



Universidade de Brasília
Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade
Departamento de Administração

RAPHAEL SALVIANO DE SOUZA

**DIAGNÓSTICO DE PRÁTICAS DA LOGÍSTICA REVERSA DE
RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS E INOVAÇÕES NA
RECICLAGEM DE COMPONENTES EM ORGANIZAÇÕES
BRASILEIRAS**

Brasília – DF

2018

RAPHAEL SALVIANO DE SOUZA

**DIAGNÓSTICO DE PRÁTICAS DA LOGÍSTICA REVERSA DE
RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS E INOVAÇÕES NA
RECICLAGEM DE COMPONENTES EM ORGANIZAÇÕES
BRASILEIRAS**

Monografia apresentada ao Departamento de Administração como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Administração.

Professor Orientador: Dr^a. Patrícia Guarnieri dos Santos

Brasília – DF

2018

Souza, Raphael Salviano de.

Diagnóstico de práticas da logística reversa de resíduos eletroeletrônicos e inovações na reciclagem de componentes em organizações brasileiras / Raphael Salviano de Souza. – Brasília, 2018.

111 f. : il.

Monografia (bacharelado) – Universidade de Brasília, Departamento de Administração, 2018.

Orientador: Prof. Dr^a. Patrícia Guarnieri dos Santos, Departamento de Administração.

1. Logística Reversa. 2. Equipamentos eletroeletrônicos. 3. Práticas. 4. Inovações. 5. Reciclagem. 6. PNRS. I. Título.

RAPHAEL SALVIANO DE SOUZA

**DIAGNÓSTICO DE PRÁTICAS DA LOGÍSTICA REVERSA DE
RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS E INOVAÇÕES NA
RECICLAGEM DE COMPONENTES EM ORGANIZAÇÕES
BRASILEIRAS**

A Comissão Examinadora, abaixo identificada, aprova o Trabalho de Conclusão do Curso de Administração da Universidade de Brasília do(a) aluno(a)

Raphael Salviano de Souza

Doutora, Patrícia Guarnieri dos Santos
Professor-Orientador

Doutora, Lúcia Helena Xavier
Professor-Examinador

Mestre, Amanda Cristina Gaban Filippe
Professor-Examinador

Brasília, 16 de outubro de 2018

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me permitir chegar até aqui com saúde.

Aos meus pais, Maurício e Lenita, e à minha irmã, Thatiane, pelo amor e apoio ao longo da jornada.

À minha orientadora, Professora Dr^a Patrícia Guarnieri, pela atenção e paciência.

Aos amigos, pelo companheirismo em todas as horas e por tornarem a experiência universitária mais agradável.

Aos representantes das organizações estudadas que concordaram em participar da pesquisa.

“Devemos fazer com que a reciclagem se converta
em uma ‘maneira de viver’.”

Mario Vargas Llosa

RESUMO

O aumento do consumo de equipamentos eletroeletrônicos observado nos últimos anos, embora positivo do ponto de vista econômico, possui como consequência o aumento da geração de resíduos, cujos mecanismos de revalorização no Brasil carecem de gerenciamento eficaz e sustentável. O objetivo desta pesquisa é realizar um diagnóstico das práticas da logística reversa de resíduos eletroeletrônicos no Brasil, incluindo inovações na reciclagem de componentes em organizações brasileiras. Foi realizada uma pesquisa aplicada, exploratória, descritiva e qualitativa. Foram usados dois procedimentos técnicos: a análise documental e o levantamento ou *survey*, realizado junto a empresas/associações/cooperativas que desenvolvem alguma etapa da logística reversa de REEE. Tendo em vista que inexistia um banco de dados oficial com a relação dessas organizações, foi realizada uma pesquisa exploratória na Internet, na qual foram encontrados 63 resultados em nível nacional. Foram obtidos retorno de 12 organizações. Os dados foram analisados via estatística descritiva, por meio de análise das frequências das respostas, bem como por meio da análise de conteúdo. Os resultados encontrados apontaram que a maior parte das organizações identificadas que atuam na logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos estão localizadas nas regiões sul e sudeste do país e que, não se restringem exclusivamente a empresas privadas, embora representem maioria considerável delas (81%). Observou-se que os mecanismos mais comuns de coleta são a entrega no local de descarte, a coleta em domicílio e a doação de empresas ou outras entidades. As principais práticas de logística reversa praticadas pelas empresas estudadas são o reuso ou reutilização e o acondicionamento. Apenas uma organização relatou empregar um método para a extração de metais valiosos dos componentes, como o cobre e o alumínio, na etapa do desmanche. Apesar das limitações de retorno dos respondentes, este trabalho contribui ao mapear parcialmente as organizações que atuam no setor.

Palavras-chave: Logística reversa; Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos; REEE; e-waste; Política Nacional de Resíduos Sólidos; PNRS.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Modelo conceitual da logística reversa de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. | 22 |
| Figura 2 – Agrupamentos de equipamentos eletroeletrônicos. | 24 |
| Figura 3 – Processo logístico integrado. | 36 |
| Figura 4 – Canais reversos de pós-venda e pós-consumo. | 40 |
| Figura 5 – Processo de avaliação da qualidade da literatura. | 47 |
| Figura 6 – Distribuição das publicações por país de origem. | 48 |
| Figura 7 – Nuvem de palavras dos objetivos dos artigos. | 56 |
| Figura 8 – Distribuição da população de organizações mapeadas pelo território brasileiro. | 62 |
| Figura 9 – Estados brasileiros com leis e decretos reguladores para o gerenciamento de resíduos sólidos. | 64 |
| Figura 10 – Ônibus utilizado na ação de educação ambiental. | 84 |
| Figura 11 – Nuvem de palavras das barreiras à inovação. | 84 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Barreiras à logística reversa..... | 43 |
| Tabela 2 – Quantidade de artigos encontrados na base Scopus..... | 46 |
| Tabela 3 – Número de organizações mapeadas por Unidade da Federação. | 62 |
| Tabela 4 – Número de colaboradores nas organizações..... | 73 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1 – Componentes químicos encontrados nos EEE e seus riscos. | 25 |
| Quadro 2 – Benefícios da gestão de REEE sob a perspectiva do TBL..... | 27 |
| Quadro 3 – Atividades da Logística Reversa. | 40 |
| Quadro 4 – Relação de periódicos e eventos científicos..... | 50 |
| Quadro 5 – Relação de autores com base na categorização dos artigos. | 53 |
| Quadro 6 – Esquema tipológico da pesquisa..... | 59 |
| Quadro 7 – Modificações feitas no questionário após a avaliação por juízes. | 68 |
| Quadro 8 – Relação entre os objetivos e os instrumentos de pesquisa e seção de apresentação..... | 70 |
| Quadro 9 – Critérios de triagem dos componentes. | 78 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico 1 – Distribuição das publicações por ano de publicação. | 48 |
| Gráfico 2 – Distribuição dos artigos por tipo de publicação..... | 49 |
| Gráfico 3 – Distribuição das publicações por abordagem. | 52 |
| Gráfico 4 – Distribuição das publicações com base no objetivo..... | 52 |
| Gráfico 5 – Distribuição das organizações mapeadas por região do Brasil. | 63 |
| Gráfico 6 – Distribuição das organizações mapeadas por classificação de atividade. | 65 |
| Gráfico 7 – Distribuição das perguntas por tipo de resposta..... | 67 |
| Gráfico 8 – Composição do questionário em número de perguntas por seção. | 67 |
| Gráfico 9 – Equipamentos componentes da infraestrutura das organizações. | 74 |
| Gráfico 10 – Linhas de eletroeletrônicos reciclados nas organizações. | 75 |
| Gráfico 11 – Licenças e autorização para o funcionamento das organizações..... | 75 |
| Gráfico 12 – Práticas de logística reversa nas organizações..... | 79 |
| Gráfico 13 – Materiais extraídos dos componentes nas organizações. | 80 |
| Gráfico 14 – Responsabilidade das organizações sobre a disposição final dos resíduos..... | 81 |

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

| | |
|---------------|---|
| ABDI | Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial |
| ABINEE | Associação Brasileira de Indústria Elétrica e Eletrônica |
| AVCB | Auto de Vistoria do Corpo de Bombeiros |
| CONAMA | Conselho Nacional do Meio Ambiente |
| CSCMP | <i>Council of Supply Chain Management Professionals</i> |
| EEE | Equipamento Eletroeletrônico |
| FAC | Ferramenta Alimentada por Compressor |
| ISO | <i>International Organization for Standardization</i> |
| ONG | Organização Não-Governamental |
| ONU | Organização das Nações Unidas |
| OSCIP | Organização da Sociedade Civil de Interesse Público |
| PNRS | Política Nacional de Resíduos Sólidos |
| REEE | Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos |
| RoHS | <i>Restriction of Certain Hazardous Substances</i> |
| RSU | Resíduo Sólido Urbano |
| SEBRAE | Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas |
| SINIR | Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos |
| TBL | <i>Tripple Bottom Line</i> |
| UTR | <i>Unit of Treatment Recycling</i> |
| WEEE | <i>Waste of Electrical and Electronic Equipment</i> |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|----|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 15 |
| 1.1. | Contextualização..... | 15 |
| 1.2. | Formulação do problema | 17 |
| 1.3. | Objetivo geral | 17 |
| 1.4. | Objetivos específicos | 18 |
| 1.5. | Justificativa..... | 18 |
| 1.6. | Estrutura do trabalho..... | 20 |
| 2 | REVISÃO DE LITERATURA..... | 22 |
| 2.1. | Referencial teórico | 23 |
| 2.1.1. | Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos..... | 23 |
| 2.1.1.1. | <i>Definição e tipos de REEE</i> | 23 |
| 2.1.1.2. | <i>Importância</i> | 25 |
| 2.1.1.3. | <i>Infraestrutura de gerenciamento</i> | 28 |
| 2.1.2. | Mecanismos legais | 29 |
| 2.1.2.1. | <i>Diretivas Europeias</i> | 29 |
| 2.1.2.2. | <i>A legislação brasileira e a PNRS</i> | 31 |
| 2.1.3. | Logística reversa | 34 |
| 2.1.3.1. | <i>Da logística empresarial à logística reversa</i> | 34 |
| 2.1.3.2. | <i>Definição e objetivos</i> | 37 |
| 2.1.3.3. | <i>Subáreas e atividades</i> | 38 |
| 2.1.3.4. | <i>Vantagens e desafios</i> | 41 |
| 2.2. | Revisão Sistemática de Literatura..... | 44 |
| 2.2.1. | Formulação da questão de pesquisa..... | 45 |
| 2.2.2. | Estabelecimento de critérios de inclusão e exclusão..... | 45 |
| 2.2.3. | Seleção e acesso de literatura | 46 |
| 2.2.4. | Avaliação da qualidade da literatura incluída na revisão..... | 46 |
| 2.2.5. | Análise, síntese e disseminação dos resultados | 47 |
| 3 | MÉTODOS E TÉCNICAS DE PESQUISA..... | 57 |
| 3.1. | Tipo e descrição geral da pesquisa..... | 57 |
| 3.2. | Caracterização do setor | 59 |
| 3.3. | População e amostra | 61 |
| 3.4. | Caracterização do instrumento de pesquisa | 66 |

| | | |
|------|--|-----|
| 3.5. | Procedimentos de coleta e análise de dados..... | 69 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 72 |
| 4.1. | Perfil das organizações | 72 |
| 4.2. | Práticas operacionais..... | 77 |
| 4.3. | Inovações na reciclagem de componentes | 82 |
| 5 | CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES | 86 |
| 5.1. | Considerações finais..... | 86 |
| 5.2. | Limitações do estudo | 87 |
| 5.3. | Sugestões para estudos futuros..... | 88 |
| | REFERÊNCIAS..... | 89 |
| | APÊNDICES..... | 100 |
| | Apêndice A – Questionário | 100 |
| | Apêndice B – Relação de Organizações Mapeadas..... | 109 |

1 INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização

Desde a década de 1990, quando conquistou a estabilidade macroeconômica, o Brasil observou um período de crescimento econômico que o colocou entre as principais potências do mundo. A taxa de desemprego permaneceu baixa e houve uma diminuição da informalidade do mercado de trabalho. Consequentemente, milhões de brasileiros saíram da linha da pobreza e formaram uma nova classe média, ao mesmo tempo em que o acesso à educação aumentou e os indicadores de saúde melhoraram, ainda que sensivelmente (ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO – OCDE, 2015).

Em virtude desse cenário, caracterizado pelo aumento da renda média per capita e pela ampliação do acesso ao crédito, tem-se a expansão do consumo de massa voltado à aquisição de bens duráveis, dentre eles eletrodomésticos e eletrônicos (INSTITUTO BRASILEIRO DE OPINIÃO PÚBLICA E ESTATÍSTICA – IBOPE, 2012).

De acordo com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA (2016), a taxa de crescimento do consumo de eletrodomésticos foi de 72,32%, ao passo em que a taxa de eletrônicos foi de 142,67%, entre o período de 2002 a 2009, as maiores dentre os setores considerados para a Pesquisa de Orçamento das Famílias – POF. O faturamento do setor de eletroeletrônicos saltou de 124,4 bilhões de reais em 2010, para 156,7 bilhões de reais em 2013 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA – ABINEE, 2017).

Embora o aumento do poder de compra dos consumidores e, consequentemente, do consumo seja desejável sob o ponto de vista econômico, as estratégias do mercado para estimulá-lo e mantê-lo possuem graves externalidades negativas. Nomeadamente, essas estratégias resumem-se à obsolescência induzida, caracterizada pela substituição de produtos com vida útil por modelos com melhor desempenho ou design mais atraente, e à obsolescência programada, em que o ciclo de vida do produto é deliberadamente reduzido com a aplicação de estruturas ou materiais menos resistentes (XAVIER; ZUCCHI; COSTA, 2011).

Em virtude desse crescente desenvolvimento tecnológico e da descartabilidade dos bens em função da obsolescência planejada ou programada, observa-se o

aumento significativo da geração de um tipo específico de Resíduo Sólido Urbano (RSU), os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (RODRIGUES et al., 2002; GUARNIERI et al., 2005; MIGUEZ, 2007). De acordo com o Greenpeace (2009), os Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos – REEE correspondem à 5% de todo resíduo urbano produzido mundialmente, tendo a maior taxa de crescimento entre as demais categorias.

Segundo o estudo “*The Global E-waste Monitor*”, das Nações Unidas (2014), a previsão é de que, em 2018, sejam produzidas aproximadamente 50 milhões de toneladas de lixo eletrônico em todo o mundo. Em 2014, esse montante era de 41,8 milhões de toneladas, sendo o Brasil responsável pela geração de cerca de 4% desse total, o segundo maior gerador de lixo eletrônico das Américas (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU, 2014).

Apesar disso, se considerada sua população (estimada em 200 milhões de habitantes), a produção de REEE per capita brasileira, em 2014, foi de 7,4 kg/hab., valor consideravelmente inferior ao de alguns países europeus, como Noruega e Suíça, por exemplo, cuja geração per capita alcança 28,4 e 26,3 kg/hab., respectivamente (ONU, 2014). Devido à dimensão territorial desses países em relação ao Brasil, a produção de lixo eletrônico é mais concentrada, o que facilita sua gestão.

Diante desse volume de lixo produzido globalmente, sua gestão tem se tornado uma preocupação real nos últimos anos. Isso se dá, em grande parte, pela variedade de materiais tóxicos presentes em sua composição, que oferecem riscos tanto à saúde humana quanto ao meio ambiente se tratado, manuseado ou descartado inadequadamente (CAETANO; LUNA, 2016).

Nesse sentido, governos de vários países têm buscado mecanismos legais e regulatórios para transferir a responsabilidade de mitigar o impacto ambiental negativo dos REEE para todos os elos da cadeia produtiva (KHOR; UDIN, 2013). A União Europeia foi precursora na regulamentação da gestão de REEE com a elaboração das Diretivas RoHS (*Restriction of Hazardous Substances*) e WEEE (*Waste of Electrical and Electronic Equipment*), que inspiraram as legislações de outros países, inclusive a brasileira (XAVIER; CARVALHO, 2014).

No Brasil, após 20 anos de tramitação no Congresso Nacional, foi sancionada a lei federal que dispõe sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), onde

incluem-se os REEE (GUARNIERI, 2016). Dentre os principais instrumentos previstos na PNRS estão o princípio de responsabilidade compartilhada, que responsabiliza todas as partes envolvidas na cadeia de suprimentos pela gestão integrada dos resíduos pós-consumo, e a estruturação e implantação de sistemas de logística reversa por fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos (XAVIER et al., 2011; CAETANO; LUNA, 2016; GUARNIERI, 2016).

1.2. Formulação do problema

Apesar da promulgação da PNRS, em 2010, e dos planos de gerenciamento de resíduos sólidos estaduais e municipais que foram desenvolvidos a partir dela, o Brasil revaloriza menos de 1% dos REEE que produz, ao passo que em países como Suécia, Noruega e Japão, por exemplo, a quantidade gerida do mesmo tipo de resíduo é superior a 50% (OLIVEIRA, 2016).

No campo científico, por se tratar de uma área de pesquisa recente, cujas publicações nacionais datam do período de 2009 até o momento presente e configuram-se, em sua maioria, como análises qualitativas de casos de cadeias implantadas, conforme apontam Souza, Guarnieri e Carvalho (2017), pouco se sabe sobre as organizações formais que atuam na logística reversa desses resíduos no Brasil e das práticas utilizadas por elas, aspectos fundamentais para a compreensão dos modelos gerenciais empregados e consequente proposição de melhorias voltadas à otimização de sua eficiência e eficácia.

Diante o exposto, este trabalho visa responder a seguinte questão: Quais são as práticas e tecnologias empregadas na gestão da logística reversa de resíduos eletroeletrônicos no Brasil?

1.3. Objetivo geral

Realizar um diagnóstico das práticas da logística reversa de resíduos eletroeletrônicos no Brasil, incluindo a existência de inovações na reciclagem de componentes em organizações brasileiras.

1.4. Objetivos específicos

- i. Realizar uma revisão sistemática da literatura acerca da logística reversa de REEE;
- ii. Mapear empresas, cooperativas e organizações não-governamentais (ONGs) brasileiras que atuam na cadeia logística reversa de REEE;
- iii. Identificar quais são as práticas adotadas em tais organizações e como elas se desdobram ao longo da cadeia; e
- iv. Verificar a existência de inovações nos processos de reciclagem dos componentes.

1.5. Justificativa

O aumento do consumo de equipamentos eletroeletrônicos resultante dos avanços tecnológicos e das estratégias de estímulo do mercado indicam uma tendência crescente de geração de resíduos no Brasil e no mundo (CAETANO; LUNA, 2016; MENDES; RUIZ; FARIA, 2016). A previsão é de que, em 2018, sejam gerados cerca de 1,3 milhões de toneladas de REEE no Brasil (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – ABDI, 2012).

A importância da gestão do lixo eletrônico está atrelada ao impacto que o descarte inapropriado pode provocar, uma vez que possui inúmeras substâncias químicas deletérias em sua composição, como o chumbo e o cádmio, considerados metais pesados, e a alguns tipos de Policloreto de Vinila (PVC) com maior percentual de ftalatos em sua composição, um composto químico cuja combustão libera agentes altamente tóxicos (MENDES et al., 2016). Além disso, também estão presentes em sua composição metais raros e de alto valor econômico, como o ouro e a prata (ACHILLAS et al., 2009; ANDRADE-LIMA et al., 2014), cujo desperdício incorre em perdas materiais e econômicas e catalisa a extrapolação da capacidade natural da Terra de fornecimento de recursos minerais.

Apesar da emergente necessidade de tratamento do lixo eletrônico, a gestão desses resíduos representa um grande desafio para países em desenvolvimento, como o Brasil (GUARNIERI; CERQUEIRA-STREIT, 2015; MENDES et al., 2016), por conta das dificuldades das empresas gestoras em arrecadar fundos dos fabricantes

de eletroeletrônicos, conforme sugere o texto da PNRS (BRASIL, 2010); da concorrência entre o setor formal e o informal de reciclagem na aquisição dos resíduos; da ausência de cultura de devolução dos bens ao final de sua vida útil por parte dos consumidores; da carência de normas, infraestrutura, tecnologia e padrões de qualidade para seu tratamento; entre outros (OLIVEIRA, 2016).

A PNRS prevê, em seu artigo 8º, a criação de termos de compromisso, regulamentos e acordos setoriais como instrumentos de implantação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto entre o poder público e fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes (BRASIL, 2010). Em 2013, após a formação de um grupo de trabalho temático coordenado pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior para estruturar um sistema de logística reversa de REEE nacional, o Ministério do Meio Ambiente divulgou o edital de chamamento para a elaboração de um acordo setorial para a implantação do sistema de logística reversa para os equipamentos eletroeletrônicos (FAGUNDES et al., 2017).

Desde então, organizações representantes do setor e empresas vêm se articulando para viabilizar o modelo de gestão. A iniciativa *Green Eletron*, criada pela ABINEE, reuniu inicialmente onze fabricantes de equipamentos eletroeletrônicos para pilotar o projeto de descarte dos resíduos em associações, escolas, comércio e entidades do estado de São Paulo, cuja experiência serve de base para a assinatura do acordo setorial dos eletroeletrônicos (ABINEE, 2017).

De acordo com Guarnieri (2016), a *Green Eletron* incumbe-se do título de entidade gestora da logística reversa nesse setor e da responsabilidade de coletar, anualmente, 17% do volume de produtos comercializados no ano anterior. Contudo, embora a iniciativa já esteja sendo realizada, até maio de 2018 o acordo setorial ainda se encontrava em tramitação entre as autoridades competentes, dificultando as negociações e estratégias de atendimento de todo o país de forma ordenada e padronizada (GREEN ELETRON, 2018).

Somado a isso, tem-se na literatura uma produção incipiente, devido às discussões recentes sobre o tema que, no Brasil, ganharam espaço somente após a promulgação da PNRS, em 2010 (SOUZA; GUARNIERI; CARVALHO, 2017).

Destarte, este estudo faz-se necessário para identificar as práticas utilizadas e as organizações atuantes na cadeia logística reversa dos REEE, a fim de conhecer os modelos gerenciais empregados e expandir o conhecimento sobre o assunto, de modo a: i) identificar e propor maneiras de otimizar a gestão dessas cadeias, e ii) realizar um benchmarking das práticas utilizadas no Brasil com outros países do mundo.

Vale ressaltar que este estudo faz parte do projeto de pesquisa “Gestão da Logística Reversa de Resíduos Eletroeletrônicos no Brasil com base na Lei nº 12.305/2010 e na Abordagem Multicritério de Apoio à Decisão (MCDA)”, aprovado na Chamada Universal MCTI/CNPq Nº 01/2016, sob coordenação da professora Patrícia Guarnieri, do qual derivou um projeto de iniciação científica, desenvolvido simultaneamente ao trabalho de conclusão de curso.

1.6. Estrutura do trabalho

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos seguindo um modelo lógico construtivo baseado no método científico, caracterizado pelo conjunto de procedimentos intelectuais e técnicos adotados para se atingir o conhecimento (GIL, 2007).

O primeiro capítulo, da Introdução, objetiva introduzir o leitor no trabalho em questão (ACEVEDO; NOHARA, 2010). Para tanto, elucida-se o contexto no qual o problema a ser investigado está inserido, o problema em si, os objetivos gerais e específicos da pesquisa e sua justificativa.

O capítulo 2, da Revisão de Literatura, está dividido em duas seções: o referencial teórico, onde são apresentadas as principais definições acerca do tema, e a revisão sistemática de literatura, cujo objetivo é levantar e delinear o estado-da-arte do campo, segundo o protocolo de revisão proposto por Cronin, Ryan e Coughlan (2008).

No capítulo 3, dos Métodos e Técnicas de Pesquisa, discorre-se sobre as abordagens e os procedimentos técnicos metodológicos empregados na coleta e análise dos dados.

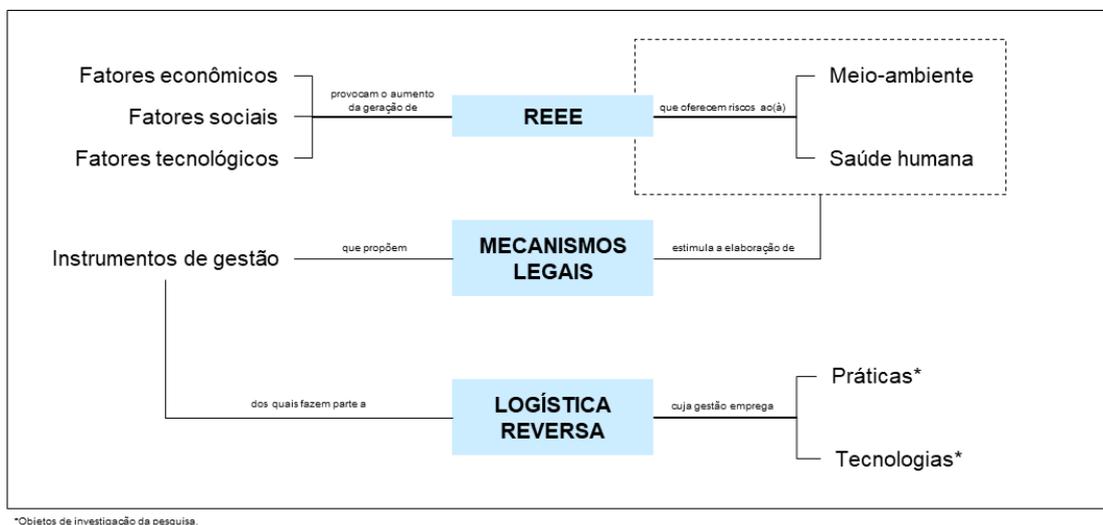
O capítulo 4, da Análise e Discussão dos Resultados, destina-se a apresentação e análise dos resultados encontrados, bem como de sua relação com as pesquisas e definições apresentados na revisão de literatura (ACEVEDO; NOHARA, 2010).

Por fim, no capítulo 5, da Conclusão, são apresentadas as conclusões e considerações finais acerca do estudo, suas limitações e implicações gerenciais e sugestões para pesquisas futuras.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo está dividido em duas seções. Na primeira, do referencial teórico, são apresentadas as principais definições acerca do tema, de acordo com o modelo conceitual ilustrado na Figura 1. Na segunda, da revisão sistemática de literatura, o estado-da-arte do campo é levantado e delineado conforme o protocolo proposto por Cronin, Ryan e Coughlan (2008).

Figura 1 – Modelo conceitual da logística reversa de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos.



Fonte: Autoria própria.

O modelo conceitual deste estudo presume que fatores econômicos, sociais e tecnológicos causam o aumento da geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos e que estes podem ser danosos ao meio ambiente e à saúde humana. A iminência dos riscos decorrentes do lixo eletrônico estimulou a criação de mecanismos legais para a proposição de instrumentos de gestão. Dentre os referidos, estão a logística reversa, cujas práticas e tecnologias empregadas, configuram os objetos de investigação desta pesquisa.

O modelo, apresentado na Figura 1, estrutura, à luz do problema de pesquisa, o fluxo de construtos teóricos (destacados em azul na figura) que serão discutidos nesta seção.

