

UANDERSON RÉBULA DE OLIVEIRA

**CONTRIBUIÇÕES PARA A MELHORIA DA GESTÃO DE
RESÍDUOS DE ELETROELETRÔNICOS NO BRASIL, NO
CONTEXTO DA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL**

Uanderson Rébula de Oliveira

**CONTRIBUIÇÕES PARA A MELHORIA DA GESTÃO DE
RESÍDUOS DE ELETROELETRÔNICOS NO BRASIL, NO
CONTEXTO DA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL**

Dissertação apresentada ao Conselho de Curso de Pós-graduação em Engenharia de Produção – Mestrado Profissional – da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Augusto Silva Marins

O48c

Oliveira, Uanderson Rebula

Contribuições para a melhoria da gestão de resíduos de eletroeletrônicos no Brasil, no contexto da sustentabilidade ambiental / Uanderson Rebula Oliveira – Guaratinguetá, 2016.

197 f. : il.

Bibliografia: f. 137-159

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2016.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Augusto Silva Marins

1. Logística reversa 2. Resíduos sólidos 3. Reaproveitamento (Sobras, refugos, etc.) 4. Sustentabilidade I. Título

CDU 658.5(043)

UANDERSON REBULA DE OLIVEIRA

**ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
“MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO”**

**PROGRAMA: ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO: MESTRADO PROFISSIONAL**

APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO


Prof. Dr. Jorge Muniz Junior
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. FERNANDO AUGUSTO SILVA MARINS
Orientador / UNESP-FEG


Prof. Dr. JORGE MUNIZ JUNIOR
UNESP/FEG


Prof.ª Dr.ª. CECILIA TOLEDO HERNÁNDEZ
UFF/EEIMVR

Março de 2016

DADOS CURRICULARES

Uanderson Rébula de Oliveira

NASCIMENTO	26.05.1975 – CUBATÃO / SP
FILIAÇÃO	José Teodoro de Oliveira Iolanda Rébula de Oliveira
1996/1999	Curso Técnico Metalurgia - Escola Técnica Pandiá Calógeras
2000/2001	Curso Técnico Segurança do Trabalho - Escola Técnica Pandiá Calógeras
2002/2005	Curso de Graduação Ciências Contábeis - Universidade Barra Mansa (UBM)
2006/2007	Curso de Pós-Graduação em Logística Empresarial, nível <i>lato sensu</i> , na Universidade Estácio de Sá (UNESA).
2007/2008	Curso de Pós-Graduação em Controladoria e Finanças, nível <i>lato sensu</i> , na Universidade Federal de Lavras (UFLA).

de modo especial, à minha esposa e à minha família.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a *Deus*, por tudo!

À Associação Educacional Dom Bosco (AEDB), pelo auxílio financeiro à pesquisa.

Ao meu orientador, *Prof. Dr. Fernando Augusto Silva Marins* e ao *Prof. Dr. Jorge Muniz Júnior* que, generosamente, compartilharam suas experiências, lições, oportunidades de pesquisa e pela colaboração no desenvolvimento de artigos acadêmicos.

Ao meu irmão, *Prof. Dr. Ualison Rebula de Oliveira*, que também me auxiliou nas pesquisas e no desenvolvimento do presente trabalho.

“Posso todas as coisas naquele que me fortalece”

Filipenses, 4.13

OLIVEIRA, U. R. **Contribuições para a melhoria da gestão de resíduos de eletroeletrônicos no Brasil, no contexto da sustentabilidade ambiental**. 2016. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2016.

