freáticos (SINGH *et al*, 2016). Essa situação pode acontecer em vários ambientes e em concentrações superiores às normas ambientais (JANG; TOWNSEND, 2003).

O *e-waste* se tornou o fluxo de resíduos sólidos caracterizado pelo seu crescimento rápido. A sua acumulação tem causado poluição ambiental grave e, por isso, passou a ser uma das preocupações de saúde ambiental mais significativa em todo o planeta (Li *et al*, 2015).

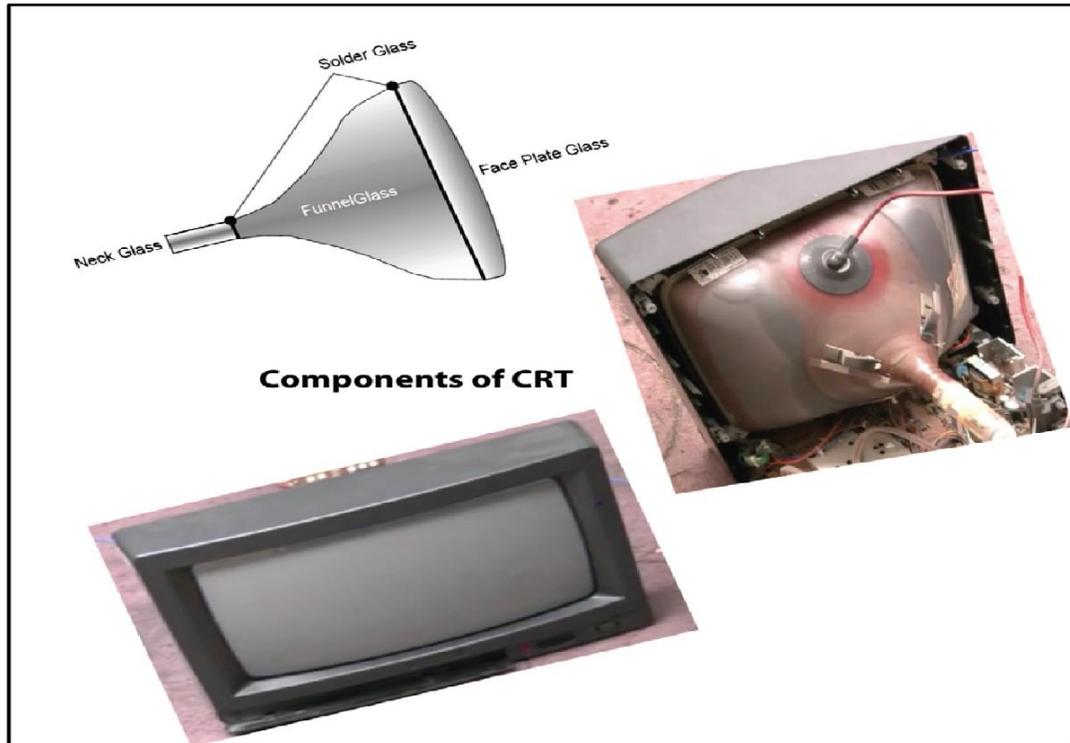


Figura 1. Visão esquemática e componentes de tubos de raios catódicos
Fonte: Singh *et al*, (2016).

2.7. Impactos na Saúde Humana da Exposição a Resíduos Eletrônicos

A crescente contaminação do meio ambiente e a bioacumulação de metais pesados resultante da crescente geração de resíduos eletrônicos merecem consideração especial como um risco emergente para a saúde humana, aliado a isso existe a escassez de pesquisas sólidas, pois poucos estudos sobre os efeitos de metais pesados na saúde foram realizados (SONG; LI, 2015).

2.7.1. A reciclagem informal

Os estudos mais comumente encontrados se restringem a áreas consideradas como centros de reciclagem informal, sendo um mercado potencialmente crescente. Na China, na cidade de Guiyu, é a maior área de reciclagem e desmantelamento de resíduos eletrônicos no mundo, onde

processos irregulares resultam na liberação de metais pesados e poluentes ambientais no ar, da água e do solo, contaminando alimentos e ameaçando a saúde dos moradores locais (ZHANG *et al*, 2017).

É evidente que os impactos ambientais e os riscos à saúde dos REEE podem ser atribuídos principalmente à recuperação informal e inadequada de metal (STHIANNOPKAO; WONG, 2013). E o crescente mercado informal de processamento de resíduos eletrônicos é generalizado, barato, eficiente ao seu modo, mas também inerentemente perigoso (STHIANNOPKAO; WONG, 2013).

O valor dos materiais recuperados, principalmente em metais preciosos e base, levou algumas partes do mundo a processar de forma informal e inadequada os resíduos eletrônicos, causando sérios problemas ambientais e de saúde humana (GOLEV *et al*, 2016). Por isso, a contaminação por *e-waste* ocorre principalmente em países menos desenvolvidos e países em desenvolvimento como Índia e China (SUK *et al*, 2016) e se tornou uma problemática para o meio ambiente e para a saúde humana em muitos países (ZENG *et al*, 2017c). O transporte entre fronteiras de resíduos eletrônicos contribui com o problema nesses locais (TANSEL, 2016).

Regulamentos ambientais eficazes no gerenciamento de resíduos eletrônicos são necessários para evitar a exposição excessiva a substâncias tóxicas provenientes de resíduos eletrônicos (SONG; LI, 2015). Se não forem cuidadosamente regulamentados, os processos informais de reciclagem de resíduos eletrônicos podem prejudicar tanto os profissionais de tratamento como os ambientes envolvidos (HUO *et al*, 2007).

As dioxinas, furanos e metais pesados são liberados, em vários processos e os danos causados ao meio ambiente, aos trabalhadores e aos residentes da área são inevitáveis (STHIANNOPKAO; WONG, 2013). Na queima informal de resíduos eletrônicos, por exemplo, resulta na liberação e dispersão de uma série de produtos químicos perigosos através do ar, resultando em um aumento da dispersão dos poluentes (GOLEV *et al*, 2016). Os trabalhadores que

realizam a queima informal de resíduos eletrônicos sem equipamento de proteção individual se arriscam aos efeitos da exposição a esses poluentes (SHIANNOPKAO; WONG, 2013).

Recicladores informais desempenham um papel importante no recolhimento e reciclagem desses resíduos, porém o processamento informal muitas vezes produz efeitos prejudiciais ao meio ambiente, saúde e segurança dos trabalhadores das comunidades locais (FUJIMORI; TAKIGAMI, 2014). O crescimento do setor formal é importante para minimizar os impactos ambientais e sanitários causados pelo descarte inadequado dos resíduos eletrônicos (ZENG *et al*, 2013), e aumentar a conscientização sobre o manuseio e processamento seguro desses resíduos, com vistas a reduzir os riscos à saúde e, ao mesmo tempo, valorizar o crescimento econômico resultante da formalização do processo de reciclagem (ROCHMAN *et al*, 2017).

2.7.2. Danos à saúde humana

As características físicas e químicas do *e-waste* distinguem esse tipo de resíduos de outras formas de resíduos urbanos ou industriais, pois contém materiais valiosos e perigosos, que requer um método de reciclagem e tratamento especial para evitar a contaminação do ambiente (ROBINSON, 2009). Atualmente, o *e-waste* é um dos lixos mais acumulados no mundo quanto à sua quantidade e toxicidade (CHUNG *et al*, 2011), e muitas vezes as respostas fisiológicas decorrentes das exposições a essas substâncias são tardias, dificultando o diagnóstico da patogênese por perder a relação direta (MOREIRA; MOREIRA, 2004).

A seguir serão apresentadas algumas substâncias químicas encontradas nos resíduos eletrônicos e seus malefícios à saúde (TANAUE *et al*, 2015):

CÁDMIO – Está presente em computadores, monitores antigos e baterias de laptop. Essa substância provoca descalcificações, reumatismo e hipertensão, afeta o sistema nervoso, e causa dores reumáticas, problemas pulmonares e doenças do coração (BRUNO *et al*, 2012);

MERCÚRIO – Pode ser encontrado em computador, monitor e TV de tela plana. Possui um efeito cumulativo no organismo, causando problemas estomacais e distúrbios renais de acordo com Bruno *et al* (2012).

Os metais pesados entram no corpo humano através das três vias (inalação, ingestão e contato com a pele), levando a acumulação em placenta, cordão umbilical, sangue, cabelo e urina, podendo causar doenças como câncer, doenças mentais, distúrbios no desenvolvimento neurológico, disfunção tireoidiana e deterioração geral da saúde física com efeitos no DNA (SONG; LI, 2015)

Muitos estudos fazem associações entre exposição a resíduos eletrônicos e saúde reprodutiva, função pulmonar, função da tireoide, crescimento e mudanças celular (GRANT *et al*, 2013). No trabalho informal de reciclagem, o resíduo eletrônico é manualmente desmantelado e queimado para recuperação de materiais valiosos (DWIVEDY; MITTAL, 2013). Este tipo de recuperação de material pode potencialmente criar vários problemas à saúde e ao ambiente, pois materiais tóxicos podem ser liberados durante a queima das peças de resíduos eletrônicos (WONG, C. *et al*, 2007; STONE, 2009;).

Em Guiyu, na China, encontraram cádmio no sangue do cordão umbilical em níveis acima dos padrões da OMS (Organização Mundial da Saúde) em mais de 25% dos neonatos (STHIANNOPKAO; WONG, 2013). Um desafio de pesquisa para a área é quantificar os danos sofridos pela saúde humana (STHIANNOPKAO; WONG, 2013). Outros resultados obtidos nessa mesma região apontam um elevado índice de Pb e Cd no sangue e sintomas respiratórios como tosse, sibilância e dispneia, além de pesos de nascimento significativamente menores e habilidades cognitivas mais baixas em neonato. Zheng *et al* (2008) relatam que a alta exposição reflete na menor estatura em crianças de 1-8 anos, já que o chumbo pode bloquear a absorção de cálcio e

ferro. Qiu *et al* (2004) relataram uma alta incidência de dano à pele, dor de cabeça e distúrbios gastrointestinais.

Muitas substâncias perigosas, como mercúrio, usadas em LCDs, cátodo frio, lâmpadas fluorescente e materiais de cristal líquido, teriam significativos impactos adversos sobre a saúde humana e o meio ambiente se disposto de forma inadequada (SAVVILOTIDOU *et al*, 2014).

Os resultados de estudos mostram uma alta frequência de PBDEs (Éter difenílico polibromado) e TBBPA (Tetrabromobisfenol-A) em diferentes tipos de plásticos de resíduos eletrônicos, que também podem ser transferidos para produtos novos com o reaproveitamento, e indicam um alto potencial para riscos ambientais e de saúde (Yu *et al*, 2017).

Substâncias tóxicas, como chumbo, cádmio, mercúrio, bifenilos policlorados (PCBs) e bromados retardadores de chama (SONG; LI, 2015) são preocupantes não só em atividades informais como também na disposição em quintais (ZENG *et al*, 2017c).

2.7.3. Contaminação por chumbo

O chumbo é um elemento presente em computador, celular e televisores. A intoxicação por chumbo no homem pode ocasionar doenças renais, anemias, problemas de coagulação, sangramento gengival, dores abdominais, fraqueza muscular, obnubilação mental, perda de memória, osteoporose entre outros (ROCHA, 2009).

A contaminação associado aos resíduos de CRT já provocou consideráveis degradações em países pobres e afetou negativamente a saúde das pessoas que moram nesses lugares (LUNDGREN, 2012). De acordo com o PNUMA (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente) cerca de 40% do total de chumbo em aterros são provenientes de equipamentos elétricos e eletrônicos (UNEP, 2013).

A forma mais comum de contaminação por chumbo é por meio de água potável com alto teor de chumbo, mas também por ingestão de alimentos cultivados em terras contaminadas ou com o consumo de carnes de animais que pastorearam nessas áreas (SINGH *et al*, 2016).

O chumbo é tóxico para os rins, acumulando-se no corpo e eventualmente afetando os sistemas nervoso, reprodutivo e o desenvolvimento infantil mesmo pela exposição de baixo nível (SINGH *et al*, 2016). Uma vez no corpo, pode atacar proteínas e DNA (Bechara, 2004), além de interferir nas funções dos sistemas nervoso central e periférico (SINGH *et al*, 2016). Em altas doses pode resultar em edema cerebral e hemorragia (NEEDLEMAN, 2004).

Vários estudos mostram que o Pb afeta o sistema nervoso das crianças que estão no período de desenvolvimento neurológico, levando a menor desempenho de QI, disfunção neuropsicológica, transtorno de déficit de atenção e hiperatividade e função cognitiva prejudicada como memória e linguagem (ZHANG *et al*, 2017).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Para atender aos objetivos deste trabalho foi adotado o tipo de pesquisa descritiva, que tem como objetivo a descrição das características de determinada população, podendo também ser elaboradas com a finalidade de identificar possíveis relações entre variáveis (GIL, 1994).

Os dados coletados sobre as variáveis foram obtidos por meio de abordagem mista, pois foram utilizados os métodos qualitativos e quantitativos. A coleta de dados envolveu a busca por informações textuais obtidas por meio de observações, coleta de documentos e entrevistas com os responsáveis por órgãos públicos e empresas privadas. As informações quantitativas foram obtidas por meio das respostas assinaladas pelos entrevistados nas questões de múltipla escolha contidas em questionários aplicados junto a consumidores e empresas de assistência técnica e que comercializam produtos eletrônicos.

A técnica de métodos mistos é aquela em que o pesquisador tende a basear as alegações de conhecimento em elementos pragmáticos (CRESWELL, 2007). A abordagem mista se desenvolveu em resposta à necessidade de esclarecer o objetivo de reunir dados múltiplos em um único estudo, além de ajudar a criar projetos compreensíveis a partir de dados e análises complexas, porém requer ampla coleta e análise de dados (CRESWELL, 2007). A escolha por essa abordagem nesse estudo se justificou pela necessidade de estudar diferentes agentes envolvidos na responsabilidade compartilhada e na logística reversa dos resíduos eletrônicos.

A estratégia de investigação aninhada concomitante foi utilizada para investigar a atuação de órgãos públicos e empresas no gerenciamento dos resíduos eletrônicos. O método predominante foi qualitativo, mas o quantitativo foi embutido no estudo para analisar o comportamento e atitudes dos consumidores e empresas quanto ao descarte de resíduos eletrônicos.

A pesquisa foi realizada no município de Itacoatiara-AM, localizado a 265 km da cidade de Manaus, via terrestre. Sua população está estimada em 99.854 habitantes segundo o censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2017). A coleta de dados foi realizada durante o período de julho a agosto de 2017 no município de Itacoatiara-AM e na cidade de Manaus.

3.1. Instrumentos de coleta de dados

Os questionários aplicados junto aos consumidores e empresas permitiram realizar uma análise das atitudes das pessoas, compreender o comportamento de cada um e avaliar a consciência ambiental do consumidor e das empresas quanto à destinação dos resíduos eletrônicos.

3.1.1. Questionários – Consumidores

Os entrevistados foram divididos em três grupos: Universitários I - discentes dos cursos de Farmácia, Agronomia, Matemática e Física do Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia /Universidade Federal do Amazonas (ICET/UFAM); Universitários II – discentes dos cursos de Engenharia de Software e Sistemas de Informação do ICET/UFAM; e o terceiro grupo foi a comunidade geral. O segundo grupo foi selecionado porque era necessário confirmar a hipótese de que o conhecimento tecnológico pode influenciar no comportamento diferenciado quanto ao uso e descarte de equipamentos eletrônicos. Os consumidores do grupo de universitários I foram selecionados para comparar os níveis de informações sobre reciclagem de resíduos eletrônicos entre os discentes de outras áreas de conhecimento, pois se espera que tenha atitudes distintas e acesso a menos informação sobre o tema do que o grupo de universitários II. O grupo da comunidade geral foi selecionado para participar da pesquisa a fim de verificar se as práticas de reciclagem e nível de informação são menores do que daquelas pessoas que frequentam cursos superiores, que teoricamente seriam mais instruídas.

Os entrevistados foram abordados de forma aleatória e identificados de forma a ser associado a um dos três grupos. O local da entrevista dos grupos universitários I e II foi na área de convivência, salas de aulas e laboratórios do ICET/UFAM. A abordagem das pessoas da comunidade geral ocorreu em locais públicos diversos, como praças, unidades de saúde, área comercial e Instituto Federal do Amazonas - Campus Itacoatiara (IFAM CITA).