Acerca dos REEE, serão abordados sua definição, tipologia, importância e infraestrutura de gerenciamento. Em seguida, será explanado sobre os mecanismos legais de regulação, que incluem as diretivas europeias, a legislação brasileira e a PNRS. Por fim, se discutirá sobre a logística reversa, tratando desde sua relação com a logística empresarial, sua definição e objetivos, até suas subáreas, atividades, vantagens e desafios.

2.1. Referencial teórico

2.1.1. Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos

2.1.1.1. Definição e tipos de REEE

Os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, também chamados de lixo eletrônico e *e-waste* (e-lixo), são os produtos do descarte de equipamentos eletroeletrônicos, partes e peças, que tenham perdido o valor para seus proprietários, chegando ao fim de sua vida útil ou cujo uso tenha sido descontinuado (USHIZIMA; MARINS; MUNIZ JUNIOR, 2014; SANTOS; NASCIMENTO; NEUTZLING, 2014; OLIVEIRA, 2016).

Os equipamentos eletroeletrônicos configuram-se como

Equipamentos cujo funcionamento depende de correntes elétricas ou campos eletromagnéticos, bem como os equipamentos para geração, transmissão, transformação, medição dessas correntes e campos, podendo ser de uso doméstico ou industrial (OLIVEIRA, 2016, p 13).

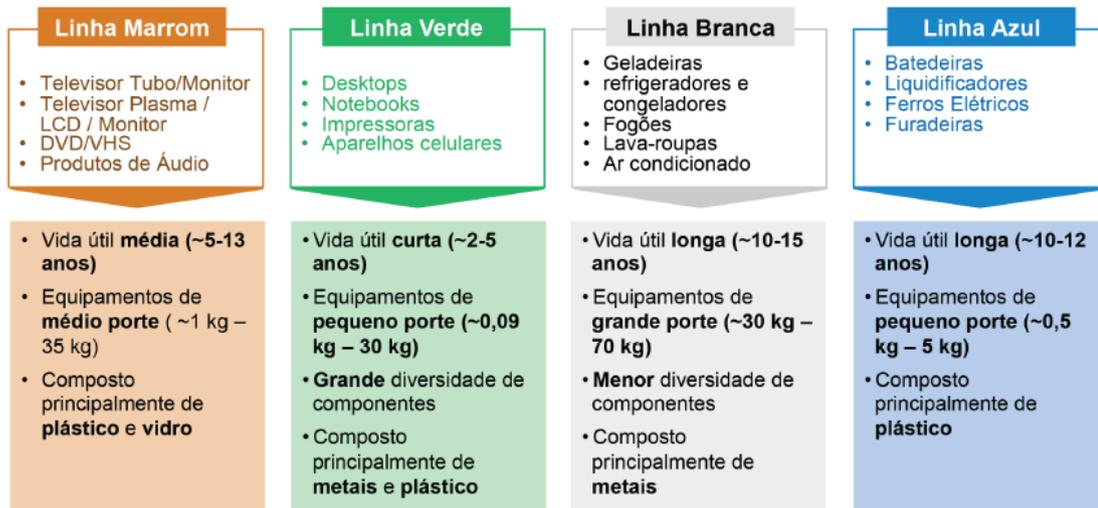
Santos, Nascimento e Neutzling (2014) destacam que, no Brasil, a principal referência sobre a definição de equipamento eletroeletrônico é a Diretiva do Parlamento Europeu sobre os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos.

De acordo com a União Europeia (2012), os Equipamentos Eletroeletrônicos – EEE são equipamentos cujo devido funcionamento depende de correntes elétricas ou campos eletromagnéticos, assim como os equipamentos para geração, transferência e medição dessas correntes e campos, concebidos para utilização com tensão nominal inferior a 1000V para corrente alternada e 1500V para corrente contínua.

No Brasil, os EEE costumam ser classificados em quatro divisões, chamadas linhas: a linha branca, a linha azul, a linha marrom e a linha verde (ABDI, 2012). A

Figura 2 ilustra os principais produtos que compõem cada segmento e algumas de suas características.

Figura 2 – Agrupamentos de equipamentos eletroeletrônicos.



Fonte: ABDI (2012).

A classificação proposta pela ABDI (2012) classifica os equipamentos em grupos de semelhança em função da expectativa de vida útil, do porte e dos tipos e variedade de componentes internos. Esse método de classificação dos equipamentos, contudo, limita-se por não considerar todos os eletroeletrônicos de uso doméstico, como pilhas, baterias e lâmpadas, que contêm substâncias tóxicas e são facilmente encontradas em inúmeros tipos de equipamentos e amplamente consumidos (MORAES; ESPINOSA; LUCENA, 2014).

Comparativamente, a Diretiva WEEE do Parlamento Europeu sugere que os EEE sejam classificados em dez categorias, são elas: i) grandes eletrodomésticos; ii) pequenos eletrodomésticos; iii) equipamentos informáticos e de telecomunicações; iv) equipamentos de consumo; v) equipamentos de iluminação; vi) ferramentas elétricas e eletrônicas; vii) brinquedos e equipamentos de desporto e lazer; viii) aparelhos médicos; ix) instrumentos de monitorização e controle; e, x) distribuidores automáticos (MIGUEZ, 2007).

Xavier (2014) aponta que a classificação europeia facilita a discriminação do risco potencial de cada divisão em função de especificidades como a vida útil, a composição por tipo de materiais, o porte dos equipamentos, entre outros aspectos.

Apesar da aparente limitação no método de classificação brasileiro, ele foi adotado como referência nesse estudo para fins de simplificação na coleta de dados, devido a familiaridade que as organizações participantes já possuem com o mesmo.

2.1.1.2. *Importância*

A atenção especial dada aos REEE ocorre em virtude, principalmente, de dois fatores. O primeiro deles diz respeito a existência de substâncias tóxicas no material descartado que podem causar danos ao meio-ambiente e à saúde humana se dispostas inapropriadamente (ACHILLAS et al., 2009; ANDRADE-LIMA et al., 2014).

Em sua composição estão presentes inúmeros materiais como metais ferrosos, metais não-ferrosos, vidro, plásticos, borracha, cerâmica e madeira, além de metais pesados e substâncias tóxicas (ONGONDO; WILLIAMS; CHERRETT, 2011; USHIZIMA; MARINS; MUNIZ JUNIOR, 2014; MENDES et al., 2016). De acordo com Ongondo, Williams e Cherret (2011), o ferro e o aço são os materiais mais comuns encontrados nos EEE, que correspondem a ~50% de seu peso. O plástico é o segundo material mais comum (~21%), seguido pelos metais não-ferrosos (~13%), que incluem os metais preciosos.

Além destes, metais como o chumbo, o cádmio, o cobre e o arsênio, considerados metais pesados, e compostos sintéticos altamente tóxicos, como o Policloreto de Vinila (PVC), com alta concentração de ftalatos, e a Bifenila Policlorada (PCB), podem ser empregados na manufatura destes equipamentos (MENDES et al., 2016). O Quadro 1 apresenta uma relação de componentes que podem ser encontrados nos EEE, sua aplicação e os riscos que oferecem à saúde humana.

Quadro 1 – Componentes químicos encontrados nos EEE e seus riscos.

| Componente | Aplicação no EEE | Risco à saúde humana |
|-------------------|--|--|
| Antimônio (Sb)* | Agente de derretimento no vidro CRT, caixas de computador de plástico e liga de solda em cabeamento. | A exposição crônica a esta substância pode causar dor de estômago, vômitos, diarreia e úlceras estomacais. |
| Arsênio (Ar) | Usado em diodos emissores de luz. | Pode causar doenças de pele, câncer de pulmão e prejuízos nas sinapses nervosas. |

| | | |
|--------------------------------------|---|--|
| Bário (Ba) | Velas de ignição, lâmpadas fluorescentes e interiores de CRT em tubos de vácuo. | Mesmo a exposição de curto prazo pode provocar edema cerebral, fraqueza muscular, danos no coração, fígado e baço. |
| Berílio (Be)* | Caixas de alimentação, placas-mãe e presilhas. | Pode provocar a beriliose, câncer de pulmão e doenças de pele. |
| Retardantes de chama bromados (BFRs) | Usados para reduzir a inflamabilidade em placas de circuito impresso, plásticos, teclados e isolamento do cabo. | Durante sua combustão, emitem vapores tóxicos que podem causar distúrbios hormonais. |
| Cádmio (Cd) | Baterias recarregáveis de NiCd, chips semicondutores, detectores de infravermelho, tintas de impressora e toners. | Risco de danos irreversíveis à saúde humana, particularmente aos rins. |
| Clorofluorcarbonos (CFCs) | Unidades de refrigeração e espuma de isolamento. | Afetam a camada de ozônio, o que pode levar a uma maior incidência de câncer de pele. |
| Cromo Hexavalente (CrVI) | Invólucro plástico, cabos, discos rígidos e corante em pigmentos. | Extremamente tóxico no ambiente, podendo causar danos à estrutura genética e aos olhos. |
| Chumbo (Pb) | Solda, baterias de chumbo-ácido, tubos de raios catódicos, cabos, placas de circuito impresso e lâmpadas fluorescentes. | Pode danificar o cérebro, sistema nervoso, rins e sistema reprodutivo e causar doenças no sangue. |
| Mercúrio (Hg) | Baterias, bulbos de luz de fundo ou lâmpadas, monitores de tela plana, interruptores e termostatos. | Pode danificar o cérebro, rins e fetos. |
| Níquel (Ni) | Baterias, invólucro de computadores, tubos de raios catódicos e placas de circuito impresso. | Pode provocar reações alérgicas, bronquite e redução da função pulmonar e câncer de pulmão. |
| Bifenilas Policloradas (PCBs) | Condensadores, transformadores e fluidos de transferência de calor. | Pode causar câncer em animais e provocar danos no fígado humano. |
| Policloreto de Vinila (PVCs) | Monitores, teclados, cabos e invólucro de computadores. | Sua combustão libera gases tóxicos que podem causar problemas respiratórios. |
| Selênio (Se) | Cilindros usados em fotocopiadoras. | Elevadas concentrações podem causar selenose. |

(*) Componentes classificados como carcinogênicos ou cancerígenos.

Fonte: Adaptado de Mendes et al. (2016).

O outro fator que justifica a atenção dispensada aos REEE é a presença de metais de alto valor econômico em sua composição, como a prata, o ouro e a platina (ACHILLAS et al., 2009; ANDRADE-LIMA et al., 2014), normalmente empregados em

placas de circuito impresso, presente em computadores pessoais (GUARNIERI, 2013).

Se observado sua raridade, escassez ou dificuldade de acesso, o desperdício desses recursos naturais pode sobrecarregar o meio-ambiente uma vez que, devido a necessidade de produção de quantidades cada vez maiores para suprir o aumento contínuo da demanda, mais extração, energia, manufatura e transporte serão necessários e, conseqüentemente, maiores serão os danos ambientais decorrentes da perda desses recursos (ONGONDO; WILLIAMS; CHERRETT, 2010; MENDES et al., 2016).

A gestão dos REEE, portanto, além de necessária, implica em benefícios que vão além do impacto ambiental (ABDI, 2012), por meio da adoção de práticas socialmente justas, ecologicamente corretas e economicamente viáveis.

Quadro 2 – Benefícios da gestão de REEE sob a perspectiva do TBL.

| Perspectivas | Benefícios |
|------------------|---|
| Social | <ul style="list-style-type: none"> a) Geração de empregos formais; b) Fortalecimento das associações de catadores com geração de oportunidades de prestação de serviços ao sistema; c) Promoção de uma maior conscientização da população quanto às questões ambientais relacionadas aos equipamentos eletroeletrônicos; d) Minimização de problemas de saúde causados pelo manuseio incorreto de REEE. |
| Econômica | <ul style="list-style-type: none"> a) Maior retorno ao mercado de matérias-primas advindas da reciclagem de REEE; b) Fortalecimento da indústria de reciclagem pelo conseqüente aumento da demanda; c) Desenvolvimento de conhecimento e tecnologias relacionadas à reciclagem de REEE. |
| Ambiental | <ul style="list-style-type: none"> a) Diminuição de casos de descarte incorreto de REEE; b) Melhoria da qualidade dos serviços de reciclagem e conseqüente menor nível de rejeitos nos aterros; c) Redução de gasto energético por conta de uso de reciclados. |

Fonte: ABDI (2012).

Essas condições, que caracterizam o *Tripple Bottom Line – TBL*, preconizam a gestão integrada das dimensões da sustentabilidade empresarial (OLIVEIRA, 2016). De acordo com esta perspectiva, estão descritos, no

Quadro 2, os benefícios sociais, econômicos e ambientais advindos com a gestão de REEE.

2.1.1.3. *Infraestrutura de gerenciamento*

Reconhecidamente, a infraestrutura é uma das principais barreiras à gestão dos REEE (ONGONDO; WILLIAM; CHERRETT, 2011; XAVIER; ZUCCHI; COSTA, 2011; GUARNIERI; SILVA; LEVINO, 2016), especialmente nos países em desenvolvimento (GUARNIERI; STREIT, 2015; MENDES et al., 2016).

Ongondo, William e Cherrett (2011) sustentam que a infraestrutura apropriada para a gestão dos REEE inclui pontos de coleta, sistemas logísticos, mercado de matérias-primas secundárias e unidades e tecnologias de tratamento e reciclagem.

Dentre os componentes de infraestrutura citados, as Unidades de Tratamento e Reciclagem (do inglês, *Units of Treatment and Recycling – UTR*) destacam-se por: i) sua existência e distribuição por determinado território estarem diretamente relacionadas às despesas administrativas e de transporte, além de indicarem a rede de cobertura do sistema; ii) sua implantação demandar um investimento alto e que, portanto, deve levar em consideração os custos de desenvolvimento e operação, a existência de infraestrutura básica (rodovias, disponibilidade de mão de obra, etc.), distância de outras UTR, população alvo e aceitação social (ACHILLAS et al., 2010).

Como em qualquer empreendimento produtivo, o arranjo físico das UTR é um fator de grande relevância, tendo em vista que pode impactar significativamente a produtividade (CONDE; XAVIER; FRADE, 2014).

Segundo Conde, Xavier e Frade (2014), o layout desse processo de gestão é composto por uma entrada, onde deve haver uma área de cargas com porta ampla, rampa e espaço para deslocamento de palete, áreas de triagem, de armazenagem de remanufaturados, de armazenagem de pré-processamento, de processamento e de pós-processamento e uma saída, cujo espaço físico pode ser o mesmo da entrada, se respeitadas as exigências em relação a agregação de valor aos materiais ou produtos e manutenção das propriedades.

A infraestrutura em questão deve atender às necessidades estruturais das etapas de gestão dos resíduos, que dividem-se em (CONDE; XAVIER; FRADE, 2014):

- I. Descarte;
- II. Coleta ou recebimento;
- III. Triagem;
- IV. Descaracterização;
- V. Remanufatura;
- VI. Desmontagem;
- VII. Separação;
- VIII. Reciclagem; e
- IX. Disposição final.

Achillas et al. (2010) acrescentam que a infraestrutura se configura como um pré-requisito para a gestão eficiente dos resíduos e que pode ser implantada tanto pelos próprios fabricantes, quanto por governos locais, vendedores e operadores logísticos.

Contudo, Guarnieri et al. (2015) enfatizam que as funções gerenciais relacionadas à infraestrutura de gestão dos REEE, normalmente, são providas por meio de relacionamento com operadores logísticos, que incluem fornecedores de logística reversa, cooperativas de catadores e organizações municipais. Esses operadores devem ser especialistas em gerir o fluxo reverso dos produtos retornados e prover serviços de valor adicionado, como a remanufatura e o acondicionamento (ROGGERS; TIBBEN-LEMBKE, 1998).

2.1.2. Mecanismos legais

2.1.2.1. Diretivas Europeias

Em nível mundial, o surgimento de mecanismos legais e regulatórios acerca da gestão dos REEE deveu-se por influência das diretivas europeias (XAVIER; CARVALHO, 2014). Nomeadamente, as Diretivas RoHS e WEEE compreendem um conjunto de ações propositivas e direcionamentos do Parlamento Europeu e do Conselho da União Europeia para a elaboração das legislações de cada país-membro (XAVIER et al., 2013; EWALD; GAMA; MORAES, 2014).

A Diretiva RoHS (do inglês, *Restriction of Hazardous Substances*), relativa à restrição do uso de determinadas substâncias perigosas em equipamentos elétricos e eletrônicos, objetiva reduzir o impacto ambiental dos equipamentos eletroeletrônicos ao final de sua vida útil, por meio da proibição do comércio no mercado europeu de equipamentos que contenham quantidades superior ao permitido de substâncias e compostos químicos prejudiciais ao meio ambiente durante o descarte e reciclagem dos resíduos, como o cádmio, o mercúrio, o chumbo e o cromo, e diversos tipos de retardantes de chama (ONGONDO; WILLIAMS; CHERRETT, 2011; UNIÃO EUROPEIA, 2011).

As implicações da Diretiva RoHS impactaram, inclusive, empresas de outros países que mantêm relações comerciais com a Europa, uma vez que tiveram que se adaptar às novas exigências quanto a composição dos produtos para que pudessem permanecer no mercado (MIGUEZ, 2007; EWALD; GAMA; MORAES, 2014).

A Diretiva WEEE (do inglês, *Waste Electrical and Electronic Equipment*), relativa aos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos, de 2002, responsabiliza produtores e importadores dos países-membros da União Europeia pela coleta dos resíduos de seus produtos junto aos consumidores, para garantir que eles sejam tratados ou descartados de maneira ambientalmente adequada (ONGONDO; WILLIAMS; CHERRETT, 2011; UNIÃO EUROPEIA, 2012).

Essa diretiva sistematizou, aperfeiçoou e fortaleceu a definição da hierarquia de resíduos, que consiste na ordem de priorização das práticas para introdução na legislação e política de gestão dos resíduos de acordo com seus benefícios para o meio-ambiente (MENDES, 2015). A hierarquia de resíduos proposta estabelece a priorização da gestão em cinco níveis: i) prevenção e redução; ii) preparação para reutilização; iii) reciclagem; iv) outros tipos de valorização; e, v) eliminação (UNIÃO EUROPEIA, 2008).

A última revisão da Diretiva WEEE, publicada em 2012, definiu, como meta, a coleta de 45% dos EEE comercializados após o período de adaptação dos países aos novos direcionamentos, cujo início deu-se em 2016. Na fase seguinte, a partir de 2019, a meta de coleta será de 65% dos eletroeletrônicos vendidos ou de 85% dos resíduos gerados por eles (MENDES et al., 2016).

Reconhecidamente, as diretivas europeias representam um rigoroso arcabouço legal para a gestão ambientalmente adequada dos REEE, entretanto, seus direcionamentos carecem de maior atenção ao passivo ambiental já estabelecido em grande parte dos países europeus (MORAES; ESPINOSA; LUCENA, 2014) e de foco à recuperação de recursos escassos (FRIEGE, 2012). Além disso, críticas também são feitas ao seu modelo de metas *weight-based* de equipamentos reciclados, por não contribuir com a melhoria da efetividade do processo de reciclagem (NELEN et al., 2014).

2.1.2.2. *A legislação brasileira e a PNRS*

A pressão social decorrente da preocupação com a crise ambiental fortaleceu a expressão política de um movimento a favor da sustentabilidade e da preservação ambiental, que se manifestou por meio da criação de mecanismos regulatórios restritivos, focados em adequar o desenvolvimento econômico às condições ambientais sustentáveis (NASCIMENTO, 2012; DIAS; GUARNIERI; XAVIER, 2014).

Segundo Lemos e Mendes (2014), desde o início da década de 90, iniciativas nos âmbitos estadual e municipal, a citar as leis nº 9.921/1993, do Rio Grande do Sul, e nº 12.493/1999, do Paraná, assim como inúmeras resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA intentaram regular acerca da gestão dos resíduos sólidos e da logística reversa no Brasil.

A elaboração de Políticas Estaduais de Resíduos Sólidos, que se espalharam pelo país nos anos seguintes, em especial nas regiões sul e sudeste, buscou suprir a ausência de um mecanismo federal que uniformizasse a gestão a nível nacional (LEMO; MENDES, 2014).

Em 2010, contudo, o Brasil deu um importante passo com a promulgação da Lei nº 12.305/2010, da Política Nacional de Resíduos Sólidos, após 20 anos de tramitação no Congresso Nacional (DIAS; GUARNIERI; XAVIER, 2014), destacando-se inclusive entre os países latino americanos, pela profundidade de sua abordagem aos instrumentos legais e pela atenção dada aos catadores de materiais recicláveis no âmbito da inclusão social (XAVIER; CARVALHO, 2014).

Cerqueira-Streit e Guarnieri (2013) apontam que a PNRS recebeu forte influência da legislação alemã, com o advento da responsabilidade compartilhada

sobre o ciclo de vida dos bens entre produtores, distribuidores, importadores, poder público e consumidores. Xavier et al. (2013) e Guarnieri (2016) acrescentam que, apesar da influência, a política também inovou em diversos aspectos, com vistas a propiciar um desenvolvimento sustentável integrado nos contextos econômico, ambiental e social.

Enquanto lei federal, a PNRS propõe um conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações, tanto ao setor público quanto ao privado, para estruturar o modelo de gestão integrada e gerenciamento adequado dos resíduos (OLIVEIRA, 2016).

O artigo 6º da lei dispõe sobre os onze princípios orientadores da PNRS, dentre os quais destacam-se “a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania” (BRASIL, 2010, art. 6º).

Seus objetivos, estruturados em quinze incisos, visam a gestão integrada para o desenvolvimento sustentável, ressaltando, similarmente à Diretiva WEEE, uma hierarquia de resíduos, cuja base consiste em não geração, seguida pela redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição adequada dos rejeitos, respectivamente (BRASIL, 2010).

Para garantir que os objetivos sejam alcançados segundo os princípios propostos, a PNRS traz, em seu artigo 8º, instrumentos para a consolidação de modelos econômicos que potencializem sua reinserção em processos produtivos (OLIVEIRA, 2016). Dentre os 19 instrumentos que a lei enumera, destacam-se:

- I. O plano de resíduos sólidos;
- II. A pesquisa científica e tecnológica;
- III. A educação ambiental;
- IV. O Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos – SINIR;
- V. Os acordos setoriais;
- VI. Os termos de compromisso e de ajustamento de conduta;

VII. Os sistemas de logística reversa.

Oliveira (2016) destaca que, no campo do planejamento, o plano de resíduos sólidos é uma das principais ferramentas sobre as quais a lei disciplina. A nível nacional, o documento é elaborado pelo Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos, composto por 12 ministérios, e apresenta o diagnóstico da situação atual do país e o cenário até 2031, bem como as diretrizes, estratégias e metas para a implantação de modelos de gestão ambientalmente adequados para os resíduos sólidos (SINIR, 2012).

Segundo o SINIR (2012), a PNRS destacou a importância da logística reversa e propôs três instrumentos principais para sua implantação: os regulamentos, os acordos setoriais e os termos de compromisso. Os regulamentos estão previstos em vários trechos da PNRS como normas complementares aos planos de gerenciamento de resíduos estaduais e municipais para reger os respectivos procedimentos.

Os acordos setoriais consistem no ato de natureza contratual firmado entre o poder público e empresas, tendo em vista a implantação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto (BRASIL, 2010). Mendes et al. (2016) comentam que esses acordos viabilizam a implantação e operacionalização dos sistemas de logística reversa.

Os termos de compromisso, também previstos na PNRS, são instrumentos da política cuja finalidade é incentivar à formação de consórcios e outras formas de cooperação entre as entidades responsáveis, objetivando a otimização do volume de aproveitamento e da redução de custos (SINIR, 2012).

Quanto ao seu teor, Miguez (2007) ressalta que a PNRS trata do descarte de resíduos sólidos de maneira geral e que, a partir dela, outras leis foram criadas para dispor sobre o tratamento de tipos específicos de resíduos, como pneus, óleos combustíveis, pilhas e baterias.

Embora seu texto considere os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos como uma categoria de resíduo sólido, não existem outras leis que tratem especificamente do descarte desse tipo de material (MIGUEZ, 2007).

Contudo, segundo Oliveira (2016), há alguns projetos de lei em tramitação que visam à instituição e regulação de inúmeras práticas de gerenciamento do lixo eletrônico, como os projetos de lei nº 2.940/2015, que institui normas para o gerenciamento e destinação final do lixo eletrônico, nº 3.732/2015, que obriga os fornecedores de produtos eletrônicos a oferecer descontos aos consumidores que restituírem produtos similares usados, e nº 2.426/2015, que dispõe sobre diretrizes para a instituição do Programa de Coleta Seletiva Contínua de Resíduos Eletrônicos e Tecnológicos, e dá outras providências.

Dentre os referidos projetos, deve-se destacar a iniciativa de formulação da RoHS brasileira, que representa um importante marco na legalização dos procedimentos de gestão de REEE no Brasil. O instrumento legal, análogo à Diretiva Europeia, visa regulamentar o uso de substâncias tóxicas perigosas em componentes eletroeletrônicos produzidos e comercializados no território brasileiro (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA, 2018). Até a realização deste estudo, a referida legislação encontrava-se em desenvolvimento e tramitação entre as autoridades competentes.

Além disso, complementarmente aos esforços de incentivo ao tratamento dos resíduos, o Conselho Nacional de Política Fazendária – CONFAZ, autorizou, por meio de convênio publicado no dia 02/10/2018 no Diário Oficial da União, nove estados brasileiros (Alagoas, Amazonas, Bahia, Espírito Santo, Paraná, Pernambuco, Rio de Janeiro, Santa Catarina e São Paulo) a isentar operações com produtos eletroeletrônicos e componentes do pagamento de ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços) no âmbito dos sistemas de logística reversa (CONFAZ, 2018).

2.1.3. Logística reversa

2.1.3.1. Da logística empresarial à logística reversa

A logística, como parte do pensamento administrativo, surgiu no período pós-guerra sob a influência das técnicas de gestão de suprimentos militares (NOVAES, 2007; OLIVEIRA, 2016). Antes disso, as atividades hoje atribuídas a ela encontravam-se dissolvidas entre funções mais tradicionais das empresas, como marketing, finanças e produção (BALLOU, 2011).

A partir da década de 1980, em decorrência das mudanças nas regulamentações, da comercialização do microcomputador, da revolução da informação, da adoção dos movimentos de qualidade e do desenvolvimento de parcerias e alianças estratégicas (BOWERSOX; CLOSS, 2001), percebeu-se a importância da logística para a eficiência operacional das empresas, o que levou a uma massiva expansão do campo nos anos que se sucederam até os dias de hoje.

Novaes (2007), dentro da perspectiva estratégica da logística, destaca que suas atividades têm como objetivo agregar valor de lugar, de tempo, de qualidade e de informação à cadeia produtiva, com vistas a eliminar do processo o que não tenha valor para o cliente e que incorra em custos e perda de tempo.

Neste sentido, corroboram Bowersox e Closs (2001, p. 23) ao postular, como missão da logística empresarial, “ajudar a criar valor para o cliente pelo menor custo possível”.