RESUMO

A venda de Equipamentos Eletroeletrônicos (EEE) cresce em razão das inovações tecnológicas e da rapidez com que eles se tornam obsoletos, o que implica o aumento da geração de um resíduo sólido denominado Resíduo de Equipamento Eletroeletrônico (REEE). O REEE é um problema relevante, visto que contém diversas substâncias tóxicas capazes de provocar danos ao meio ambiente e à saúde humana. Dessa forma, torna-se necessário um gerenciamento ambientalmente adequado. Após a criação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) no Brasil, passou a caber a fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de EEE o dever de implementar sistemas de Logística Reversa (LR), os quais objetivam o retorno dos produtos após o uso pelo consumidor. Apesar de o setor de Eletroeletrônicos se preocupar com a LR de seus produtos, constatou-se, na literatura, que a LR do REEE é um tema ainda pouco explorado, tanto no âmbito nacional quanto no internacional, como evidencia a carência de trabalhos práticos nessa área. Esta pesquisa tem por objetivo identificar como a gestão de REEE pode contribuir para a melhoria do desempenho da cadeia de suprimentos de EEE no Brasil, no contexto da sustentabilidade ambiental. Para tanto, adotou-se um método de pesquisa de natureza aplicada, com abordagem qualitativa, objetivo exploratório e normativo e uso de procedimentos técnicos, tais como levantamento bibliográfico, análise documental e *ex-post facto*. A Revisão Sistemática da Literatura possibilitou identificar: o histórico, o panorama e as perspectivas, global e brasileira, para a melhoria do desempenho da gestão de REEE no contexto da sustentabilidade ambiental; boas práticas internacionais em gestão de REEE, as quais sugerem melhorias para o desempenho da gestão de REEE no Brasil; e boas práticas de uso das tecnologias de identificação de produtos, tal como a *Radio Frequency Identification* (RFID), nos sistemas de LR dos REEE, a exemplo do Projeto *Smartwaste* da *Hewlett-Packard* (HP).

PALAVRAS-CHAVE: Sustentabilidade Ambiental. Logística Reversa. Resíduos de Eletroeletrônicos. Responsabilidade Estendida do Produtor. Identificação por Rádio Frequência. Revisão Sistemática da Literatura.

OLIVEIRA, U. R. **Contributions to the improvement of electronic waste management in Brazil, in the context of environmental sustainability**. 2016. Dissertation (Master Degree in Production Engineering) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2016.

ABSTRACT

The sale of electrical and electronic equipment (EEE) grows in terms of technological innovation and the speed with which they become obsolete, reflecting the increase in the generation of a solid residue called electro-electronic equipment waste (WEEE). The WEEE is a major problem, as it has several toxic substances capable of causing damage to the environment and human health. Thus, an environmentally proper management becomes necessary. With the creation of the National Policy on Solid Waste (NPSW) in Brazil, manufacturers, importers, distributors and EEA traders should implement Reverse Logistics systems (RL) by return of products after use by the consumer. Although the electronics industry to worry about the LR of its products, found in the literature that the LR of WEEE is presented as a relatively unexplored subject, both nationally and internationally, showing lack of practical work in this area. The research aims to identify how the management of WEEE can contribute to improving the performance of EEE supply chain in Brazil, in the context of environmental sustainability. Therefore, we adopted a method of nature applied research, with a qualitative approach with exploratory and normative goal, and use of technical procedures, such as literature, document analysis and ex-post facto. A Systematic Review of the Literature possible to identify: the history, the outlook and prospects, global and Brazilian, to the improvement of WEEE management performance in the context of environmental sustainability; best international practices in the management of WEEE, suggesting improvements to the WEEE management performance in Brazil; and good practice in the use of product identification technologies such as Radio Frequency Identification (RFID) in LR systems of WEEE, such as the Smartwaste Hewlett-Packard Project (HP).