Os questionários estruturados foram aplicados junto a consumidores de produtos eletrônicos com a finalidade de identificar suas ações em termos de descarte de resíduos eletrônicos. Este instrumento foi constituído por 18 questões objetivas, que estavam distribuídos em quatro blocos:

1. Caracterização do consumidor: coletado informações de idade, sexo, grau de escolaridade e renda mensal familiar;
2. Conhecimento sobre produtos eletrônicos: ofereceu diversas opções de produtos e solicitando definir quais eram produtos eletrônicos e quanto à sua composição;
3. Conhecimento referente ao descarte: abordou questões relativas ao nível de informação acerca do descarte adequado dos resíduos eletrônicos, quanto ao seu papel no ciclo da logística reversa dos produtos eletrônicos e atitudes de reutilização e/ou reciclagem; e
4. Comportamento do usuário: objetivando avaliar informações sobre o consumo e descarte de equipamentos.

A população do estudo considerou 99.854 habitantes do município de Itacoatiara (IBGE, 2017) para cálculo de tamanho da amostra do grupo comunidade geral. Para os grupos de universitários I e universitários II foram utilizados dados fornecidos pela Coordenação Acadêmica do ICET, nos quais constam 452 e 310 discentes matriculados, respectivamente.

O tamanho da amostra para todos os grupos foi estabelecido com nível de confiança de 95%. O erro amostral por grupo foi: universitários I (6,1%); Universitários II (5,5%) e Comunidade

geral (8,0%). Dentro desses parâmetros foram aplicados 165 questionários no primeiro grupo, 157 no segundo grupo e 151 no terceiro grupo, totalizando 473 questionários. Esses resultados foram obtidos a partir do uso das fórmulas para o universo finito (Universitários I e II) e universo desconhecido ou maior que 10.000 (Comunidade Geral) (SAMARA; BARROS, 2002).

As principais informações sobre a pesquisa foram apresentadas a cada entrevistado antes de iniciar a aplicação do questionário, e após a concordância de participação foi solicitado ao mesmo a assinatura no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

3.1.2. Questionários – Empresas

Os dados sobre práticas de logística reversa foram coletados em empresas de comercialização varejista e de assistência técnica de equipamentos eletrônicos, localizadas no município. A escolha pelo comércio varejista e de assistência técnica justifica-se pelo relevante papel dessas empresas na promoção da sustentabilidade empresarial, visto que esses setores atuam diretamente com o consumidor, podendo combater os impactos do circuito produção-consumo que acarretam prejuízos ecológicos (MACEDO, 2007).

Um levantamento prévio de empresas de assistência técnica de equipamentos eletrônicos e de comercialização varejista cadastrada no município foi realizado junto aos seguintes órgãos: Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), Prefeitura Municipal de Itacoatiara, Associação Comercial de Itacoatiara. No entanto, as empresas foram selecionadas aleatoriamente, devido às informações insuficientes ou inexistentes nesses órgãos.

Um questionário estruturado com 13 questões objetivas divididas em quatro blocos foi aplicado junto às empresas, com as seguintes informações:

1. Caracterização da empresa: classificação da empresa quanto ao porte, faturamento anual, tempo de atuação no mercado e número de funcionários;
2. Nível de consciência sobre resíduos de equipamentos eletrônicos;

3. Práticas de gestão ambiental; e
4. Gestão de resíduos de equipamentos eletrônicos.

As respostas foram mensuradas conforme o grau de opinião (1-4) ou sem opinião, baseado na escala do tipo Likert, cuja qualificação das respostas é possível organizar em grupos para cada questionamento aplicado (SILVA *et al*, 2013).

Uma reunião prévia com cada proprietário foi realizada com o objetivo de apresentar as principais informações sobre a pesquisa e obter a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido pelo proprietário, para que as empresas pudessem confirmar sua participação no estudo.

3.2. Entrevistas

Um questionário semiestruturado foi utilizado na coleta de informações por meio de entrevistas junto aos representantes dos seguintes órgãos: Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Itacoatiara (SEMMA), Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEMA), Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas (IPAAM), duas empresas que atuam no fluxo da reciclagem, que aqui serão denominadas por Empresa A e Empresa B, e uma empresa de assistência técnica, que será chamada de Empresa C.

As Secretarias Estaduais e Municipais de Meio Ambiente foram selecionadas para realização de entrevistas por terem como finalidade, entre outras, a formulação, coordenação e implementação de políticas de proteção ao meio ambiente, recursos hídricos, recursos pesqueiros, resíduos sólidos, de proteção à fauna, florestal, combate ao desmatamento ilegal e as queimadas (SEMA, 2016).

O IPAAM foi um órgão selecionado porque tem como missão executar a Política de Controle Ambiental do Estado do Amazonas (IPAAM, 2017) e suas ações para a sociedade tem uma estreita relação com o tema investigado nesta pesquisa. As ações dos serviços de limpeza

urbana e de manejo de serviços sólidos são realizadas pela Secretaria Municipal de Infraestrutura (SEMINFRA), e por essa razão esse órgão também foi selecionado para fazer parte da coleta de dados.

A Empresa A, a Empresa B e a Empresa C foram selecionadas para a realização de entrevistas e visitas técnicas por apontarem importante rota dos resíduos eletrônicos na região estudada. Além disso, a Empresa C também desenvolve um projeto de reciclagem de resíduos eletrônicos.

3.3. Observações em campo

Visitas técnicas foram realizadas em ambientes de descarte de resíduos sólidos, tais como: o aterro sanitário na cidade de Manaus e o lixão no município de Itacoatiara. A finalidade dessas visitas foi realizar observações *in loco*, oportunidades nos quais foram realizadas anotações em diário de campo e registros de imagens por meio de câmera fotográfica.

3.4. Análise de dados

Os dados coletados foram analisados a partir de uma análise de conteúdo, que é um conjunto de técnicas que utiliza procedimentos sistemáticos para garantir uma descrição objetiva do conteúdo dos dados (BARDIN, 2011).

As informações fornecidas pelos entrevistados e contidas nos questionários foram tabuladas em planilha eletrônica. Os resultados tabulados foram organizados em tabelas e gráficos para melhor visualização, análise, interpretação e seleção das informações de maior relevância.

As entrevistas gravadas foram transcritas conforme recomendação descrita por Creswell (2010). Os relatórios foram feitos com as principais informações de entrevistas que não foram gravadas por não terem sido permitidas pelos entrevistados. Todas as informações foram submetidas à triangulação de dados, pois foram coletados de múltiplas fontes – entrevistas,

observações e análise de documentos fornecidos pelos órgãos ou coletados nos sites governamentais (CRESWELL, 2007).

A verificação dos fatores de maior relevância nas dificuldades encontradas para o gerenciamento dos resíduos sólidos eletrônicos e seus componentes foi feita a partir da análise dos dados coletados (SILVA *et al*, 2013).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Legislações vigentes relacionadas ao gerenciamento de produtos eletrônicos

A Política Nacional de Resíduos Sólidos instituída pela Lei Federal 12.305, de 2 de agosto de 2010, estabeleceu a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, sendo o cidadão o responsável não só pela disposição correta dos resíduos que gera, mas também sobre seu papel como consumidor. O setor privado, por sua vez, fica responsável pelo gerenciamento ambientalmente correto dos resíduos sólidos, pela sua reincorporação na cadeia produtiva e pelas inovações nos produtos que tragam benefícios socioambientais, sempre que possível. Os governos federal, estadual e municipal são responsáveis pela elaboração e implementação dos planos de gestão de resíduos sólidos, assim como dos demais instrumentos previstos nessa lei.

A política nacional orientou inicialmente a gestão e gerenciamento dos resíduos eletrônicos, obrigando fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo, produtos eletroeletrônicos e seus componentes.

As normas para execução das obrigações previstas na Política Nacional de Resíduos Sólidos estão estabelecidas no Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010, que regulamenta a Lei nº 12.305/2010 e cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa (CORI). Este decreto estabelece que os sistemas de logística reversa previstos na política nacional devem acontecer por meio de regulamento ou em acordos setoriais e termos de compromisso firmado entre o poder público e o setor empresarial. O acordo setorial é definido como o ato de natureza contratual, firmado entre o poder público e os fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes, visando a implantação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto.

O Decreto nº 7.404/2010 em seu artigo 34, inciso IV, normatiza que os processos de implantação dos sistemas de logística reversa dos produtos eletrônicos, devem ser precedidos da aprovação da avaliação da viabilidade técnica e econômica pelo CORI. Este comitê é constituído pelos ministros do: Meio Ambiente; Saúde; Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior; Agricultura, Pecuária e Abastecimento e Fazenda.

4.1.1. Plano Nacional de Resíduos Sólidos

A partir da Política Nacional de Resíduos Sólidos iniciou-se a elaboração pela União do Plano Nacional de Resíduos Sólidos, publicado em 2012, com vigência por prazo indeterminado e horizonte de 20 (vinte) anos, a ser atualizado a cada 4 anos, conforme Inciso VI do artigo 15 da Lei 12.305/2010.

No Plano Nacional de Resíduos Sólidos foi priorizado a implementação da Logística Reversa, até o ano de 2015, de várias cadeias inclusive dos equipamentos eletroeletrônicos. Indica ainda que a Logística Reversa deverá ser instituída por meio de acordos setoriais envolvendo importadores, fabricantes, comerciantes, distribuidores, cidadãos e titulares pelos serviços municipais de limpeza e manejo dos resíduos sólidos urbanos.

A implementação da Logística Reversa dessa cadeia está prevista para se iniciar a partir do ano de 2013 e deverá ser de forma progressiva, conforme estiver estabelecido em Acordo Setorial específico a ser formulado.

4.1.2. Acordo Setorial dos Produtos Eletroeletrônicos

A aprovação da Viabilidade Técnica e Econômica da Implantação do Sistema de Logística Reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes foi publicada no Diário Oficial da União (DOU) em 03 de janeiro de 2013, por meio da Deliberação nº 7 em decisão unânime dos membros.

Em 13 de fevereiro de 2013 foi publicado no DOU o Edital de Chamamento Público para fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de produtos eletroeletrônicos e seus

componentes, para a elaboração de proposta de acordo setorial visando à implantação de Sistema de Logística Reversa de abrangência nacional para os produtos eletroeletrônicos e seus componentes. A iniciativa partiu do Ministério do Meio Ambiente, por meio da Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano.

Os acordos setoriais podem ter abrangência nacional, regional, estadual ou municipal. Conforme o artigo 20 do Decreto nº 7.404/2010, o procedimento para implantar a logística reversa por meio de acordo setorial poderá ser iniciado pelo poder público ou pelos fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes dos produtos e embalagens referidos no artigo 18. Quando o processo de elaboração de acordos setoriais for iniciado pelo Poder Público será precedido de editais de chamamento.

Em junho de 2013, 10 propostas de acordos setoriais foram recebidas, mas somente quatro foram consideradas válidas para negociação. A proposta unificada foi recebida pelo Ministério do Meio Ambiente em janeiro de 2014.

Atualmente, este acordo setorial ainda se encontra em fase de discussões das propostas, (Ministério do Meio Ambiente, 2017). Os principais pontos em negociação são: participação pecuniária do consumidor para custeio da LR destacada do preço do produto e isenta de tributação; criação de documento auto declaratório de transporte com validade em território nacional; e definição da periculosidade e a necessidade da concessão de licenças de pontos de coleta (Ministério do Meio Ambiente, 2017).

Essas negociações poderiam aproveitar lições aprendidas com países mais experientes no gerenciamento desse tipo de resíduo, como sugerido por Awasthi e Li (2017). Os autores exemplificam a falha nas regulamentações chinesas de resíduos eletrônicos, que estão focadas na responsabilidade estendida dos produtores, onde os subsídios que eles transferem aos

processadores se baseiam no número de unidades processadas ou vendidas, sem considerar o peso e o tamanho de um produto, por isso estes novos regulamentos ainda são inadequados.

A implementação da logística reversa dos resíduos eletrônicos prevista no Plano Nacional de Resíduos Sólidos deveria se iniciar progressivamente a partir do ano de 2013 com um Acordo Setorial específico. No entanto, após cinco anos do início previsto, representantes dos setores empresarial e público não conseguem fechar acordo para a logística reversa de resíduos eletrônicos. A morosidade na ratificação desse acordo setorial pode implicar em significativos agravos para o meio ambiente e saúde humana, causado pela disposição inadequada desses resíduos que aumenta anualmente. Isso sem considerar que os efeitos positivos da introdução de uma legislação específica demandariam tempo para obter bons resultados (PATHAK *et al*, 2017).

As propostas de acordos setoriais terão de ser aprovadas após a análise pelo Comitê Orientador para a Implantação de Sistemas de Logística Reversa (CORI) e seguir para a próxima etapa de submissão à consulta pública (MMA, 2017).

4.1.3. Resoluções relacionadas

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) n° 237, de 19 de dezembro de 1997 relaciona entre as atividades ou empreendimentos sujeitas ao licenciamento ambiental indústrias de material elétrico, eletrônico e comunicações (fabricação de material elétrico, eletrônico e equipamentos para telecomunicação e informática).

A Resolução CONAMA n° 313/2002 trata de forma específica a destinação de resíduos, responsabilizando os geradores de resíduos industriais quanto à destinação ambientalmente adequada dos rejeitos gerados em sua produção. Portanto, são objetos de controle nos processos de licenciamento ambiental. Em vista disso, o IPAAM estabelece, nos termos de referência para os geradores industriais, as condições básicas para o correto gerenciamento dos mesmos.

Além das legislações que tratam da destinação dos resíduos eletrônicos, observa-se a necessidade de outras normas ainda não estabelecidas, que limite o uso de substâncias tóxicas na produção dos equipamentos eletrônicos. Como por exemplo, a Resolução CONAMA n° 401/2008, que estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional, além de critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado.

4.1.4. Legislações vigentes no Estado do Amazonas

No Amazonas, várias ações relacionadas ao gerenciamento de resíduos sólidos, previstas para serem desenvolvidas pelo poder público até o ano de 2018, já se encontram em estágio avançado. A Política Estadual de Resíduos Sólidos do Amazonas foi instituída pela Lei Estadual n° 4.457, de 12 de abril de 2017. A minuta do decreto que regulamenta essa lei está na Casa Civil para análise e demais providências, conforme informações obtidas durante a entrevista na SEMA.

O Plano de Resíduos Sólidos e de Coleta Seletiva da Região Metropolitana de Manaus PRSCS-RMM já foi entregue oficialmente aos municípios. A divulgação desse plano à sociedade aconteceu por meio de resumos impressos e pelo site da Secretaria Estadual de Meio Ambiente. No plano constam 13 Programas de Coleta Seletiva dos municípios da Região Metropolitana de Manaus. Além disso, constam também os diagnósticos de resíduos sólidos municipais, o registro da existência da Associação de Catadores de Lixo de Itacoatiara (ASCALITA) com 20 catadores associados e a presença de catadores desenvolvendo atividades no lixão do município.

O plano prevê a necessidade de crescimento das estruturas de reciclagem capazes de atender as demandas dos acordos setoriais já aprovados ou em processo de negociação, como de produtos eletroeletrônicos. No plano é relatado que o crescimento das estruturas necessárias para atender a demanda dos acordos setoriais é um dos maiores desafios para o desenvolvimento do processo de reciclagem.

Outros desafios no monitoramento, fiscalização, controle e regularização ambiental são apresentados pelo IPAAM, que tem por finalidade coordenar e executar as Políticas Estaduais de Meio Ambiente e de Ciência e Tecnologia (IPAAM, 2017). O órgão vem atuando, por meio de Grupo Técnico formado por analistas da instituição, junto aos municípios com orientações no desenvolvimento do processo de construção dos aterros, desativação dos lixões e remediação das áreas dos lixões, que não é possível serem desativados de imediato sem a construção do aterro já concluída.

A maioria dos municípios, inclusive Itacoatiara, está regularizando os aterros sanitários, sendo que atualmente quase todos ainda têm um lixão em funcionamento. O IPAAM solicitará aos municípios a construção da estrutura do aterro com o licenciamento da área, paralelamente às seguintes ações de:

- ✓ Recuperação das áreas dos lixões;
- ✓ Isolamento e retirada de catadores das áreas dos lixões;
- ✓ Cobertura dos resíduos depositados no lixão;
- ✓ Diminuição do número de aves e outros animais na área.

Todavia, essas ações são paliativas até que se conclua a construção dos aterros, conforme as legislações determinam. Os aterros dispõem de impermeabilização, drenagem de gases, drenagem e tratamento de chorume, e coleta seletiva.