O *Council of Supply Chain Management Professionals* – CSCMP (2013) define logística como:

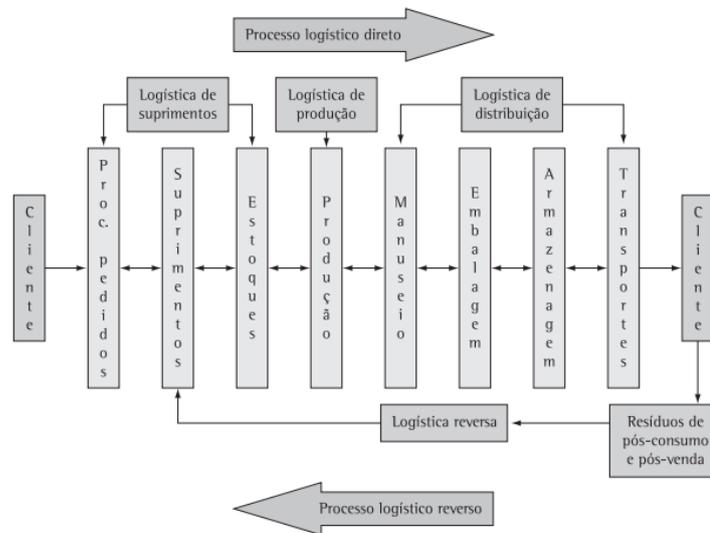
Process of planning, implementing, and controlling procedures for the efficient and effective transportation and storage of goods including services, and related information from the point of origin to the point of consumption for the purpose of conforming to customer requirements (CSCMP, 2013, p. 117).

A definição do CSCMP (2013) destaca que a natureza dos processos logísticos preza pela eficiência e efetividade do transporte e do estoque tanto de bens, como de serviços, assim como de informações relacionadas, desde a origem até o ponto de consumo, com o propósito de atender às necessidades do consumidor.

Guarnieri e Hatakeyama (2010) argumentam que, atualmente, com o processo voltado para a satisfação das necessidades do cliente, o gerenciamento do processo logístico ocorre de maneira integrada entre as atividades da empresa, baseado na troca de informações constante.

Esse processo integrado é composto por atividades dispostas pelas quatro áreas operacionais da logística empresarial: a logística de suprimentos, a logística de produção, a logística de distribuição e a logística reversa (Figura 3).

Figura 3 – Processo logístico integrado.



Fonte: Guarnieri e Hatakeyama (2010).

A logística de suprimentos é responsável por suprir o processo produtivo com todas as necessidades de materiais do sistema logístico (GUARNIERI; HATAKEYAMA, 2010). Ballou (2011) atribui a esta área as atividades de inicialização e transmissão de pedidos de compras, transporte dos carregamentos até o local da fábrica e manutenção dos estoques na planta.

A logística de produção (também chamada de logística de apoio à manufatura) abrange os esforços ligados ao planejamento, à programação e ao apoio às operações de produção, que incluem as atividades de planejamento do programa, armazenagem do estoque semiacabado, e manuseio, transporte e sequenciamento de componentes (BOWERSOX; CLOSS, 2001).

A logística de distribuição compreende os segmentos que se desdobram desde a saída do produto na fábrica até sua entrega ao consumidor final (NOVAES, 2007), englobando as atividades relativas à movimentação, estocagem e processamento de pedidos dos produtos finais (BALLOU, 2011).

A logística de suprimentos, a logística de produção e a logística de distribuição, nesta ordem, compõem o chamado processo logístico direto, cujo fluxo é orientado no sentido *downstream*, isto é, em direção ao consumidor final, entretanto, a vida do produto não é limitada por sua chegada ao ponto de consumo, visto que o objeto pode se tornar obsoleto, danificado ou inoperante (OLIVEIRA, 2016). Assim sendo, existe

o processo logístico reverso, que possibilita o fluxo inverso de produtos com direção à unidade de produção para reaproveitamento ou descarte. A área da logística empresarial componente do processo logístico reverso é a logística reversa.

As subseções seguintes dedicam-se a discussão teórica da definição, dos objetivos, das subáreas, das atividades, das vantagens e dos desafios da logística reversa.

2.1.3.2. *Definição e objetivos*

Após a Revolução Industrial, com o aumento da população e a industrialização das atividades produtivas, questões relacionadas à preservação do meio ambiente se tornaram alvo de preocupação em todo mundo, especialmente aquelas relacionadas à gestão de resíduos sólidos (RAZZOLINI FILHO; BERTÉ, 2009). Guarnieri (2013) atribui a origem das discussões sobre a problemática ambiental à extração desenfreada dos recursos naturais e às mudanças no padrão de consumo e inovações tecnológicas.

Na literatura científica, existem referências a termos como “canal reverso” ou “fluxo reverso” desde a década de 1970, especialmente relacionadas à reciclagem (DE BRITO, 2003). Ao encontro desta perspectiva, Stock (1992) propõe que a logística reversa cumpra o papel da logística relacionado à reciclagem, ao descarte de lixo e a gestão de materiais perigosos. Em uma visão mais ampla, a área inclui todas as questões relacionadas as atividades logísticas encarregadas pela redução na fonte, reciclagem, substituição, reuso de material e descarte (STOCK, 1992).

Entretanto, mais do que um mecanismo alternativo para a gestão de resíduos, observou-se que a logística reversa tem o potencial de conferir vantagem competitiva às organizações, através de seus sistemas logísticos (RAZZOLINI FILHO; BERTÉ, 2009), além de viabilizar uma importante fonte de lucros de retorno para uma empresa (OLIVEIRA, 2016).

Para Roggers e Tibben-Lembke (1998), a logística reversa é o processo de planejamento, implementação e controle do fluxo de matérias-primas, estoques de processo e produtos acabados, bem como suas informações, do ponto de consumo até o ponto de origem, com o propósito de recapturar valor ou descartar apropriadamente.

Leite (2002), com base na mesma perspectiva, entende a logística reversa como:

Área da Logística Empresarial que planeja, opera e controla o fluxo, e as informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-venda e de pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, através dos canais de distribuição reversos, agregando-lhes valor de diversas naturezas: econômico, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, entre outros (LEITE, 2002, p. 2).

Do ponto de vista dos canais de distribuição, a logística reversa é a atividade responsável pelos fluxos de materiais que tem início no ponto de consumo e término no ponto de origem, visando recapturar valor ou dispor os resíduos da maneira adequada (NOVAES, 2007).

No texto da PNRS, a logística reversa é entendida como:

Instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010, art. 3º).

De Brito (2003) destaca que, por se tratar de uma área de pesquisa recente, é possível encontrar outras designações na literatura, como logística inversa, logística de retorno, retrologística ou distribuição reversa, cujas definições referem-se ao conceito de logística reversa.

2.1.3.3. *Subáreas e atividades*

A estratégia de implantação da logística reversa no processo logístico das empresas está relacionado ao ciclo de vida dos produtos, uma vez que, a depender do estágio ou fase do ciclo de vida útil do bem retornado, diferentes produtos logísticos, canais de distribuição, objetivos estratégicos e técnicas operacionais são utilizadas (LEITE, 2002).

Neste sentido, Leite (2002) sugere que a logística reversa seja dividida em duas subáreas: a logística reversa de pós-venda e a logística reversa de pós-consumo. Guarnieri (2013) ressalta a importância desta distinção em função da destinação adequada dos resíduos provenientes de cada uma delas.

Segundo Leite (2002), a logística reversa de pós-venda é a:

Área de atuação que se ocupa do equacionamento e operacionalização do fluxo físico e das informações logísticas correspondentes de bens de pós-venda, sem uso ou com pouco uso, que por diferentes motivos retornam aos diferentes elos da cadeia de distribuição direta, que se constituem de uma parte dos canais reversos pelo qual fluem estes produtos (LEITE, 2002, p. 2).

Bens de pós-venda configuram-se como bens que tiveram pouco ou nenhum uso em virtude de defeitos de fabricação, avarias no transporte, obsolescência, falhas na qualidade, garantias, erros comerciais, expiração do prazo de validade, entre outros (GUARNIERI, 2013). O produto de retorno deste tipo de bem pode ser direcionado tanto para um novo ciclo de negócios quanto para mercados secundários, como *outlet centers* (RAZZOLINI FILHO; BERTÉ, 2009).

A logística reversa de pós-consumo, por sua vez, é a :

Área de atuação da Logística Reversa que igualmente equaciona e operacionaliza o fluxo físico e as informações correspondentes de bens de pós-consumo descartados pela sociedade em geral que retornam ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo através de canais de distribuição reversos específicos (LEITE, 2002, p. 3).

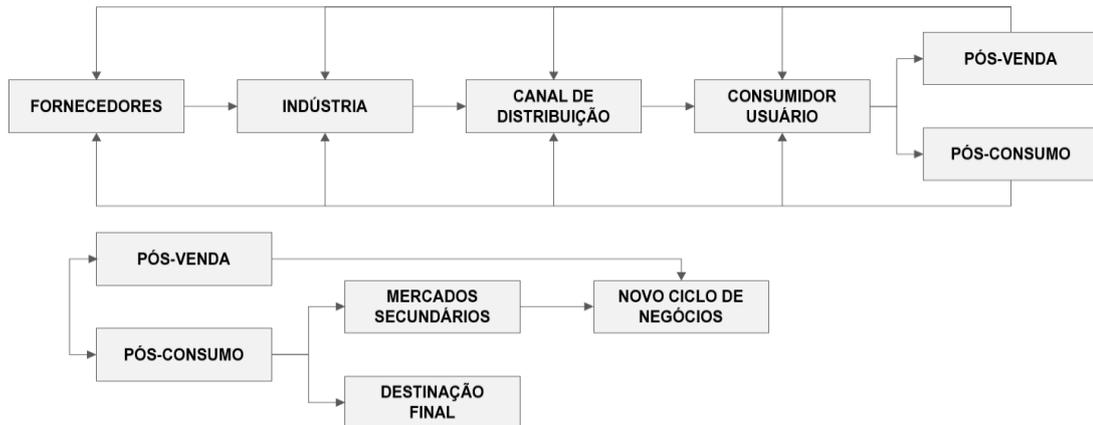
Bens de pós-consumo podem ser entendidos como produtos que chegaram ao final de sua vida útil após uso, produtos usados com possibilidade de reutilização, ou ainda resíduos industriais em geral (LEITE, 2002).

De acordo com o estado dos retornos deste tipo de bem e seu potencial de reutilização, podem seguir para um novo ciclo de negócios, através de canais de desmanche, reciclagem ou reuso, se expandida sua vida útil, ou seguir para a destinação final adequada, seja ela a incineração ou a disposição em aterros sanitários (RAZZOLINI FILHO; BERTÉ, 2009; GUARNIERI, 2013).

Invariavelmente, o retorno destes bens ao processo logístico visa sua revalorização. Para tanto, existem diversos canais reversos alternativos que variam conforme o tipo de resíduo, o volume e o objetivo pretendido (GUARNIERI, 2013).

A Figura 4 ilustra os canais pelos quais percorrem os bens de pós-venda e de pós-consumo no processo logístico reverso.

Figura 4 – Canais reversos de pós-venda e pós-consumo.



Fonte: Adaptado de Razzolini Filho e Berté (2010).

É possível observar na Figura 4 que, ao chegar ao fim da cadeia de suprimentos, após o consumo pelo consumidor final, o bem pode ser submetido à diferentes processos. No processo de pós-venda, o bem é revalorizado por meio da inserção em um novo ciclo de negócios diretamente. No processo de pós-consumo, o bem pode, ou ser direcionado a mercados secundários e, conseqüentemente, reinserido em um novo ciclo de negócios, ou ser encaminhado à destinação final (RAZZOLINI FILHO; BERTÉ, 2010).

A reinserção em um novo ciclo de negócio, quer pelo processo de pós-venda, quer pelo processo de pós-consumo, possibilita o reabastecimento da cadeia de suprimento em qualquer nível, do fornecedor ao consumidor usuário.

Segundo Roggers e Tibben-Lembke (1998) os processos que uma empresa utiliza para coletar produtos usados, danificados ou obsoletos, assim como sua embalagem e os materiais utilizados no envio, do usuário final ou do revendedor compõem as atividades típicas da logística reversa (Quadro 3).

Quadro 3 – Atividades da Logística Reversa.

| Atividade | Descrição |
|------------------------------|--|
| <i>Reuso ou reutilização</i> | Prolongamento da vida útil de um bem de pós-consumo ou componentes para utilização com a mesma função para que foram concebidos. |

| | |
|--|--|
| <i>Desmanche/Canibalismo</i> | Separação das partes ou materiais de bens de pós-consumo ou pós-venda em condições de revalorização daquelas que não podem ser utilizadas ou remanufaturadas e que devem ser descartadas. |
| <i>Remanufatura ou recondiçionamento</i> | Reutilização de peças e componentes no mesmo equipamento após processo industrial de restauração. A remanufatura ocorre quando o processo é feito pelo próprio produtor e o recondiçionamento quando é feito por terceiros. |
| <i>Reciclagem (recycling), downcycling e upcycling</i> | Extração industrial dos componentes de um bem de pós-consumo para transformação em matéria-prima secundária que servirá como insumo para a produção de novos bens. A reciclagem (recycling) é o processo cujos componentes extraídos são utilizados para a produção do mesmo bem. No downcycling, os componentes são empregados na produção de um bem de menor valor, enquanto que no upcycling, a matéria-prima reciclada é utilizada para a produção de bens de maior valor. |
| <i>Venda ao mercado secundário</i> | Coleta e direcionamento de bens de pós-consumo e pós-venda, em condições de utilização, para o mercado de segunda mão. |
| <i>Doação para caridade</i> | Cessão de bens para terceiros, com fim beneficente, observada suas condições de toxicidade e reutilização. Alternativa para a gestão de resíduos quando sua revalorização é onerosa, economicamente inviável ou ainda quando sua venda não interessa a empresa. |
| <i>Incineração</i> | Queima dos resíduos até o estado de cinzas. |
| <i>Disposição final</i> | Destinação de bens, componentes e resíduos, no todo ou em partes, sem potencial de reintrodução no processo industrial ou revalorização, para locais social e ambientalmente adequados. |

Fonte: Adaptado de Guarnieri (2013).

Roggers e Tibben-Lembke (1998) ressaltam que, após estas atividades, o produto pode ser vendido como recondiçionado ou remanufaturado, mas nunca como novo e, caso não possa ser recondiçionado de maneira alguma, os componentes passíveis de reaproveitamento são separados e os demais são descartados.

2.1.3.4. *Vantagens e desafios*

Muitas empresas percebem a logística reversa apenas como uma atividade geradora de custos e voltam seus esforços para o fluxo direto de produtos, contudo, existem evidências de que a ferramenta pode melhorar a competitividade da cadeia de suprimentos no longo prazo por meio da economia obtida com o reaproveitamento de materiais e do desenvolvimento de novos processos de negócios e novos

processos produtivos que utilizam tecnologias ambientalmente responsáveis. (MOLLENKOPF; CLOSS, 2005; GUARNIERI, 2013).

Rodrigues et al. (2002) destacam como fatores relevantes para o estímulo da logística reversa a sensibilidade ecológica, as pressões legais, a redução do ciclo de vida dos produtos, a imagem diferenciada e a redução de custos. De Brito (2003), ao encontro dessa perspectiva, discorre que as empresas implantam a logística reversa ou porque podem lucrar com isso (direcionador econômico), ou porque são obrigadas por lei (direcionador legal), ou porque são socialmente impelidas a realizá-la (direcionador de cidadania corporativa).

Vale ressaltar que a utilização da logística reversa como instrumento de gestão pode impactar toda a cadeia produtiva e beneficiar fornecedores, fabricantes, distribuidores, operadores logísticos e, ainda, os atores inseridos no ambiente organizacional das empresas (OLIVEIRA, 2016).

Na medida em que os fabricantes encontram meios de reintegrar os produtos de pós-venda e de pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, podem obter ganhos competitivos de custos, serviços ao cliente e de imagem corporativa (LEITE, 2005). O mesmo vale para varejistas e operadores logísticos, de acordo com as especificidades de sua atuação na cadeia de suprimentos.

A logística reversa contribui com os esforços de otimização da gestão de resíduos sólidos, promove a sustentabilidade ambiental, estimula práticas de economia circular e, conseqüentemente, cria mecanismos para a consecução dos objetivos da ONU estabelecidos na Agenda 2030 (OLIVEIRA, 2016). Além disso, “oportuniza negócios, gera emprego e renda e promove a conscientização da população para a sustentabilidade ambiental e para o uso eficiente de recursos naturais” (OLIVEIRA, 2016, p. 53).

Apesar das vantagens evidentes que se pode auferir com a implantação da logística reversa, assim como qualquer ferramenta de gestão, existe uma série de dificuldades a serem superadas (GUARNIERI, 2013).

Segundo Lacerda (2009), para que um processo de logística reversa seja eficiente são necessários, dentre outros, bons controles de entrada, processos mapeados e formalizados, sistemas de informação acurados e uma rede logística planejada. Em contraponto a esses fatores, Guarnieri (2013) cita, como dificuldades à

implantação da logística reversa, a carência de sistemas informatizados que integrem ao fluxo de distribuição direta; a carência de sistemas de informações financeiras e econômicas que mensurem o impacto de retornos e receitas de produtos e materiais, além dos investimentos e despesas incorridas no processo; a deficiência da infraestrutura logística; e, a falta de conhecimento/planejamento.

Roggers & Tibben-Lembke (1998) apontam que existem barreiras internas e externas à logística reversa que se inter-relacionam. A Tabela 1 apresenta as porcentagens de atribuições às barreiras da logística reversa indicadas por 150 administradores de empresas norte-americanas em estudo realizado pelos autores.

Tabela 1 – Barreiras à logística reversa.

| Barreira | Porcentagem |
|---|--------------------|
| Importância da logística reversa em relação a outras questões | 39,2% |
| Política da empresa | 35% |
| Falta de sistemas de informação | 34,3% |
| Atividade competitiva | 33,7% |
| Descaso da administração | 26,8% |
| Recursos financeiros | 19% |
| Recursos humanos | 19% |
| Normas legais | 14,1% |

Fonte: Roggers & Tibben-Lembke (1998)

As principais barreiras apontadas foram a importância da logística reversa em relação a outras questões e a política da empresa. Roggers e Tibben-Lembke (1998) sugerem que ambas podem estar relacionadas, uma vez que, se a logística reversa tem sua importância questionada frente à outras demandas em uma organização, ela passa a ser despriorizada ou desconsiderada na política da empresa. Esse comportamento passivo preconiza a implementação da logística reversa apenas como consequência de pressões internas ou externas, de difícil evasão e que levam à execução dos programas de maneira reativa (ÁLVAREZ-GIL et al., 2007).

Os elevados custos logísticos do fluxo reverso e a ausência de intermediários especializados nas etapas do processo (coleta, manuseio, armazenagem,

processamento e troca de materiais recicláveis) também podem ser considerados como dificuldades à implantação da logística reversa (RODRIGUES et al., 2002).

Rodrigues et al. (2002) defendem que essas dificuldades somente podem ser minimizadas se a distribuição reversa for incluída como parte integrante da estratégia logística da empresa, desde que por motivos estratégicos não-financeiros.

2.2. Revisão Sistemática de Literatura

Atendo-se ao atingimento do primeiro objetivo específico da pesquisa, adotou-se como procedimento técnico a pesquisa bibliográfica, ou revisão de literatura, para a definição do estado da arte, cujo desenvolvimento é realizado a partir de material já elaborado, formado principalmente por livros e artigos científicos, e que pode fornecer dados atuais e relevantes acerca do tema estudado (MARCONI; LAKATOS, 2003; GIL, 2007).

Segundo Cronin, Ryan e Coughlan (2008), existem dois tipos de revisão de literatura: i) a revisão de literatura narrativa, onde o autor sintetiza e descreve conclusões a respeito de uma área de estudos a partir de conhecimentos relevantes, sem especificar os critérios de seleção das fontes para o leitor; e, ii) a revisão sistemática de literatura, cuja abordagem adotada segue um rigoroso estabelecimento de critérios para identificar, criticar, avaliar e sintetizar o estado da arte de um campo científico. Em consonância com os objetivos desta pesquisa, utilizou-se a segunda técnica descrita.

A confiabilidade e validade da revisão sistemática são conferidas a partir da apresentação precisa do protocolo adotado para realiza-la (SOUZA; GUARNIERI; CARVALHO, 2017). Para tanto, assumiu-se o protocolo proposto por Cronin, Ryan e Coughlan (2008), descrito em cinco etapas: i) formulação da pergunta de pesquisa; ii) definição dos critérios de inclusão e exclusão; iii) seleção e acesso de literatura; iv) avaliação da qualidade da literatura incluída na revisão; e, v) análise, síntese e disseminação dos resultados.

As seções seguintes contemplam os desdobramentos de cada uma das etapas do protocolo de revisão sistemática adotado. Cabe ressaltar que a metodologia aqui descrita, bem como os resultados apresentados e discutidos, diz respeito ao

procedimento de revisão de literatura exclusivamente, e não a esta monografia como um todo.

2.2.1. Formulação da questão de pesquisa

Essa revisão sistemática de literatura teve-se a responder a seguinte pergunta de pesquisa: Quais são e o que abordam os estudos atuais relacionados ao conceito ou a prática da logística reversa para os resíduos eletroeletrônicos no mundo?

2.2.2. Estabelecimento de critérios de inclusão e exclusão

Como critérios de inclusão e exclusão definiu-se:

- a) *Período de publicação*: Foram considerados, para os fins desta pesquisa, apenas as publicações dos últimos cinco anos, isto é, publicadas entre 2012 e 2017, com o objetivo de obter resultados significativos a respeito da produção literária recente, para traçar um panorama do nível das discussões sobre o tema.
- b) *Tipo de publicação*: Apenas artigos científicos publicados em periódicos (*journals*) ou anais de eventos (*conference proceedings*), nacionais ou internacionais, foram incluídos na revisão. Deste modo, acredita-se garantir a validade técnica e metodológica das pesquisas incluídas neste estudo.
- c) *Idioma de publicação*: Visto que esta revisão objetiva identificar o estado da arte em nível mundial, foram considerados artigos publicados em língua inglesa, portuguesa ou espanhola.
- d) *Base científica*: Os artigos incluídos nesta revisão foram buscados na base *Scopus*, da editora Elsevier. A *Scopus* é a maior base de dados de citações e resumo de literatura revisada por pares do mundo, que inclui cerca de 64 milhões de registros, de mais 21.500 periódicos indexados de várias áreas do conhecimento (aspecto fundamental, tendo em vista a natureza multidisciplinar do objeto de estudos desta revisão), além de 7,5 milhões de artigos de conferências.

- e) *Palavras-chave*: Para a busca dos artigos na base *Scopus*, foram empregadas as palavras-chave em língua inglesa “*reverse logistics*”, “*electronic waste*” e “*electrical waste*” (“logística reversa”, “lixo eletrônico” e “lixo elétrico”, respectivamente) combinadas entre si com o operador booleano “*and*” (“e”), da seguinte maneira: “*reverse logistics AND electronic waste*” e “*reverse logistics AND electrical waste*”.
- f) *Localização das palavras-chave*: Delimitou-se a busca das palavras-chave empregadas ao título, *abstract* (resumo) e palavras-chave dos artigos. Acredita-se que, dessa forma, os resultados da busca sejam mais restritos ao escopo da pesquisa.

2.2.3. Seleção e acesso de literatura

Respeitando os critérios de inclusão e exclusão enumerados na seção anterior, foram realizadas duas buscas distintas na base *Scopus*, uma para cada combinação de palavras-chave, mantendo-se inalterados os demais critérios configurados no mecanismo de busca da base.

A quantidade de artigos retornados como resultado das buscas é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 – Quantidade de artigos encontrados na base *Scopus*.

| Descritores | Resultados |
|--|------------|
| reverse logistics AND electronic waste | 97 |
| reverse logistics AND electrical waste | 53 |
| Total | 150 |

Fonte: Autoria própria.

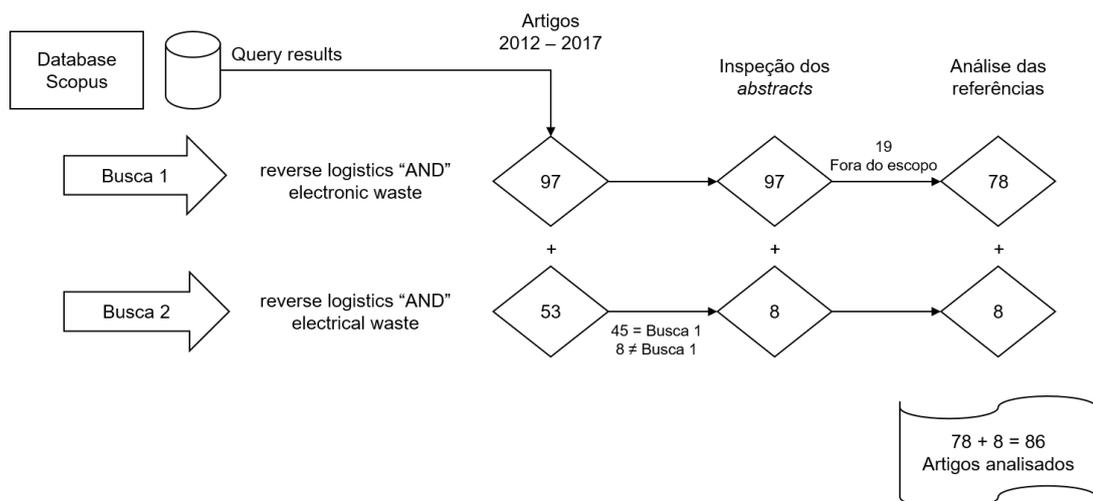
2.2.4. Avaliação da qualidade da literatura incluída na revisão

A partir dos resultados obtidos nas buscas (150), foi realizada uma avaliação subjetiva dos artigos, para classificá-los segundo sua aderência ao escopo da revisão sistemática, com vistas a eliminar aqueles que não estivessem alinhados aos objetivos da pesquisa. Nesta etapa também foram eliminados artigos duplicados, isto é, que

retornaram em ambas as buscas, e artigos que, apesar de terem retornado através do mecanismo de busca da base, descumpriram algum critério de inclusão.

A Figura 5 ilustra o processo de avaliação da qualidade de literatura incluída na revisão.

Figura 5 – Processo de avaliação da qualidade da literatura.



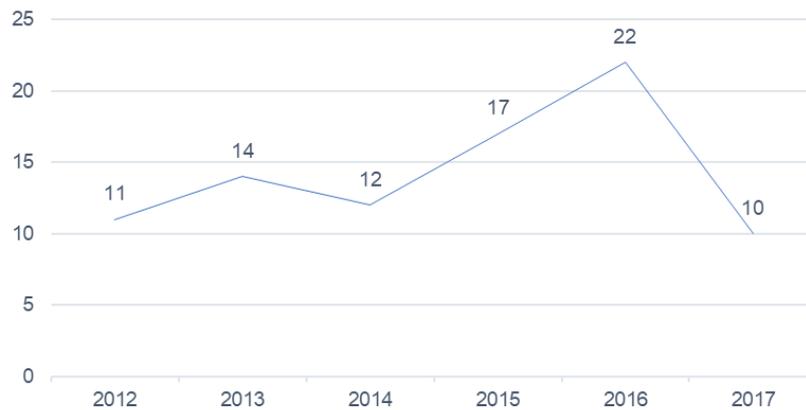
Fonte: Autoria própria.

Como observado na figura, após a avaliação da qualidade da literatura, foram incluídos 86 artigos científicos na revisão sistemática. Esse total foi, então, submetido à leitura aprofundada para coleta e análise dos dados. Os resultados encontrados são apresentados e discutidos na seção a seguir.