KEYWORDS: Environmental Sustainability. Reverse Logistics. E-waste. Responsibility Extended Producer. Radio Frequency Identification. Systematic Literature Review.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução da quantidade de patentes para a RFID – Brasil, Europa e EUA.....	24
Figura 2 – Classificação da pesquisa.....	26
Figura 3 – Visão esquemática do método adotado para a pesquisa.....	28
Figura 4 – Estimativa da população mundial - por região – 1950 a 2100.....	32
Figura 5 – Diagrama de dispersão - geração de RSU <i>versus</i> nível de renda por país.....	34
Figura 6 – Correlação entre o PIB e a aquisição de Eletroeletrônicos.....	35
Figura 7 – Quantidade de RSU gerados <i>per capita</i> (kg/hab/ano) – mundo.....	35
Figura 8 – Extração de recursos úteis na fabricação de EEE – mundo – 1980 a 2020.....	36
Figura 9 – Descoberta de minerações <i>versus</i> gastos com a sua exploração.....	37
Figura 10 – Composição típica do REEE.....	38
Figura 11 – Tendências globais do PIB, população, extração, produtividade e utilização dos recursos naturais (minério, energia fóssil e biomassa) e geração de RSU (incluído os REEE) – 1990 a 2009.....	39
Figura 12 – Consumidores de recursos úteis na fabricação de EEE – por região – 2011.....	39
Figura 13 – Regulamentações globais para o desenvolvimento sustentável – por assunto.....	42
Figura 14 – Regulamentações globais para o desenvolvimento sustentável – por região.....	42
Figura 15 – Visão esquemática da evolução, <i>status</i> e tendências da GRS.....	43
Figura 16 – Processo industrial baseado em uma Economia Circular.....	47
Figura 17 – Atividades logísticas em uma empresa.....	50
Figura 18 – Fluxos diretos e reversos em uma cadeia logística.....	51
Figura 19 – Municípios, segundo a destinação final dos RSU - Brasil – 2008.....	57
Figura 20 – Processo de devolução de produtos objetos de LR à luz da PNRS.....	61
Figura 21 – Evolução das atividades de LR nos setores de Agrotóxicos, Óleos e Pneus.....	62
Figura 22 – Agrupamentos de produtos eletroeletrônicos no Brasil.....	67
Figura 23 – Inserção de EEE no mercado brasileiro – 1996 a 2011.....	68
Figura 24 – Penetração do mercado ilegal de EEE no Brasil – por tipo.....	68
Figura 25 – Distribuição das vendas de EEE no Brasil – por regiões.....	69
Figura 26 – Consumo de EEE no mercado mundial – 2008 a 2015.....	69
Figura 27 – Valor das vendas <i>versus</i> Aquisição de EEE – mundo – 2010 a 2015.....	70
Figura 28 – Geração de REEE no Brasil – 2011 a 2020.....	72
Figura 29 – Fluxo internacional do REEE.....	75
Figura 30 – Comércio ilegal de REEE em Lagos, Nigéria.....	75

Figura 31 – Situações vivenciadas pelos Sucateiros de Recicláveis de REEE no Brasil.....	76
Figura 32 – Fluxograma do ciclo de vida dos REEE no Brasil.....	77
Figura 33 – Fluxograma da cadeia reversa de REEE	79
Figura 34 – Mapa de recicladoras de REEE existentes no Brasil	83
Figura 35 – Processo de leitura ótica de um código de barras	87
Figura 36 – Evolução da tecnologia RFID	89
Figura 37 – Layout de uma <i>tag</i> RFID.....	90
Figura 38 – Mapa mundial de frequência operacional RFID em UHF	94
Figura 39 – Funcionamento de um sistema RFID	94
Figura 40 – Visão esquemática do <i>status</i> e tendências do consumo dos recursos naturais úteis na fabricação de EEE – mundo	100
Figura 41 – Visão esquemática do <i>status</i> e tendências do aumento populacional e geração de RSU e REEE – mundo	101
Figura 42 – Visão esquemática da evolução dos fatos e regulamentos para a sustentabilidade ambiental, <i>status</i> e perspectivas para a melhoria da GRS – mundo	103
Figura 43 – Visão esquemática do <i>status</i> e tendências das vendas de EEE, consumo dos recursos úteis na sua fabricação, PIB, população e geração de RSU e REEE – Brasil.....	104
Figura 44 – Visão esquemática da evolução, <i>status</i> , desafios, entraves e perspectivas para a melhoria do desempenho da gestão de REEE no Brasil.....	105
Figura 45 – Evolução da implementação dos instrumentos REP em diversos países	107
Figura 46 – Taxa de reciclagem de RSU em relação ao total gerado – mundo	111
Figura 47 – Disposição final dos RSU - mundo (em % quantidades tratadas)	111
Figura 48 – Evolução da coleta dos REEE nos países desenvolvidos.....	114
Figura 49 – Estado para a gestão mundial dos REEE em termos de normalização	115
Figura 50 – Países <i>benchmarking</i> em gestão de REEE.....	116
Figura 51 – Estrutura metálica contendo braço giratório com leitor de <i>tags</i> RFID	126
Figura 52 – Linha do tempo da implementação da RFID na HP Brasil – principais fases	127
Figura 53 – O ecossistema da HP Brasil e suas empresas parceiras	127
Figura 54 – Cadeia de valor dos produtos HP baseada em RFID – manufatura e logística....	128
Figura 55 – Identificação das matérias primas recicladas por meio do <i>Smartwaste</i>	129
Figura 56 – Cadeia integrada <i>end-to-end</i> da HP Brasil em Sorocaba (SP).....	130
Figura 57 – Fluxo físico de LR dos REEE proposto pela ABDI.....	189
Figura 58 – Fluxo físico de LR dos REEE proposto pela Abinee/Eletros	190