O IPAAM está elaborando também as solicitações que serão feitas aos municípios, referentes aos tipos de estudos, tipos de monitoramentos de contaminação de solo, lençol freático, dentre outros conforme a capacidade técnica de cada município. Ademais, que os municípios possam atender também as solicitações do Ministério Público referente a denúncias de depósitos inadequados de resíduos. Em Itacoatiara há um Termo de Ajustamento de Conduta (TAC), aguardando a remediação solicitada pelo órgão.

Durante a visita ao IPAAM foi solicitada uma relação de empresas registradas que atuam no gerenciamento de resíduos eletrônicos. No entanto, somente foi fornecida prontamente a informação sobre o conhecimento de uma empresa, aqui denominada de “Empresa D”, que recebe o material desmontado de outras empresas e associações de catadores para fazer a trituração e a exportação.

Apesar da aprovação da Política Estadual de Resíduos Sólidos – PERS do Amazonas instituída pela Lei N 4.457, de 12 de abril de 2017, ainda faltam legislações específicas que direcionam ao gerenciamento de resíduos eletrônico adequadamente no estado do Amazonas, como ocorre em alguns Estados Brasileiros. Para exemplificar, podemos citar a Lei 8.876 do Mato Grosso, aprovada em 16 de maio de 2008, que dispõe sobre a coleta, reutilização, reciclagem, tratamento e destinação final do lixo tecnológico no Estado de Mato Grosso, e estabelece outras providências. No Estado do Paraná foi criada a Lei 15.851, de 10 de junho de 2008, para que as empresas produtoras, distribuidoras e as que comercializam equipamentos de informática, instaladas no Estado do Paraná, fiquem obrigadas a criar e manter o Programa de Recolhimento, Reciclagem ou Destruição de Equipamentos de Informática, sem causar poluição ambiental. A Lei 13.576 do Estado de São Paulo, de 06 de julho de 2009, institui normas e procedimentos para que seja realizada adequadamente a reciclagem, o gerenciamento e a destinação final de lixo tecnológico.

Outros estados já aprovaram, a partir da PNRS de 2010, leis específicas para a gestão dos resíduos sólidos eletrônicos, como por exemplo: a Lei 13.533 de 28 de outubro de 2010, do Rio Grande do Sul, que institui normas e procedimentos para a reciclagem, o gerenciamento e a destinação final de lixo tecnológico e dá outras providências. A Lei 2.539, de 4 de janeiro de 2012, do Acre, que dispõe sobre a obrigatoriedade de empresas fabricantes, distribuidoras e vendedoras de equipamentos eletrônicos instaladas no Estado a criarem e manterem programa de recolhimento

e reciclagem e dá outras providências. Lei Nº 1631 de 03 de junho de 2015, do município de Boa Vista – RR, que estabelece sobre a coleta de lixo eletrônico e fixa o Dia D da coleta de lixo eletrônico e dá outras providências. Lei Nº 2347/2016 de 11 de outubro de 2016, do Município de Porto Velho - RO, que institui o Programa de Coleta Seletiva Contínua de Lixo Eletrônico, Lixo Tecnológico e Lâmpadas Fluorescentes, no Município de Porto Velho.

Apesar de não existir legislação aprovada para o gerenciamento adequado dos resíduos eletrônicos no Amazonas, algumas práticas de logística reversa são adotadas por fabricantes de equipamentos eletrônicos, tais como: fornecimento de informações aos clientes da região sobre reciclagem e pontos de coleta (ARAÚJO, 2013). A autora cita que a organização de projeto de inclusão social realiza coleta de equipamentos em forma de doação e realiza as manutenções necessárias para depois fazer a doação aos projetos sociais de inclusão digital, sendo que os equipamentos sem condições de reparos são vendidos para empresas de reciclagem do município.

4.2. Atuação dos consumidores na Logística Reversa dos resíduos eletrônicos

Para conhecer o comportamento de consumidores na logística reversa dos resíduos eletrônicos, 473 consumidores foram entrevistados. A amostra dos consumidores foi composta por 34,5% de universitários I (UNI I), 32,8% universitários II (UNI II) e 32,6% comunidade geral (CG).

4.2.1. Caracterização dos entrevistados

A maior participação de consumidores do sexo masculino foi no grupo UNI II (70,7%), enquanto que o sexo feminino foi predominante nos grupos UNI I e CG com 57,6% e 55,1%, respectivamente.

A maioria dos entrevistados nos grupos dos universitários (UNI I e UNI II) está na faixa etária entre 18 a 24 anos de idade. Esse fato decorre desses dois grupos serem compostos por pessoas jovens que são discentes matriculados em uma Instituição de Ensino Superior (Figura 2).

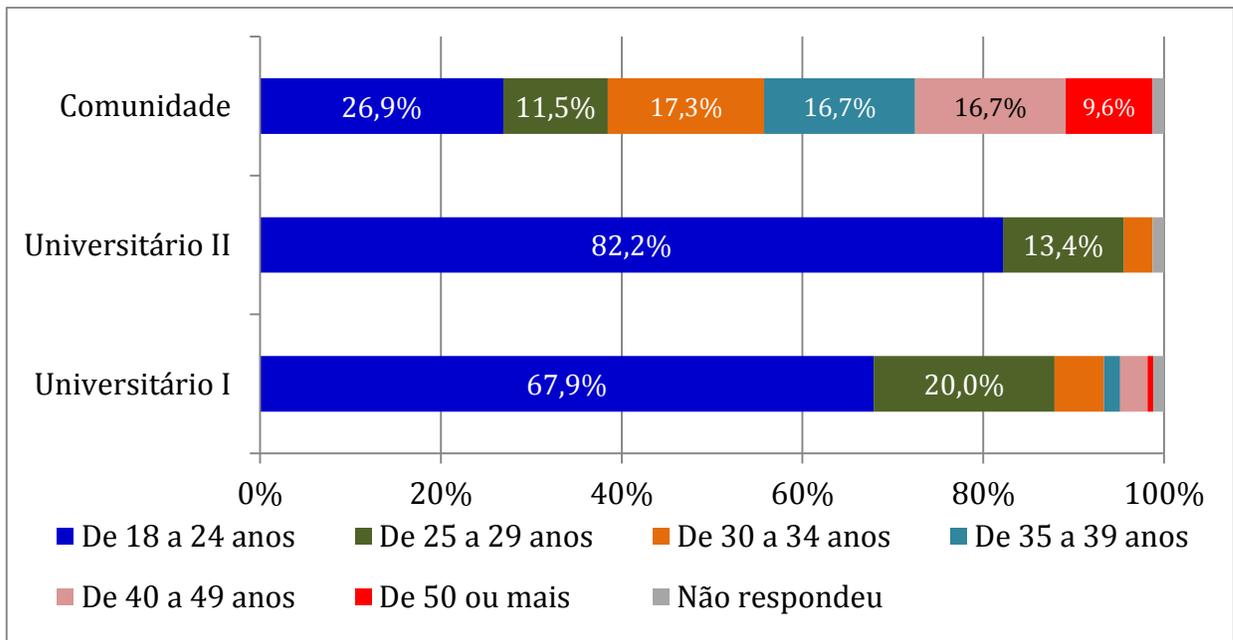


Figura 2. Faixa etária dos entrevistados.

Quanto ao nível de escolaridade no grupo de entrevistados da comunidade geral, observou-se que a maior participação foi de consumidores que possuem ensino médio completo (57,2%), seguido daqueles que tem ensino superior completo (15,9%) e ensino superior incompleto (9,0%).

No que refere à renda dos entrevistados, pode-se afirmar que a maioria informou ter uma renda familiar de até três salários mínimos, conforme mostra a Figura 3. Para o grupo UNI I foi registrada a maior frequência de famílias com renda mensal menor do que um salário mínimo. Esses resultados coadunam com a divulgação feita pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), visto que essa instituição informou que o salário médio mensal dos trabalhadores formais de Itacoatiara é de 1,9 salários mínimos, sendo que 45,2% da população dessa localidade tem um rendimento nominal mensal per capita de até meio salário mínimo (IBGE, 2015).

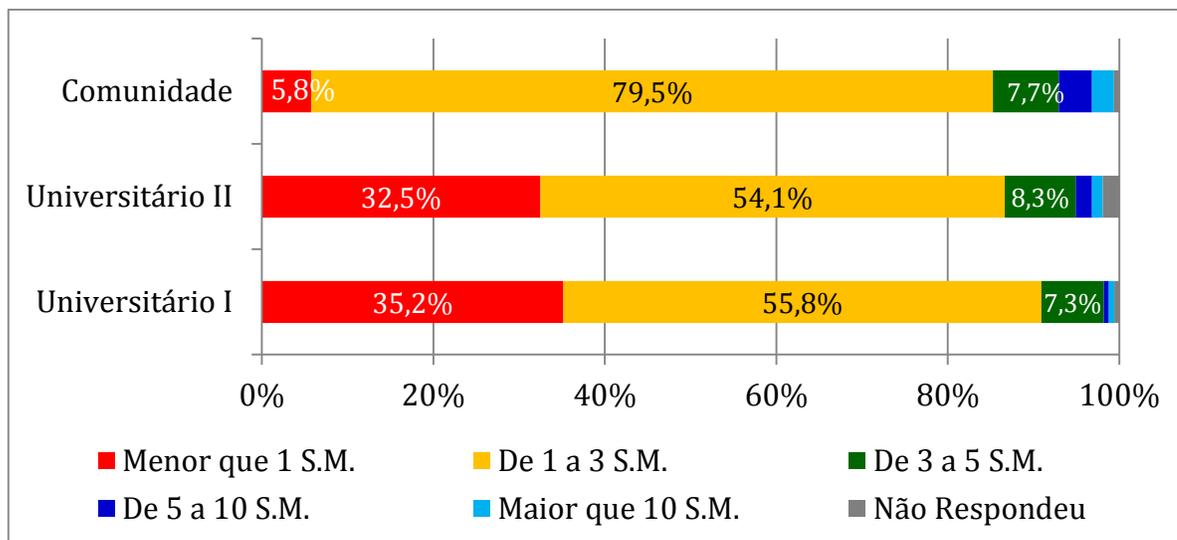


Figura 3. Renda familiar mensal dos entrevistados.

Após as entrevistas, verificou-se que nos três grupos mais de 90% dos entrevistados possuem aparelho celular e mais de 80% tem televisão em sua residência (Figura 4). Estes resultados são semelhantes aos que foram relatados por Rodrigues (2012) no Município de São Paulo-SP, para televisão e aparelho celular (94,4 e 85,6%, respectivamente). Segundo a Pesquisa Brasileira de Mídia (PBM, 2016), a televisão é o meio de comunicação mais utilizado pela população brasileira (63%).

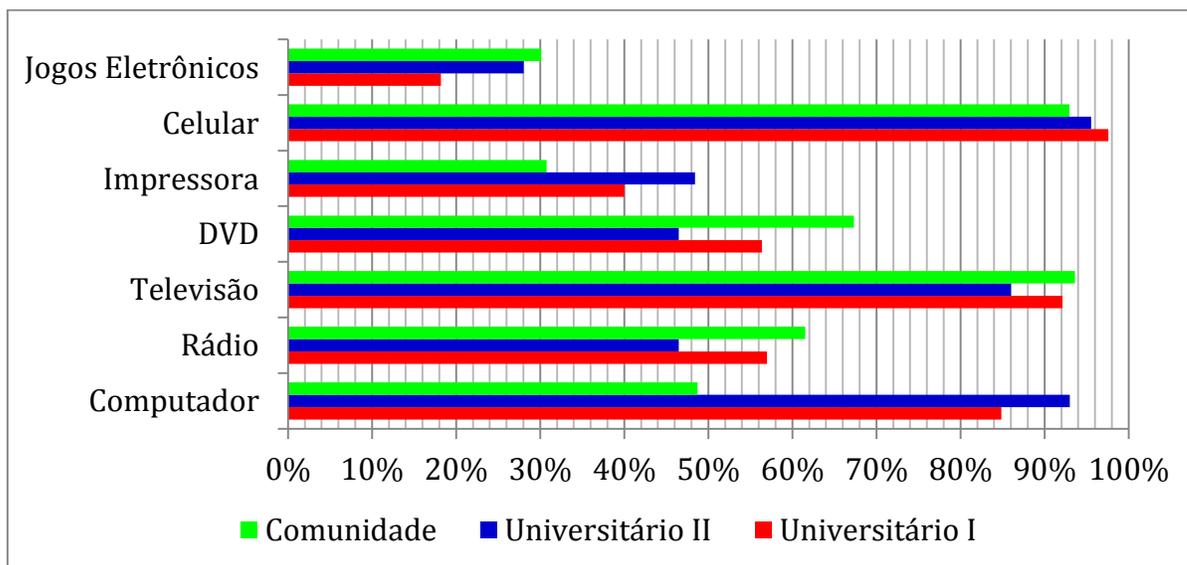


Figura 4. Equipamentos em uso nas residências dos entrevistados.

Os computadores foram os equipamentos mais citados pelas pessoas dos grupos UNI II e UNI I com registro de 93,0% e 84,8 respectivamente. Podemos associar esses resultados com a necessidade dos universitários utilizarem atualmente essa tecnologia como uma ferramenta auxiliar no meio acadêmico.

Considerando que nem todos os objetos ao fim de sua vida útil são considerados resíduos eletrônicos, os entrevistados foram indagados para indicar dentre 10 opções de produtos quais seriam resíduos eletrônicos. A figura 5 mostra que a grande maioria das pessoas dos três grupos citou de forma correta os seguintes produtos: televisão (UNI II = 93,6%, UNI I = 93,3%, e CG = 92,3%); rádio (UNI I = 90,9%, UNI II = 90,4%, e CG = 90,4%); e celular (UNI I = 96,4%, UNI II = 94,9%, CG = 86,5). Isso demonstra conhecimento satisfatório sobre a definição básica de produtos eletrônicos. Entretanto, destacam-se produtos que não produzem resíduos eletrônicos, mas foram indicados como possíveis resíduos eletrônicos: garrafa PET (CG = 18,6%, UNI II = 8,3% e UNI I = 3,0%) e cadeira plástica (CG = 21,8%, UNI II = 5,1% e UNI I = 3,6%). Os maiores percentuais de respostas afirmativas foram observados no grupo CG, refletindo o menor grau de conhecimento desse grupo sobre o assunto quando comparado com os universitários.

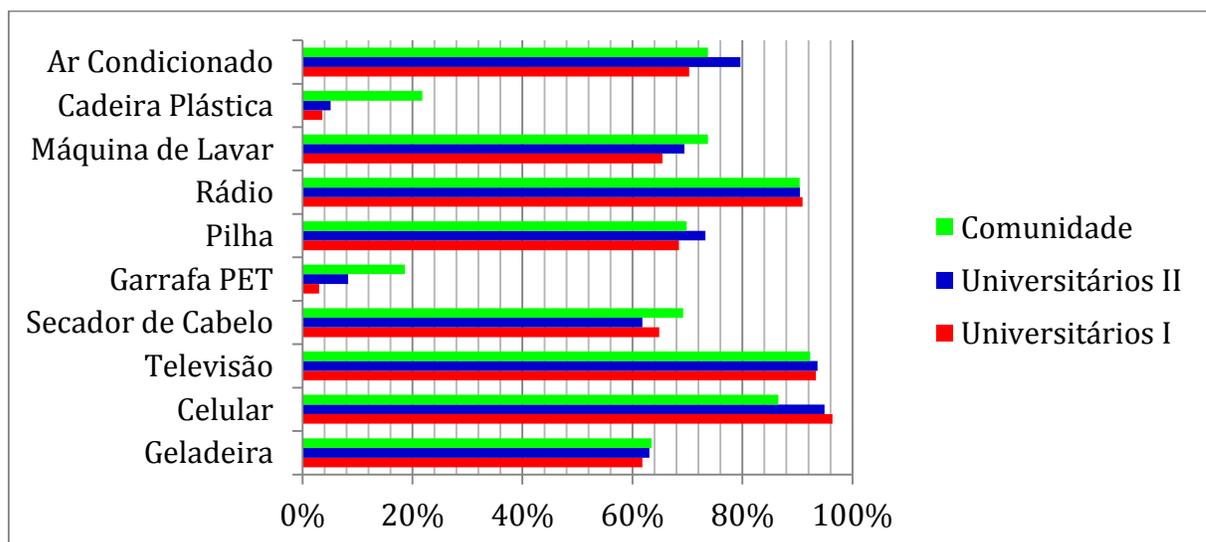


Figura 5. Conhecimento quanto à geração de resíduos no fim de vida útil dos produtos.