2.2.5. Análise, síntese e disseminação dos resultados

A produção literária internacional acerca da logística reversa de REEE observou uma tendência de crescimento no número de publicações nos últimos cinco anos, tendo alcançado seu ápice no ano de 2016, quando 22 artigos foram publicados. O Gráfico 1 ilustra a quantidade de artigos publicados no período de janeiro de 2012 a outubro de 2017.

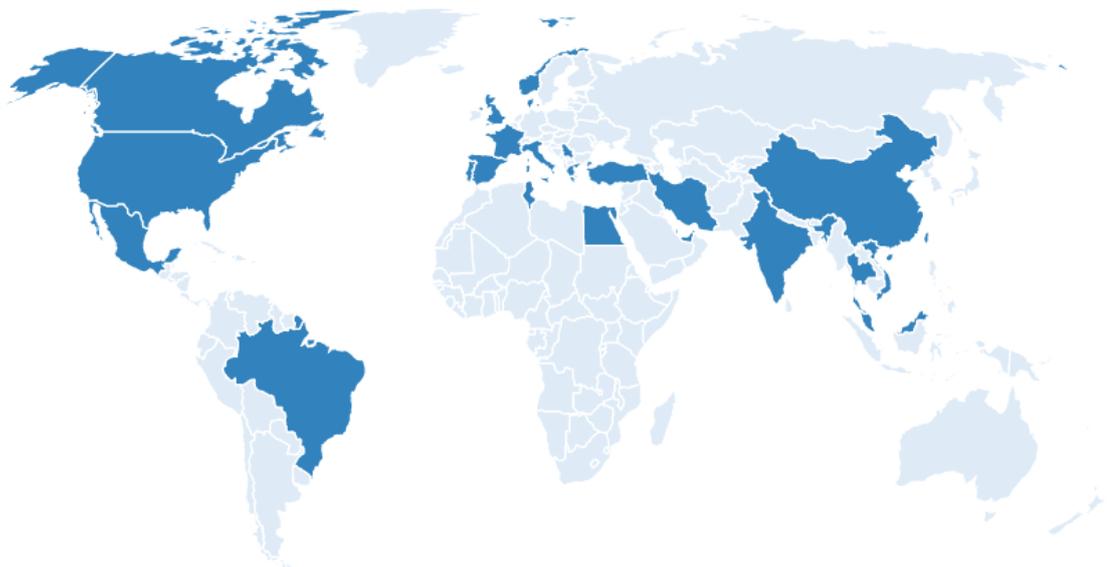
Gráfico 1 – Distribuição das publicações por ano de publicação.



Fonte: Autoria própria.

A origem desses estudos está distribuída por 25 países nas Américas, na Europa, na África e na Ásia (Figura 6). O Brasil figurou como o principal produtor de conhecimento do campo no mundo com 23 publicações, seguido pela China (19); Turquia (9); Índia (8); Estados Unidos (6); França, Irã, Malásia, México e Espanha (3); Dinamarca, Grécia, Noruega, Sérvia, Taiwan, Tailândia e Reino Unido (2); e, Canadá, Egito, Itália, Portugal, Catar, Tunísia, Emirados Árabes Unidos e Vietnã (1).

Figura 6 – Distribuição das publicações por país de origem.



Fonte: Autoria própria.

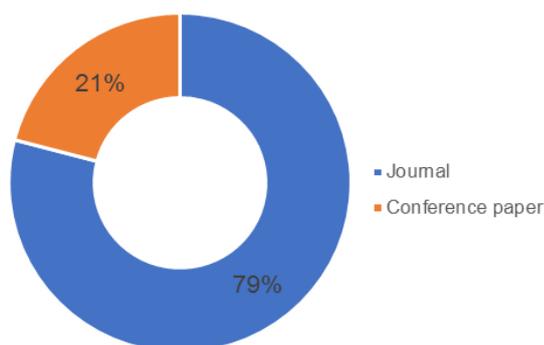
De acordo com a ONU (2017), China, Estados Unidos, Japão, Índia, Alemanha, Reino Unido, Brasil, Rússia, França e Indonésia figuram, respectivamente, como as dez economias que mais geraram este tipo de resíduo em 2016, em números absolutos por quilo/tonelada.

É relevante destacar que, com exceção de Japão, Alemanha, Rússia e Indonésia, os países citados no ranking tiveram publicações no período. Essa evidência pode apontar para uma relação entre o empenho da academia e a emergência do problema. Além disso, dos países enumerados na relação daqueles com publicações no período, apenas Irã, Tailândia, Egito, Malásia, Emirados Árabes Unidos, Tunísia e Catar não possuíam lei nacional que discorresse sobre a gestão de REEE vigente até janeiro de 2017.

Essa observação pode denotar certa relação entre a institucionalização da preocupação com a questão do lixo eletrônico, por meio de mecanismos legais e regulatórios nacionais, e a realização de pesquisas dedicadas ao estudo da logística reversa de REEE, seja para analisar, avaliar ou propor modelos de gestão, conforme será discriminado a diante.

Essa produção destina-se, em maioria, à publicação em periódicos científicos internacionais (79%), sendo o *journal* “*Resources, Conservation and Recycling*” o mais popular, com 11 publicações no período. Dentre os eventos, aquele com o maior número de publicações foi o “*International Conference on Management of Computational and Collective Intelligence in Digital Ecosystems*”. O Gráfico 2 ilustra a distribuição dos artigos por tipo de publicação.

Gráfico 2 – Distribuição dos artigos por tipo de publicação.



Fonte: Autoria própria.

É válido ressaltar a variedade de áreas do conhecimento às quais pertencem os periódicos e eventos científicos cujos estudos incluídos na revisão foram publicados. Essa observação é um indicativo de que a preocupação com a questão dos REEE impacta e é impactada de inúmeras maneiras – social, ambiental, tecnológica, gerencial, economicamente, etc. –, de modo que sua análise e solução pode se originar a partir de diferentes abordagens teóricas, mas também, além disso, do diálogo entre elas.

Ao todo, foram encontrados artigos publicados em 40 periódicos e 14 eventos científicos diferentes, cuja listagem segue relacionada no Quadro 4.

Quadro 4 – Relação de periódicos e eventos científicos.

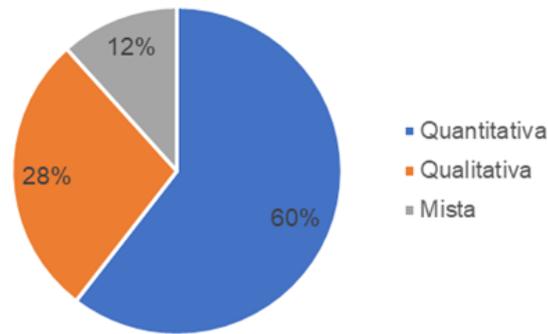
| Periódicos |
|--|
| Resources, Conservation and Recycling |
| Advanced Materials Research |
| Waste Management |
| Applied Mechanics and Materials |
| Journal of Cleaner Production |
| International Journal of Logistics Systems and Management |
| International Journal of Supply Chain Management |
| Revista Espacios |
| Ambiente & Sociedade |
| Annals of Operations Research |
| Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics |
| Chemical Engineering Transactions |
| Computación y Sistemas |
| Computers and Industrial Engineering |
| Contaduría y Administración |
| Environment, Development and Sustainability |
| Expert Systems with Applications |
| FME Transactions |
| Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal |
| Information Systems and Operational Research |
| International Journal of Business Performance and Supply Chain Modelling |
| International Journal of Computational Intelligence Systems |
| International Journal of Computer Integrated Manufacturing |
| International Journal of Environment and Sustainable Development |
| International Journal of Environment and Waste Management |
| International Journal of Integrated Supply Management |

| |
|---|
| International Journal of Logistics Management |
| International Journal of Management Science |
| International Journal of Production Research |
| Journal Heuristics |
| Journal of Environmental Biology |
| Journal of Industrial Ecology |
| Journal of Mechanical Design |
| Progress in Industrial Ecology - An International Journal |
| Revista de Gestão Social e Ambiental |
| Supply Chain Forum: An International Journal |
| Sustainability |
| Systemic Practice and Action Research |
| WIT Transactions on Ecology and the Environment |
| Yugoslav Journal of Operations Research |
| Eventos científicos |
| International Conference on Management of Computational and Collective Intelligence in Digital Ecosystems |
| International Conference on Computational Intelligence and Security |
| International Conference on Information Technology and Quantitative Management |
| Electronics Goes Green 2016+ |
| International Conference of Logistics Engineering and Management |
| International Conference on Cognitive Infocommunications |
| International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing |
| International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management |
| International Conference on Industrial Engineering and Operations Management |
| International Conference on Information Systems, Logistics and Supply Chain |
| International Conference on Intelligent Transportation Systems |
| International Conference on Logistics, Informatics and Service Sciences |
| International Conference on Management of Emergent Digital EcoSystems |
| International Conference on Product Lifecycle Management |

Fonte: Autoria própria.

Quanto à abordagem, as pesquisas quantitativas apresentaram maior frequência, correspondendo a 60% do total analisado, enquanto as qualitativas foram referidas em 28% dos estudos e aquelas de abordagem mista em 12%. O Gráfico 3 ilustra a distribuição.

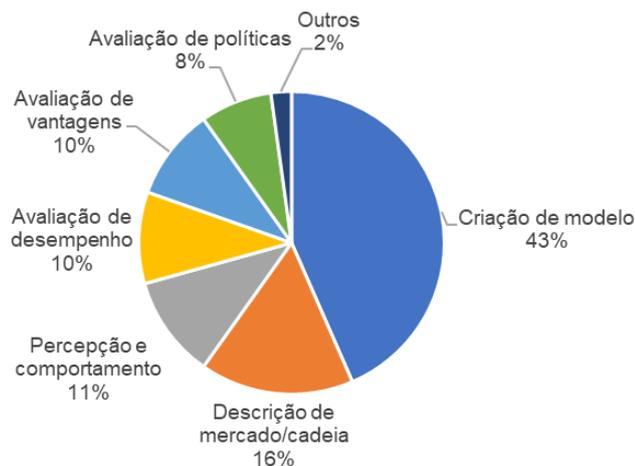
Gráfico 3 – Distribuição das publicações por abordagem.



Fonte: Autoria própria.

A predominância quantitativa pode estar relacionada com a distribuição das publicações com base no objetivo, uma vez que 43% destas dedicam-se à criação de modelos de estruturação, gestão e otimização de cadeias de logística reversa sendo que, para isso, utilizam métodos analíticos e matemáticos essencialmente quantitativos. O Gráfico 4 ilustra a distribuição das publicações com base no objetivo.

Gráfico 4 – Distribuição das publicações com base no objetivo.



Fonte: Autoria própria.

A predominância quantitativa pode estar relacionada com a distribuição das publicações com base no objetivo, uma vez que 43% destas dedicam-se à criação de modelos de estruturação, gestão e otimização de cadeias de logística reversa sendo

que, para isso, utilizam métodos analíticos e matemáticos essencialmente quantitativos. O Gráfico 4 ilustra a distribuição das publicações com base no objetivo.

Com base nos objetivos atestados nas publicações incluídas na revisão, os artigos foram agrupados em 7 categorias (avaliação de desempenho, avaliação de políticas, avaliação de vantagens, criação de modelo, descrição de mercado/cadeia, percepção e comportamento do consumidos e outros). Vale ressaltar que alguns estudos puderam ser classificados em mais de uma categoria. O Quadro 5 relaciona os autores dos artigos com base nessa classificação.

Quadro 5 – Relação de autores com base na categorização dos artigos.

| Categoria | Autores |
|-----------------------------|--|
| Criação de modelo | Paes et al. (2016); Kannan et al. (2016); Xu et al. (2017); Ghisolfi et al. (2016); Shokouhyar e Aalirezai (2017); Sathish et al. (2017); Souza et al. (2016); Qiang e Zhou (2016); Liu et al. (2016); Yu e Solvang (2016); Tadić et al. (2016); Ayvaz, Bolat e Aydin (2015); Siri, Mendis e Repetto (2015); Aras et al. (2015); Elbadrawy, Moneim e Fors (2015); Santos e Marins (2015); Dhib et al. (2015); Kilic, Cebeci e Ayhan (2015); Yanik (2015); Tari e Alumur (2014); Sun e Zhang (2014); Tepe et al. (2014); Zhang e Ma (2014); Mendonça et al. (2014); Ayvaz e Bolat (2014); López et al. (2014); Shokohyar e Mansour (2013); Huang (2013); Yu e Solvang (2013); Donmez e Turkay (2013); Mar-Ortiz, González-Velarde e Adenso-Díaz (2013); Mar-Ortiz, González-Velarde e Adenso-Díaz (2012); Achilles et al. (2012); Moussiopoulos et al. (2012); Dat et al. (2012); Assavapokee e Wongthatsanekorn (2012); Guo, Huang e Yang (2015); Djikanovic e Vujosević (2016); Fernando e Tew (2016); Liu, Zhang e Jin (2014). |
| Descrição de mercado/cadeia | Caiado et al. (2016); Chen et al. (2016); Scur e Barbosa (2016); Alvarez-de-los-Mozos e Renteria (2017); Gutierrez et al. (2017); Cao et al. (2016); Sirisawat et al. (2015); Silva et al. (2016); Ma e Chen (2014); Zhao (2013); Aquino et al. (2013); Quariguasi e Van Hassenhove (2013); Kumar (2017); Ou e Shi (2013); Jiang e Xu (2012). |
| Percepção e comportamento | Moura et al. (2017); Jafari, Heydari e Keramati (2015); Beleya, Abu Bakar e Chelliah (2017); Wilson et al. (2016); Kouchan et al. (2016); Dixit e Badgaiyan (2016); Dixit e Vaish (2015); Dixit e Vaish (2013); Agarwal, Barari e Tiwari (2012); Kumar (2017). |
| Avaliação de desempenho | Beleya, Abu Bakar e Chelliah (2017); Bouzon et al. (2016); Sirisawat et al. (2015); Silva et al. (2016); Gu, Zhang e Wei (2015); Khor e Udin (2013); Sun, Chen e Xue (2013); Fan e Yang (2012); Ravi (2012). |
| Avaliação de vantagens | Neto, Correia e Schroeder (2017); Yang e Wu (2016); Musser et al. (2017); Demajorovic, Augusto e Souza (2016); Araújo et al. (2015); Campos, Fonseca e Morais (2014); Keh et al. (2012); Andiç, Yurt e Baltacioğlu (2012); Zhang (2013). |

| | |
|------------------------|--|
| Avaliação de políticas | Ghisolfi et al. (2016); Lima et al. (2016); Liu et al. (2016); Correia, Neto e Silva (2015); Silva et al. (2015); Sant'anna, Machado e Brito (2014); Pimentel et al. (2013). |
| Outros | Barboza et al. (2015); Chung, Kremer e Wysk (2014). |

Fonte: Autoria própria.

Os artigos incluídos na categoria “Criação de modelo” visam a criação de modelos de estruturação, gestão e otimização de cadeias de logística reversa para REEE. Essas pesquisas valem-se de modelos matemáticos para a programação de cadeias otimizadas de gestão dos resíduos, sendo o MILP, do inglês *mixed integer linear programming* ou programação inteira linear mista, o mais corrente, utilizado em 8 estudos. Ao total, foram encontrados 16 modelos distintos, cuja principal contribuição é fornecer diretrizes para a minimização dos custos ou do impacto ambiental, ou ainda para a maximização dos benefícios ou do montante de lixo reciclado, por exemplo.

A categoria “Descrição de mercado/cadeia” inclui artigos que objetivam descrever mercados em regiões específicas ou cadeias de logística reversa de REEE já implantadas. Essas pesquisas são, majoritariamente, estudos de caso que analisam os esforços empenhados por diferentes atores (governo, fabricantes, consumidores, operadores, etc.) ao longo da cadeia. A principal contribuição dos artigos classificados nesta categoria é a disseminação de práticas que podem ser reproduzidas em outros contextos e que favorecem a expansão de sua adoção.

As pesquisas dedicadas ao estudo do comportamento dos geradores dos resíduos, isto é, os usuários dos equipamentos eletroeletrônicos, em relação à sua reinserção na cadeia produtiva foram incluídas na categoria “Percepção e comportamento”. Predominantemente quantitativos, estes artigos valem-se de instrumentos do tipo *survey* para a coleta de dados e contribuem fortemente com conhecimento sobre aspectos demográficos, de comportamento de consumo e de intenção de venda ou reciclagem dos bens após o final da vida útil.

Há, também, pesquisas que se dedicam à avaliação da eficiência e da eficácia de sistemas de logística reversa para REEE. Estudos como esses, normalmente qualitativos, contribuem para a identificação de falhas e gargalos nas cadeias com análises dos aspectos que desafiam à gestão dos resíduos e que podem estar

relacionadas a diferentes fatores, como tecnologia, governança dos processos da cadeia de suprimentos, economia, conhecimento técnico, políticas e mercado.

Por outro lado, existem artigos cujo objetivo se reserva à avaliação dos benefícios e impactos econômicos, sociais e/ou ambientais da implantação de cadeias de logística reversa de REEE, inclusive propondo comparações entre diferentes atores e técnicas e instrumentos de gestão. Seus achados ressaltam à importância da logística reversa dos resíduos e como organizações, governos e mercados podem viabilizá-la.

Outro aspecto ao estudo da logística reversa de REEE que também é considerado nas pesquisas da área são os fatores legais e políticos que a influenciam ou são influenciados por ela. Esses artigos analisam as medidas adotadas por governos de diferentes países para implantar e controlar o gerenciamento dos resíduos. Esses estudos contribuem para o *benchmarking* de práticas institucionalizadas, para a avaliação da eficiência e da eficácia de políticas e para o nivelamento dos avanços nacionais nas questões referentes ao lixo eletrônico.

Por fim, a categoria “Outros” compreende artigos que não compartilham dos objetivos de nenhuma outra categoria. Os artigos incluídos nesta categoria discorrem acerca, respectivamente, de funcionalidades de sistemas de informação para o processo operacional de logística reversa de REEE e das consequências de métodos de desenvolvimento de *design* modular no ciclo de vida dos equipamentos.

Essa categorização representa um indicador do teor das discussões acadêmicas acerca do tema, tanto em relação à diversidade dos objetivos que as norteiam, quanto à sua distribuição. Como se pôde observar, existe uma tendência considerável para estudos dedicados à criação de modelos, o que pode ser justificado pela recenticidade da emergência da problemática, isto é, o nível de maturidade e conhecimento existente sobre a gestão da logística reversa de REEE.

A Figura 7 ilustra a nuvem de palavras gerada com os objetivos atestados nos artigos. A nuvem de palavras é uma análise lexical simples que possibilita a identificação de co-ocorrência de termos em um rol de palavras (CAMARGO; JUSTO, 2013), neste caso dos objetivos dos artigos.

3 MÉTODOS E TÉCNICAS DE PESQUISA

Segundo Gil (2007), a ciência objetiva fundamentalmente explorar a veracidade dos fatos, distinguindo-se de outras formas de conhecimento pela dotação da verificabilidade, sendo o método, por sua vez, o conjunto de procedimentos intelectuais e técnicos adotados para se atingir o conhecimento que possibilita sua verificação e atesta sua validade.

Neste capítulo, discorre-se sobre os métodos e técnicas de pesquisa empregados de modo a garantir que os objetivos desta investigação sejam alcançados fidedigna e eficientemente, organizados em cinco seções previamente definidas: o tipo e a descrição geral da pesquisa; a caracterização da organização, setor ou área; população e amostra; caracterização dos instrumentos de pesquisa; e, por fim, os procedimentos de coleta e análise de dados.

3.1. Tipo e descrição geral da pesquisa

O processo de investigação científica vale-se de métodos cuja finalidade reside na construção de bases lógicas de investigação ou no esclarecimento dos procedimentos técnicos utilizados (GIL, 2007). Os primeiros indicam a linha de raciocínio adotada na investigação e dividem-se em: i) dedutivo; ii) indutivo; iii) hipotético-dedutivo; iv) dialético; e, v) fenomenológico (SILVA; MENEZES, 2005; GIL, 2007).

De acordo com Gil (2007), a adoção de uma ou outra base lógica de investigação está relacionada a vários fatores, como a natureza do objeto que se pretende pesquisar, os recursos materiais disponíveis e, sobretudo, a inspiração filosófica do pesquisador. A linha de raciocínio adotada nesta pesquisa prescreve o método indutivo, que julga a fundamentação do conhecimento na experiência e descarta princípios preestabelecidos, derivando generalizações de observações de casos concretos da realidade (SILVA; MENEZES, 2005).

Em relação aos métodos de indicação dos meios técnicos de investigação, Marconi e Lakatos (2003) apontam que os critérios para a classificação do tipo de pesquisa variam de acordo com o enfoque dado pelo autor, obedecendo a interesses, condições, campos, metodologia, situações, objetivos, objetos de estudo, etc.

Neste sentido, sob a ótica da sua finalidade, isto é, a motivação da pesquisa social – que pode ser de ordem intelectual ou pragmática (GIL, 2007) –, este estudo classifica-se como pesquisa aplicada, uma vez que objetiva produzir conhecimento para aplicação prática dirigida à solução de uma problemática específica e envolve verdades e interesses locais (SILVA; MENEZES, 2005).

Quanto ao seu nível ou objetivo, esta pesquisa é classificada como exploratória e descritiva. A pesquisa exploratória tem como objetivo proporcionar maior esclarecimento do fenômeno investigado e desenvolver, compreender e modificar conceitos e ideias, visando a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses para futuras pesquisas (ACEVEDO; NOHARA, 2010; GIL, 2007). A pesquisa descritiva, por sua vez, tem como finalidade a descrição de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de variáveis (GIL, 2007). Acevedo e Nohara (2010) acrescentam que a pesquisa descritiva não intenta explicar o fenômeno investigado, somente descrevê-lo, e constitui base fundamental para pesquisas de natureza explicativa.

Do ponto de vista da abordagem ao problema, este estudo emprega técnicas de pesquisa de caráter qualitativo e quantitativo. A pesquisa qualitativa baseia-se na premissa de que existe um vínculo indissociável entre o sujeito e o meio em que ele está inserido, que não pode ser traduzido em números, enquanto que a pesquisa quantitativa considera que tudo é quantificável (SILVA; MENEZES, 2005). Segundo Creswell (2010), a abordagem mista, de concepção pragmática, parte da premissa de que a coleta de dados qualitativos e quantitativos proporciona um maior esclarecimento para o problema de pesquisa.

A abordagem mista tem início com um amplo levantamento, cujos resultados permitem uma análise abrangente do fenômeno estudado, e, em seguida, concentra-se na coleta de informações qualitativas junto aos indivíduos por meio de instrumentos específicos (CRESWELL, 2010).

Seguindo a lógica, esta pesquisa adota como procedimentos técnicos: i) a documentação indireta, caracterizada pelo levantamento de dados com o propósito de reunir informações prévias sobre o campo de interesse, podendo configurar-se como pesquisa documental (fontes primárias, realizada com material sem tratamento analítico) ou pesquisa bibliográfica (fontes secundárias); e, ii) o questionário, uma técnica de interrogação direta constituída pela coleta de dados por meio de um

conjunto ordenado de perguntas respondidas por escrito, sem a presença do pesquisador (SILVA; MENEZES, 2005; MARCONI; LAKATOS, 2003).

Por fim, como técnica de tratamento dos dados foi adotada a estatística descritiva e a análise de conteúdo, que se configura como

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando a obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens (BARDIN, 2011, p. 47).

Os procedimentos técnicos de coleta e análise dos dados foram analisados detalhadamente em seções posteriores. O Quadro 6 apresenta a síntese do esquema tipológico da metodologia deste estudo.

Quadro 6 – Esquema tipológico da pesquisa.

| Aspectos metodológicos | Tipologia |
|--|--|
| Base lógica de investigação | Método indutivo |
| Finalidade | Pesquisa aplicada |
| Nível de pesquisa | Pesquisa exploratória e descritiva |
| Abordagem ao problema de pesquisa | Abordagem mista (qualitativa e quantitativa) |
| Técnica de coleta de dados | Documentação indireta e questionário |
| Técnica de tratamento dos dados | Análise de conteúdo |

Fonte: Autoria própria

3.2. Caracterização do setor

A cadeia produtiva de revalorização dos resíduos de pós-consumo e pós-venda de equipamentos eletroeletrônicos no Brasil envolve desde os fabricantes até os recicladores, isto porque, graças ao advento da PNRS, dos mecanismos legais estaduais e das iniciativas promovidas por entidades representativas, a responsabilidade pelo gerenciamento é compartilhada. Logo, caracterizar o setor implica, necessariamente, em analisar o papel e o desempenho de cada um dos atores componentes do sistema.

Pensando na lógica direta do fluxo de materiais em uma cadeia de suprimentos, os fabricantes e importadores de equipamentos eletroeletrônicos desempenham o papel de abastecimento do mercado e, por isso, seu comportamento é um indicador do setor como um todo. Deste modo, o crescimento no faturamento da indústria de eletroeletrônicos observado nos últimos anos prediz um aumento do volume no fluxo de bens e recursos financeiros na cadeia.

De acordo com ABINEE (2018), a receita do setor elétrico e eletrônico cresceu 5% no ano de 2017, se comparado com 2016, alcançando R\$ 136 bilhões, ao passo em que capacidade produtiva do setor aumentou de 71% para 77%, no mesmo período, e o número de trabalhadores subiu de 232,8 mil no final de 2016, para 234,2 mil em dezembro de 2017.

Os bens de consumo representam parte considerável do incremento no faturamento do setor. As vendas de smartphones e notebooks contribuíram em 10% e 21%, respectivamente, para o aumento das áreas onde são considerados (telecomunicações e informática).

O escoamento desses bens ocorre, principalmente, por intermédio do comércio, por meio de grandes redes do varejo, distribuidoras, e-commerce, entre outras (ABDI, 2012). Segundo a Empresa Brasileira de Comunicação – EBC (2018), as vendas do setor de eletroeletrônicos representam 3,34% do Produto Interno Bruto – PIB brasileiro e apresentaram um crescimento de 14,6% no primeiro semestre de 2018 em relação ao mesmo período do ano anterior.

Os consumidores, por sua vez, representam o ponto de inflexão na sequência natural da cadeia. Se, por um lado, eles marcam o término do fluxo logístico direto, por outro, representam o ponto inicial do fluxo logístico reverso. Após a compra ou consumo dos bens, esses atores os transformam em resíduo e, por isso, são os responsáveis pelo início do processo de revalorização.

Neste sentido, quanto maior for o consumo, maior será o volume de lixo produzido. No Brasil, segundo dados da ONU (2014), a produção de REEE per capita, em 2014, foi de 7,0 kg/hab.

Por fim, existem os indivíduos que atuam na coleta e na reciclagem dos resíduos, constituídos, principalmente, como empresas de pequeno porte e cooperativas de catadores (ABDI, 2012). A ABDI (2012) estima que existam 600.000

catadores e 94 unidades recicladoras do Brasil, dedicados à coleta, triagem, pré-processamento, reaproveitamento e descarte dos REEE.

Essas organizações abastecem a cadeia reversa com os bens de pós-consumo e pós-venda e/ou seus componentes passíveis de revalorização. Contudo, o setor carece de estabilidade no fornecimento de insumos em virtude da alta informalidade da coleta, das barreiras logísticas e da escalabilidade reduzida, o que dificulta a aquisição de investimentos em tecnologias de ponta.