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – População e geração diária de RSU no mundo e projeções para 2025.....	33
Tabela 2 – Reservas dos principais metais utilizados nos EEE	38
Tabela 3 – PIB, população, consumo de recursos naturais, geração <i>per capita</i> e quantidade diária de RSU coletados e/ou recebidos (ton/dia), por Unidade de destino final dos resíduos sólidos coletados e/ou recebidos – Brasil – 2000 e 2008	56
Tabela 4 – Evolução global da geração de REEE (em milhões de toneladas), da população (em bilhões) e das vendas de Eletroeletrônicos (em bilhões de unidades).....	71
Tabela 5 – Materiais que compõem os REEE, seus índices de reciclabilidade e valor de mercado.....	84

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Objetivos da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável	44
Quadro 2 – Objetivos da Agenda 2030 que possuem relação com a GRS.....	44
Quadro 3 – Casos práticos de aplicação da LR	54
Quadro 4 – Estratégias de LR e ganhos de competitividade	54
Quadro 5 – Principais diferenças entre a logística direta e logística reversa	55
Quadro 6 – Estrutura da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).....	58
Quadro 7 – Visão geral do <i>status</i> da implementação da PNRS.....	65
Quadro 8 – Tempo de vida útil de alguns EEE	70
Quadro 9 – Algumas iniciativas globais para o tratamento dos REEE	73
Quadro 10 – Desafios e entraves para a melhoria do desempenho da gestão de REEE de no Brasil.....	82
Quadro 11 – Benefícios com a melhoria do desempenho da gestão de REEE no Brasil.....	85
Quadro 12 – Tipos de Códigos de Barras.....	86
Quadro 13 – Vantagens e desvantagens do Código de Barras	87
Quadro 14 – Resumo de um sistema de LR baseado na tecnologia de Código de Barras	88
Quadro 15 – Atributos de uma <i>tag</i> RFID	91
Quadro 16 – Formatos, características e aparência das <i>tags</i> RFID	92
Quadro 17 – Atributos das frequências de operação RFID	93
Quadro 18 – Vantagens e desvantagens da tecnologia RFID.....	96
Quadro 19 – Comparativo das tecnologias do código de barras e RFID	97
Quadro 20 – Visão geral de um programa baseado nas políticas REP.....	109
Quadro 21 – Diretivas europeias relevantes em matéria de resíduos	110
Quadro 22 – Práticas em gestão de REEE nos vinte países selecionados.....	117
Quadro 23 – Sugestões para a melhoria do desempenho da gestão de REEE no Brasil.....	119
Quadro 24 – Objetivos da PNRS atendidos com o programa de reciclagem da HP Brasil ...	132