4.2.2. Conhecimento dos entrevistados referente ao descarte de resíduos eletrônicos

Em relação à pergunta, como você descarta os resíduos eletrônicos? O lixo comum apresentou as maiores porcentagens no UNI II (57,3%), UNI I (51,5%) e CG (42,9%), mostrando ser a prática de descarte mais comum entre todos os entrevistados (Figura 6). A prática de doação foi a segunda mais frequente somente no grupo CG (29,5%), apresentando resultados diferentes nos demais grupos, pois um entrevistado de cada seis do grupo UNI II e um de cada cinco do grupo UNI I informaram que entregam os resíduos em pontos de coleta.

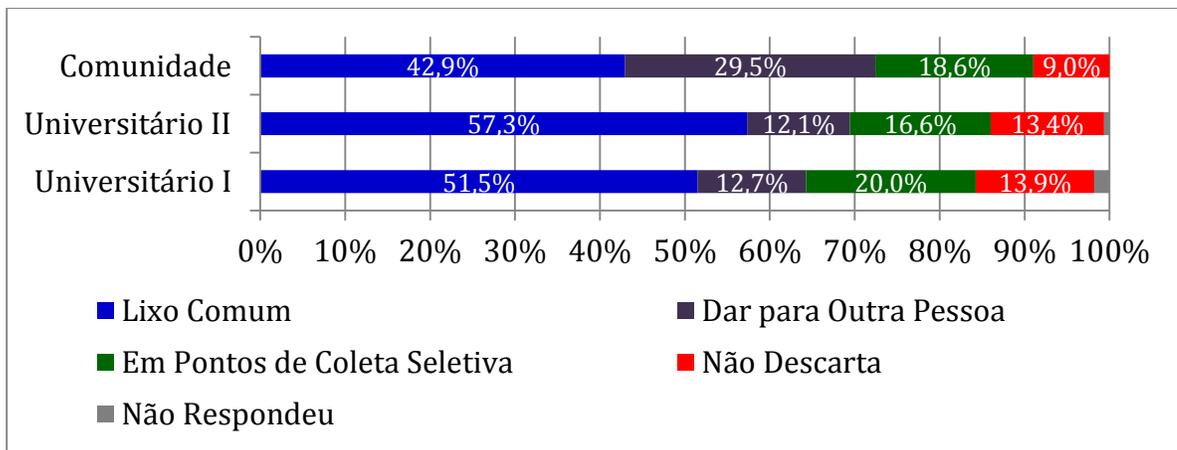


Figura 6. Formas de descarte de lixo eletrônico.

4.2.3. Conhecimento dos entrevistados sobre resíduos eletrônicos

Percebe-se que uma grande parcela da sociedade descarta os resíduos eletrônicos de forma inadequada no lixo comum e isso pode causar significativos impactos à saúde humana (SAVVILOTIDOU *et al*, 2014; LUNDGREN, 2012) e ao meio ambiente (SAVVILOTIDOU *et al*, 2014; LI *et al*, 2015; ZHANG *et al*, 2017). Essa atitude ocorre principalmente em países menos desenvolvidos e países em desenvolvimento como Índia e China (SUK *et al*, 2016).

Rodrigues (2012) realizou uma pesquisa com 395 domicílios a respeito do fluxo domiciliar de geração e destinação de REEEs no município de São Paulo, e observou que a principal destinação desses equipamentos é a reutilização (59,5%), sendo que 51,4% preferem a

prática de doação e o lixo comum foi a terceira mais citada (16%). Uma pesquisa realizada na Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo com uma amostra de 214 participantes revelou que a maior frequência da destinação dos resíduos eletrônicos é o armazenamento no domicílio (42,5%), seguido pela doação para outras pessoas (22,4%), sendo que o descarte no lixo comum foi citado por apenas 3,4% dos entrevistados (GIARETTA *et al*, 2010).

Quando o tipo de descarte é analisado por faixa etária, temos que o descarte em lixo comum é prevalente entre os entrevistados de 18 a 49 anos (Figura 7), com destaque para na faixa etária de 25 a 29 anos de idade (61,1%). As pessoas com 50 anos ou mais preferem doar os resíduos eletrônicos (43,8%). Siqueira e Marques (2015) encontraram resultados diferentes em pesquisa realizada em Belo Horizonte - MG, com 200 participantes predominantemente jovens. A doação como forma de destinação alcançou maior porcentagem (36%), seguida do lixo comum (34%).

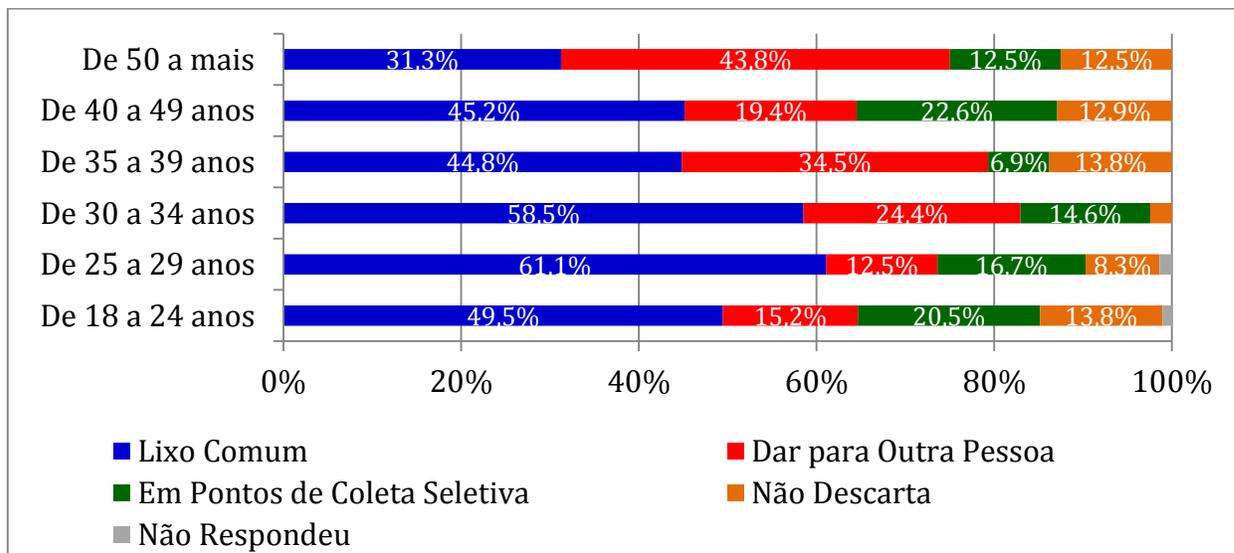


Figura 7. Formas de descarte por faixa etária.

É importante destacar que a prática de doação pode aumentar a possibilidade de reuso de um equipamento, porém Franco e Lange (2011) acreditam que a doação não implica no reuso do aparelho pela outra parte. A doação pode ser apenas para transferir a responsabilidade do descarte para outra pessoa, geralmente de menor poder aquisitivo (SIQUEIRA; MARQUES, 2015).

A Figura 8 mostra o resultado sobre o conhecimento de algum ponto de recolhimento de lixo eletrônico. Destaca-se que 79,4% do grupo UNI I respondeu que desconhece a existência de ponto de recolhimento (Figura 8a); No grupo UNI II, essa resposta foi indicada por 80,9% (Figura 8b); e no grupo CG, essa opção foi assinalada por 79,5% dos entrevistados (Figura 8c).

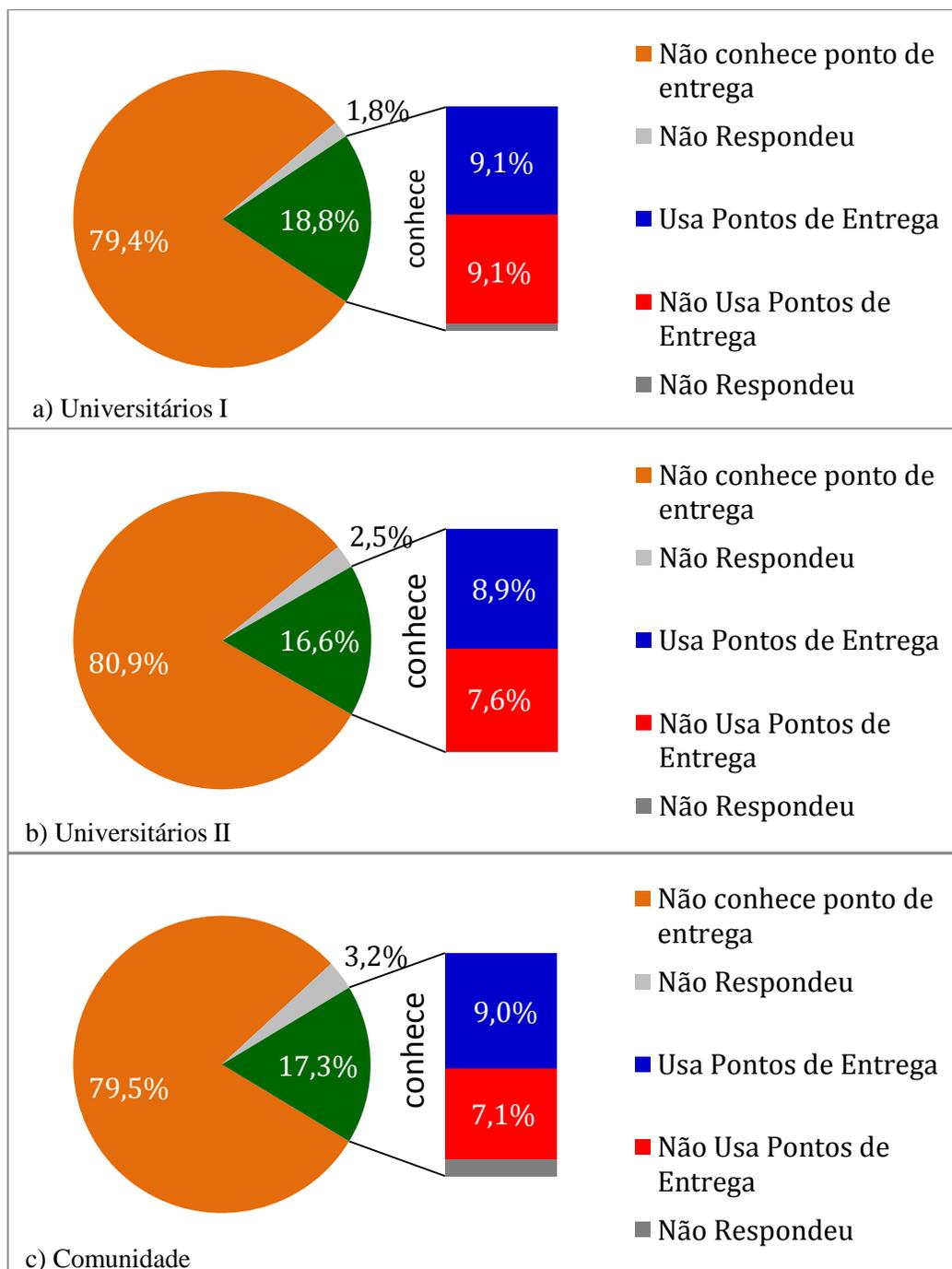


Figura 8. Conhecimento e uso dos pontos de entrega de lixo eletrônico.

Para os que responderam conhecer algum tipo de ponto de recolhimento de resíduos eletrônicos foi perguntado se utilizam tais pontos de entrega para descartar seus lixos eletrônicos. Os resultados mostram que, em média, quase 9% da população além de conhecer os pontos de recolhimento utilizam os mesmos para o descarte de lixo eletrônico, demonstrando que a prática de coleta seletiva para resíduos eletrônicos também não tem influência do fator escolaridade.

Os resultados obtidos são similares aos que foram descritos por Siqueira e Marques (2015), em que a maioria (73,5%) também não conhecia locais aptos na cidade para receber lixo eletrônico, sendo que 91% se mostraram dispostos a levar os equipamentos eletroeletrônicos inutilizados de suas residências para pontos de coleta e/ou recebimento da cidade. O perfil dos entrevistados é que 85% dos entrevistados possuem 11 anos ou mais de estudos e 54% informaram ter renda maior que cinco salários mínimos.

É importante salientar que muitas vezes a informação sobre os pontos de recolhimento de resíduos eletrônicos não chega para a grande maioria da população, independente do grau de escolaridade. Por isso, fazer uma divulgação ampla sobre a localização de ponto de recolhimento de resíduo eletrônico pode ajudar no planejamento das políticas públicas e plano de gerenciamento de resíduos eletrônicos.

Nesta presente pesquisa, percebeu-se que houve participantes com conhecimento sobre algum ponto de recolhimento, mas esse conhecimento não implica necessariamente em utilizá-lo. A Figura 9 mostra que a maioria de entrevistados nos 3 grupos (em torno de 70%) se sente responsável pela destinação adequada de resíduos eletrônicos. A posse da informação não se traduz em atitudes ambientalmente adequadas como menciona Ylä-Mella *et al*, (2015), que mesmo havendo ações como: pontos de coleta, sistema de pagamento para equipamentos usados e implementação de políticas institucionais ambientalmente sustentáveis não deveriam se esperar que sejam suficientes. Um fator importante para reverter essa situação seria a sensibilização das

peças mediante a divulgação sobre o potencial de toxicidade dos REEEs e potencial impacto à saúde pública e do meio ambiente (Shapores *et al*, 2012).

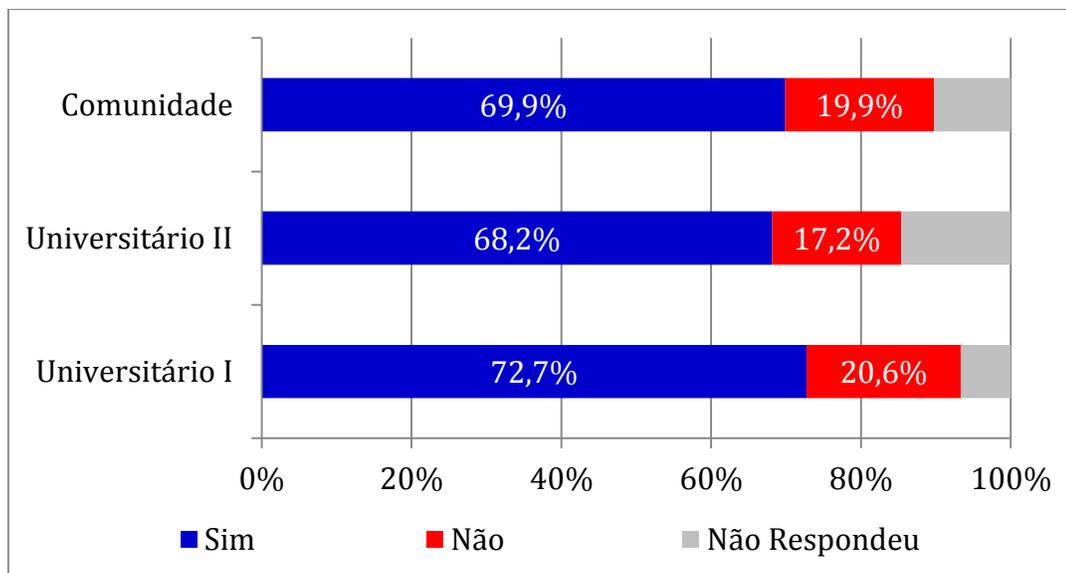


Figura 9. Sentimento de responsabilidade pela destinação adequada dos resíduos eletrônicos.

Os entrevistados também foram questionados se as empresas que produzem e comercializam produtos eletrônicos têm alguma responsabilidade sobre a destinação ambientalmente adequada dos resíduos quando são descartados. Em todos os grupos, a maioria respondeu de forma afirmativa conforme pode ser observado na Figura 10.