3.3. População e amostra

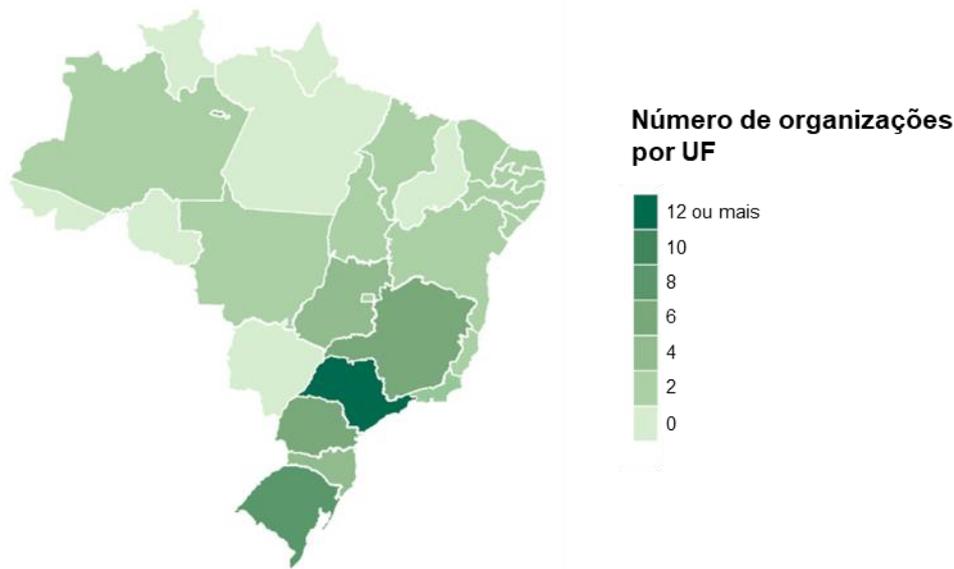
De acordo com Marconi e Lakatos (2003), a população, ou universo, compreende todos os indivíduos do grupo ou da comunidade estudada. Deste modo, configura-se como a população desta pesquisa todas as organizações (empresas, cooperativas, organizações da sociedade civil de interesse público e organizações não-governamentais) atuantes na cadeia de revalorização de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos.

Embora existam diversas associações e entidades dedicadas à representação de organizações que desempenham diferentes atividades referentes à gestão de RSU (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE, Associação Brasileira de Resíduos Sólidos e Limpeza Pública – ABLP, Associação Brasileira de Reciclagem e Inovação – ABRIN, Compromisso Empresarial para Reciclagem – CEMPRES, Associação Brasileira de Reciclagem de Eletroeletrônicos e Eletrodomésticos – ABREE, Associação Brasileira de Indústria Elétrica e Eletrônica – ABINEE, Ministério do Meio Ambiente – MMA, Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI, entre outras) não foi encontrado nenhum repositório ou base de dados, de qualquer esfera (municipal, estadual ou nacional), que reúna informações acerca dos atores do referido ecossistema.

Vale ressaltar que as buscas empenhadas junto às associações e entidades citadas anteriormente restringiram-se às informações dispostas em suas páginas na internet. Não houveram tentativas formais de contato através de outros meios de comunicação ou, até mesmo, presencialmente, para verificação da existência e disponibilidade de dados das organizações para mapeamento.

Portanto, para definição da população de pesquisa e atingimento de seu segundo objetivo específico, foi realizado um mapeamento nacional de organizações que atuam na logística reversa de resíduos eletroeletrônicos (Figura 8).

Figura 8 – Distribuição da população de organizações mapeadas pelo território brasileiro.



Fonte: Autoria própria

Este levantamento foi realizado por meio da ferramenta de busca de geolocalização do *Google Maps*. Na plataforma *web*, buscou-se o termo “reciclagem de resíduos eletroeletrônicos”, com o filtro “buscar nesta área” ativado, em todas as Unidades da Federação. O procedimento retornou 63 resultados em 20 estados brasileiros e no Distrito Federal, cuja distribuição está estratificada na Tabela 3.

Tabela 3 – Número de organizações mapeadas por Unidade da Federação.

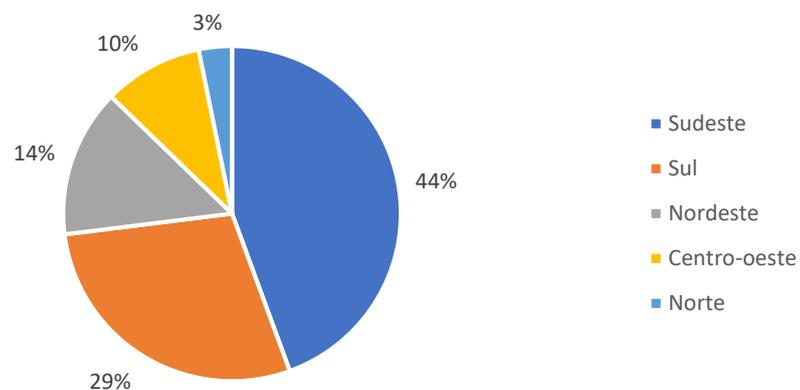
| Unidade da Federação | Frequência | % |
|----------------------|------------|-------|
| São Paulo | 18 | 28,6% |
| Minas Gerais | 7 | 11,1% |
| Rio Grande do Sul | 7 | 11,1% |
| Paraná | 7 | 11,1% |
| Goias | 4 | 6,3% |

| | | |
|---------------------|-----------|-------------|
| Santa Catarina | 4 | 6,3% |
| Rio de Janeiro | 2 | 3,2% |
| Rio Grande do Norte | 2 | 3,2% |
| Alagoas | 1 | 1,6% |
| Amazonas | 1 | 1,6% |
| Bahia | 1 | 1,6% |
| Ceará | 1 | 1,6% |
| Distrito Federal | 1 | 1,6% |
| Espírito Santo | 1 | 1,6% |
| Maranhão | 1 | 1,6% |
| Mato Grosso | 1 | 1,6% |
| Paraíba | 1 | 1,6% |
| Pernambuco | 1 | 1,6% |
| Sergipe | 1 | 1,6% |
| Tocantins | 1 | 1,6% |
| Total | 63 | 100% |

Fonte: Autoria própria

Os dados apontaram que 73% das organizações que atuam na logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos estão localizadas nas regiões Sul e Sudeste do país, estando 28,6% delas apenas no estado de São Paulo. O Gráfico 5 ilustra a distribuição das organizações por região.

Gráfico 5 – Distribuição das organizações mapeadas por região do Brasil.

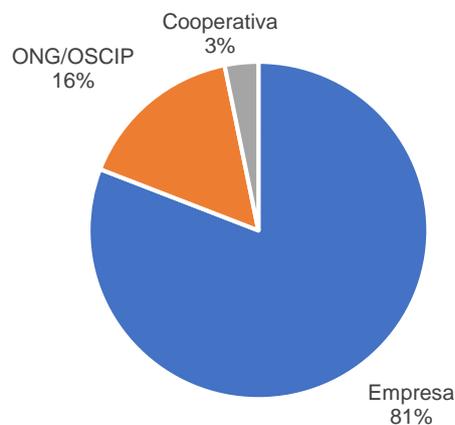


Fonte: Autoria própria

Uma terceira explicação diz respeito ao contingente populacional dessas regiões. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2017), atualmente, São Paulo (1º), Minas Gerais (2º), Rio de Janeiro (3º), Bahia (4º), Rio Grande do Sul (5º) e Paraná (6º) são os estados brasileiros com maior população e, por consequência, os maiores geradores de REEE, assumindo uma média nacional de quilograma de lixo por habitante. Com exceção da Bahia, estes estados são, também, aqueles com o maior número de organizações mapeadas, necessárias para escoar o volume de resíduos gerados.

No que tange à classificação da atividade das organizações mapeadas vale destacar que elas não se restringem exclusivamente a empresas privadas que visam lucro, embora representem maioria considerável delas (81%). Além destas, existem também as organizações não-governamentais (ONGs) e organizações da sociedade civil de interesse público (OSCIP), que correspondem à 15,2% da população, e as cooperativas que somam apenas 3,2% do total (Gráfico 6).

Gráfico 6 – Distribuição das organizações mapeadas por classificação de atividade.



Fonte: Autoria própria

Com as informações disponíveis no *Google Maps* e nas respectivas páginas e redes sociais das organizações, foram coletados seus dados de contato (endereço, telefone e e-mail), graças aos quais foi possível contatá-las para convite à participação na pesquisa.

Ao final, obteve-se resposta de 12 organizações (19,04%), dentre as quais apenas 10 (15,87%) concordaram em participar do estudo respondendo ao questionário, que compuseram o conjunto amostral. Dessa forma, a amostra se caracteriza com base nos critérios de representatividade, acessibilidade e conveniência, visto que para participarem da pesquisa as empresas devem atuar no segmento envolvido no fenômeno da pesquisa, devem aceitar participar da pesquisa e também, ser acessíveis via telefone e e-mail, considerando que o objetivo é mapear as práticas de logística reversa em âmbito nacional.

As 10 organizações respondentes originam-se de 8 estados brasileiros: Espírito Santo (1), Paraná (1), Mato Grosso (1), Santa Catarina (1), Distrito Federal (1), Minas Gerais (1), Goiás (2) e São Paulo (2). Entre elas, 70% configuram-se como empresa privada, 20% como ONG/OSCIP e apenas 10% como cooperativa.

Por configurar um dos objetivos específicos desta pesquisa, a caracterização detalhada das organizações respondentes é apresentada e analisada na quarta seção, de “Resultados e Discussão”, na sequência.

3.4. Caracterização do instrumento de pesquisa

O instrumento de pesquisa utilizado neste estudo foi o questionário, cuja utilização envolve a abordagem direta aos indivíduos por meio dos quais o fenômeno ou comportamento estudado se manifesta (SILVA; MENEZES, 2005).

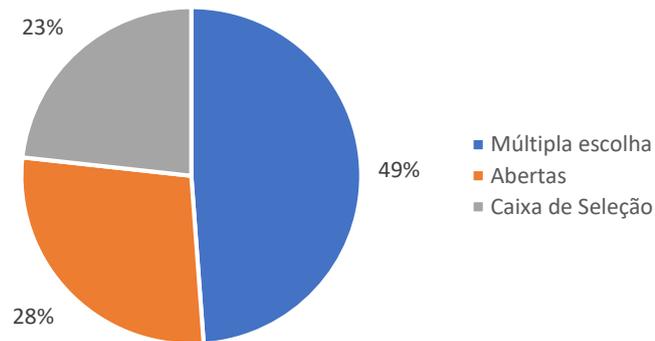
Gil (2007) aponta como vantagens desse mecanismo o conhecimento prático da realidade e a eficiência, agilidade e possibilidade de quantificação, que permite o emprego de tratamentos estatísticos. Como desvantagens do mesmo, Marconi e Lakatos (2003) citam a necessidade de homogeneização do universo de pesquisa e a impossibilidade de suporte ao respondente em questões incompreendidas.

Para tanto, utilizou-se a ferramenta de criação do *Google Forms* para geração do questionário (Apêndice A). A escolha da ferramenta deu-se pela facilidade de uso, em virtude de sua interface intuitiva e que possibilita co-criação por meio de compartilhamento, e variedade de formatos de perguntas sem nenhum custo. Além disso, o *Google Forms* facilita o gerenciamento da pesquisa através do monitoramento de respostas via e-mail.

O questionário foi composto por 43 perguntas de múltipla escolha (21), caixa de seleção (10) ou abertas (12), divididas em duas seções. O

Gráfico 7 apresenta a distribuição das perguntas por tipo de resposta.

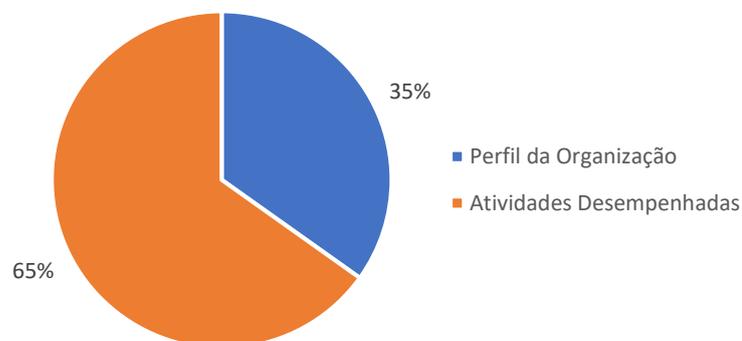
Gráfico 7 – Distribuição das perguntas por tipo de resposta.



Fonte: Autoria própria

Na primeira seção (15 perguntas), buscou-se identificar o perfil da organização com perguntas a respeito de sua estrutura e modelo de gestão, enquanto que, na segunda (28 perguntas), as perguntas voltaram-se para o levantamento de dados acerca das atividades desempenhadas pelas mesmas. O Gráfico 8 ilustra a composição do questionário em número de perguntas por seção.

Gráfico 8 – Composição do questionário em número de perguntas por seção.



Fonte: Autoria própria

As perguntas foram elaboradas pelo autor e, posteriormente, submetidas à avaliação por juízes para coleta de comentários e percepções de melhoria no que tange ao layout, tamanho e ambiguidade do instrumento, conforme sugerem Hill e Hill (1998). As modificações realizadas a partir dos *feedbacks* recebidos foram apresentadas no Quadro 7.

Quadro 7 – Modificações feitas no questionário após a avaliação por juízes.

| Questionário original | Questionário modificado com sugestão dos juízes | Justificativa |
|--|---|---|
| A primeira pergunta se referia a cidade em que a organização está localizada, seguida por aquelas que questionavam seu tipo e número de unidades. | A ordem das perguntas foi invertida, de que a primeira passou a questionar o tipo de organização, seguida pelo número de unidades e pela localização. | No questionário original, perguntar primeiramente sobre a localização e depois sobre o número de unidades poderia causar estranhamento ao respondente. |
| Na pergunta “Caso realize a cobrança, por favor descreva valores ou links para obter essa informação, e como ocorre a cobrança” não havia nenhuma referência ao formato de inserção do dado monetário respectivo aos valores cobrados. | A pergunta foi modificada do seguinte modo “Caso realize a cobrança, por favor descreva valores (R\$) ou links para obter essa informação, e como ocorre a cobrança”. | O formato sugerido visa especificar o dado obtido com a resposta a fim que não gere dúvidas nas etapas de análise. |
| Na pergunta “Selecione abaixo, qual(is) das atividades é(são) realizada(s) pela organização” não havia nenhuma definição de Upcycling, que compunha uma das opções. | A opção referente ao Upcycling foi modificada do seguinte modo: Upcycling (processo de recuperação que converte materiais desperdiçados/resíduos em novos materiais ou produtos com maior e/ou melhor qualidade e valor ambiental (GUARNIERI, 2010)). | O respondente pode não conhecer o termo e, por isso, não selecionar a opção, ainda que esta lhe caracterize uma das atividades realizadas pela organização. |
| Na pergunta “É a própria organização que destina os resíduos sem condição de revalorização à disposição final?” as únicas opções disponíveis eram sim e não. | A alternativa afirmativa foi modificada para “Sim, totalmente” e acrescentou-se a alternativa “Sim, parcialmente”. Manteve-se a alternativa “Não”. | É possível que a organização seja responsável apenas por parte do processo de destinação final. |
| Na pergunta “Em caso afirmativo, onde a disposição dos rejeitos é feita?” as opções disponíveis obedeciam ao formato de múltipla escolha, sendo permitido a opção por apenas uma das alternativas. | Alterou-se o formato das opções para caixa de seleção. | É possível que a organização utilize mais de um destino para a disposição dos resíduos. |
| Na pergunta “A organização utiliza algum sistema de | Acrescentou-se uma pergunta subsequente para questionar o | Não havia nenhuma pergunta cujo objetivo estivesse |

| | | |
|---|--|---|
| informação para o controle de entrada dos resíduos no ponto de tratamento?" as opções de resposta eram "Sim" e "Não". | sistema de informação utilizado, em caso afirmativo à pergunta anterior. | relacionado ao levantamento dos sistemas de informação gerenciais utilizados na gestão da logística reversa. |
| Não havia informação do tempo necessário para seu preenchimento. | Foi inserido na primeira página do questionário o tempo estimado de preenchimento (previsto em 7 minutos). | É necessário informar ao respondente o tempo que levará para responder o questionário, para mitigar o risco de que o mesmo inicie e não o finalize, devido à duração. |

Fonte: Autoria própria

Ao todo, cinco pessoas avaliaram o questionário e propuseram melhorias, dentre elas quatro professores e um(a) estudante de mestrado, selecionados por conveniência, mas visando alcançar indivíduos com experiência acadêmica e excelente senso crítico.

3.5. Procedimentos de coleta e análise de dados

Após a validação do questionário pelos juízes e levantamento das informações para contato das organizações mapeadas, foi enviado, via e-mail, o convite para participação na pesquisa no dia 21/05/2018. Nesta data foram disparados 54 e-mails, visto que algumas delas não possuíam correio eletrônico disponível para contato (com essas, houve tentativa de contato por meio telefônico posteriormente). Como estímulo à participação, foi oferecido aos respondentes uma versão eletrônica do livro "Logística Reversa: em busca do equilíbrio econômico e ambiental", da Professora Dr^a. Patricia Guarnieri, em forma de agradecimento pela colaboração.

Entre os dias 21/05 e 04/06/2018, 9 respostas foram recebidas, sendo que 1 delas foi negativa à participação. Nos dias 07 e 08/06/2018, houveram tentativas de contato telefônico com as organizações que, até então, não haviam se manifestado de maneira alguma, contudo, nenhuma nova resposta foi obtida. Entre os meses de junho e setembro, não houveram tentativas de contato para coleta de dados através do questionário, dedicando-se, desta forma, à coleta por documentação indireta.

Em 19/09/2018, o e-mail de convite à participação foi enviado novamente e, entre os dias 19 e 21/09/2018, houveram novas tentativas de contato via telefone e

por meio da página no Facebook das organizações, que resultou em três novas respostas, sendo 1 delas negativa à participação.

Devido a desatualização dos dados de contato das organizações na internet ou a indisponibilidade do provedor do serviço de correio eletrônicos das mesmas, cerca de 8% dos e-mails disparados foram devolvidos por não terem sido encontrados ou não poderem receber mensagens.

Além disso, foram recebidos dois retornos negativos à participação. Uma das organizações contrárias ao engajamento na pesquisa enviou uma resposta ao e-mail convite expondo sua frustração quanto ao exercício das atividades do setor em virtude das dificuldades e falta de apoio de empresas e do governo, como justificativa ao feedback negativo.

Todos os dados coletados através dos questionários foram tabulados e organizados em planilha eletrônica, no Microsoft Excel, e submetidos à análise quantitativa por meio de técnicas de estatística descritiva. A análise descritiva, segundo Reis e Reis (2002) faz-se mister para a relação, descrição e comparação dos comportamentos observados, permitindo a visualização de incongruências entre os resultados e as tendências esperadas.

Os dados qualitativos coletados tanto durante a aplicação do questionário, quanto em documentação indireta foram registrados e armazenados da mesma forma e submetidos à análise de conteúdo, que possibilita a compreensão das características, estruturas ou modelos relacionados aos fragmentos de mensagens obtidas durante a coleta (CÂMARA, 2013).

Quadro 8 – Relação entre os objetivos e os instrumentos de pesquisa e seção de apresentação.

| Objetivos | | Instrumento de pesquisa | Seção de apresentação |
|--------------|--|--|----------------------------------|
| Geral | Realizar um diagnóstico das práticas da logística reversa de resíduos eletroeletrônicos no Brasil, incluindo a existência de inovações na reciclagem de componentes em organizações brasileiras. | Revisão sistemática de literatura e questionário | Conclusões e recomendações – 5.1 |

| | | | |
|--------------------|---|--------------------------------------|------------------------------|
| Específicos | i. Realizar uma revisão sistemática da literatura acerca da logística reversa de REEE. | Revisão sistemática de literatura | Referencial teórico – 2.2 |
| | ii. Mapear empresas, cooperativas e organizações não-governamentais (ONGs) brasileiras que atuam na cadeia logística reversa de REEE. | Questionário | Resultados e discussão – 4.1 |
| | iii. Identificar quais são as práticas adotadas em tais organizações e como elas se desdobram ao longo da cadeia. | Questionário e documentação indireta | Resultados e discussão – 4.2 |
| | iv. Verificar a existência de inovações nos processos de reciclagem dos componentes. | Questionário e documentação indireta | Resultados e discussão – 4.3 |

Fonte: Autoria própria

As análises feitas a partir dos resultados intentam à consecução dos objetivos geral e específicos da pesquisa, enumerados nas seções anteriores. Deste modo, cabe retomá-los para melhor relacionar à aplicação dos instrumentos empregados aos resultados obtidos, afim de mensurar a eficácia dos achados frente ao proposto, conforme discorrido no Quadro 8.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção são apresentados os resultados encontrados com a coleta de dados por meio da aplicação de questionário e documentação indireta, bem como as análises e discussões dos achados com a literatura.

A presente seção foi organizada de acordo com os objetivos específicos do estudo. Na seção 4.1 elucida-se acerca do perfil das organizações, caracterizando seu modelo de atuação e estrutura operacional. Na seção 4.2 discorre-se a respeito das práticas operacionais, isto é, as atividades que desempenham ao longo da cadeia de revalorização do REEE. Por último, na seção 4.3, explana-se sobre a existência de inovações na reciclagem dos componentes, assim como as barreiras enfrentadas para tal.

4.1. Perfil das organizações

Das 63 unidades mapeadas, 10 concordaram em participar da pesquisa e responderam o questionário. Essas organizações estão sediadas em 8 estados brasileiros: Espírito Santo (1), Paraná (1), Mato Grosso (1), Santa Catarina (1), Distrito Federal (1), Minas Gerais (1), Goiás (2) e São Paulo (2). 70% delas configuram-se como empresas privadas, 20% como ONGs/OSCIPs e apenas 10% como cooperativas.

Inicialmente, as perguntas buscaram identificar seu porte e potencial de atendimento. Os resultados apontaram que nenhuma delas possui mais de unidade, contudo, sua abrangência não parece estar condicionada a isso, uma vez que 50% delas atestaram atender não apenas no município em que estão localizadas, mas em todo o estado. Uma porcentagem ligeiramente menor (40%) afirmou que seu raio de cobertura atende todo o território nacional, na medida em que exista demanda.

Em relação ao tempo de atividade, 50% das respondentes informaram que possuem mais de 8 anos de existência. Vale destacar que a Lei nº 12.305, que regulamentou a Política Nacional de Resíduos Sólidos, foi promulgada no ano de 2010, logo essas organizações são anteriores a ela. As demais distribuem-se nas faixas de 5 a 8 anos (20%), de 3 a 5 anos (10%) e de 1 a 3 anos (20%).

Um aspecto interessante é que, todas as organizações com mais de 8 anos estão localizadas em estados cuja lei de gerenciamento de resíduos sólidos estadual é anterior à própria PNRS – Espírito Santo, Distrito Federal, Goiás e São Paulo. Essa característica corrobora com a suposição de que a existência de mecanismos legais possa incentivar a atividade dos atores da cadeia de revalorização de resíduos.

Presumindo que exista uma relação entre a capacidade de atendimento e o número de colaboradores das organizações, foi levantado a quantidade de *headcount* presente nessas instituições. Os resultados estão descritos na Tabela 4.

Tabela 4 – Número de colaboradores nas organizações.

| Faixa | % |
|--------------------------------|-----|
| De 1 (um) a 5 (cinco) | 20% |
| De 5 (cinco) a 10 (dez) | 40% |
| De 10 (dez) a 20 (vinte) | 10% |
| De 20 (vinte) a 50 (cinquenta) | 30% |
| Mais de 50 (cinquenta) | 0% |

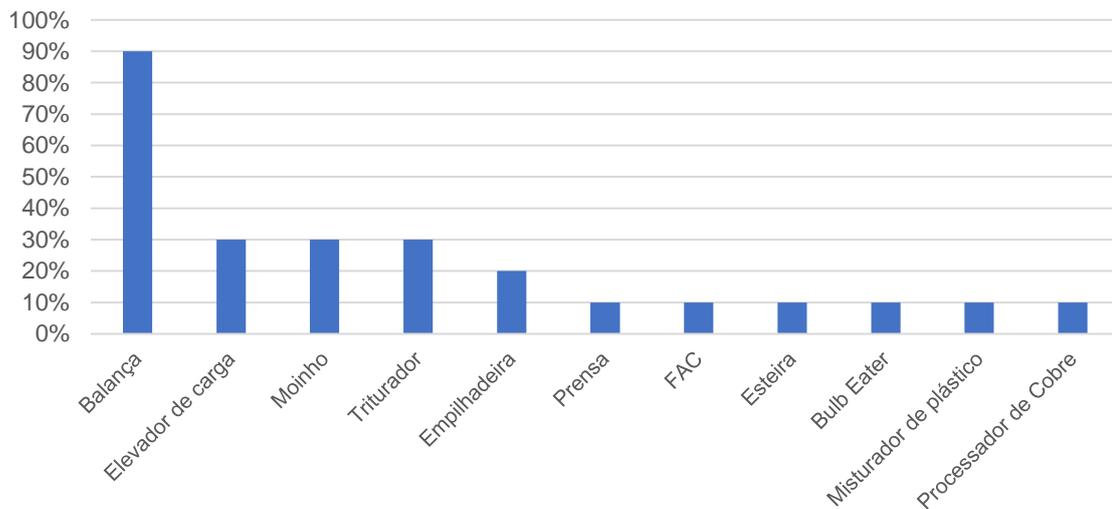
Fonte: Autoria própria

É possível perceber que 80% das organizações tem, no mínimo, 5 e, no máximo, 50 colaboradores. De acordo com o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE (2013), independente do setor da atividade econômica (se comércio, serviço ou indústria), estabelecimentos com esta quantidade de pessoas classificam-se como de micro ou pequeno porte. Esses dados corroboram com Caetano e Luna (2016), que destacam o papel de instituições desse porte nos canais reversos de revalorização dos resíduos.

Além do número de colaboradores, verificou-se também a dimensão do layout operacional das organizações como um indicador de sua capacidade produtiva. Os resultados indicaram que a maior parte delas tem espaço superior a 500m² (50%), seguida por uma parcela de 30% daquelas entre 200 e 500m² e, por último, aquelas com entre 100 e 200 m², equivalente a 20%. Nenhum respondente apontou uma dimensão inferior a 100m².

A infraestrutura prevista para a operação dessas organizações pode variar com base nos serviços que oferecem. O SEBRAE (2015) enumera o moinho, o triturador, a prensa para metal, o elevador de cargas, a balança e esteiras como alguns dos componentes dela. O Gráfico 9 ilustra a frequência com que estes e outros equipamentos foram citados pelas respondentes com base em sua estrutura.

Gráfico 9 – Equipamentos componentes da infraestrutura das organizações.