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

€/kg	Euro/quilograma
3R	Reduzir, Reutilizar, Reciclar
ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABINEE	Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ACCR	<i>The Association of Cities and Regions for Recycling</i>
ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
ADF	<i>Advance Disposal Fee</i>
AFM	Análise do Fluxo de Materiais
ANP	Agência Nacional de Petróleo
Art	Artigo
CD	Câmara dos Deputados
CDC	Código de Defesa do Consumidor
CEMPRE	Compromisso Empresarial para Reciclagem
CFC	Clorofluorocarbonetos
CNI	Confederação Nacional da Indústria
CNM	Confederação Nacional de Municípios
COFINS	Contribuição para Financiamento da Seguridade Social
CRT	<i>Cathode Ray Tube</i>
CSCMP	<i>Council of Supply Chain Management Professionals</i>
CWIT	<i>Countering WEEE Illegal Trade</i>
DEPA	<i>Danish Environmental Protection Agency</i>
EC	<i>European Comission</i>
Educares	Estratégia Nacional de Educação Ambiental para a Gestão de Resíduos Sólidos
EEA	<i>European Environment Agency</i>
EEE	Equipamentos Eletroeletrônicos
ELETROS	Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Eletroeletrônicos
EMF	<i>Ellen MacArthur Foundation</i>
EPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i>
ERP	<i>European Recycling Platform</i>
ERGS	Estado do Rio Grande do Sul
ERJ	Estado do Rio de Janeiro
EUA	Estados Unidos da América
FEAM	Fundação Estadual do Meio Ambiente
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
GRS	Gestão de Resíduos Sólidos
GSP	Governo do Estado de São Paulo
GT	Grupo de Trabalho do Comitê Interministerial da PNRS
GTT	Grupos Técnicos Temáticos do Comitê Orientador da PNRS
hab	Habitante
HC	Hidrocarbonetos
HCFC	Hidroclorofluorocarbonetos
HFC	Hidrofluorocarbonetos
HP	<i>Hewlett Packard</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICMS	Imposto Sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços
ILO	<i>Internacional Labour Organization</i>
inh	<i>Inhabitant</i>
IPEA	Instituto de Pesquisa Economia Aplicada
IPI	Imposto Sobre Produtos Industrializados.
ISWA	<i>International Solid Waste Association</i>
JICA	<i>Japan International Cooperation Agency</i>
Kg	Quilograma
LCD	<i>Liquid Crystal Display</i>
LR	Logística Reversa
MDIC	Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio Exterior
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MRE	Ministério das Relações Exteriores
MRS	Manejo de Resíduos Sólidos
NBR	Norma Brasileira
OECD	<i>Organization for Economic Co-Operation and Development</i>
ONU	Organização das Nações Unidas
PCB	Policlorobifenilos
PIB	Produto Interno Bruto
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PNSB	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
PSP	Prefeitura da Cidade de São Paulo
REEE	Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos
REP	Responsabilidade Estendida do Produtor
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i>
RFID-CoE	Centro de Excelência em RFID
RSL	Revisão Sistemática da Literatura
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SERI	<i>Sustainable Europe Research Institute</i>
SINIR	Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos
SNIS	Sistema Nacional de Informações de Saneamento
SP	Estado de São Paulo
STEP	<i>Solving The E-waste Problem</i>
TCA	Taxa de Crescimento Anual
Ton	Tonelada
UE	União Europeia
UN	<i>United Nations</i>
UNEP	<i>United Nations Environment Programme</i>
UNU-IAS	<i>United Nations University – Institute for the Advanced Study of Sustainability</i>
USD	<i>United States Dollar</i>
WEEE	<i>Waste Electrical and Eletronic Equipment</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA.....	18
1.2	OBJETIVOS, DELIMITAÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	21
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	24
2	MÉTODO E CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	26
3	REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA	32
3.1	SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL E GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS ..	32
3.1.1	Panorama global da população, renda e geração de resíduos sólidos	32
3.1.2	Panorama global do consumo de recursos úteis aos eletroeletrônicos	36
3.1.3	Sustentabilidade Ambiental e Gestão de Resíduos Sólidos: evolução, <i>status</i> e perspectivas globais	40
3.2	LOGÍSTICA REVERSA (LR).....	49
3.2.1	Surgimento, conceito e atividades da LR	49
3.2.2	Casos práticos de LR e os desafios para o Brasil	53
3.3	POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS (PNRS).	56
3.3.1	Panorama brasileiro da população, renda e geração de resíduos sólidos	56
3.3.2	Síntese da PNRS com ênfase em resíduos objetos de LR	58
3.3.3	Evolução, <i>status</i> e desafios da PNRS com ênfase nos REEE	63
3.4	SETOR DE ELETROELETRÔNICOS E O REEE... ..	66
3.4.1	Brasil e mundo: consumo de eletroeletrônicos e geração de REEE	66
3.4.2	REEE: impactos, iniciativas ambientais e a exportação ilegal	72
3.4.3	Ciclo de vida dos REEE no Brasil e a Logística Reversa	76
3.5	TECNOLOGIAS DE IDENTIFICAÇÃO DE PRODUTOS.....	85
3.5.1	Tecnologia de Código de Barras	85
3.5.2	Tecnologia RFID	88
4	RESULTADOS DA PESQUISA	98
4.1	GESTÃO DE RSU E REEE: HISTÓRICO, PANORAMA E PERSPECTIVAS ...	98
4.2	GESTÃO DE REEE: PRÁTICAS INTERNACIONAIS E SUGESTÕES PARA O BRASIL	106
4.2.1	Responsabilidade Estendida do Produtor e países <i>benchmarking</i> em GRS	106
4.2.2	Práticas dos países <i>benchmarking</i> em gestão de REEE	112
4.2.3	Sugestões para melhorar o desempenho da gestão de REEE no Brasil	119