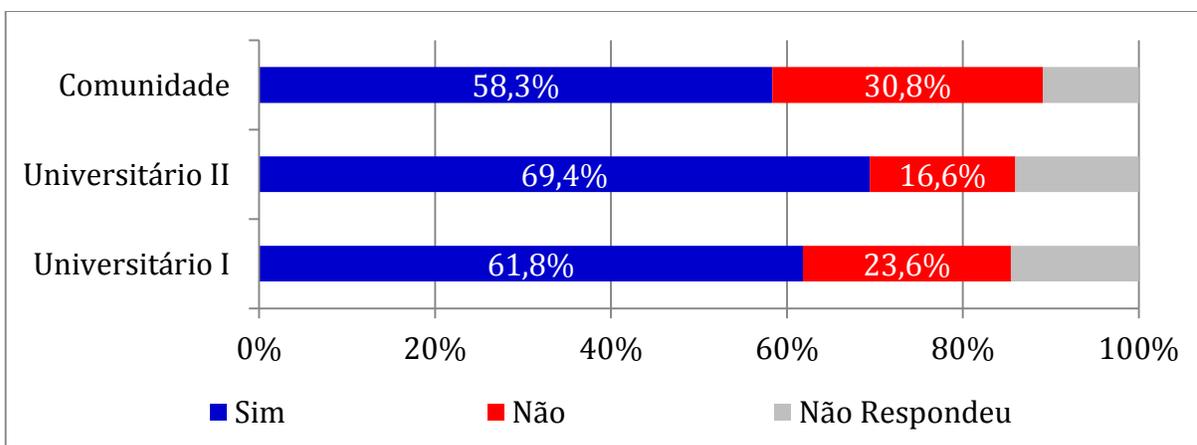


Figura 10. Produtores e comerciantes são responsáveis pelo destino dos produtos eletrônicos descartados.

4.2.4. Comportamento dos usuários na logística reversa dos resíduos eletrônicos

Os resultados sobre o questionamento se os entrevistados se sentem responsáveis pela destinação adequada desses resíduos estão ilustrados na Figura 11. Os integrantes do grupo UNI I foram os que mais responderam se sentir responsável pela destinação adequada dos resíduos eletrônicos (72,7%), em seguida estão os grupos CG e UNI II com 69,9% e 68,2%, respectivamente. Esse sentimento de responsabilidade pode ser explicado pelo fato de que os brasileiros em geral se tornaram sensibilizados ao reconhecimento da necessidade de uma abordagem sustentável para a eliminação de produtos eletrônicos conforme análise contida em (ECHEGARAY; HANSSTEIN, 2017).

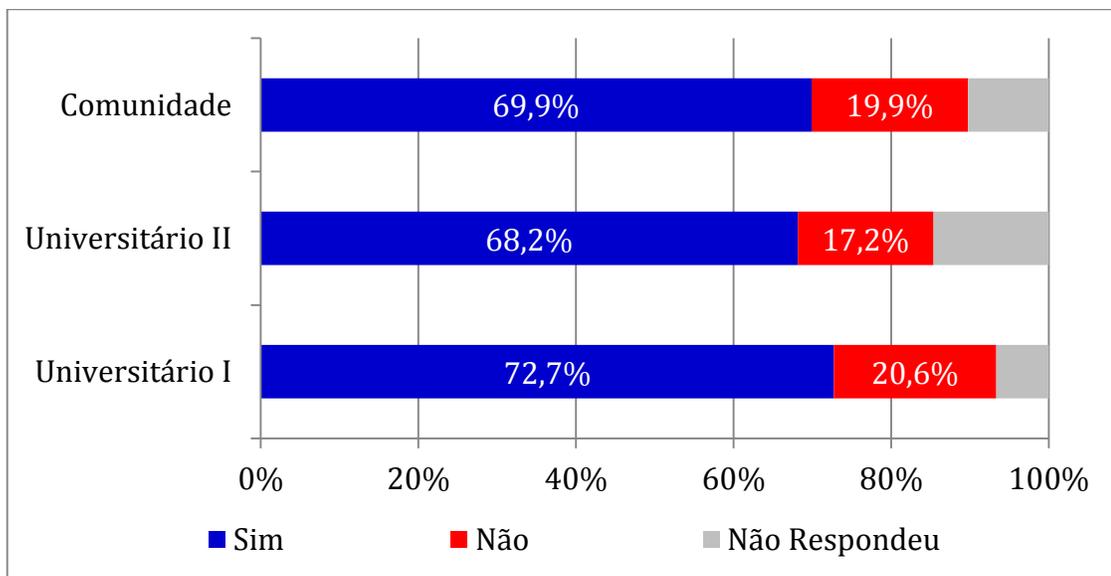


Figura 11. Sentimento de responsabilidade pela destinação adequada dos resíduos eletrônicos.

O aparelho de telefone celular é um dispositivo móvel muito popular, que contém tecnologias que facilitam a comunicação entre pessoas e o acesso às informações em tempo real. No entanto a troca de um aparelho pode representar o descarte de um dispositivo eletrônico e seus componentes. Por essa razão, foi perguntado aos entrevistados o que motivou a troca do seu último

aparelho celular. A Figura 12 mostra que o motivo mais citado pelos entrevistados nos grupos CG (31,4%) e UNI I (33,9%) foi o defeito com perda total do aparelho. No grupo UNI II, os motivos apresentados foram bastante distribuídos, sendo que o alto custo para consertar o aparelho com defeito e o furto foram os mais citados por 22,3% para cada um. Outra resposta importante a ressaltar é o motivo ultrapassado, entre os três grupos foi mais citado no UNI II (19,7%), possivelmente por ser constituído somente por estudantes universitários da área de tecnologia e informação, sendo eles mais propícios a obter aparelhos cada vez mais modernos. Este grupo é formado por maioria (70,7%) de entrevistados do sexo masculino, com faixa etária prevalente de pessoas com 18 a 24 anos (82,2%) e o grupo que mais descarta resíduo eletrônico em lixo comum (57,3%).

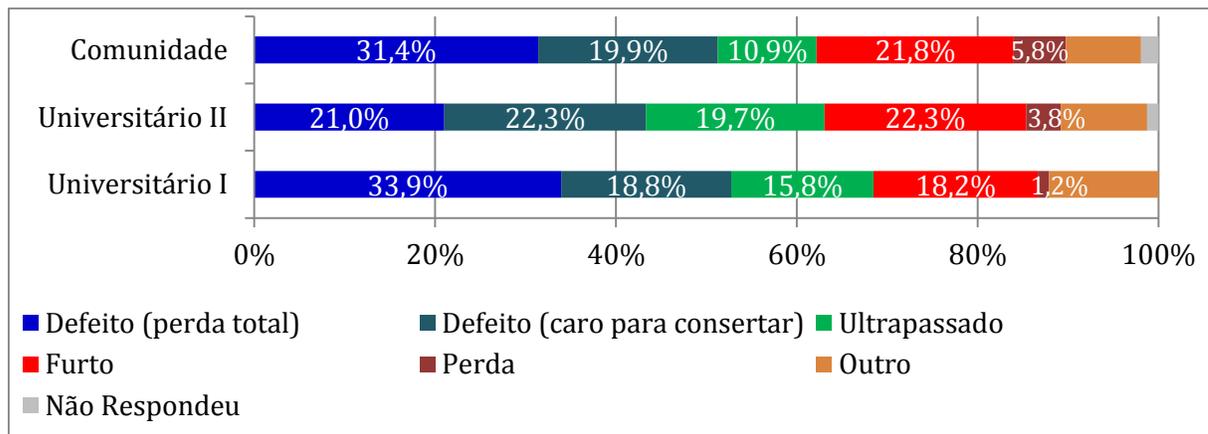


Figura 12. Motivo da última troca do aparelho celular.

A pesquisa de Arenhardt *et al* (2016), com 430 entrevistados, verificou também o principal motivo pelo qual os participantes substituem o aparelho celular. A maioria (53,5%) respondeu perda total, 22,8% indicaram as funções desatualizadas e 15,3% sinalizaram o estilo fora de moda. Outro estudo, Koga *et al* (2014), com 410 consumidores, no estado de São Paulo, o motivo mais apontado pelos entrevistados foi tecnologia obsoleta (27%) e quebra do aparelho (25%).

Segundo King *et al* (2006), produtos saem de uso essencialmente por duas razões: obsolescência funcional (eles apresentam defeitos físicos e precisam de reparos) ou obsolescência de moda (eles saem de moda, devido a novos produtos que aparecem no mercado com características diferentes e/ou adicionais), resultando na obsolescência programada que é uma maneira em que mercados capitalistas geram demandas por novas vendas. Essa obsolescência embutida nos celulares e a introdução de novas tecnologias representam um problema crescente e significativo aos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (ONGONDO; WILLIAMS, 2011). Tais constatações convergem com o estudo feito por Arruda *et al* (2016), que ao analisarem os motivos que levam os jovens a trocar as tecnologias digitais, observou que a troca se deu principalmente por estarem desatualizadas, velhas ou quebradas.

Com relação ao questionamento se o entrevistado tinha algum aparelho eletrônico avariado ou com defeito em sua casa, a Figura 13 mostra que a maioria em cada um dos três grupos apresentou resposta afirmativa, sendo 68,8% para o grupo UNI II (Figura 13a), 60,6% para o grupo UNI I (Figura 13b) e 50,6% para o grupo CG (Figura 13c). Análises apresentados por Giaretta *et al*, (2010) apontam que o não descarte é uma consequência do armazenamento e, portanto, pode ser considerado também como uma barreira para o processo de reciclagem, impedindo o descarte adequado.

Para os entrevistados que confirmaram possuir algum tipo de aparelho eletrônico com defeito em sua residência foi apresentada a seguinte pergunta: Por que não descartou? O principal motivo apontado pelos entrevistados nos três grupos está na pretensão de consertar o equipamento, sendo o maior percentual apresentado no grupo UNI II (42%). Esse resultado demonstra o relevante papel das assistências técnicas no fluxo da logística reversa, evidenciando que existe um potencial econômico, social e ambiental, com causa um grande impacto na saúde humana.

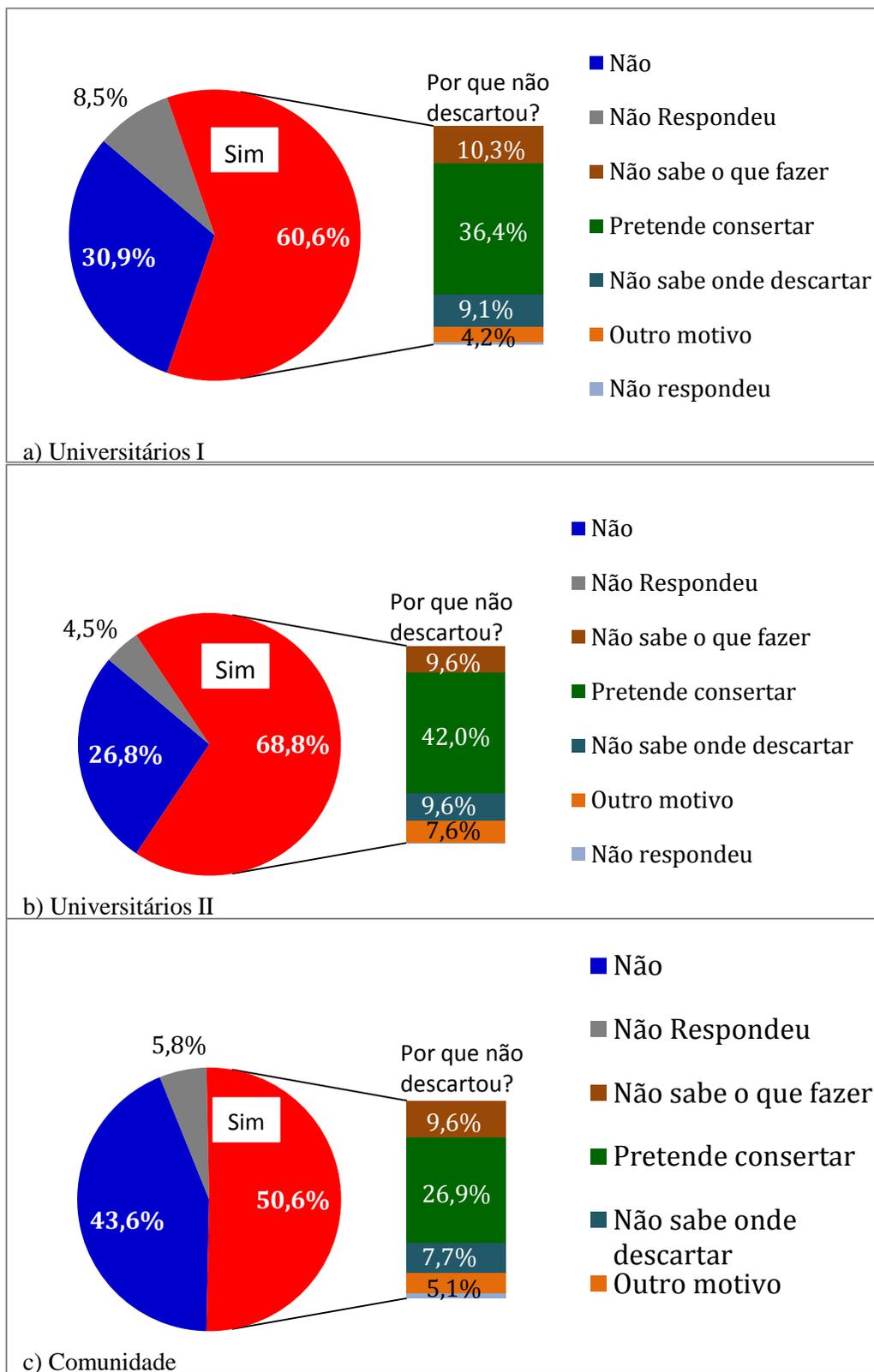


Figura 13. Aparelho eletrônico com defeito armazenado em casa.

Nos três grupos de entrevistados, o percentual dos participantes que disseram não saber o destino a ser dado aos resíduos eletrônicos foi bastante similar, em torno de 10%. Isso evidencia o déficit de informação referente às possibilidades de reaproveitamento desses resíduos e aos pontos de descarte. E mesmo que haja informação não levam por si só a produção de alterações significativas sobre como fazer o descarte pós-consumo (Giaretta *et al*, 2010).

Esses resultados apontam uma grande quantidade de aparelhos guardados nas residências com potencial de serem descartados em algum momento de forma inadequada, conforme apontam os resultados anteriores, aumentando ainda mais o descarte desses resíduos. Além disso, Ongondo e Williams (2011) destacam o enorme estoque de metais raros e valiosos, resultante do armazenamento de aparelhos eletrônicos realizada pelo público.

O crescimento do consumo de produtos eletrônicos vem criando um alerta à sociedade e aos gestores públicos, quanto aos potenciais impactos à saúde e ao meio ambiente que o descarte inadequado desses produtos pode causar. Portanto, o objeto de estudo desta pesquisa demonstra sua relevância na elaboração de subsídios para o planejamento de propostas de diversas entidades públicas, empresas e consumidores. Assim, é necessário entender a problemática que os resíduos eletrônicos vêm representando e a atuação de todos os agentes envolvidos na responsabilidade compartilhada do produto.

4.3. Atuação das empresas na Logística Reversa dos resíduos eletrônicos

Durante a pesquisa foram visitadas 13 empresas para a entrevista com seus respectivos proprietários. O ramo de atividades dessas empresas é: comerciantes varejistas e/ou assistência técnica de aparelhos eletrônicos. A partir dos dados obtidos junto às empresas entrevistadas percebeu-se que o tempo médio das empresas no mercado é de 9 anos, variando de 2 meses a 25 anos de atuação; e o número médio de funcionários é próximo de 4, variando de 1 até 13.

4.3.1. Nível de Consciência sobre os Resíduos de Equipamentos Eletrônicos

No que concerne ao nível de consciência sobre os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, as empresas classificaram como muito importante as práticas de reciclagem dos resíduos eletrônicos (84,6%), o recolhimento e tratamento dos resíduos eletrônicos (76,9%) e a prioridade dos fabricantes de ter uma política de incentivo de retorno de produtos pós-consumo (46,2%). No entanto, o incentivo do uso de equipamentos eletrônicos até o fim de sua vida útil obteve um menor grau de importância pelas empresas, sendo classificado apenas como importante (61,5%) conforme mostra a Figura 14. Esse grau de menor importância possivelmente está relacionado aos interesses econômicos da venda dos novos aparelhos por parte das empresas, pois esse tipo de incentivo certamente poderia diminuir a aquisição de novos aparelhos.