Fonte: Autoria própria

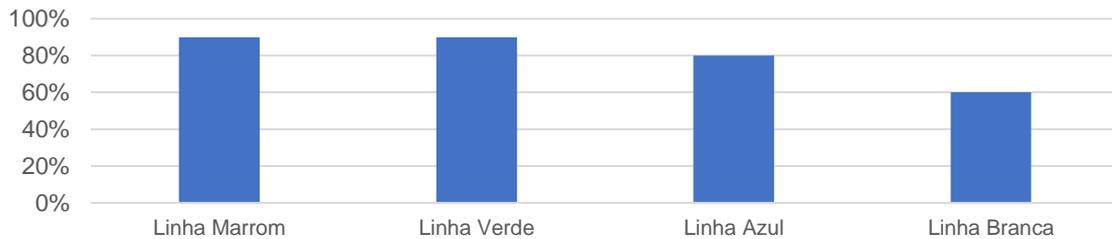
As porcentagens indicam a frequência dos equipamentos nas respostas das organizações. A balança constitui o principal equipamento da planta de um ator da logística reversa, estando presente na planta de 90% das respondentes. De acordo com Miguez (2007), a balança é utilizada logo no início do processo de reciclagem, para a pesagem dos componentes que chegam na usina, anteriormente à etapa de triagem.

Outros equipamentos citados por mais de uma organização foram o elevador de carga, o moinho, o triturador, a empilhadeira e a prensa. As Ferramentas Alimentadas por Compressor – FAC, esteira, *bulb eater* (triturador de lâmpadas), misturador de plástico e processador de cobre foram referenciados apenas uma vez, cada.

Essa estrutura de produção é empregada no tratamento de diferentes tipos de equipamentos eletroeletrônicos. Com base na classificação proposta pela ABDI

(2012), foi levantado as linhas em que atuam as organizações respondentes. O Gráfico 10 ilustra a frequência das categorias de equipamentos encontrada nos dados coletados.

Gráfico 10 – Linhas de eletroeletrônicos reciclados nas organizações.

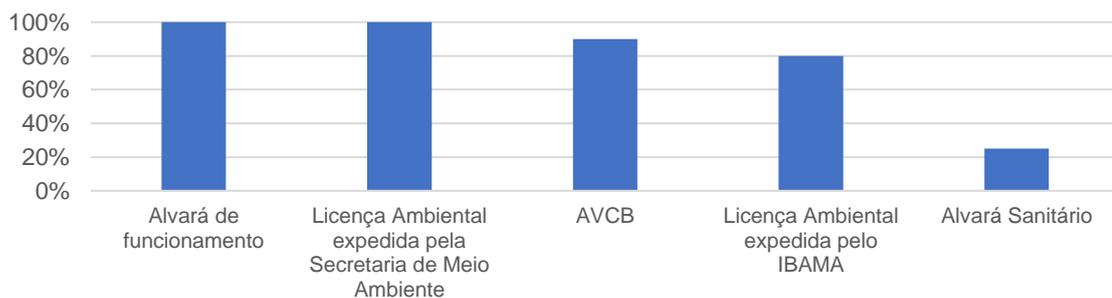


Fonte: Autoria própria

90% as organizações informaram coletar os equipamentos referentes à linha marrom (televisor tubo/monitor, televisor plasma/LCD/monitor, DVD, VHS e produtos de áudio) e à linha verde (Desktops, notebooks, periféricos, impressoras e aparelhos celulares). As linhas azul (batedeiras, liquidificadores, ferros elétricos e furadeiras) e branca (geladeiras, refrigeradores, congeladores, fogões, lava-roupas e ar-condicionado) tiveram frequências ligeiramente menores (80% e 60%, respectivamente).

Devido às características da atividade econômica dessas organizações, sua operação está condicionada a algumas licenças de funcionamento. O Gráfico 11 ilustra a frequência de licenças e autorizações atestadas pelas respondentes.

Gráfico 11 – Licenças e autorização para o funcionamento das organizações.



Fonte: Autoria própria

O alvará de funcionamento é um documento expedido pela representação do executivo municipal para o exercício de determinada atividade econômica e que se configura como requisito para tal, o que justifica o fato de todas as respondentes terem atestado sua posse. Além dele, a licença ambiental expedida pela Secretaria de Meio Ambiente também foi citada por 100% das organizações. Esta, específica ao tipo de atividade desenvolvida, é requerida em decorrência da regulação legal relativa ao tratamento de resíduos perigosos, dos quais fazem parte os REEE (BRASIL, 2010). São citadas ainda o Auto de Vistoria do Corpo de Bombeiros – AVCB (90%), a licença ambiental expedida pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA (80%) e o Alvará Sanitário (20%).

Dentre as respondentes, apenas 30% delas atestaram possuir algum tipo de certificação de qualidade. Os certificados citados foram o Certificado de Tecnologia Social, expedido pela Fundação Banco do Brasil e que disseminar, promover e fomentar a multiplicação de Tecnologias Sociais por meio da composição de um banco de dados (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA, 2011), o ISO 9001, de certificação de gestão da qualidade, e o ISO 14001, de certificação de gestão ambiental, ambos expedidos pela *International Organization for Standardization*, ou Organização Internacional de Padronização.

Fernando e Tew (2016) argumentam que a certificação de práticas gerenciais, como a ISO 9001 e a ISO 14001, melhoram a lealdade e confiança do consumidor, a imagem e reputação da companhia, a motivação dos colaboradores, a performance, o lucro e as oportunidades. Contudo Xavier, Cannen e Valle (2004) destacam que a certificação, por si só, não mensura o real desempenho ambiental da organização, além disso, os custos de desenvolvimento, documentação e certificação podem desencorajar organizações de pequeno porte.

De fato, se observada a realidade atestada pelas respondentes, é possível perceber que tanto os modelos gerenciais, quanto a capacidade financeira – considerando os custos logísticos, a carga tributária e outros aspectos –, que refletem um nível considerável de informalidade, com exceções, ainda estão aquém dos parâmetros exigidos pelas normas de padronização internacionais. Mesmo com os benefícios potenciais de fortalecimento do sistema que a literatura cita, as barreiras ao desenvolvimento de suas atividades oferecem grande resistência.

4.2. Práticas operacionais

Afim de se conhecer as práticas da operação desempenhadas pelas organizações respondentes, questionou-se, inicialmente, sobre os procedimentos de coleta existentes.

Os respondentes atestaram que diferentes mecanismos são empregados, inclusive simultaneamente. Os mecanismos mais comuns são os próprios consumidores levarem até o local de descarte, a coleta em domicílio (de responsabilidade da própria organização) e a doação de empresas ou outras entidades (de responsabilidade dos terceiros).

Outros mecanismos citados com frequência foram a coleta em Pontos de Entrega Voluntária – PEVs (80%) e a coleta em eventos (90%). O método menos comum é a coleta por operadores logísticos e/ou terceiros (40%). Esses resultados vão ao encontro dos achados de Caetano e Luna (2016) sobre a operação de coleta, com destaque para o volume coletado como variável que influencia a opção por outro formato.

Em virtude dos custos com transporte, algumas organizações estabelecem uma quantidade mínima de resíduos (em massa, por kg) para efetuar a coleta em domicílio. Do total de respondentes, 50% afirmaram não estabelecer uma quantidade mínima, enquanto que 30% deles define entre 100 e 200kg para realizar a coleta, 10% entre 200 e 500kg e 10% quantidade inferior a 100kg.

A cobrança pelo custeio do serviço de coleta em domicílio recai sobre o consumidor final em 70% das organizações pesquisadas, contudo existem ressalvas quanto ao tipo de material coletado. Uma das respondentes relatou que a cobrança só é realizada para alguns tipos de resíduos, como lâmpadas, cartuchos, pilhas e tubos de imagem. A média do custo é de R\$ 100,00 e pode variar conforme a distância e a cubagem (relação entre o peso e volume da carga). Algumas práticas comuns citadas foram a flexibilização do custo de frete com base na quantidade e no tipo de material e a diferenciação do custo para pessoas físicas e jurídicas.

É interessante observar que o modelo operacional praticado por essas organizações converge com o sistema de logística reversa proposto pela ABDI (2012), em que o transporte até o ponto de descarte é de responsabilidade do consumidor, inclusive seus custos, podendo haver o intermédio do fabricante/importador ou não.

Esses casos ocorrem, por exemplo, quando o consumidor deseja trocar o um equipamento usado por um novo sob a condição de responsabilização do comerciante, fabricante e/ou importador dos custos logísticos.

Na chegada dos resíduos ao ponto de tratamento, 80% das organizações afirmaram utilizar alguma ferramenta para registrar sua entrada e, assim, manter um controle de estoque. Entre elas, 4 (quatro) apontaram o Excel como o mecanismo utilizado, enquanto que as demais relataram utilizar softwares específicos, dentre eles o *Protheus*.

Unanimemente, após a coleta dos resíduos, há a pesagem e a triagem na chegada à organização. A triagem, conforme descrito, pode ocorrer com base em diferentes critérios. O Quadro 9 enumera os diferentes critérios adotados para a triagem dos equipamentos.

Quadro 9 – Critérios de triagem dos componentes.

| Critério | Descrição |
|-----------------|---|
| Funcionalidade | A triagem com base na funcionalidade leva em consideração o potencial de reutilização de determinado equipamento. Aqueles que podem ser submetidos aos processos de remanufatura ou recondicionamento são destinados para tal, os demais, cuja vida útil findou-se, recebem outra destinação, que pode ser a reciclagem ou destinação final, por exemplo. |
| Tipo | A triagem segundo o tipo leva em consideração a classificação do resíduo em relação à linha do produto que o originou (marrom, verde, azul ou branca), ou outro sistema de classificação que o diferencie com base no equipamento. |
| Componentes | A triagem com base nos componentes ocorre após o processo de desmanche. Os resíduos que chegam à organização são abertos e tem seus componentes separados. Esses componentes são, então, avaliados e triados de acordo com o tipo de destinação adequada. |

Fonte: Autoria própria

É válido comentar que os critérios de triagem não são mutuamente excludentes, isto é, a adoção de um não exime a de outro simultaneamente. Os critérios podem, inclusive, ser combinados a fim de que a destinação do resíduo seja mais apurada, de modo que, um dos equipamentos semelhantes, um quebrado e outro com defeito (triados, inicialmente, com base no tipo e, em seguida com base na funcionalidade) possam receber diferentes tratamentos, visando a solução mais

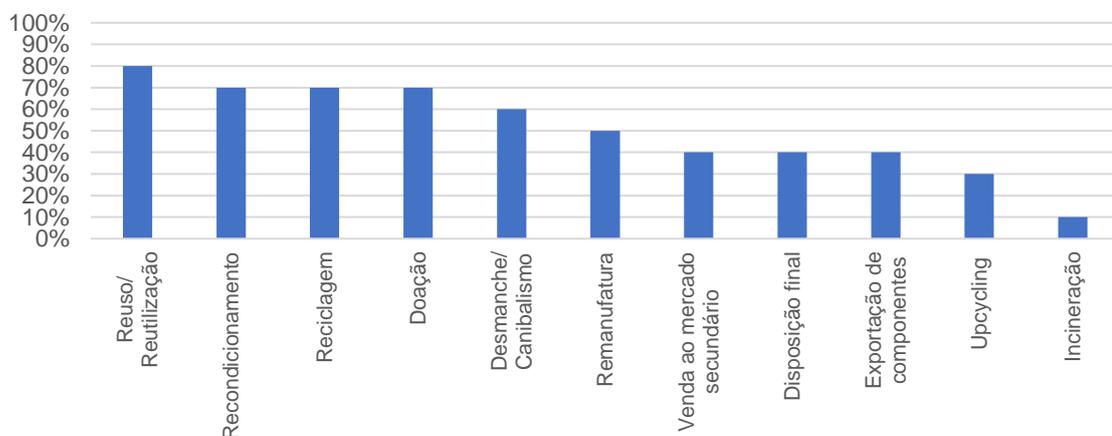
compatível com os princípios de sustentabilidade que fundamentam as práticas de logística reversa.

Durante a triagem, 70% das organizações separam e destinam componentes e resíduos perigosos, como pilhas e baterias. Esses componentes têm como destino a reciclagem em empresas e organizações terceiras dotadas de tecnologias apropriadas para o manuseio do material, que incluem a descontaminação e a incineração. A prática é justificada pela obrigatoriedade de coleta de todas as pilhas e baterias comercializadas em território nacional imposta pela resolução 401/2008 do CONAMA (MENDES et al., 2016).

Outra prática comum à todas as organizações respondentes realizadas nesta parte do processo é a descaracterização. Esse procedimento, que visa despersonalizar o consumidor, é feito a partir da retirada de etiquetas patrimoniais e da destruição de componentes com armazenamento de dados. Caetano e Luna (2016) destacam que este procedimento é empregado quando não há potencial de reuso ou remanufatura.

Após a triagem, como fora observado, os resíduos dos equipamentos podem ser submetidos à diferentes processos, na literatura chamados de práticas de logística reversa e destinação final. O Gráfico 12 ilustra a porcentagem de organizações que desempenham as respectivas práticas.

Gráfico 12 – Práticas de logística reversa e destinação final nas organizações.



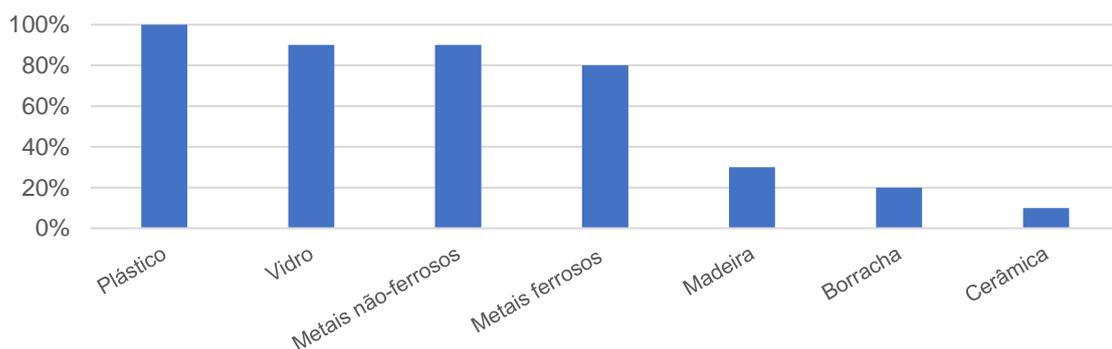
Fonte: Autoria própria

A prática mais comum é o reuso ou reutilização. Esse aspecto ressalta a disposição dessas organizações em não apenas providenciar a destinação final adequada, mas propor alternativas para a extensão da vida útil dos equipamentos. Vale destacar também a prática menos comum, a incineração, que devido ao impacto ambiental causado pela queima das substâncias tóxicas presentes nos eletroeletrônicos, é preferencial evitada.

As referidas práticas são empregadas no tratamento dos materiais presentes nos componentes dos equipamentos. Ushizima, Marins e Muniz Junior (2014) destacam que sua composição é bastante diversificada, podendo conter diversos materiais. O Gráfico 13 ilustra a frequência com que diferentes tipos de materiais são extraídos nas organizações.

Como se pode observar, plástico, vidro e metais não-ferrosos, como o alumínio e o cobre, são os principais tipos de materiais extraídos nas organizações, com base na frequência de respostas. Os metais não-ferrosos, em especial, são aqueles com maior valor agregado e que, portanto, melhor justificam o esforço empenhado na logística reversa dos componentes, tendo em vista o retorno que trazem, tanto financeiro quanto ambiental.

Gráfico 13 – Materiais extraídos dos componentes nas organizações.



Fonte: Autoria própria

Contudo, embora estes materiais sejam extraídos nas organizações respondentes, nem todos são tratados no mesmo local. 80% delas dão prosseguimento no processo de reinserção na cadeia de valor, as demais recebem,

triam, separam e destinam, ou para o descarte final ou para outras organizações onde o material receberá o devido tratamento.

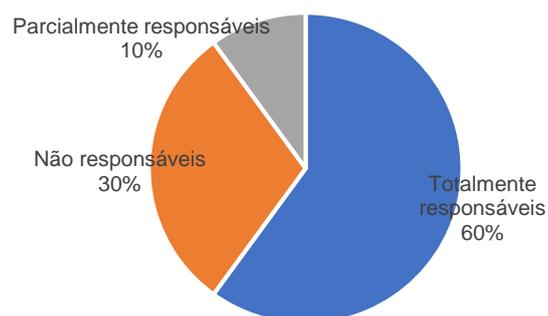
Essa característica de determinadas organizações as configura como elos intermediários da cadeia reversa, onde desempenham função semelhante à de um distribuidor no sentido direto da logística, mas no seu fluxo reverso.

Rodrigues et al. (2002) e Leite (2002) referem-se, no escopo do sistema de logística reversa, a estes atores como “intermediários”, isto é, elos que desempenham o papel de conectar o consumidor final (gerador do resíduo) ao ponto de tratamento. Os elevados custos de transporte e a falta de especialização atreladas a esses atores configuram uma das principais barreiras da logística reversa (RODRIGUES et al., 2002).

Em 70% das respondentes, mais de 75% dos resíduos que chegam na organização são reinseridos na cadeia produtiva (reutilizado, reciclado, remanufaturado, recondicionado, doado ou vendido), enquanto que em 20% delas recebem a destinação adequada pelo menos 10% dos resíduos coletados. Uma delas não soube responder.

Aqueles resíduos que não podem ser revalorizados e reinseridos na cadeia de valor, são destinados para a disposição final. Dentre as organizações estudadas, algumas são responsáveis pelo próprio descarte, ao passo que outras encaminham esse material para locais específicos. O Gráfico 14 ilustra a distribuição das respondentes com base na responsabilidade sobre a disposição.

Gráfico 14 – Responsabilidade das organizações sobre a disposição final dos resíduos.



Dentre aquelas responsáveis (total ou parcialmente), os principais tipos de destinação foram o aterro sanitário (40%), o incinerador (20%) e o coprocessamento (10%). Uma das respondentes afirmou que, ao final do processo, não restam rejeitos, isto é, os resíduos são reaproveitados em totalidade. Duas organizações não souberam responder.

Esses resultados corroboram com Gouveia, Ferron e Kuno (2014), que citam os aterros como principal alternativa de destino dos resíduos, mas ressaltam que esse tipo de disposição, ainda que em locais controlados com forros e sistemas de coleta de chorume, se configuram como um vetor de substâncias perigosas à saúde humana.

Isto porque a exposição aos riscos provocados pelos contaminantes se dá pela dispersão do solo e do ar e pela dissolução dos componentes pela água ou outra solução aquosa.

4.3. Inovações na reciclagem de componentes

Uma das grandes preocupações da logística reversa na revalorização dos componentes presentes nos REEE é frear o ritmo de esgotamento dos recursos minerais disponíveis no planeta. Contudo, apesar da tentativa de gerenciamento e controle cada vez maior do lixo eletrônico no Brasil, existe uma barreira tecnológica no que tange à extração de metais de alto valor dos componentes presentes nos resíduos.

A ABDI (2012) propõe que, após as etapas de separação e compactação dos materiais, estes sejam submetidos ao processamento mecânico e/ou químico para recuperação de elementos raros e que esse processamento é dividido nas fases: i) trituração e moagem; ii) desintoxicação; iii) filtração; iv) liquidação; v) separação por densidade; vi) separação por eletrólise; vii) decantação; e, viii) refinagem.

Quando questionadas sobre o emprego de procedimentos com este propósito, apenas 1 (uma) organização relatou dotar de um método para extrair metais valiosos dos componentes, como o cobre e o alumínio, na etapa do desmanche e, através de uma parceria com outra organização, consegue escoar o material revalorizado para o mercado.

O cenário corrobora com a explanação de Xavier e Carvalho (2014) e Oliveira (2016), sobre a escassez de métodos e tecnologias de separação e reaproveitamento de componentes de alto valor agregado no Brasil.

A carência do país em conhecimento, mão-de-obra e tecnologia para o processamento de placas de circuito, placas mãe, placas de vídeo, televisores, monitores e impressoras – equipamentos estes que possuem em torno de 17 metais em sua estrutura –, provoca um fluxo de exportação para alguns países da Europa e da Ásia, como Bélgica, Alemanha, Japão e China (XAVIER et al., 2013).

As organizações possuem a percepção de que deveria haver uma interação maior entre todos os elos da cadeia de equipamentos eletroeletrônicos para que o ciclo pudesse se completar, um maior volume de resíduos pudesse ser submetido ao processo de revalorização e novas técnicas desenvolvidas para aumentar a eficiência e os ganhos decorrentes da reciclagem de REEE.

Nesse sentido, alguns respondentes afirmaram enxergar oportunidade no desenvolvimento de interações com outros atores, como usuários finais e indústrias, ou, de fato, já realizar parcerias para viabilizar a recolocação dos bens no mercado, de modo que a existência de um canal de direto entre a organização gerenciadora do resíduo e distribuidoras e/ou comerciantes do mercado secundário tende a otimizá-la.

Rodrigues et al. (2002) sugeriram, dentre outras iniciativas, a profissionalização das parcerias como tendência para o desenvolvimento da logística reversa, cujo impacto reside no aumento da eficiência das funções de coleta, armazenagem, manuseio, processamento e transporte.

A inovação na reciclagem de componentes, sobretudo, não está relacionada apenas à técnica, mas também aos processos. Domingues, Guarnieri e Cerqueira-Streit (2016, p. 194) enfatizam que o sucesso da implementação da PNRS e, por consequência da logística reversa, está condicionado direta e primordialmente à “implantação conjunta e prévia de programas de educação ambiental”.

Uma das organizações respondentes, quando questionada se “possui alguma etapa ou processo relacionado à logística reversa dos resíduos eletroeletrônicos que pode ser considerada inovadora” citou que desenvolve uma ação de educação ambiental em um ônibus adaptado de conscientização sobre a geração, coleta, reciclagem e descarte de lixo eletrônico (Figura 10).

foram citadas porque dificultam e impedem a adoção de práticas inovadoras para a superação de barreiras à logística reversa.

Ao mesmo passo em que a falta de apoio das empresas é citada como barreira ao processo de inovação, destaca-se a formação autônoma de parcerias para otimizar a reinserção dos resíduos na cadeia de produção. Esse comportamento indica um movimento orgânico do setor na tentativa de crescimento e, sobretudo, de maneira colaborativa, em que diferentes elos, com diferentes papéis, cooperam social, econômica e ambientalmente para o alcance do objetivo comum.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1. Considerações finais

Tendo em vista o objetivo previamente definido deste estudo de realizar um diagnóstico das práticas da logística reversa de resíduos eletroeletrônicos no Brasil, incluindo a existência de inovações na reciclagem de componentes em organizações brasileiras, pode-se afirmar que o mesmo foi eficaz ao analisar diferentes aspectos operacionais e gerenciais do processo de logística reversa dos resíduos de equipamentos eletrônicos.

Os resultados encontrados apontaram que 73% das organizações que atuam na logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos estão localizadas nas regiões Sul e Sudeste do país e que, não se restringem exclusivamente às empresas privadas que visam lucro, embora representem maioria considerável delas (81%). A maior parte das respondentes possuem mais de 8 anos de existência e são anteriores à promulgação da PNRS. Sua atuação atende, principalmente, aos equipamentos da linha marrom (televisor tubo/monitor, televisor plasma/LCD/monitor, DVD, VHS e produtos de áudio).

Observou-se que os mecanismos mais comuns de coleta são a entrega no local de descarte, a coleta em domicílio (de responsabilidade da própria organização) e a doação de empresas ou outras entidades (de responsabilidade dos terceiros). Após a coleta, todas as organizações pesam e submetem os resíduos à triagem, que pode ser feita com base na funcionalidade, no tipo ou nos componentes, onde 70% delas separam pilhas e baterias para encaminhá-las a unidades de destinação adequadas.

As principais práticas evidenciadas no estudo são o reuso ou reutilização e o condicionamento, o que indica a disposição das entidades atuantes na cadeia em não apenas fazer a destinação adequada dos resíduos, mas aproveitá-los, na medida do possível, por meio da extensão de sua vida útil. Os materiais mais comuns extraídos nesses locais são o vidro, o plástico e metais não-ferrosos, como o cobre. Daquilo que não pode ser revalorizado ao final do processo, a maior parte é enviada para aterros sanitários pela própria organização.

Apenas uma organização relatou empregar um método para a extração de metais valiosos dos componentes, como o cobre e o alumínio, na etapa do

desmanche. Elas percebem que deveria haver uma interação maior entre todos os elos da cadeia de equipamentos eletroeletrônicos para um melhor aproveitamento dos resíduos e apontam restrições financeiras a alta carga tributária e a falta de apoio do governo e de empresas como impeditivos para a adoção de práticas inovadoras.

Esta pesquisa contribui com seu campo de estudo, sobretudo, por identificar como algumas organizações pertencentes à cadeia de suprimentos dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos articulam-se e empregam as práticas previstas na literatura, e distingue-se por questionar a existência de inovações nas técnicas e processos da cadeia sob o ponto de vista das próprias organizações.

Seus achados fornecem informações relevantes para a criação de parâmetros de comparação com as práticas observadas em outros países, especialmente aqueles cuja taxa de revalorização dos resíduos é alta, de modo que as lacunas brasileiras possam ser tratadas e dirimidas.

5.2. Limitações do estudo

O estudo realizou um levantamento qualitativo de práticas com a finalidade de descrever a realidade brasileira no que tange à logística reversa de REEE, o que pode ser considerado uma limitação teórica da pesquisa devido ao baixo nível de aprofundamento nas especificidades de diferentes tipos de organizações ou equipamentos eletroeletrônicos.

Para a construção do questionário utilizado, adotou-se como referência a classificação de equipamentos eletroeletrônicos proposta pela ABDI (2012). A referida classificação, como foi dito, limita-se por desconsiderar alguns equipamentos cujo uso é amplamente difundido no Brasil e cuja produção emprega componentes tóxicos potencialmente danosos, como pilhas, baterias e lâmpadas.

Destaca-se como limitação também o baixo percentual de retorno dos elementos da população de pesquisa. A principal razão atribuída a isto é a dificuldade de acessar as pessoas adequadas para responder o questionário. Mais do que contatar as organizações, é preciso entrar em contato com os representantes delas que tenham o conhecimento necessário para participar.

Ainda neste sentido, a abordagem qualitativa não discriminou exigências quanto aos níveis de significância da amostra e que, por este motivo, pode refletir resultados restritos a um grupo de organizações.

5.3. Sugestões para estudos futuros

Para futuros estudos, recomenda-se o emprego de abordagem quantitativa para a verificação objetiva da reprodução das práticas encontradas, ampliando a abrangência da amostra. Ou ainda, a reprodução deste estudo, empregando como procedimentos técnicos a entrevista e a observação direta, de modo a validá-lo por meio de triangulação qualitativa.

Sugere-se também a realização de uma investigação aprofundada nas técnicas de extração de componentes valiosos dos resíduos, afim de desenhar o processo de revalorização e reintrodução na cadeia produtiva; mensurar o volume de aproveitamento para análise do impacto no esgotamento do fornecimento mineral natural, sob a ótica da economia circular; e, prever o retorno econômico potencial de determinada quantidade de REEE revalorizados com vistas à atesta a viabilidade de diferentes métodos de tratamento.

Como observado, os resíduos da linha branca, provenientes de equipamentos de maior porte, foram aqueles com a menor frequência de coleta pelos respondentes. Neste sentido, é grande valia um estudo acerca das práticas operacionais específicas deste tipo de material, afim de identificar falhas, gargalos e barreiras que possam ser revistas e aperfeiçoadas para a otimização de seu tratamento.

É válido também o estudo do modelo de parcerias que estão sendo estabelecidas entre diferentes elos da cadeia de suprimentos para otimizar as funções de coleta, transporte, armazenamento e processamento dos REEE, tendo em vista seu potencial de desenvolvimento das práticas logística reversa.