4.3	PRÁTICAS DO USO DAS TECNOLOGIAS DE IDENTIFICAÇÃO DE PRODUTOS NA LR DOS REEE	124
4.3.1	O Projeto <i>Smartwaste</i> da HP	124
4.3.2	O processo produtivo do <i>Smartwaste</i> da HP	128
4.3.2	Os resultados da implantação da RFID e do projeto <i>Smartwaste</i> da HP	131
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS DA PESQUISA	133
5.1	CONCLUSÕES A RESPEITO DOS OBJETIVOS.....	133
5.2	CONCLUSÕES A RESPEITO DAS CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO	134
5.3	SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS.....	135
	REFERÊNCIAS	137
	ANEXO A – Países integrantes das regiões listadas na Tabela 1	160
	ANEXO B – Evolução das atividades para o desenvolvimento sustentável	161
	ANEXO C – Atos Multilaterais relativos ao meio ambiente vigentes no Brasil	163
	APÊNDICE A – Legislações sobre resíduos sólidos objetos obrigatórios de LR	164
	ANEXO D – Substâncias presentes nos REEE e seus impactos	168
	APÊNDICE B – Quantidade de REEE gerado – por país – 2014	170
	APÊNDICE C – Cartograma de geração <i>per capita</i> dos REEE – mundo – 2014	173
	ANEXO E – Instrumentos REP implantados em diversos países	174
	APÊNDICE D – Visão geral das políticas REP existentes na UE	181
	APÊNDICE E – Comparativo de práticas de GRS por nível de renda	182
	APÊNDICE F – Síntese da Diretiva Europeia 2012/19/UE, relativa aos REEE	183
	APÊNDICE G – Países <i>benchmarking</i> em gestão de REEE e suas práticas	184
	APÊNDICE H – Normas sobre gestão de REEE nos vinte países <i>benchmarking</i>	187
	APÊNDICE I – Fluxo físico de LR dos REEE proposto pela ABDI e Abinee/Eletros ...	189
	APÊNDICE J – Síntese de algumas publicações analisadas	191

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

A evolução do Produto Interno Bruto (PIB), impulsionado pelo crescimento populacional, repercute no aumento: do consumo em massa; da extração dos recursos naturais; da geração de resíduos sólidos e da consequente degradação ambiental e humana. Pesquisas recentes revelaram que, nas últimas duas décadas, o PIB mundial expandiu 80%, a população cresceu em 30%, e a extração de recursos naturais aumentou 60% (SERI; WU Vienna, 2015). Como consequência, já há sinais de escassez de metais úteis à fabricação de Equipamentos Eletroeletrônicos (EEE), como o gálio, índio (LI et al., 2015), ouro, prata, tungstênio (EMF, 2014), cobre, antimônio e estanho (REUTER et al., 2013). Em 2012, cerca de 1,27 bilhão de toneladas de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) foi gerado no mundo, e há estimativas de que essa quantidade eleva-se 72% até 2025 (WORLD BANK, 2012). Incluem-se, nesse montante, os Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE), com 38,1 milhões de toneladas gerados no mundo, e crescendo a uma taxa global em torno de 5% ao ano (MCCANN; WITTMANN, 2015).

Os resíduos sólidos apresentam-se como um problema relevante, uma vez que são considerados como um dos poluentes mais nocivos, e o seu descarte inadequado favorece a proliferação de doenças, bem como a contaminação do solo e das águas (IBGE, 2015). Dessa forma, o gerenciamento adequado dos resíduos sólidos torna-se um importante mecanismo para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental. Apesar disso, a gestão dos RSU, no mundo, não recebeu a devida atenção no planejamento das cidades como em outros setores, a exemplo da água e energia (SONG; LI; ZENG, 2015). Muitos dos RSU são dispostos inadequadamente do ponto de vista ambiental, especialmente nos países em desenvolvimento. Por exemplo, no Brasil, mais de 94% dos RSU são dispostos em aterros e lixões, sendo os quase 6% restantes distribuídos entre unidades de compostagem, triagem, reciclagem e incineração (IBGE, 2002; 2010; MMA, 2012a). Em contraposição, países como Suíça, Alemanha, Holanda, Suécia, Japão, Bélgica, Noruega e Dinamarca possuem políticas de Gestão de Resíduos Sólidos (GRS) há décadas e, como resultado, eles dispõem de, no máximo, 3% dos RSU em aterros, sendo os 97% restantes distribuídos em unidades de compostagem, reciclagem e incineração (OECD, 2013).