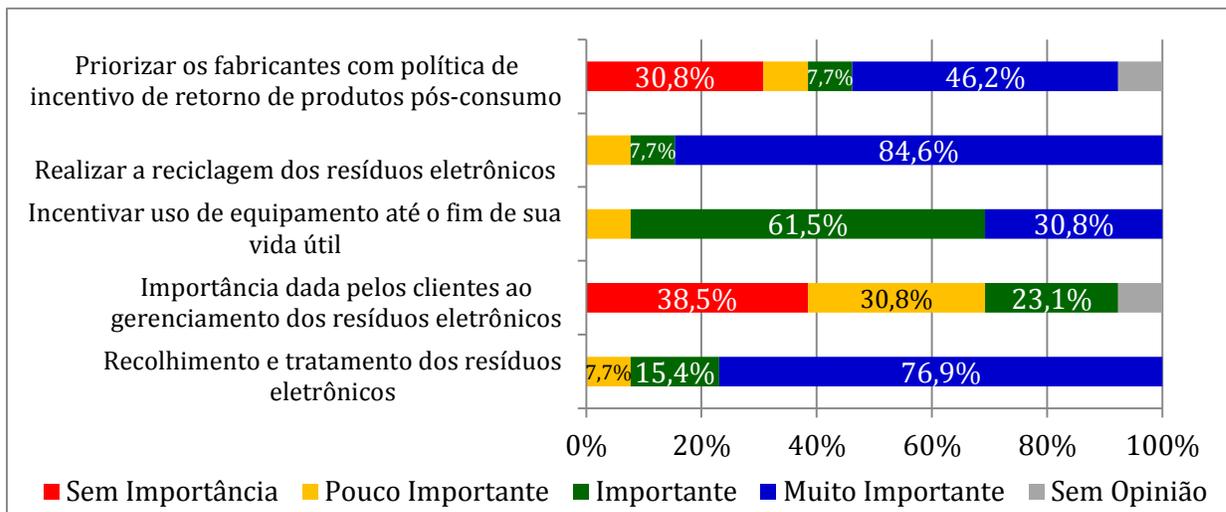


Figura 14. Nível de consciência sobre os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos.

Outro item relevante a ser descrito é a percepção das empresas dadas aos clientes no que se refere ao gerenciamento dos resíduos eletrônicos, sendo os maiores percentuais de respostas para “sem importância” (38,5%) e “pouco importante” (30,8%). Esses resultados revelam que as empresas atribuem um alto grau de consciência a si mesmo, enquanto atribuem um menor o nível de consciência dos consumidores.

4.3.2. Práticas de Gestão Ambientais

Os resultados sobre as práticas de gestão ambientais ilustrados na Figura 15 mostram que a maioria das empresas sempre realizam ações com funcionários sobre questões ambientais, necessidade de reciclagem e riscos dos REEE (69,2%), aplicam regulamentos, normas ou regras no gerenciamento de resíduos eletrônicos (46,2%), priorizam os fabricantes com política de retorno pós-consumo dos REEE (46,2%) e implementam campanhas de sensibilização ambiental junto aos clientes sobre o recolhimento dos resíduos eletrônicos (38,5%). Em geral, esses valores demonstram coerência com os resultados do nível de consciência com estas práticas de gestão ambientais. Contudo, Bouzon *et al*, (2016) constataram que empresas e recicladores não seguem regulamentação ambiental no Brasil.

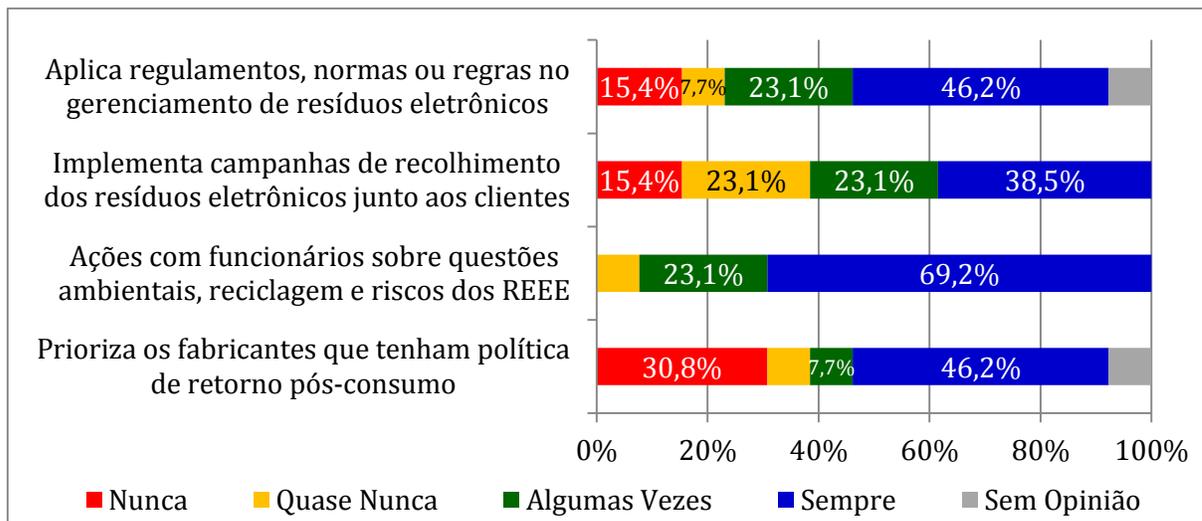


Figura 15. Práticas de gestão ambiental.

Em relação à existência de Plano de Gestão de Resíduos Sólidos (PGRS) por parte das empresas, a Figura 16 mostra que mais de 80% ainda não o implantou, 38,5% possuem uma área específica para armazenamento de resíduos eletrônicos e 38,5% realizam reciclagem interna dos resíduos de equipamentos eletrônicos. Para essas duas últimas ações 30,5% das empresas afirmam já ter implementado, mas que está em manutenção.

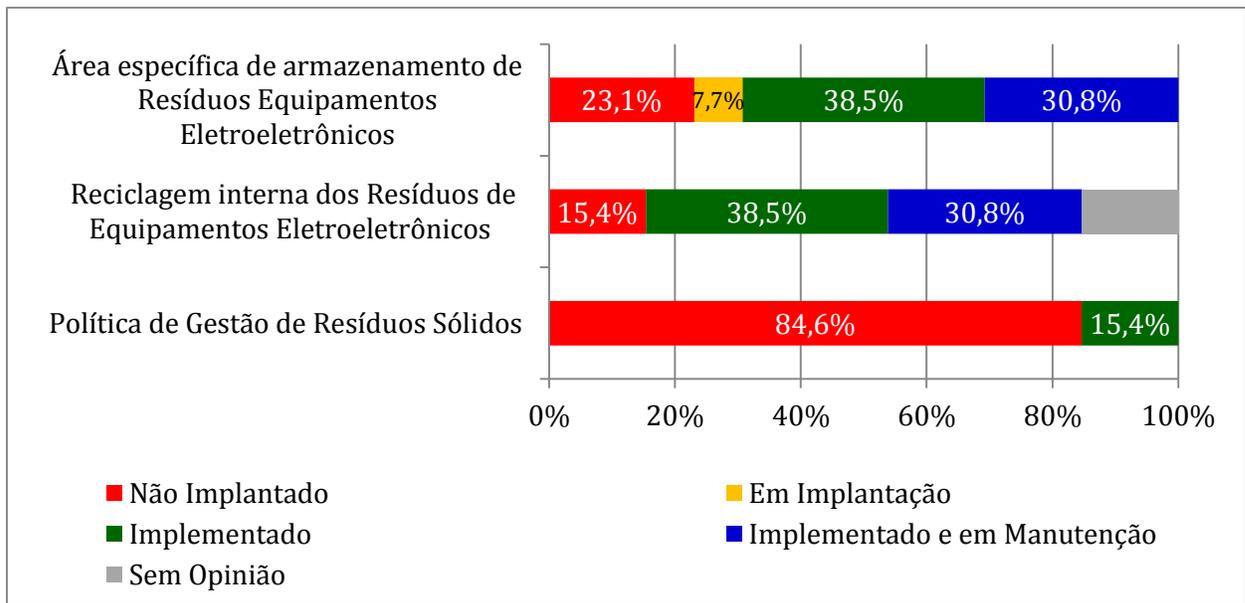


Figura 16. Ações de gerenciamento de resíduos eletrônicos.

Portanto, mesmo que a maioria das empresas não possuía um PGRS, algumas ações de gerenciamento de resíduos eletrônicos estão sendo de fato realizadas, como armazenamento em áreas específicas e reciclagem interna por meio da promoção do reaproveitamento dentro da própria empresa.

4.3.3. Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletrônicos

Sobre a destinação e a disposição final dos resíduos de equipamentos eletrônicos, foi constatada que a maioria das empresas envia os resíduos inadequadamente para o lixão (53,8%), seguido por outras destinações/disposições (38,5%). Além desses, vale ressaltar também que foram citadas as alternativas de: comercialização (15,4%) e doação a terceiros (15,4%). Esses resultados estão apresentados na Figura 17.

O lixão é a principal destinação para resíduos eletrônicos gerados pelas empresas, demonstrando a falta de alternativa ou de incentivo para outras destinações e/ou disposições ambientalmente adequada, que atendam às orientações contidas na PNRS para as empresas.

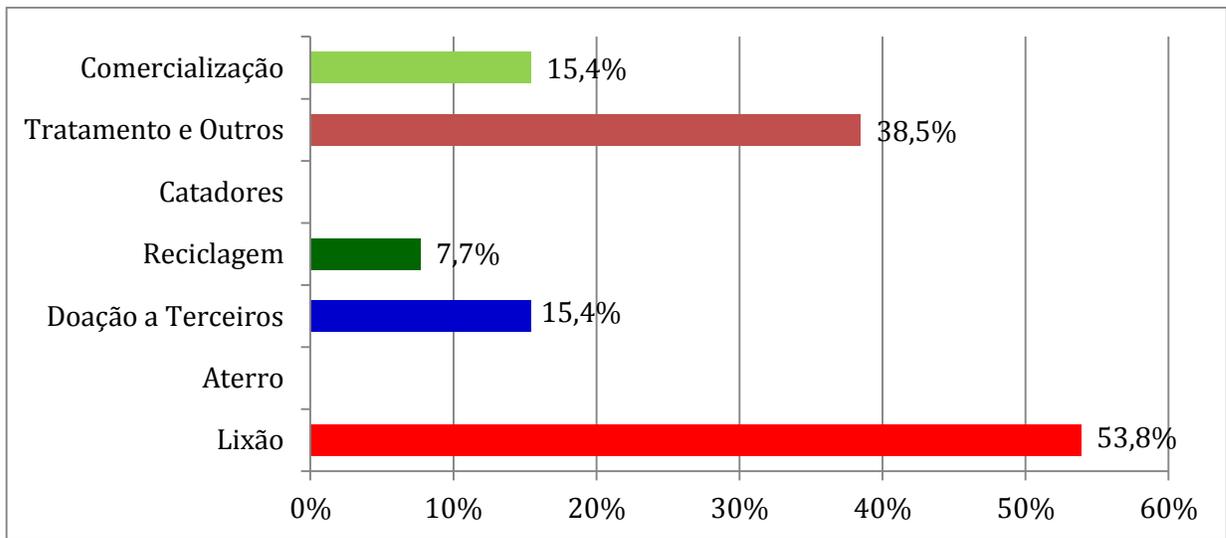


Figura 17. Disposição final dos resíduos de equipamentos eletrônicos.

Outro dado importante é a comercialização desses resíduos que evidencia o reconhecimento desse tipo de prática como alternativa econômica para algumas empresas, que atuam como intermediários (sucateiros) no fluxo da logística reversa de resíduos eletrônicos. A pesquisa de Lunardi *et al*, (2014) aponta que muitas estratégias politicamente corretas vêm ganhando espaço na lista de prioridades das empresa. Os autores destacam que o principal motivador para essa mudança de comportamento é o fator econômico devido aos benefícios diretos e indiretos, como aumento de faturamento, redução de custos e atrativo comercial (imagem da empresa).

Todavia, Oliveira Neto *et al*, (2017) dizem que apesar da empresa obter um ganho econômico adotando a logística reversa de REEE para reciclagem e reutilização, a maior contribuição está na redução da poluição ambiental, por considerar componentes ambientais bióticos, abióticos, hídricos e aéreos, devido a contribuição de todos esses componentes com a sustentabilidade.

Embora em nossa pesquisa nenhuma empresa citou a destinação dos resíduos eletrônicos para os catadores, Conke (2018) relata que em muitas cidades no Brasil empresas têm contratos com cooperativas e para as quais enviam todo o material potencialmente reciclável coletado.

Os resultados obtidos mostram um alto nível de consciência relacionada ao gerenciamento de resíduos eletrônicos, que direcionam práticas ambientais adequadas, porém limitadas. Possivelmente essa limitação seja devido à falta de infraestrutura necessária para o apoio às ações de logística reversa dos resíduos eletrônicos, incentivos fiscais às empresas e fiscalização na aplicação de normas e regulamentos. Além disso, Guarnieri *et al*, (2016) mencionam que incentivar a adoção de logística reversa de REEE deve incluir o fornecimento de educação em escolas, empresas, bem como parcerias estimulantes entre governo e empresas. O aumento das informações sobre os REEEs e o valor da consciência ambiental provou ser mais eficaz quando há uma participação ativa de vários setores da sociedade na reciclagem (ARDENTE *et al*, 2015).

4.4. A cadeia pós-consumo dos resíduos eletrônicos na logística reversa

Em 2012 foram entregues para 59 municípios, inclusive Itacoatiara, os Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) elaborados a partir do Programa de Apoio à Elaboração dos Planos Municipais de Saneamento Básico e Gestão Integrada de Resíduos Sólidos dos Municípios do Estado do Amazonas (PLAMSAN) (AMAZONAS, 2015). Em Itacoatiara o plano foi instituído por meio da Lei nº 246, de 29 de julho de 2013.

Referente às ações relativas aos resíduos de logística reversa (LR), ficou estabelecido nos PMGIRS, que a partir do dia 1 de agosto de 2013 todos os estabelecimentos que comercializam produtos de LR, tais como, produtos eletroeletrônicos, pilhas e baterias, bem como, lâmpadas fluorescentes, pneus, embalagens de agrotóxicos e óleos lubrificantes e embalagens, deverão reservar áreas específicas, sob sua responsabilidade, para armazenamento desses resíduos e posteriores devoluções aos seus fornecedores e/ou produtores (AMAZONAS, 2015).

4.4.1. Comercialização de resíduos eletrônicos

As legislações apresentadas apontam que a Logística Reversa dos produtos eletrônicos deve ser implantada por meio de atividades de gerenciamento articuladas entre fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes após retorno dos resíduos pelos consumidores aos pontos de coletas. Porém, outros agentes vêm atuando no fluxo dos resíduos eletrônicos, sendo uma alternativa econômica para empresas que atuam como intermediários (sucateiros) e catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis, que podem ser definidos conforme segue:

Catadores: são aqueles que exercem a catação de materiais recicláveis na área de disposição final, ruas, comércios, bares e pós-eventos (AMAZONAS, 2015);

Comerciantes e intermediários: são aqueles que comercializam materiais recicláveis, comprando de catadores e vendendo para empresas ou outros comerciantes. Nesse grupo estão incluídos os sucateiros, atravessadores e aqueles que possuem pequenos galpões de reciclagem (AMAZONAS, 2015);

No município de Itacoatiara existe uma empresa que compra materiais recicláveis e reutilizáveis tais como: alumínio, plásticos, vidro, papel, papelão, cobre, embalagem de óleos lubrificantes, baterias e sucatas em geral. Alguns produtos eletrônicos são recebidos eventualmente somente quando é verificada a possibilidade de retirada de cobre. A comercialização de resíduos eletrônicos é mais frequentemente realizada por meio de comerciantes e intermediários, sendo que alguns são proprietários de lojas de assistência técnica.

Essas empresas têm como fornecedores catadores de matérias recicláveis e reutilizáveis que encontram os resíduos no lixão do município. Eles também recebem de alguns consumidores e de assistências técnica de equipamentos eletrônicos que doam ou vendem os materiais. Os produtos são recebidos na própria loja ou comprados em viagens para este fim em municípios próximos (Urucurituba e Itapiranga). A empresa organiza gincanas para promover a coleta entre os

recolhedores de vários estados para incentivar o trabalho. No Amazonas haviam seis recolhedores e em Rondônia, o campeão de uma das gincanas promovidas pela empresa, recolheu quatro toneladas. Outras empresas também atuam no município na compra de resíduos.

Esses resultados estão de acordo com Dias *et al*, (2018), pois eles descrevem que os principais caminhos para REEE para alcançar o reciclador são por meio de parcerias com outras empresas, serviço de coleta privada realizado pela recicladora, entrega por consumidores, catadores de materiais recicláveis e reutilizáveis e outros. Na cidade de Belo Horizonte, estudos anteriores informam a existência de outras fontes de recebimento desses resíduos além das citadas nessa pesquisa, como leilões e doações de empresas diversas (IKHLAYEL, 2017).