Por último, cabe ressaltar como possibilidade para novas pesquisas, um estudo para aprofundar a compreensão do modelo de negócio das organizações que atuam como intermediárias na cadeia reversa. Embora essas instituições atuem no setor, elas não são responsáveis por nenhum processo de transformação, o que tende a reduzir significativamente seus custos (especialmente porque sua “matéria-prima” pode originar-se de doação) e, por consequência, potencializar seus lucros.

REFERÊNCIAS

- ABDI. **Logística Reversa de Equipamentos Eletrônicos**. 2012. Disponível em: <http://www.abdi.com.br/Estudo/Logistica%20reversa%20de%20residuos_.pdf>. Acesso em: out. 2017.
- ABINEE. **Desempenho setorial**: dados atualizados em abril de 2017. Disponível em: <<http://www.abinee.org.br/abinee/decon/decon15.htm>>. Acesso em: 20 out. 2017.
- ABINEE. **Desempenho do setor**: dados atualizados em abril de 2018. Disponível em: <<http://www.abinee.org.br/abinee/decon/decon15.htm>>. Acesso em: 25 set. 2018.
- ACEVEDO, C. R.; NOHARA, J. J. **Monografia no curso de administração**: guia completo de conteúdo e forma. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2006.
- ACHILLAS, C. et al. A multi-objective decision-making model to select waste electrical and electronic equipment transportation media. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 66, p. 76–84, 2012.
- ACHILLAS, C.; VLACHOKOSTAS, C.; MOUSSIOPOULOS, T.; BANIAS, G. Decision support system for the optimal location of electrical and electronic waste treatment plants: A case study in Greece. **Waste Management**, v. 30, n. 5, p. 870–879, 2010. Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2009.11.029>>. Acesso em: out. 2017.
- AGARWAL, G.; BARARI, S.; TIWARI, M. K. A PSO-based optimum consumer incentive policy for WEEE incorporating reliability of components. **International Journal of Production Research**, v. 50, n. 16, p. 4372–4380, 2012.
- ALVAREZ-DE-LOS-MOZOS, E.; RENTERIA, A. Collaborative Robots in e-waste Management. **Procedia Manufacturing**, v. 11, n. June, p. 55–62, 2017.
- ÁLVAREZ-GIL, M. J. et al. Reverse logistics, stakeholders' influence, organizational slack, and managers' posture. **Journal of Business Research**, v. 60, n. 5, p. 463–473, 2007.
- ANDIÇ, E.; YURT, Ö.; BALTACIOĞLU, T. Green supply chains: Efforts and potential applications for the Turkish market. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 58, p. 50–68, 2012.
- ANDRADE-LIMA, H. DE; XAVIER, L. H.; CHAVES, G. DE L. D.; GUARNIERI, P.; CIRNE, L. E. DA M. R. Transboundary Movements of Waste Electrical Electronic Equipment (WEEE): Legal Aspects and Flows in Global Market. Congresso Mundial dos Resíduos Sólidos. **Anais...** p.1–16, 2014. São Paulo.
- AQUINO, M. B. et al. The reverse logistics as an environmental tool integrated to environmental management system for an effective management of solid industrial waste. **Progress in Industrial Ecology**, v. 8, n. 3, p. 205–220, 2013.
- ARAS, N. et al. Locating recycling facilities for IT-based electronic waste in Turkey. **Journal of Cleaner Production**, v. 105, p. 324–336, 2015.
- ARAUJO, M. V. F. et al. Cost assessment and benefits of using RFID in reverse logistics of waste electrical & Electronic equipment (WEEE). **Procedia Computer**

Science, v. 55, n. Itqm, p. 688–697, 2015.

ARROYO LÓPEZ, P. et al. Simulación de la tasa de reciclaje de productos electrónicos. Un modelo de dinámica de sistemas. **Contaduría y Administración**, v. 59, n. 1, p. 9–41, 2014.

ASSAVAPOKEE, T.; WONGTHATSANEKORN, W. Reverse production system infrastructure design for electronic products in the state of Texas. **Computers and Industrial Engineering**, v. 62, n. 1, p. 129–140, 2012.

AYVAZ, B. .; BOLAT, B. . Proposal of a stochastic programming model for reverse logistics network design under uncertainties. **International Journal of Supply Chain Management**, v. 3, n. 3, p. 33–42, 2014.

AYVAZ, B.; BOLAT, B.; AYDIN, N. Stochastic reverse logistics network design for waste of electrical and electronic equipment. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 104, p. 391–404, 2015.

BARBOZA, M. R. et al. Characteristics for an integrated information system for management of recycling electronic waste. **Proceedings of the 7th International Conference on Management of computational and collective intelligence in Digital EcoSystems - MEDES '15**, p. 228–233, 2015.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BELEYA, P.; ABU BAKAR, M. A.; CHELLIAH, M. K. Impact of reverse logistics in the Malaysian electrical and electronics industry. **International Journal of Supply Chain Management**, v. 6, n. 3, p. 91–101, 2017.

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

BRASIL. Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010. Dispõe sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: out. 2017.

CAETANO, A. C. G.; LUNA, M. M. M. A Cadeia de Suprimentos e a Cadeia Reversa dos Computadores. n. XVII, p. 40–60, 2016.

CAIADO, N. et al. A characterization of the Brazilian market of reverse logistic credits (RLC) and an analogy with the existing carbon credit market. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 118, p. 47–59, 2017.

CÂMARA, R. H. Análise de conteúdo: da teoria à prática em pesquisas sociais aplicadas às organizações. Gerais, **Rev. Interinst. Psicol.**, Belo Horizonte, v. 6, n. 2, p. 179-191, jul. 2013. Disponível em <http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-82202013000200003&lng=pt&nrm=iso>. Acessos em: jan. 2018.

CAMPOS, T. R. T.; FONSECA, M. V. A.; MORAIS, R. M. N. Reverse logistics: A route that only makes sense when adopting a systemic vision. **WIT Transactions on Ecology and the Environment**, v. 180, n. May, p. 41–52, 2014.

CAO, J. et al. WEEE recycling in Zhejiang Province, China: generation, treatment, and public awareness. **Journal of Cleaner Production**, v. 127, p. 311–324, 2016.

CERQUEIRA STREIT, J. A.; GUARNIERI, P. Análise da Situação Atual das

Cooperativas de Materiais Recicláveis do Distrito Federal quanto ao Conhecimento da Logística Reversa e PNRS e à Infraestrutura Existente. 4º Fórum Internacional de Resíduos Sólidos. **Anais...** p. 10 , 2013. Porto Alegre.

CHEN, F. et al. Enhanced recycling network for spent e-bicycle batteries: A case study in Xuzhou, China. **Waste Management**, v. 60, p. 660–665, 2017.

CHUNG, W.-H.; OKUDAN KREMER, G. E.; WYSK, R. A. A Modular Design Approach to Improve Product Life Cycle Performance Based on the Optimization of a Closed-Loop Supply Chain. **Journal of Mechanical Design**, v. 136, n. 2, p. 021001, 2013.

CNI. Perfil da Indústria nos Estados. 2016. Disponível em: <<http://perfilestados.portaldaindustria.com.br/>>. Acesso em: mai. 2018.

CORREIA, A.; OLIVEIRA NETO, G. C.; SILVA, P. C. Comparative analysis of regulatory instruments in reverse logistics for electrical and electronic wastes. **Proceedings of the 7th International Conference on Management of computational and collective intelligence in Digital EcoSystems - MEDES '15**, p. 207–213, 2015.

CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA FAZENDÁRIA. **CONVÊNIO ICMS 99/18, DE 28 DE SETEMBRO DE 2018**. Disponível em: <<https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/2018/convenio-icms-99-18>>.

DAT, L. Q. et al. Optimizing reverse logistic costs for recycling end-of-life electrical and electronic products. **Expert Systems with Applications**, v. 39, n. 7, p. 6380–6387, 2012.

DE BRITO, M. **Managing reverse logistics or reverse logistics management?** Erasmus Research Institute of Management. PhD thesis. Rotterdam, The Netherlands, Erasmus University: 69, 2004.

DEMAJOROVIC, J.; AUGUSTO, E. E. F.; SOUZA, M. T. S. DE. Reverse Logistics of E-Waste in Developing Countries: Challenges and Prospects for the Brazilian Model. **Ambiente & Sociedade**, v. 19, n. 2, p. 117–136, 2016.

DHIB, S. et al. Performance Study for a Sustainable Strategy: Case of Electrical and Electronic Equipments Waste. **Product Lifecycle Management In The Era Of Internet Of Things**, [s.l.], p.572-587, 2016. Springer International Publishing.

DIXIT, S.; BADGAIYAN, A. J. Towards improved understanding of reverse logistics - Examining mediating role of return intention. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 107, p. 115–128, 2016.

DIXIT, S.; VAISH, A. Perceived barriers, collection models, incentives and consumer preferences: an exploratory study for effective implementation of reverse logistics. **International Journal of Logistics Systems and Management**, v. 21, n. 3, p. 304, 2015.

DIXIT, S.; VAISH, A. Sustaining environment and organisation through e-waste management: a study of post consumption behaviour for mobile industry in India. **International Journal of Logistics Systems and Management**, v. 16, n. 1, p. 1, 2013.

DJIKANOVIC, J.; VUJOSEVIĆ, M. A new integrated forward and reverse logistics model: A case study. **International Journal of Computational Intelligence Systems**,

v. 9, n. 1, p. 25–35, 2016.

DOMINGUES, G. S.; GUARNIERI, P.; STREIT, J. A. C. Princípios e Instrumentos da Política Nacional de Resíduos Sólidos: demanda da educação ambiental para a Logística Reversa. **Revista em Gestão, Inovação e Sustentabilidade**, v. 0, n. 2, p. 26, 2016.

DONMEZ, I.; TURKAY, M. Design of reverse logistics network for waste batteries with an application in Turkey. **Chemical Engineering Transactions**, v. 35, n. August, p. 1393–1398, 2013.

EBC. **Setor de eletroeletrônicos cresce 14,6% no primeiro semestre do ano.** Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2018-07/setor-de-eletronicos-cresce-146-no-primeiro-semester-do-ano>>. Acesso em: 25 set. 2018.

ELBADRAWY, R.; MONEIM, A. F. A.; FORS, M. N. E-waste reverse logistic optimization in Egypt. **IEOM 2015 - 5th International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Proceeding**, 2015.

EMBRAPA. Projetos ganham Certificado de Tecnologia Social. 2011. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/18153458/projetos-ganham-certificado-de-tecnologia-social>>. Acesso em: mai. 2018.

FAGUNDES, A. B. et al. Modelos de Logística Reversa para Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos no Brasil: os projetos Descarte ON e Descarte Green. In: XXX Congresso Internacional de Administração, 2017, Ponta Grossa - PR. **Anais...** 2017.

FAN, B.; YANG, Y. Research on decision-making for reverse logistics model of waste electrical and electronic equipment. **ICLEM 2012: Logistics for Sustained Economic Development - Technology and Management for Efficiency - Proceedings of the 2012 International Conference of Logistics Engineering and Management**, p. 860–865, 2012.

FERNANDO, Y.; TEW, M. M. Reverse logistics in manufacturing waste management: the missing link between environmental commitment and operational performance. **International Journal of Integrated Supply Management**, v. 10, n. 3/4, p. 264, 2016.

GHISOLFI, V. et al. System dynamics applied to closed loop supply chains of desktops and laptops in Brazil: A perspective for social inclusion of waste pickers. **Waste Management**, v. 60, p. 14–31, 2016.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 5 Ed., São Paulo: Atlas, 2007.

GREENPEACE. **Greenpeace: Home, What we do, Eliminate toxic chemicals, Greener electronics.** 2009. Disponível em <<http://www.greenpeace.org/international/campaigns/toxics/electronics/how-the-companies-line-up>>. Acesso em: out. 2017.

GREEN ELETRON. **Abinee entrega proposta para acordo de logística reversa.** Disponível em: <<https://www.greeneletron.org.br/single-post/2018/05/18/abinee-entrega-proposta-para-acordo-de-log%ca3%adstica-reversa>>. Acesso em: 02 out. 2018.

GOUVEIA, N.; FERRON, M. M.; KUNO, R. Os impactos dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos na saúde. In: XAVIER, L. H.; CARVALHO, T. C. (Orgs). **Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

GU, W.; ZHANG, C.; WEI, L. Decision-making of contracting reverse logistics to retailers. **2015 International Conference on Logistics, Informatics and Service Science, LISS 2015**, 2015.

GUARNIERI, P. Dossiê/Dossier Logística Reversa: Desafios e Oportunidades no Brasil e no Mundo. **Revista em Gestão, Inovação e Sustentabilidade**, v. 2, n. 1, p. 11–16, 2016.

GUARNIERI, P. Logística Reversa: Em Busca do Equilíbrio Econômico e Ambiental. Hewlett-Packard, 2013.

GUARNIERI, P.; CERQUEIRA-STREIT, J. A. Implications for waste pickers of Distrito Federal, Brazil arising from the obligation of reverse logistics by the national policy of solid waste. **Latin American Journal of Management for Sustainable Development**. vol. 2, n. 1, p. 19-35, 2015.

GUARNIERI, P.; OLIVEIRA, I. L. DE; STADLER, C. C.; KOVALESKI, J. L. A logística reversa de pós-venda e pós-consumo agregando valor econômico, legal e ecológico às empresas. **Comexsul. Anais...** p.9, 2005.

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, Y.; HUANG, Z.; YANG, Y. Waste electrical recycling network optimum design under the carbon cap constraint. **Proceedings - 2015 11th International Conference on Computational Intelligence and Security, CIS 2015**, n. 2011, p. 53–57, 2016.

GUTIERREZ, C. B. B. et al. O descaso com o lixo eletroeletrônico de uma metrópole amazônica: O caso da cidade de Belém, Pará. **Revista Espacios**, Caracas, v. 38, n. 2, jan. 2017.

HILL, M. M.; HILL, A. **A construção de um questionário**. Ed. Dinâmica, 1998.

HUANG, J. L. Optimized Product Design Methodology: A Combinatorial Reverse Logistic Cost-Benefit Analysis Model of WEEPs. **Advanced Materials Research**, v. 650, p. 692–697, 2013.

IBGE. **Estimativas de população**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?edicao=16985&t=resultados>>. Acesso em: 25 set. 2018.

IBOPE. **Brasileiro amplia consumo de bens duráveis**. Disponível em: <<http://www.ibopeinteligencia.com/noticias-e-pesquisas/brasileiro-amplia-consumo-de-bens-duraveis/>>. Acesso em: 20 out. 2017.

IPEA. **O consumo das famílias no Brasil entre 2000 e 2013: uma análise estrutural a partir de dados do sistema de contas nacionais e da pesquisa de orçamentos familiares**. 2016. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/6779/1/TD_2209.pdf>. Acesso em: out. 2017.

- JAFARI, A.; HEYDARI, J.; KERAMATI, A. Factors affecting incentive dependency of residents to participate in e-waste recycling: a case study on adoption of e-waste reverse supply chain in Iran. **Environment, Development and Sustainability**, v. 19, n. 1, p. 325–338, 2017.
- JIANG, H.; XU, Y. Construction of operation mode of reverse logistics on used appliances in China based on energy materials and environment. **Applied Mechanics and Materials**, v. 485, p. 365–368, 2012.
- KEH, P. et al. Financial Performance , Environmental Compliance , and Social Outcomes : The three Challenges of Reverse Logistics . Case Study of. **Supply Chain Forum: An International Journal**, v. 13, n. 3, p. 26–39, 2012.
- KHOR, K. S.; UDIN, Z. M. Reverse logistics in Malaysia: Investigating the effect of green product design and resource commitment. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 81, p. 71–80, 2013. Elsevier B.V. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.08.005>>.
- KHOR, K. S.; UDIN, Z. M. Reverse logistics in Malaysia: Investigating the effect of green product design and resource commitment. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 81, p. 71–80, 2013.
- KILIC, H. S.; CEBECI, U.; AYHAN, M. B. Reverse logistics system design for the waste of electrical and electronic equipment (WEEE) in Turkey. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 95, n. January 2003, p. 120–132, 2015.
- KOCHAN, C. G. et al. Determinants and logistics of e-waste recycling. **International Journal of Logistics Management**, v. 7, n. 1, p. 63–83, 2016.
- KUMAR, A. Extended TPB model to understand consumer “selling” behaviour: Implications for reverse supply chain design of mobile phones. **Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics**, v. 29, n. 4, p. 721–742, 2017.
- LEITE, P. R. Logística Reversa: Nova Área Da Logística Empresarial. **Revista Tecnológica**, p. 1–6, 2002.
- LIMA, A. B. et al. The Brazilian Government Efforts to Support Electronic Recycling Facilities to Comply with Environmental Sound Practices. **2016 Electronics Goes Green 2016+ (Egg)**, p. 1–8, 2016.
- LIU, H. et al. A dual channel, quality-based price competition model for the WEEE recycling market with government subsidy. **Omega (United Kingdom)**, v. 59, p. 290–302, 2016.
- LIU, Y.; ZHANG, Y.; JIN, Y. Reverse Logistics Network Design of Waste Electrical Appliances Yang Liu 1,. v. 517, p. 474–477, 2014.
- MA, S. S.; CHEN, Y. P. The Study of Qingdao’s Home Appliance Recycling Management System. **Applied Mechanics and Materials**, v. 448–453, p. 709–714, 2013.
- MARCONI, M.; LAKATOS, E. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2003.
- MAR-ORTIZ, J.; GONZÁLEZ-VELARDE, J. L.; ADENSO-DÍAZ, B. Designing routes for WEEE collection: The vehicle routing problem with split loads and date windows.

Journal of Heuristics, v. 19, n. 2, p. 103–127, 2013.

MAR-ORTIZ, J.; GONZÁLEZ-VELARDE, J. L.; ADENSO-DÍAZ, B. Reverse logistics models and algorithms: Optimizing WEEE recovery systems. **Computacion y Sistemas**, v. 16, n. 4, p. 491–496, 2012.

MENDES, H. M. R.; RUIZ, M. S.; FARIA, A. C. DE. Logística Reversa de Pilhas e Baterias: Revisão e Análise de um Sistema Implementado no Brasil. **Revista em Gestão, Inovação e Sustentabilidade**, p. 81–96, 2016.

MENDES, H. M. R.; RUIZ, M. S.; SHIBAO, F. Y.; QUARESMA, C. C. Gestão da Logística Reversa de Eletroeletrônicos: Conceitos, Princípios e Desafios. **Revista em Gestão, Inovação e Sustentabilidade**, v. 0, n. 2, p. 61–80, 2016. Disponível em: <<http://periodicos.unb.br/index.php/regis/article/view/18421>>.

MENDONÇA, F. M. DE et al. Model of reverse logistics by means of a logistics operator. **International Journal of Business Performance and Supply Chain Modelling**, v. 6, n. 2, p. 150, 2014.

METRÓPOLES. **Uma nova missão para bons e velhos eletrônicos que param de funcionar**. 2018. Disponível em: <<https://www.metropoles.com/distrito-federal/entorno/uma-nova-missao-para-bons-e-velhos-eletronicos-que-param-de-funcionar>>. Acesso em: 28 set. 2018.

MIGUEZ, E. **Logística Reversa de Produtos Eletrônicos: Benefícios Ambientais e Financeiros**. Dissertação - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 2007. Disponível em: <<http://www.sage.coppe.ufrj.br/index.php/publicacoes/joomla-tutoriais/2007/46-eduardo-correia-miguez-dezembro2007/file>>.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **RoHS Brasileira**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/seguranca-quimica/gestao-das-substancias-quimicas/rohs-brasileira>>. Acesso em: 24 out. 2018.

MORAES, V. T.; ESPINOSA, D. C. R.; LUCENA, L. L. Tecnologias de tratamento para resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. In: XAVIER, L. H.; CARVALHO, T. C. (Orgs). **Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

MOURA, J. M. B. M. et al. Relation of Brazilian institutional users and technical assistances with electronics and their waste: What has changed? **Resources, Conservation and Recycling**, v. 127, n. March, p. 68–75, 2017.

MUSSER, C. et al. Responsabilidade Socioambiental: Estudo de Caso-Cooperativas de Catadores Atuando a Triagem de Resíduos Eletroeletrônicos no Brasil. **Revista Espacios**, 2017.

NOVAES, A. G. **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição**: estratégia, operação e avaliação. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2007.

OCDE. **Relatórios Econômicos da OCDE**: Brasil. 2015. Disponível em: <<http://www.oecd.org/eco/surveys/Brasil-2015-resumo.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2017.

OLIVEIRA NETO, G. C.; CORREIA, A.; SCHROEDER, A. M. Economic and environmental assessment of recycling and reuse of electronic waste: Multiple case studies in Brazil and Switzerland. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 127, n. April, p. 42–55, 2017.

OLIVEIRA, U. R. Contribuições para a melhoria da gestão de resíduos de eletroeletrônicos no Brasil, no contexto da sustentabilidade ambiental. 2016. 198 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia de Produção, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2016.

ONGONDO, F. O.; WILLIAMS, I. D.; CHERRETT, T. J. How are WEEE doing? A global review of the management of electrical and electronic wastes. **Waste Management**, v. 31, n. 4, p. 714–730, 2011. Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2010.10.023>>. Acesso em: out. 2016.

ONU. **The global e-waste monitor**. 2014. Disponível em: <<https://i.unu.edu/media/unu.edu/news/52624/UNU-1stGlobal-E-Waste-Monitor-2014-small.pdf>>. Acesso em: out. 2017.

ONU. **The global e-waste monitor**. 2017. Disponível em: <<https://www.itu.int/en/ITU-D/Climate-Change/Pages/Global-E-waste-Monitor-2017.aspx>>. Acesso em: out. 2017.

OU, D. Y.; SHI, Y. Q. Simulation and Optimization for Household Electrical Appliances Production Logistics Based on Remanufacturing. **Advanced Materials Research**, v. 711, p. 707–712, 2013.

PAES, C. E. et al. Management of Waste Electrical and Electronic Equipment in Brazilian Public Education Institutions: Implementation Through Action Research on a University Campus. **Systemic Practice and Action Research**, v. 30, n. 4, p. 377–393, 2016.

PIMENTEL, M. et al. Ambientronic: A Brazilian program to support the development of innovative projects in e-waste reverse logistics. **Proceedings of the 5th International Conference on Management of Emergent Digital EcoSystems, MEDES 2013**, p. 285–288, 2013.

QIANG, S.; ZHOU, X.-Z. Robust reverse logistics network design for the waste of electrical and electronic equipment (WEEE) under recovery uncertainty. **Journal of Environmental Biology**, v. 37, n. 5, p. 1153–1165, 2016.

QUARIGUASI FROTA NETO, J.; VAN WASSENHOVE, L. N. Original Equipment Manufacturers' Participation in Take-Back Initiatives in Brazil: An Analysis of Engagement Levels and Obstacles Quariguasi and Van Wassenhove OEM Participation in Take-back Initiatives in Brazil. **Journal of Industrial Ecology**, v. 17, n. 2, p. 238–248, 2013.

RAVI, V. Evaluating overall quality of recycling of e-waste from end-of-life computers. **Journal of Cleaner Production**, v. 20, n. 1, p. 145–151, 2012.

RAZZOLINI FILHO, E. R.; BERTÉ, R. **O reverso da logística e as questões ambientais no Brasil**. Curitiba: Editora Ibpex, 2009.

REIS, E. A.; REIS, I.A. **Análise Descritiva de Dados**: relatório técnico do departamento de estatística da UFMG, 2002. Disponível em <<http://plutao.est.ufmg.br/arquivos/rts/rte0202.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2018.

RODRIGUES, D. F.; RODRIGUES, G. G.; LEAL, J. E.; PIZZOLATO, N. D. LOGÍSTICA REVERSA – CONCEITOS E COMPONENTES DO SISTEMA. Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais...** p.8, 2002. Curitiba. Disponível em:

<http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2002_TR11_0543.pdf>. Acesso em: 12 out. 2017.

ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMBKE, R. S. **Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices**. University of Nevada, Reno – Center for Logistics Management, 1998.

SANTOS, C. A. F. D.; NASCIMENTO, L. F. M.; NEUTZLING, D. M. A Gestão dos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) e as consequências para a sustentabilidade: as práticas de descarte dos usuários organizacionais. **Revista Capital Científico - Eletrônica**, v. 12, n. 1, p. 78-96, 2014.

SANTOS, R. F.; MARINS, F. A. S. Integrated model for reverse logistics management of electronic products and components. **Procedia Computer Science**, v. 55, n. Itqm, p. 575–585, 2015.

SCUR, G.; BARBOSA, M. E. Green supply chain management practices: Multiple case studies in the Brazilian home appliance industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 141, p. 1293–1302, 2017.

SEBRAE. Como montar um serviço de reciclagem de lixo eletrônico. 2015. Disponível em: < <http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ideias/como-montar-um-servico-de-reciclagem-de-lixo-eletronico,e4397a51b9105410VgnVCM1000003b74010aRCRD>>. Acesso em: mai. 2018.

SEBRAE. **Anuário do trabalho da micro e pequena empresa**. 2013. Disponível em: <http://www.sebrae.com.br/sebrae/portal%20sebrae/anexos/anuario%20do%20trabalho%20na%20micro%20e%20pequena%20empresa_2013.pdf>. Acesso em: 25 set. 2018.

SHOKOHYAR, S.; MANSOUR, S. Simulation-based optimisation of a sustainable recovery network for Waste from Electrical and Electronic Equipment (WEEE). **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, v. 26, n. 6, p. 487–503, 2013.

SILVA, E.; MENEZES, E. **Metodologia da pesquisa e elaboração da dissertação**. Florianópolis, UFSC, 2005.

SIRI, S.; MENDIS, I. T.; REPETTO, C. The Facility Location Problem in a Reverse Logistic Network: Weeenmodels Project in the City of Genoa. **IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Proceedings, ITSC**, v. 2015–October, p. 1581–1586, 2015.

SIRISAWAT, P. A Study of Green Procurement Practices: A Case Study of the Computer Parts Industry in Thailand. p. 382–388, 2016.

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

SOUZA, R. S.; GUARNIERI, P.; CARVALHO, J. M. Logística reversa de resíduos eletroeletrônicos: o estado da arte no brasil. Encontro Nacional dos Cursos de Graduação em Administração. **Anais...** p.17, 2017. Brasília.

STOCK, J. R. **Reverse Logistics**. Oak Brook: Council of Logistics Management, 1992.

SUN, H. L.; CHEN, H.; XUE, Y. F. Development Countermeasures of the Reverse Logistics Service Chain of Electronic Waste. **Advanced Materials Research**, v. 610–613, p. 2187–2191, 2012.

SUN, L. G.; ZHANG, Z. Optimal Study of the Reverse Logistics Network for Electronic Waste under Fuzzy Environment. **Advanced Materials Research**, v. 986–987, p. 2167–2170, 2014.

TADIĆ, D. et al. A fuzzy bi-linear management model in reverse logistic chains. **Yugoslav Journal of Operations Research**, v. 26, n. 1, p. 61–74, 2016.

TARI, I.; ALUMUR, S. A. Collection Center Location with Equity Considerations in Reverse Logistics Networks. **INFOR: Information Systems and Operational Research**, v. 52, n. 4, p. 157–173, 2014.