No Brasil, atualmente, mais de 1,5 milhão de tonelada de REEE está sem tratamento para a recuperação de seus componentes (PSP, 2014). Não bastasse esse problema, um estudo

realizado pela *United Nations University – Institute for the Advanced Study of Sustainability* (UNU-IAS) revelou que o Brasil é o oitavo maior gerador de REEE do mundo, com mais de 1,1 milhão de tonelada gerada em 2014 e com uma geração *per capita* de 7,0 kg/hab/ano. Isso o coloca na septuagésima oitava posição entre os 183 países analisados por este instituto (BALDÉ et al., 2015a). Ocorre que o REEE é um tipo de resíduo que: i) contém mais de mil substâncias diferentes (MUDGAL et al., 2013), muitas das quais são compostas por metais altamente tóxicos (RODRIGUES, 2007; FEAM, 2009; SCHLUEP et al., 2009; FRANCO; LANGE, 2011; SANT’ANNA, 2014); ii) mais cresce no mundo (SAWHNEY et al., 2008; ILO, 2012; KIDDEE; NAIDU; WONG, 2013; MCCANN; WITTMANN, 2015); iii) por causa de sua vasta gama de substâncias, dificulta o estabelecimento de uma composição geral para o fluxo de retorno por meio de Logística Reversa (LR) (CASTRO, 2014).

Em resposta aos problemas que os resíduos sólidos apresentam, a sustentabilidade ambiental vem, gradativamente, ganhando vulto e expressão política (NASCIMENTO, 2012). Por exemplo, fatos relevantes ocorridos nas últimas décadas, como a Conferência de Estocolmo (1970), *Our Common Future* (1980), Eco 92 (1990), Rio+10 (2000), e a Agenda 2030 (2015), evidenciam um aumento da preocupação com as questões ambientais. Atualmente, a sustentabilidade ambiental e a melhoria do desempenho da GRS são os maiores desafios que a humanidade enfrenta (UN, 2015), sobretudo em relação ao equilíbrio das dimensões econômicas, sociais e ambientais – *Triple Bottom Line* (NIKOLAOU; EVANGELINOS; ALLAN, 2013; SARTORI; LATRÔNICO; CAMPOS, 2014).

Sob uma perspectiva econômica, o REEE possui valor agregado a seus componentes (MANSFIELD, 2013; CUCCHIELLA et al., 2015; JIN et al., 2015), ou seja, parte dele pode ser reintegrada ao ciclo produtivo por meio da Logística Reversa (LR), o que proporciona ganhos e reduz a quantidade de REEE destinada a lixões e aterros. Assim, a LR pode contribuir para a sustentabilidade ambiental, visto que ela é entendida como um instrumento de desenvolvimento econômico e social destinado a viabilizar: a coleta, a triagem, o acondicionamento, a remanufatura, a reciclagem e a consequente restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, bem como para outra destinação final ambientalmente adequada (LEITE, 2009; LAVEZ; SOUZA; LEITE, 2011; LAMBERT; RIOPEL; ABDUL-KADER, 2011; CNI, 2014; RUBIO; JIMÉNEZ-PARRA, 2014; VALLE; SOUZA, 2014).

O Brasil tem apresentado relevante atuação política no sentido de colaborar com a melhoria do desempenho dos sistemas de LR dos REEE e, assim, propiciar atividades ambientalmente sustentáveis. A Lei Federal n.º 12.305, de 02 de agosto de 2010, que instituiu

a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), determina que fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de produtos eletroeletrônicos estruturem e implementem sistemas de LR (BRASIL, 2010a). O setor de eletroeletrônicos caracteriza-se pela quantidade e pela variedade de produtos que disponibiliza no mercado, os quais podem ser agrupados em conjuntos denominados linhas, sendo definidas cores para cada agrupamento: Linhas Verde (*desktops, notebooks, impressoras e celulares*), Marrom (televisores e produtos de áudio), Branca (geladeiras, refrigeradores, fogões, lava-roupas e ares-condicionados) e Azul (batedeiras, liquidificadores, furadeiras e ferros elétricos).

Algumas tecnologias de rastreabilidade podem contribuir para a melhoria do desempenho da gestão dos REEE no Brasil. Por exemplo, as tecnologias de identificação de produtos, como a *Radio Frequency Identification* (RFID) e o Código de Barras, podem viabilizar as práticas de LR dos REEE (XAVIER et al., 2010; HEWLETT PACKARD (HP), 2011; BOSE; YAN, 2011; PANDINI, 2012; ANGELES, 2013; OHDE, 2013; OLIVEIRA; MARINS; MUNIZ JÚNIOR, 2014; CARVALHO; XAVIER, 2014; DEPA, 2015; RFID-CoE, 2015; RFID JOURNAL, 2015; ABDI, 2015a; GS1 BRASIL, 2015; VINÍCIUS et al., 2015).