Os resíduos coletados são revendidos para empresas privadas de reciclagem com sede em outras cidades. Uma dessas empresas com sede em Curitiba-PR atua em vários estados por meio de um projeto de reciclagem de resíduos eletrônicos, desenvolvido em Itacoatiara por uma loja da Empresa C, que conheceu o projeto por redes sociais, durante pesquisas sobre o tema na Internet (Figura 18). O proprietário disse que já conseguiu recolher na loja cerca de 250 Kg/dia e um pouco mais de duas toneladas/ano de resíduos eletrônicos. A renda obtida era suficiente para pagar o aluguel do prédio onde funcionava a loja de assistência técnica de celulares. Ele afirmou que um catador conseguiu lucrar R\$ 75,00 em um único dia com a venda de resíduos eletrônicos.



Figura 18. Slogan de um projeto de reciclagem de resíduos eletrônicos.

Os resíduos são armazenados conforme ilustrado na figura 19. A preparação para revenda e envio acontece em média a cada dois meses de recolhimento, quando é realizada triagem, separação por peças, pesagem, embalagem e envio para a cidade de Manaus por uma empresa de transporte rodoviário de pessoas e cargas. O pagamento é realizado por transferência bancária pela empresa recicladora aos intermediários logo após envio de comprovante de pesagem de carga. Os valores pagos podem sofrer variação conforme peso e cotação do dólar, já que os preços de alguns minérios são cotados em dólar. Frequentemente, um representante da empresa de reciclagem vem ao município buscar os materiais.

As informações coletadas nessa pesquisa demonstram que após a revenda os resíduos são encaminhados para empresas que realizam outras etapas de triagem, separação mecânica, trituração e exportação. Essas informações estão de acordo com os resultados descritos por Dias *et al*, (2018) ao mostrarem que as empresas brasileiras atuantes na reciclagem dos resíduos eletrônicos realizam somente as primeiras etapas do processo, exportando os resíduos desmontados e/ou triturados, seguindo para as demais etapas específicas da reciclagem realizadas somente em outros países.



Figura 19. Armazenamento dos resíduos eletrônicos para a revenda.

Os principais produtos recebidos pelas empresas de reciclagem são: aparelhos celulares, computadores e catalisadores de automóveis. As empresas recebem frequentemente apenas resíduos de produtos específicos, como aparelhos celulares com a finalidade de gerar lucros a partir de sua comercialização,

O recebimento de resíduos eletrônicos pelas empresas entrevistadas ocorre em somente 40% das empresas, sendo que desse total 50% recebem apenas aparelhos celulares. Essa restrição ao recebimento de equipamentos específicos, provavelmente ocorre pela busca de materiais específicos, o que acontece não somente no município de Itacoatiara mas também em outras cidades com maior nível de desenvolvimento no gerenciamento de resíduos eletrônicos. Segundo Bahers e Kim (2018), na região dos Pirenéus e na zona urbana de Toulouse, na França, apenas recuperam recursos específicos (especialmente metais não ferrosos) que são fáceis de classificar e gerar lucros, além disso, os métodos de recuperação existentes estão limitados a materiais com valor de mercado (TANSEL, 2017).

O fluxo dos resíduos eletrônicos no município de Itacoatiara ocorre predominantemente de maneira informal. Portanto, envolver a reciclagem informal para o sistema alternativo de gerenciamento de resíduos eletrônicos deve ser considerado no processo de tomada de decisão, pois pode maximizar os potenciais benefícios ambientais e minimizar o custo econômico na implantação do gerenciamento desses resíduos (IKHLAYEL, 2017).

Os resíduos eletrônicos das assistências técnicas que não são de interesse comercial são descartados em vias públicas, terrenos baldios ou seguem coletados juntamente com resíduos domiciliares que após a coleta pública seguem para o lixão (Figuras 20 e 21). Por exemplo, o monitor CRT é o componente maior e mais pesado de um computador, a composição é basicamente vidro com chumbo e o fato de ser um resíduo perigoso faz com que o monitor CRT seja de baixo interesse para as empresas de reciclagem de REEE (LEE; HSI, 2002).



Figura 20. Monitor CRT descartado de modo incorreto no lixão.



Figura 21. Monitor CRT descartado de modo incorreto em via pública.

4.4.2. Destinação final dos resíduos eletrônicos

O descarte em lixões ou em lixeiras viciadas ocorre sem medidas de proteção ao meio ambiente, propiciando a proliferação de vetores de doenças, geração de odores desagradáveis, poluição do solo, contaminação de recursos hídricos e atração de animais criando ambientes sem

qualquer controle para onde são enviados os resíduos, de forma indistinta e desordenada (AMAZONAS, 2016).

A atual área de disposição final em Itacoatiara é do tipo lixão a céu aberto e possui 17,43 ha (Figura 22). A área possui topografia plana e é bastante desmatada, sendo que no entorno a vegetação é secundária em processo de sucessão natural (AMAZONAS, 2016). A área é de fácil acesso, sem delimitações com cercas ou muros, sem serviço de vigilância e próximo a residências e frigorífico.



Figura 22. Lixão a céu aberto no município de Itacoatiara.

Observa-se que há vários tipos de materiais despejados pelos caminhões coletores, sendo que não existe nenhum tipo de separação. Também é bastante perceptível a presença constante de animais (caninos e felinos), proliferação avícola (urubu), insetos (moscas) e odor desagradável.

Entre os inúmeros resíduos havia vários catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis, sem qualquer equipamento de proteção individual, em meio à fumaça densa e constante, resultante da queima dos resíduos, o que dificultou significativamente a observação e registros fotográficos. Mesmo com a observação restrita, foi possível encontrar alguns resíduos eletrônicos, sendo os mais comuns televisores de tubo de raios catódicos, celulares e rádios (Figura 23).



Figura 23. Resíduos eletrônicos descartados de forma inadequada no lixão.

A destinação ambientalmente inadequada não está restrita somente ao município de Itacoatiara. Essa forma de destinação é semelhante ao que ocorre na cidade de Manaus, conforme foi verificado durante esta pesquisa. Na capital, o aterro sanitário é a destinação final dos resíduos eletrônicos que são eliminados pela população juntamente com outros resíduos domésticos. Resultados similares foram encontrados também por Araújo (2013), afirmando que o descarte dos resíduos eletrônicos acontece junto aos resíduos domiciliares e são posteriormente encaminhados ao aterro sanitário do município.

A partir de 2006, o antigo lixão passou a ter seu funcionamento como aterro sanitário, que somados os dois períodos totalizam 30 anos de funcionamento da área como depósito de resíduos. O aterro recebe cerca de 27 toneladas de resíduos por dia, funcionando 24 horas por dia com capacidade prevista para continuar funcionando por mais três anos, sendo que o mesmo já passou por quatro ampliações.

Em sua estrutura existe drenagem para águas pluviais e chorume, lagoa de tratamento de chorume, drenagem de gases (metano), usina de queima de gás e usina de compostagem. No local é também realizado o controle de movimentação de aterro e o controle de águas profundas. Alguns pontos críticos que podem ser citadas na área observada são:

- ✓ Os resíduos não passam por nenhum processo de separação antes de serem depositados no aterro;
- ✓ O aterro não atende a maioria das legislações, possivelmente por ter iniciado na área antes das legislações vigentes;
- ✓ Não há informações sobre a vida útil da manta impermeabilizante utilizada, por não existir estudos conclusivos, já que sua utilização no mercado é recente (cerca de 40 anos).

Os resultados mostram que o fluxo de resíduos eletrônicos na Logística Reversa se concentra basicamente nas atividades desenvolvidas por catadores de materiais recicláveis e reutilizáveis, lojas de assistência, que atua como comerciantes/intermediários, sendo que parte dos resíduos é recuperada nos lixões por catadores. Souza *et al*, (2016) ressaltam que no Brasil tem uma taxa crescente de geração de resíduos eletrônicos, mas atualmente há pouca gestão adequada em operação, com a maior parcela de REEE sendo descartada em aterros sanitários ou entrando em cadeias informais de reciclagem.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa realizada neste trabalho identificou que não existe legislação específica para resíduos eletrônicos no estado do Amazonas, apenas são citados como materiais de objeto de logística reversa em legislações e instrumentos de gestão de resíduos sólidos. Contudo, essa abordagem não mostra especificidade quanto à forma de desenvolvimento das ações de gerenciamento desse tipo de resíduos. Diante dessa realidade, percebeu-se que as legislações que tratam da gestão de resíduos sólidos eletrônicos ainda estão em estágio inicial de implantação, sendo necessário implementações e ações de fiscalização dos órgãos competentes junto ao setor empresarial. Nesse contexto, o município de Itacoatiara segue a mesma tendência em nível estadual, resultando em atraso na regulamentação de leis específicas que promovam o gerenciamento de REEEs de maneira adequada.

A maioria dos consumidores nos três grupos de consumidores entrevistados (Universitários da área de Informática, Universitário de outras áreas, e Comunidade Geral) relata se sentir responsável pela destinação adequada dos produtos eletrônicos. No entanto, a principal destinação dos resíduos eletrônicos citadas pelos consumidores foi o lixo comum. A falta de informação sobre pontos de recolhimento de resíduos eletrônicos prevaleceu nos três grupos e isso pode ser a principal causa da destinação ambientalmente inadequada.

Atualmente, um produto eletrônico usado pela grande maioria da população é o aparelho de telefonia celular. Muitas pessoas trocam de aparelhos com poucos anos de uso, sendo que o principal motivo da troca de aparelhos eletrônicos é por defeito nos equipamentos com perda total ou por ser caro o conserto. Esses resíduos são frequentemente armazenados nos domicílios devido à pretensão dos consumidores em consertar ou por não ter conhecimento de alternativas de descarte ambientalmente adequada.

As ações de gerenciamento de resíduos eletrônicos não são desenvolvidas pelas empresas de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos. A logística reversa desses resíduos encontra obstáculos como a falta de infraestrutura que é necessária ao apoio para essa cadeia. Além disso, o estudo revela que as empresas atribuem a si um alto grau de consciência referente ao gerenciamento dos resíduos eletrônicos, porém conferem um menor nível de consciência dos consumidores.

A comercialização desses resíduos é uma alternativa econômica para empresas que atuam como intermediários (sucateiros). Essas empresas são principalmente lojas de assistências técnicas e comerciantes varejistas, que revendem esses resíduos para empresas recicladoras de materiais eletrônicos. A coleta é realizada pela compra de catadores de matérias recicláveis e reutilizáveis que encontram os resíduos no lixão municipal, ou por doação realizada por consumidores ou outras empresas. Portanto, o fluxo dos resíduos eletrônicos no município de Itacoatiara ocorre predominantemente de maneira informal, revelando um caminho alternativo para a cadeia de logística reversa de resíduos eletrônicos. Isso demonstra a importância de incluir esses agentes nas Políticas Públicas que tratam desses resíduos como também nos instrumentos de gestão.

Apesar de haver a comercialização como alternativa de reintrodução de materiais na cadeia produtiva desses equipamentos, essa opção está restrita somente a alguns equipamentos e partes dos resíduos que contêm metais valiosos. Os resíduos eletrônicos das assistências técnicas que não são de interesse comercial são descartados inadequadamente junto a resíduos domiciliares. Dessa forma, o lixão é a principal destinação final para resíduos eletrônicos gerados pelas empresas e consumidores.

REFERÊNCIAS

AMAZONAS, Governo do Estado. **Plano de Resíduos Sólidos e de Coleta Seletiva da Região Metropolitana de Manaus**. Versão 1. SEMA / Laghi Engenharia Ltda./ Governo do Estado do Amazonas - 2016.

AMAZONAS. **Lei Complementar nº 59, de 27 de dezembro de 2007**. Publicado no Diário Oficial do Estado do Amazonas, número 31.251, ano CXIV, de 27 de dezembro de 2007. Altera a Lei Complementar do Amazonas 52 de 2007. Disponível em: https://www.emplasa.sp.gov.br/Cms_Data/Sites/EmplasaDev/Files/FNEM/arquivos/Legisla%C3%A7%C3%A3o%20Regi%C3%B5es%20Metropolitanas/Amazonas/Lei%20Complementar%20n%C2%BA%2059.pdf. Acesso em: 26 de novembro de 2016.

AMAZONAS. Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Amazonas: SDS / Laghi Engenharia Ltda. Versão 1. Governo do Estado do Amazonas, 2015.

ARAÚJO, J. G. **Análise do gerenciamento de resíduos de equipamentos Eletroeletrônicos residenciais em Manaus-AM**. 162 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade da Amazônia - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2013).

ARDENTE, F. et al. Analysis of end-of-life treatments of commercial refrigerating appliances: bridging product and waste policies. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 101, p. 42-52, 2015.

ARENHARDT, D. L. et al. Comportamento, atitudes e consciência ambiental quanto ao descarte de telefones celulares: um estudo quantitativo na cidade de Santa Maria, Rio Grande do Sul. **Revista de Administração da Universidade Federal de Santa Maria**, v. 9, p.43-60, 2016.

ARI, V. A review of technology of metal recovery from electronic waste. In: ***E-Waste in Transition-From Pollution to Resource***. InTech, 2016.

ARRUDA, E. C. et al. Estudo exploratório sobre o comportamento de consumo e de descarte das tecnologias digitais por jovens. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 38, 2016.

AWASTHI, A. k.; LI, J. Management of electrical and electronic waste: A comparative evaluation of China and India. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 76, p. 434-447, 2017.

BAHERS, J. B; KIM, J. Regional approach of waste electrical and electronic equipment (WEEE) management in France. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 129, p. 45-55, 2018.

BALDE, C. P. et al. ***E-waste statistics: Guidelines on classifications, reporting and indicators***. United Nations University, IAS - SCYCLE, Bonn, Germany, 2015a.

BALDE, C. P. et al. The global *e-waste* monitor – 2014, United Nations University, IAS – SCYCLE, Bonn, Germany, 2015b.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Almedina, 2011.

BECHARA, Antoine. The role of emotion in decision-making: evidence from neurological patients with orbitofrontal damage. **Brain and cognition**, v. 55, n. 1, p. 30-40, 2004.

BI, X. et al. Lead in Chinese villager house dust: geographical variation and influencing factors. **Environmental Pollution**, v. 207, p. 183-189, 2015.

BIRLOAGA, I. et al. Study on the influence of various factors in the hydrometallurgical processing of waste printed circuit boards for copper and gold recovery. **Waste management**, v. 33, n. 4, p. 935-941, 2013.

BORELL, M. Rönnskär Smelter - a versatile and environmentally well adopted Non Ferrous Metal smelter. 2015. Disponível em: <http://www.georange.se/upl/files/111436.pdf>:41. Acesso em; 25 de outubro de 2017.

BORTHAKUR, A.; GOVIND, M. Emerging trends in consumers' *e-waste* disposal behaviour and awareness: A worldwide overview with special focus on India. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 117, p. 102-113, 2017.

BOUZON, M. et al. Identification and analysis of reverse logistics barriers using fuzzy Delphi method and AHP. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 108, p. 182-197, 2016.

BRASIL. Decreto n. 7.404, de 23 de dezembro de 2010a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7404.htm>. Acesso em: 08 de outubro de 2016.

BRASIL. Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 07 de outubro de 2016.

BRUNO, A. C. W. et al. Descarte do lixo eletrônico: uma questão de responsabilidade socioambiental. In: **III Congresso Nacional de Administração e Ciências Contábeis – AdCont**, 2012.

CALDER, J. Electronic Waste: How Waste Leads to Design Challenges (In Compliance Mag, 2010).

CHI, X.; WANG, M. Y. L.; REUTER, M. A. *E-waste* collection channels and household recycling behaviors in Taizhou of China. **Journal of cleaner production**, v. 80, p. 87-95, 2014.

CHUNG, S.; LAU, K.; ZHANG, C. Generation of and control measures for, *e-waste* in Hong Kong. **Waste Management**, v. 31, n. 3, p. 544-554, 2011.

COBBING, M.; DOWDALL, T. Green Gadgets: Designing the Future (The Path to greener electronics). 1 ed. (ebook) OtthoHeldringstraat, AZ Amsterdam, Netherlands: Greenpeace International, 2014.

CONKE, Leonardo S. Barriers to waste recycling development: Evidence from Brazil. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 134, p. 129-135, 2018.

CRESSWELL, J. W. **Projeto de Pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 3^o ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

CRESSWELL, J. W. **Projeto de Pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 2^a ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

CUCCHIELLA, F. et al. Recycling of WEEEs: An economic assessment of present and future *e-waste* streams. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 51, p. 263-272, 2015.

DIAS, P. et al. Waste electric and electronic equipment (WEEE) management: A study on the Brazilian recycling routes. **Journal of Cleaner Production**, v. 174, p. 7-16, 2018.