TEIXEIRA, L. et al. Os resíduos eletroeletrônicos no Brasil e no exterior: diferenças legais e a premência de uma normatização mundial. p. 37–53, 2014.

TEPE, S. et al. Reverse logistics network design for the recycling of waste of electrical and electronic equipments and an application for Turkey. **CIE 2014 - 44th International Conference on Computers and Industrial Engineering and IMSS 2014 - 9th International Symposium on Intelligent Manufacturing and Service Systems, Joint International Symposium on "The Social Impacts of Developments in Informat**, n. January 2014, p. 1808–1817, 2014.

UNIÃO EUROPÉIA. **Diretiva 2002/96/EC do Parlamento Europeu e do Conselho Relativa aos Resíduos de Equipamentos Eléctricos e Electrónicos (REEE)**. 2003. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:037:0024:0038:PT:PDF>>. Acesso em: out. 2016.

USHIZIMA, M. M.; MARINS, F. A. S.; JÚNIOR, J. M. Política Nacional de Resíduos Sólidos : Cenário da Legislação Brasileira com Foco nos Resíduos Eletroeletrônicos. **Seget 2014**, 2014.

USHIZIMA, M. M.; MARINS, F. A. S.; MUNIZ JR, J. **Política Nacional de Resíduos Sólidos: Cenário da Legislação Brasileira com Foco nos Resíduos Eletroeletrônicos**. XI Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia: Gestão do Conhecimento para a Sociedade, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho-Unesp, 2014.

WILSON, G. T. et al. The hibernating mobile phone: Dead storage as a barrier to efficient electronic waste recovery. **Waste Management**, v. 60, p. 521–533, 2017.

XAVIER, L. H. **Resíduos eletroeletrônicos na região metropolitana do Recife (RMR): guia prático para um ambiente sustentável**. Recife: Massangana, 2014.

XAVIER, L. H.; CARVALHO, T. C. Introdução à Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos. In: XAVIER, L. H.; CARVALHO, T. C. (Orgs). **Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

XAVIER, L. H. et al. **Sistema de Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos: Breve Análise da Gestão no Brasil e na Espanha**. Fórum Internacional de Resíduos Sólidos. Anais...Porto Alegre: 2013

XAVIER, L. H.; ZUCCHI, M. DE A.; COSTA, C. H. A. Sustentabilidade na Gestão da Cadeia de Equipamentos Eletroeletrônicos. Simpósio de Engenharia de Produção. **Anais...** p.16, 2011. Bauru.

XAVIER, L. H.; CANNEN, A. G.; VALLE, R. DE A. A Logística e a Gestão Ambiental: Convergência para o Sucesso Organizacional. Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais. **Anais...** São Paulo: 2004

XU, Z. et al. Global reverse supply chain design for solid waste recycling under uncertainties and carbon emission constraint. **Waste Management**, v. 64, p. 358–370, 2017.

YANIK, S. Reverse Logistics Network Design under the Risk of Hazardous Materials Transportation. **Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal**, v. 21, n. 5, p. 1277–1298, 2015.

YU, H.; SOLVANG, W. D. A reverse logistics network design model for sustainable treatment of multi-sourced Waste of Electrical and Electronic Equipment (WEEE). **2013 IEEE 4th International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom)**, p. 595–600, 2013.

YU, H.; SOLVANG, W. D. A stochastic programming approach with improved multi-criteria scenario-based solution method for sustainable reverse logistics design of waste electrical and electronic equipment (WEEE). **Sustainability (Switzerland)**, v. 8, n. 12, 2016.

YUXIANG, Y.; DAN, W. Research on environmental impact assessment of e-waste reverse logistics. **Proceedings of 2016 12Th International Conference on Computational Intelligence and Security (Cis)**, p. 612–615, 2016.

ZHANG, Y. J. Method of the Waste Electrical Reverse Logistics Environmental Impact Assessment Based on Rough Set Theory. **Applied Mechanics and Materials**, v. 295–298, p. 1798–1805, 2013.

ZHANG, Z.; MA, H. M. Robust Optimization Study of Recycling Network for Electronic Waste. **Advanced Materials Research**, v. 918, p. 282–287, 2014.

ZHAO, Y. Research on electronic products recycling. **Applied Mechanics and Materials**, v. 416–417, p. 1959–1963, 2013.

APÊNDICES

Apêndice A – Questionário

Olá!

Meu nome é Raphael Salviano, sou estudante de Administração da Universidade de Brasília (UnB). Este questionário tem como finalidade a coleta de dados para uma pesquisa desenvolvida no âmbito do grupo de pesquisa GEALOGS – Grupo de Estudos e Pesquisas Avançadas em Logística e Supply Chain Management, sob a orientação da Professora Dra. Patricia Guarnieri, vinculado ao Departamento de Administração da UnB –, que deu origem a um projeto de iniciação científica e ao Trabalho de Conclusão de Curso.

Esta pesquisa é parte do projeto “Gestão da Logística Reversa de Resíduos Eletroeletrônicos no Brasil com base na Lei nº 12.305/2010 e na Abordagem Multicritério de Apoio à Decisão (MCDA)”, aprovado na Chamada Universal MCTI/CNPq nº 01/2016, coordenado pela Professora Dra. Patrícia Guarnieri e que visa, dentre outros aspectos a realização de diagnóstico das práticas da logística reversa de resíduos eletroeletrônicos no Brasil, incluindo a existência de inovações na reciclagem de componentes em organizações brasileiras.

Se você atua em qualquer etapa da logística reversa de resíduos eletroeletrônicos (que envolve a triagem, coleta, transporte, envio para reciclagem, reuso, remanufatura, recondicionamento, triagem, desmontagem, upcycling, doação, venda ao mercado secundário, exportação, ou ainda, a destinação final adequada), sua participação é muito importante para nossa pesquisa!

Ficaremos imensamente gratos com sua colaboração, fornecendo informações com esse foco.

Estamos à disposição para eventuais esclarecimentos.

O tempo estimado de resposta deste questionário é de 7 (sete) minutos.

Raphael Salviano, e-mail: raphaelsalvianodesouza@gmail.com

Patricia Guarnieri, e-mail: profpatriciaunb@gmail.com

1. Você concorda em participar da pesquisa? **Marcar apenas uma oval.*

- Sim
- Não *Pare de preencher este formulário.*

Perfil da organização**2. Qual o tipo de organização? ****Marcar apenas uma oval.*

- Empresa
- Organização não-governamental (ONG)
- Cooperativa
- Outro: _____

3. A organização possui mais de uma unidade? **Marcar apenas uma oval.*

- Sim
- Não

4. Se sim, quantas?*Marcar apenas uma oval.*

- 2 (duas).
- 3 (três).
- 4 (quatro).
- 5 (cinco).
- Mais de 5 (cinco).

5. Em que cidade(s) a organização está localizada? *

6. Em que UF a organização está localizada? **Marque todas que se aplicam.*

- Acre
- Alagoas
- Amapá
- Amazonas
- Bahia
- Ceará
- Distrito Federal
- Espírito Santo
- Goiás
- Maranhão
- Mato Grosso
- Mato Grosso do Sul
- Minas Gerais
- Pará
- Paraíba
- Paraná
- Pernambuco
- Piauí
- Rio de Janeiro
- Rio Grande do Norte
- Rio Grande do Sul
- Rondônia
- Roraima
- Santa Catarina
- São Paulo
- Sergipe
- Tocantins

7. Qual o nível de abrangência de atuação? **Marcar apenas uma oval.*

- Local (apenas na(s) cidade(s) onde está localizada)
- Estadual (apenas no(s) estado(s) onde está localizada)
- Regional (na(s) região(ões) onde está localizada)
- Nacional (em todo o território brasileiro)
- Internacional (em outros países além do Brasil)

8. Quanto tempo em atividade? *

Marcar apenas uma oval.

- Menos de 1 (um) ano.
 Entre 1 (ano) e 3 (três) anos.
 Entre 3 (três) e 5 (cinco) anos.
 Entre 5 (cinco) e 8 (oito) anos.
 Mais de 8 (oito) anos.

9. Qual o número de colaboradores? *

Marcar apenas uma oval.

- De 1 (um) a 5 (cinco).
 De 5 (cinco) a 10 (dez).
 De 10 (dez) a 20 (vinte).
 De 20 (vinte) a 50 (cinquenta).
 Mais de 50 (cinquenta).

10. Qual o tamanho do layout operacional da organização? *

Marcar apenas uma oval.

- Menos de 100m².
 De 100 a 200m².
 De 200 a 500m².
 Mais de 500m².

11. Qual(is) dos equipamentos abaixo está(ão) presente(s) na planta da organização?

Marque todas que se aplicam.

- Moinho
 Triturador
 Prensa para metal
 Elevador de carga
 Balança
 Esteira
 Outro: _____

12. Quais equipamentos eletroeletrônicos fazem parte do escopo de atuação da organização? *

Marque todas que se aplicam.

- Linha Marrom (Televisor tubo/monitor, televisor plasma/LCD/monitor, DVD, VHS e produtos de áudio).
 Linha Verde (Desktops, notebooks, periféricos, impressoras e aparelhos celulares).
 Linha Branca (Geladeiras, refrigeradores, congeladores, fogões, lava-roupas e ar-condicionado).
 Linha Azul (batedeiras, liquidificadores, ferros elétricos e furadeiras).

13. A organização possui alguma licença para o exercício de suas atividades? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não

14. Se "Sim", qual(is)?

Marque todas que se aplicam.

- Alvará de funcionamento
 AVCB (Auto de Vistoria do Corpo de Bombeiros)
 Licença Ambiental expedida pela Secretaria de Meio Ambiente municipal
 Licença Ambiental expedida pelo IBAMA
 Outro: _____

15. A organização possui alguma certificação? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não

16. Se "Sim", qual(is)?

Marque todas que se aplicam.

- ISO 9001 - Gestão de Qualidade
 ISO 14001 - Gestão Ambiental
 Outro: _____

Atividades desempenhadas

17. Qual(is) é(são) a(s) fonte(s) dos resíduos? *

Marque todas que se aplicam.

- Os consumidores levam até a organização
 A organização coleta em pontos de entrega voluntária (PEVs)
 A organização coleta em domicílio sob demanda
 Operadores logísticos e/ou terceiros coletam e levam até a organização
 A organização coleta em eventos
 Empresas e/ou outras entidades doam para a organização
 Outro: _____

18. Caso a resposta para a questão anterior tenha sido "A organização coleta em domicílio sob demanda", qual a quantidade mínima para coleta?

Marcar apenas uma oval.

- Não há quantidade mínima estabelecida.
 Menos de 100kg.
 Entre 100 e 200kg.
 Entre 200 e 500kg.
 Mais de 500kg.

19. A organização realiza a cobrança de algum valor para realizar essa coleta em domicílio ou receber os resíduos? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não

20. Caso realize a cobrança, por favor descreva valores (R\$) ou links para obter essa informação, e como ocorre a cobrança:

21. Caso realize a cobrança, a cargo de quem fica o pagamento?

Marcar apenas uma oval.

- Consumidor final
 Empresa revendedora de eletroeletrônicos
 Fabricante
 Associação de produtores ou recicladores de resíduos eletrônicos
 Outro: _____

22. A organização realiza a pesagem dos resíduos em sua chegada? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não

23. A organização realiza a triagem dos resíduos? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não

24. Em caso afirmativo, descreva o processo de triagem dos resíduos.

25. A organização realiza a descaracterização dos equipamentos? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
 Não

26. Se sim, como é feito esse procedimento?

27. Há a separação de componentes e resíduos perigosos, como baterias, na etapa de triagem? *

Marcar apenas uma oval.

Sim

Não

28. Se sim, o que é feito com esses componentes?

29. A organização utiliza algum sistema de informação para o controle de entrada dos resíduos no ponto de tratamento? *

Marcar apenas uma oval.

Sim

Não

30. Se sim, qual?

31. Selecione abaixo, qual(is) das atividades é(são) realizada(s) pela organização: *

Marque todas que se aplicam.

- Reuso/Reutilização
- Desmanche/Canibalismo
- Remanufatura
- Recondicionamento
- Reciclagem
- Upcycling (processo de recuperação que converte materiais desperdiçados/resíduos em novos materiais ou produtos com maior e/ou melhor qualidade e valor ambiental (GUARNIERI, 2010)).
- Venda ao mercado secundário
- Doação
- Incineração
- Exportação de componentes
- Disposição final
- Outro: _____

32. Que material(is) é(são) extraído(s) dos componentes na organização? *

Marque todas que se aplicam.

- Madeira
- Plástico
- Vidro
- Metais ferrosos (Ferro e Aço)
- Metais não-ferrosos (Alumínio, Cobre, Estanho, Zinco, Níquel, Chumbo, etc.)
- Borracha
- Cerâmica
- Outro: _____

33. Que material(is) é(são) tratado(s) na organização? *

Marque todas que se aplicam.

- Madeira
- Plástico
- Vidro
- Metais ferrosos (Ferro e Aço)
- Metais não-ferrosos (Alumínio, Cobre, Estanho, Zinco, Níquel, Chumbo, etc.)
- Borracha
- Cerâmica
- Placas de circuitos
- Outro: _____

34. Caso haja a extração de algum material que não é tratado na organização, o que é feito?

35. Quanto do material que chega à organização é reinserido na cadeia de produção (reutilizado, reciclado, remanufaturado, reconicionado, doado ou vendido)? *

Marcar apenas uma oval.

- Menos que 10%
- Entre 10 e 25%
- Entre 25 e 50%
- Entre 50 e 75%
- Mais que 75%
- Sem informação

36. É a própria organização que destina os resíduos sem condição de revalorização à disposição final? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim, totalmente.
- Sim, parcialmente.
- Não.

37. Em caso afirmativo, onde a disposição dos rejeitos é feita?

Marque todas que se aplicam.

- Incinerador
- Aterro sanitário
- Bacia de sedimentação
- Depósito de tambores
- Outro: _____

38. A organização emprega alguma técnica ou equipamento para a extração de metais valiosos dos resíduos? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
- Não

39. Se sim, explique no que consiste.

40. A organização possui alguma etapa ou processo relacionado à logística reversa dos resíduos eletroeletrônicos que pode ser considerada inovadora? Se sim, por favor descreva:

41. A organização percebe oportunidade em realizar alguma prática inovadora relacionada à logística reversa de resíduos eletroeletrônicos, que atualmente não realize? Se sim, por favor descreva:

42. Caso a organização perceba que existe alguma prática inovadora que poderia ser realizada, quais os motivos para ainda não implementá-la?

Marcar apenas uma oval.

- Restrições financeiras/orçamentárias
- Restrições legais
- Restrições de capacidade técnica ou tecnológica
- Restrições de conhecimento ou gestão
- Outro: _____

43. Sua organização percebe alguma barreira para inovação em logística reversa? Poderia descrevê-la?

44. Gostaria de deixar mais algum comentário ou sugestão?

45. Obrigada pela sua participação! Se quiser receber os resultados da pesquisa, por favor informe um e-mail para contato:

Apêndice B – Relação de Organizações Mapeadas

| Nome | Classificação | UF | Cidade/UF | Telefone | E-mail | Página |
|---|---------------|----|---------------------|-------------------------------------|--|---|
| Bio Digital Reciclagem de Resíduos Eletrônicos | Empresa | AL | Maceió/AL | (82) 3013-4478 / (82)99648-7044 | atendimento@biodigital-al.com.br | http://www.biodigital-al.com.br/ |
| ERS Serviços de Reciclagem de Eletrônicos | Empresa | AM | Manaus/AM | (19) 3115-2500 | br.frontdesk@ers-international.com | http://www.ersdobrasil.com.br/ |
| EM Reciclagem Eletrônica | Empresa | BA | Feira de Santana/BA | (75) 99158-8541 | embtvonline@gmail.com | http://emreciclagemeletronica.negocio.site/ |
| Ecoletas | Empresa | CE | Fortaleza/CE | (85) 3295-2179/ (85) 98874-2154 | ecoletas@ecoletas.com.br | http://ecoletas.com.br/ |
| Zero Impacto E-Reciclagem | Empresa | DF | Guará/DF | (61) 3301-3584/ (61) 99914-9494 | contato@zeroimpacto.com.br | http://www.zeroimpacto.com.br/index.php |
| ES Ambiental | Empresa | ES | Linhares/ES | (27) 3264-0071/ (27) 99993-3984/ | contato@esambiental.com.br | http://esambiental.com.br/ |
| Sucata Eletrônica | Empresa | GO | Goiânia/GO | (62) 3298-1253/ (62) 99214-6189 | atendimento@sucataeletronicagoiania.com.br | http://sucataeletronicagoiania.com.br/ |
| Sucata de Informática | Empresa | GO | Goiânia/GO | (62) 3203-3863/ (62) 98455-9668 | assuncelo@hotmail.com | http://sucatadinformatica.com/index.html |
| Programando o futuro | ONG | GO | Valparaíso/GO | (61) 3223-8996/ (61) 3559-1111 | contatos@programandoofuturo.org.br | http://www.programandoofuturo.org.br/ |
| Estação de Metarreciclagem | ONG | GO | Valparaíso/GO | (61) 3559-1111 | | |
| GRD Gestão em Resíduos Tecnológicos | Empresa | MA | São Luís, MA | (98) 98158-8158/ (98) 98869-1510 | comercial@gervasreciclagemdigital.com.br | http://gervasreciclagemdigital.com.br/ |
| BH Recicla | Empresa | MG | Belo Horizonte/MG | (31) 3063-0688/ (31) 98324-3996 | contato@bhrecicla.com.br | https://www.bhrecicla.com.br/ |
| Reciclar Minas Coleta de Lixo Eletrônico | Empresa | MG | Belo Horizonte/MG | (31) 2510-5821/ (31) 98889-5560 | contato@reciclarminas.com.br | http://www.reciclarminas.com.br/ |
| Pró-verde Soluções Sócio-Ambientais | ONG | MG | Belo Horizonte/MG | (31) 2512-1712/ (31) 99810-0038 | | http://proverdebh.wixsite.com/ |
| E-Mile Descarte de Eletrônicos | Empresa | MG | Betim/MG | (31) 3044-5280/ (61) 99544-9937 | | https://emile.net.br/ |
| Instituto Caxinguelê | ONG | MG | Janaúba/MG | (38) 99142-3834 | correiodiego@hotmail.com | http://www.institutocaxinguele.org/ |
| Codel Reciclagem | Empresa | MG | Uberlândia/MG | (34) 3086-9619/ (34) 99672-3880 | contato@codelreciclagem.com.br | http://codelreciclagem.com.br/ |
| Eco Brasil Reciclagem de Eletrônicos | Empresa | MG | Varginha/MG | (35) 3214-2366 | coleta@ecobrasil.net | http://ecobrasil.net/index.php |
| Ecodescarte | Empresa | MT | Cuiabá/MT | (65) 3025-7336/ (65) 3023-9791 | contato@ecodescarte.com | https://www.ecodescarte.com/ |
| Paraíba Recicla | ONG | PB | Cabedelo/PB | (83) 3185-1750 | paraibarecicla@hotmail.com | http://www.paraibarecicla.com/ |

| | | | | | | |
|---|-------------|----|-----------------------------|-------------------------------------|--|---|
| Reciclar Gerenciamento de Resíduos | Empresa | PE | Cabo de Santo Agostinho/PE | (81) 3521-9810 | contato@reciclaronline.com.br | http://reciclaronline.com.br/ |
| Recicla Tech | Empresa | PR | Colombo/PR | (41) 3606-9623/ (41) 99856-6149 | reciclatech@reciclatech.com.br | http://reciclatech.com.br/ |
| Parcs Resíduo Eletrônico | Empresa | PR | Curitiba/PR | (41) 3027-2289 | parcs@parcs.com.br | https://www.parcs.com.br/ |
| Recicla E-waste Company Brasil | Empresa | PR | Curitiba/PR | (41) 3089-0232 | contato@reciclaeletronicos.com.br | http://www.reciclaeletronicos.com.br/ |
| Hamaya do Brasil | Empresa | PR | Fazenda Rio Grande/PR | (41) 3060-3500/ (41) 3060-9200 | atendimento@hamaya.com.br | http://www.hamaya.com.br/ |
| Krefta Tecnologia em Serviços | Empresa | PR | Foz do Iguaçu/PR | (45) 3029-6200/ (45) 99811-3338 | irmaoskrefta@gmail.com | http://krefta.com.br/home |
| E-Lixo Recuperação de Eletrônicos | ONG | PR | Londrina/PR | (43) 3339-0475 | | http://elixo.org.br/ |
| Marumbi Reciclagem | Empresa | PR | Sta. Terezinha de Itaipu/PR | (45) 3541-1100 | reciclagem@marumbireciclagem.com.br | http://www.marumbireciclagem.com.br |
| Zyklus | Empresa | RJ | Rio de Janeiro/RJ | (21) 3570-3722/ (21) 99593-5606 | contato@zyklus.com.br | https://www.zyklus.com.br/ |
| Ultra Polo | Empresa | RJ | Três Rios/RJ | (11) 96444-5843 | contato@ultrapolo.com.br | http://www.ultrapolo.com.br/ |
| Recinfo | Empresa | RN | Natal/RN | (84) 98893-6230/ (84) 99830-1070 | recinfo@recinfo.com.br | http://www.recinfo.com.br/index.html |
| Ecoativa Gestão de Resíduos | Empresa | RN | São Gonçalo do Amarante/RN | (84) 3015-9455/ (84) 99622-7572 | contato@ecoativarecicla.com.br | http://ecoativarecicla.com.br/ |
| JG Recicla | Empresa | RS | Alvorada/RS | (51) 3082-3336 | atendimento@jgrecicla.com.br | http://www.jgrecicla.com.br/ |
| Otser Gestão de Resíduos Eletrônicos | ONG | RS | Campo Bom/RS | (51) 3556-0044 | otser@otser.com.br | http://www.otser.com.br |
| Ambe Gerenciamento de Resíduos Tecnológicos | Empresa | RS | Caxias do Sul/RS | (54) 3228-3636 | ambe@ambe.com.br | http://ambe.com.br/index.php |
| Natusomos Lixo Eletrônico | Empresa | RS | Horizontina/RS | (55) 3537-6481/ (55) 99674-2504/ | | http://natusomos.com.br/ |
| Sucatrônica Reciclagem de Equipamentos Eletroeletrônicos | Empresa | RS | Novo Hamburgo/RS | (51) 3586-6160 | reciclagemsucatronica@hotmail.com | |
| RS Recicla | Empresa | RS | Porto Alegre/RS | (51) 3237-0237 | contato@rsrecicla.com.br | www.rsrecicla.com.br |
| Microreciclado Gerenciador de Resíduo Tecnológico | Empresa | RS | Porto Alegre/RS | (51) 3249-8521/ (51) 99182-1357 | marcelo@microreciclado.com.br | http://www.microreciclado.com.br |
| Reciclean Reciclagem de Aparelhos Eletrônicos | Empresa | SC | Blumenau/SC | (47) 3041-0354/ (47) 99101-2381 | contato@reciclean.eco.br | https://recicleanblumenau.webnode.com.br/ |
| Recicla Vale | Cooperativa | SC | Itajaí/SC | (47) 98426-7384/ (47) 99212-1230 | reciclavaleitj@bol.com.br | https://reciclavaleitajai.webnode.com/ |
| Wee.do | Empresa | SC | Palhoça/SC | (48) 3341-5206 | contato@weee.do | http://weee.do/site/ |

| | | | | | | |
|--|-------------|----|------------------|------------------------------------|--|---|
| Reciclagem Açofer | Empresa | SC | Pouso Redondo/SC | (47) 3545-1741/ (47) 99284-5453 | reciclagensacofer@yahoo.com | https://reciclagensacofer.wixsite.com/eletronicos |
| EcoTi Logística Reversa | Empresa | SE | Aracaju/SE | (79) 3024-3328/ (79) 99148-0592 | ecoti@ecoti.com.br | http://www.ecoti.com.br/#inicio |
| Witzler Recicla | Empresa | SP | Bauru/SP | (14) 3223-8722 | recicla@witzler.com.br | http://www.witzlerrecicla.com.br/ |
| Standard Reciclagem de Eletrônicos Campinas | Empresa | SP | Campinas/SP | (19) 2511-6452 | contato@standard.rec.br | http://www.standard.rec.br/ |
| Ativa Reciclagem | Empresa | SP | Guarulhos/SP | (11) 2433-4241 | comercial@ativareciclagem.com.br | http://www.ativareciclagem.com.br/ |
| GAG Reciclagem de Eletrônicos | Empresa | SP | Jundiaí/SP | (11) 4525-5630/ (11) 99122-8799 | contato@reciclagag.com.br | http://www.reciclagag.com.br/ |
| Reciclagem Certa | Empresa | SP | Santo André/SP | (11) 4810-4164/ (11) 4997-2773 | | http://www.reciclagemcerta.com.br/index.html |
| Coopermiti | Cooperativa | SP | São Paulo/SP | (11) 3666-0849 | contato@coopermiti.com.br | http://www.coopermiti.com.br/Default.aspx |
| Ecobraz Coleta de E-lixo | ONG | SP | São Paulo/SP | (11) 4329-2001 | contato@ecobraz.org.br | http://www.ecobraz.org.br/ |
| Eco Computadores | Empresa | SP | São Paulo/SP | (11) 3562-0264/ (11) 3589-6422 | contato@ecocomputadores.com | http://www.ecocomputadores.com/ |
| Sucata Digital | Empresa | SP | São Paulo/SP | (11) 2604-2273/ (11) 94160-5053 | contato@sucatadigital.com.br | http://www.sucatadigital.com.br/ |
| Descarte de Lixo Eletrônico | ONG | SP | São Paulo/SP | (11) 97056-0177 | | http://descarte-de-lixo-eletronico.business.site/ |
| Eco Assist | Empresa | SP | São Paulo/SP | (11) 99372-9976/ 0800 326 1000 | contato@ecoassist.com.br | http://www.ecoassist.com.br/ |
| San Lien Gestão de Resíduos | Empresa | SP | São Paulo/SP | (11) 2954-2229/ (11) 94020-4485 | | https://www.sanlien.com.br/ |
| Reciclo Inteligência Ambiental | Empresa | SP | São Paulo/SP | (11) 2254-0950 | contato@gruporeciclo.com | http://www.gruporeciclo.com/ |
| Global Reciclagem | Empresa | SP | São Paulo/SP | (11) 2584-6965/ (11) 96361-1434 | contato@globalreciclagem.com.br | http://www.globalreciclagem.com.br/index.html |
| Lorene | Empresa | SP | São Paulo/SP | (11) 2902-5200 | | http://www.lorene.com.br/ |
| JLA Recicla | Empresa | SP | São Paulo/SP | (11) 3911-3785/ (11) 3911-3815 | comercial@ilarecicla.com.br | http://www.ilarecicla.com.br/ |
| Grupo Ambipar | Empresa | SP | São Paulo/SP | (11) 3429-5000 | contato@grupoambipar.com.br | http://www.grupoambipar.com.br |
| Metarreciclagem Reciclagem de Lixo Eletrônico | ONG | SP | Sorocaba/SP | (15) 3417-3825 | metarreciclagem@yahoo.com.br | http://metarreciclagem.blogspot.com.br/ |
| Recicle Tocantins | Empresa | TO | Palmas/TO | (63) 99979-3213 | hardsis.to@pop.com.br | http://recicletocantins.blogspot.com.br/ |