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

DWIVEDY, M.; MITTAL, R. K. Willingness of residents to participate in *e-waste* recycling in India. **Environmental Development**, v. 6, p. 48-68, 2013.

ECHEGARAY, Fabian; HANSSTEIN, Francesca Valeria. Assessing the intention-behavior gap in electronic waste recycling: the case of Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 180-190, 2017.

FRANCO, R. G. F.; LANGE, L. C. Flow of e-waste at the city of Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 16, n. 1, p. 73-82, 2011.

FROELICH, D. et al. State of the art of plastic sorting and recycling: Feedback to vehicle design. **Minerals Engineering**, v. 20, n. 9, p. 902-912, 2007.

FUJIMORI, T.; TAKIGAMI, H. Pollution distribution of heavy metals in surface soil at an informal electronic-waste recycling site. **Environmental geochemistry and health**, v. 36, n. 1, p. 159-168, 2014.

GIARETTA, J. B. Z. et al. Habits related to the post-consumption discard of mobile phones and their batteries within an academic community. **Saúde e Sociedade**, v. 19, n. 3, p. 674-684, 2010.
GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1994.

GOLEV, A. et al. Where next on *e-waste* in Australia?. **Waste Management**, v. 58, p. 348-358, 2016.

GRANT, K. et al. Health consequences of exposure to *e-waste*: a systematic review. **The lancet global health**, v. 1, n. 6, p. 350-361, 2013.

GUARNIERI, P.; SILVA, L. C.; LEVINO, N. A. Analysis of electronic waste reverse logistics decisions using Strategic Options Development Analysis methodology: A Brazilian case. **Journal of cleaner production**, v. 133, p. 1105-1117, 2016.

GUO, J.; XU, Z. Recycling of non-metallic fractions from waste printed circuit boards: a review. **Journal of Hazardous Materials**, v. 168, n. 2, p. 567-590, 2009.

HONDA, S.; KHETRIWAL, D. S.; KUEHR, R. **Regional E-waste Monitor: East and Southeast Asia**. United Nations University ViE – SCYCLE, Bonn, Germany, 2016.

HUO, X. et al. Elevated blood lead levels of children in Guiyu, an electronic waste recycling town in China. **Environmental Health Perspectives**, v. 115, n. 7, p. 1113, 2007.

IKHLAYEL, M. Environmental impacts and benefits of state-of-the-art technologies for *e-waste* management. **Waste management (New York, NY)**, v. 68, p. 458, 2017.

INDONESIAN MINISTRY OF ENVIRONMENT, 2007. Preliminary inventory of electronic and electrical (*e-waste*) in Indonesia, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. 2015. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/am/itacoatiara/panorama>. Acessado em: 8 de abril de 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/am/itacoatiara/panorama>. Acessado em: 8 de novembro de 2017.

INSTITUTO DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO AMAZONAS – IPAAM. 2017. Acessado em: 4 de setembro de 2017. Disponível em: < <http://www.ipaam.am.gov.br>>.

ITACOATIARA. **Lei Complementar Nº 05, de 30 de abril de 2015**. Disponível em: < <http://www.itacoatiara.am.gov.br/portal/lei-complementar-005-2015-codigo-posturas-municipio/>>. Acesso em: 9 de outubro de 2016.

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

JICK, T. D. Mixing qualitative and quantitative methods: Triangulation in action. **Administrative science quarterly** v. 24, n. 4, p. 602-611, 1979.

KIDDEE, P.; NAIDU, R.; WONG, M. H. Electronic waste management approaches: An overview. **Waste Management**, v. 33, n. 5, p. 1237-1250, 2013.

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

KOGA, G. A. et al. Comportamento do usuário em relação ao descarte e à reciclagem de aparelhos celulares no estado de São Paulo. **Future Studies Research Journal**, v. 6, n. 2, p. 03-29, 2014.

KRÓL, A.; NOWAKOWSKI, P.; MRÓWCZYŃSKA, B. How to improve WEEE management? Novel approach in mobile collection with application of artificial intelligence. **Waste Management**, v. 50, p. 222-233, 2016.

KUMAR, A.; HOLUSZKO, M.; ESPINOSA, D. C. R. *E-waste*: an overview on generation, collection, legislation and recycling practices. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 122, p. 32-42, 2017.

LEE, Ching-Hwa; HSI, Chi-Shiung. Recycling of scrap cathode ray tubes. **Environmental science & technology**, v. 36, n. 1, p. 69-75, 2002.

LI, H. et al. Severe PCDD/F and PBDD/F pollution in air around an electronic waste dismantling area in China. **Environmental Science & Technology**, v. 41, n. 16, p. 5641-5646, 2007.

LI, J. et al. “Control-Alt-Delete”: rebooting solutions for the *e-waste* problem. **Environmental science & technology**, v. 49, n. 12, p. 7095-7108, 2015.

LI, Y. et al. Leaching of heavy metals from *E-waste* in simulated landfill columns. **Waste Management**, v. 29, n. 7, p. 2147-2150, 2009.

LI, Y. et al. Monitoring of lead load and its effect on neonatal behavioral neurological assessment scores in Guiyu, an electronic waste recycling town in China. **Journal of Environmental Monitoring**, v. 10, n. 10, p. 1233-1238, 2008.

LUNARDI, G. I.; SIMÕES, R.; SARAIVA FRIO, R. TI Verde: Uma análise dos principais benefícios e práticas utilizadas pelas organizações. **READ-Revista Eletrônica de Administração**, v. 20, n. 1, p. 1-30, 2014.

LUNDGREN, K. The Global Impact of *e-waste*: Addressing the Challenge; International Labour Office, Programme on Safety and Health at Work and the Environment (SafeWork), Sectoral Activities Department (SECTOR). **Geneva: ILO**, 2012.

MACEDO, L. C. **Responsabilidade social empresarial e sustentabilidade na cadeia de valor do varejo**. 61f. Monografia (Curso de Especialização em Gestão de Sustentabilidade) – Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2007.

MAGALINI, F.; HEAD, R. k.; BALDÉ, C.P. ***E-waste in Latin America Statistical analysis and policy recommendations***. United Nations University - Institute for the Advanced Study of Sustainability (UNU-IAS)/Global System for Mobile Communications-GSMA, 2015.

MARTINS, G. A. **Manual para elaboração de monografias e dissertações**. 3^a ed. São Paulo: Atlas, 2002.

MCCANN, D.; WITTMANN, A. ***E-Waste Prevention: Take-Back System Design and Policy Approaches***. United Nations University - Institute for the Advanced Study of Sustainability (UNU-IAS): Tokyo, Japan, 2015.

MESKERS, C. E. M. et al. Impact of pre-processing routes on precious metal recovery from PCs. In: **Proceedings of EMC**. 2009.

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

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2017. Acessado em: 20 de setembro de 2017. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/>>.

MOREIRA, F. R.; MOREIRA, J. C. Os efeitos do chumbo sobre o organismo humano e seu significado para a saúde. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 15, p. 119-129, 2004.

MUCELIN, C. A.; BELLINI, M. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. **Sociedade & natureza**, v. 20, n. 1, p. 111-124, 2008.

NEEDLEMAN, Herbert. Lead poisoning. **Annu. Rev. Med.**, v. 55, p. 209-222, 2004.

OGUNSEITAN, O. A. The Basel Convention and *e-waste*: translation of scientific uncertainty to protective policy. **The Lancet Global Health**, v. 1, n. 6, p. 313-314, 2013.

OLIVEIRA NETO, Geraldo Cardoso; CORREIA, Auro de Jesus Cardoso; SCHROEDER, Adriano Michelotti. Economic and environmental assessment of recycling and reuse of electronic waste: Multiple case studies in Brazil and Switzerland. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 127, p. 42-55, 2017.

ONGONDO, F.; WILLIAMS, I. D. Mobile phone collection, reuse and recycling in the UK. **Waste Management**, v. 31, p. 1307-1315, 2011.

PARK, Y. J.; FRAY, Derek J. Recovery of high purity precious metals from printed circuit boards. **Journal of Hazardous Materials**, v. 164, n. 2, p. 1152-1158, 2009.

PATHAK, P. et al. Assessment of legislation and practices for the sustainable management of waste electrical and electronic equipment in India. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 78, p. 220-232, 2017.

PELLETIER, N. et al. Conceptual basis for development of the European Sustainability Footprint. **Environmental Development**, v. 9, p. 12-23, 2014.

PERKINS, D. N. et al. *E-waste*: a global hazard. **Annals of global health**, v. 80, n. 4, p. 286-295, 2014.

PESQUISA BRASILEIRA DE MÍDIA – PBM. Hábitos de consumo de mídia pela população brasileira. 2016. Disponível em: <http://pesquisademidia.gov.br/#/Geral/details-917> . Acessado em 28 de abril de 2018.

PETRIDIS, K. et al. Investigating the factors that affect the time of maximum rejection rate of *e-waste* using survival analysis. **Computers & Industrial Engineering**, v. 108, p. 15-26, 2017.

QIU, B. et al. Medical investigation of *e-waste* demanufacturing industry in Guiyu town. In: **Proceedings of the International Conference on electronic waste and extended producer responsibility**. 2004. p. 79-83.

ROBINSON, B. H. *E-waste*: an assessment of global production and environmental impacts. **Science of the total environment**, v. 408, n. 2, p. 183-191, 2009.

ROCHA, A. F. **Cádmio, Chumbo, Mercúrio: a problemática destes metais pesados na Saúde Pública**. Repositório aberto da Universidade do Porto, Portugal, 2009.

ROCHMAN, F. F.; ASHTON, W. S.; WIHARJO, M. G. M. *E-waste*, money and power: Mapping electronic waste flows in Yogyakarta, Indonesia. **Environmental Development**, p.1-8, 2017.

RODRIGUES, A. C. Fluxo domiciliar de geração e destinação de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos no município de São Paulo/SP: caracterização e subsídios para políticas públicas. **Tese de Doutorado**. Universidade de São Paulo. 2012.

SAMARA, B. S.; BARROS, J. C. **Pesquisa de marketing: conceitos e metodologia**. 3ª ed. Pearson Prentice Hall, 2002.

SAPHORES, J. D. M.; OGUNSEITAN, O. A.; SHAPIRO, A. A. Willingness to engage in a pro-environmental behavior: An analysis of e-waste recycling based on a national survey of US households. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 60, p. 49-63, 2012.

SAVVILOTIDOU, V.; HAHLADAKIS, J. N.; GIDARAKOS, E. Determination of toxic metals in discarded Liquid Crystal Displays (LCDs). **Resources, Conservation and Recycling**, v. 92, p. 108-115, 2014.

SEMA - SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DO AMAZONAS, 2016. Acessado em: 25 de setembro de 2016. Disponível em: <http://www.meioambiente.am.gov.br/projeto-residuos-solidos>.

SCHLUEP, M. et al. Recycling-from e-waste to resources, Sustainable innovation and technology transfer industrial sector studies. **United Nations Environment Programme**, Paris, France, 2009.

SIEBER, S.D .The Integration of Fieldwork and Survey Methods, **American Journal of Sociology** 78, n. 6, p. 1335-1359, 1973.

SILVA, L. A. A.; PIMENTA, H. D.; CAMPOS, L. M. S. Logística reversa dos resíduos eletrônicos do setor de informática: realidade, perspectivas e desafios na cidade do NatalRN. **Revista Produção Online** v. 13, n. 2, p. 544-576, 2013.

SINGH, N.; LI, J.; ZENG, X. Global responses for recycling waste CRTs in *e-waste*. **Waste Management**, v. 57, p. 187-197, 2016.

SIQUEIRA, V. S.; MARQUES, D. H. F. Gestão e descarte de resíduos eletrônicos em belo horizonte: algumas considerações. **Caminhos de Geografia**, v. 13, n. 43, p.174-187, 2015.

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

SOUZA, R. G. et al. Sustainability assessment and prioritisation of e-waste management options in Brazil. **Waste management**, v. 57, p. 46-56, 2016.

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

STONE, Richard. Confronting a toxic blowback from the electronics trade. **Science**, v. 325, n. 5944, p. 1055-1055, 2009.

SUK, W. A. et al. Environmental pollution: an under-recognized threat to children's health, especially in low-and middle-income countries. **Environmental health perspectives**, v. 124, n. 3, p. 41-45, 2016.

TANAUE, A. C. B. et al. Lixo Eletrônico: Agravos a Saúde e ao Meio Ambiente. Ensaio e Ciência: **C. Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 19, n. 3, 2015.

TANSEL, B. From electronic consumer products to *e-wastes*: Global outlook, waste quantities, recycling challenges. **Environment international**, v. 98, p. 35-45, 2017.

TESFAYE, F et al. Improving urban mining practices for optimal recovery of resources from *e-waste*. **Minerals Engineering**, v. 111, p. 209-221, 2017.

THE ECONOMIST INTELLIGENCE UNIT. Global *e-waste* systems Insights for Australia from other developed countries (A report for ANZRP by Economist Intelligence Unit).2015. Disponível em: <http://www.anzrp.com.au/wp/wp-content/uploads/Global-e-waste-systems-A-Report-for-ANZRP-by-EIU-FINAL-WEB.pdf>. Acesso em: 28 de outubro de 2017.

UNEP. United Nations Environment Programme. Creating innovative solutions through the Basel Convention for the environmentally sound management of electronic wastes. Fourth meeting of the Expanded Bureau of the seventh meeting of the Conference of the Parties to the Basel Convention. Nov 10, 2006.

UNEP. United Nations Environment Programme. In: Reuter, M.A., Hudson, C., van Schaik, A., Heiskanen, K., Meskers, C., Hagelüken, C. (Ed.), **Metal Recycling: Opportunities, Limits, Infrastructure**. A Report of the Working Group on the Global Metal Flows to the International Resource Panel recycling. 2013.

Universidade das Nações Unidas. Acessado em: 26 de novembro de 2017. Em <https://unu.edu/news/news/unu-vie-scycle-joins-global-e-waste-data-partnership.html>.

UNU Step. United Nations University/Step Initiative. Solving the *e-waste* Problem (Step) White Paper. One Global Definition of *e-waste*, 2014.

USEPA. Statistics on the management of used and end-of-life electronics, 2015.

VAN SCHAİK, A.; REUTER, M. A. Dynamic modelling of *e-waste* recycling system performance based on product design. **Minerals Engineering**, v. 23, n. 3, p. 192-210, 2010.

WIPO (World Intellectual Property Organization). Patent Landscape Report on W Waste Recycling Technologies. 2013.

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

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

YLÄ-MELLA, J.; KEISKI, R. L.; PONGRÁCZ, E. Electronic waste recovery in Finland: Consumers' perceptions towards recycling and re-use of mobile phones. **Waste management**, v. 45, p. 374-384, 2015.

YU, D. et al. Characterization of brominated flame retardants from *e-waste* components in China. **Waste Management**, v. 68, p. 498-507, 2017.

Yu, J. et al. Forecasting global generation of obsolete personal computers. *Environ Sci Technol*, V. 44, p. 3232–3237, 2010.

ZENG, X. et al. Heavy metals in PM 2.5 and in blood, and children's respiratory symptoms and asthma from an *e-waste* recycling area. **Environmental Pollution**, v. 210, p. 346-353, 2016.

ZENG, X. et al. Innovating *e-waste* management: From macroscopic to microscopic scales. **Science of the Total Environment**, v. 575, p. 1-5, 2017a.

ZENG, X. et al. Perspective of electronic waste management in China based on a legislation comparison between China and the EU. **Journal of Cleaner Production**, v. 51, p. 80-87, 2013.

ZENG, X.; LI, J. Measuring the recyclability of *e-waste*: an innovative method and its implications. **Journal of Cleaner Production**, v. 131, p. 156-162, 2016.

ZENG, X. et al. A simplified method to evaluate the recycling potential of *e-waste*. **Journal of Cleaner Production**, v. 168, p. 1518-1524, 2017b.

ZENG, X. et al. Examining environmental management of *e-waste*: China's experience and lessons. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 72, p. 1076-1082, 2017c.

ZHANG, B. et al. Elevated lead levels from *e-waste* exposure are linked to decreased olfactory memory in children. **Environmental Pollution**, 2017.

ZHANG, W.; YING-XIN, W. U.; SIMONNOT, M. O. Soil contamination due to *e-waste* disposal and recycling activities: a review with special focus on China. **Pedosphere**, v. 22, n. 4, p. 434-455, 2012.

ZHENG, L. et al. Blood lead and cadmium levels and relevant factors among children from an *e-waste* recycling town in China. **Environmental Research**, v. 108, n. 1, p. 15-20, 2008.