A RFID é uma tecnologia de identificação automática de produtos, sem fios, que usa o campo eletromagnético de radiofrequência para transmitir dados entre uma etiqueta inteligente e uma leitora (BHUPTANI; MORADPOUR, 2005; WANT, 2006; SANTINI, 2008; AHSAS, 2011; HASHEMI; SARHADDI; HOSSEIN, 2013). Já os códigos de barras permitem a identificação de produtos por intermédio da representação gráfica de dados e da leitura ótica com aparelhos a *laser* chamados *scanners* ou leitoras (REI, 2010; SEQUEIRA, 2010; CONTI, 2011; RAMANATHAN; BENTLEY; KO, 2012; HAYAT, 2013; BACHU; SARAM; KUMAS, 2013; GS1 BRASIL, 2014).

Apesar das expectativas, a PNRS, por si só, tem sido incapaz de motivar a implementação dos sistemas de LR dos REEE no Brasil (SANT'ANNA, 2014). Há deficiências (IPEA, 2012a; PSP, 2014) e entraves para a melhoria de seu desempenho (ABDI, 2013; ABINEE, 2014; KRUGLIANSKAS; CUZZIOL, 2014; YURA, 2014; AUGUSTO; DEMAJOROVIC; SOUZA, 2015). Exemplos desses obstáculos são: a falta de empresas para a reciclagem tecnicamente e legalmente adequadas; a escala continental do país; a falta de infraestrutura nas regiões afastadas dos centros urbanos; as poucas opções modais; e as disparidades tributárias entre os estados, entre outros. A Seção 3.4.3 discute mais de vinte deficiências e entraves para o aperfeiçoamento da LR dos REEE no Brasil.

Entretanto, o setor de eletroeletrônicos deve adequar-se à PNRS por força do Edital 01/2013 do Ministério do Meio Ambiente (MMA) – Chamamento para a Elaboração de

Acordo Setorial para a Implantação de Sistema de LR de Produtos Eletroeletrônicos e seus Componentes –, que estabelece metas de longo prazo para o tratamento dos REEE (MMA, 2013; GOLDEMBERG; CORTEZ, 2014). Esse cenário requer uma forte intervenção dos governos federal, estaduais e municipais, bem como da iniciativa privada, das organizações não governamentais, além da participação da sociedade civil na busca de melhoria do desempenho da gestão dos REEE.

Diante do exposto, a pesquisa preocupa-se em contribuir para a melhoria do desempenho da cadeia de suprimentos de produtos eletroeletrônicos no Brasil, no contexto da sustentabilidade ambiental. Assim, as questões de pesquisa que nortearão o trabalho são as seguintes: 1) qual o histórico, o panorama e as perspectivas, global e brasileira, para a melhoria do desempenho da gestão de RSU e REEE no contexto da sustentabilidade ambiental? 2) Quais são as práticas internacionais em gestão de REEE (países *benchmarking*) e como elas podem contribuir para a melhoria do desempenho da gestão de REEE no Brasil? 3) Como as tecnologias de identificação de produtos podem colaborar com as práticas de LR dos REEE da linha verde no Brasil?

1.2 OBJETIVOS, DELIMITAÇÃO E JUSTIFICATIVAS

A presente pesquisa tem como objetivo geral identificar como a gestão de REEE pode contribuir para a melhoria do desempenho da cadeia de suprimentos de produtos eletroeletrônicos no Brasil, no contexto da sustentabilidade ambiental.

O objetivo geral pode ser desdobrado em três objetivos específicos, quais sejam:

- 1) Identificar o histórico, o panorama e as perspectivas, global e brasileira, para a melhoria do desempenho da gestão de RSU e REEE, no contexto da sustentabilidade ambiental;
- 2) Identificar boas práticas internacionais em gestão de REEE (países *benchmarking*) e sugerir melhorias para o desempenho da gestão de REEE no Brasil;
- 3) Identificar boas práticas de uso das tecnologias de identificação de produtos nos sistemas de LR dos REEE da linha verde no Brasil.

Buscou-se delimitar o terceiro objetivo específico aos produtos da linha verde porque são os que apresentam vida útil mais curta (PSP, 2014), tornando-se obsoletos mais rapidamente (LEITE, 2009). Além disso, essa linha corresponde à categoria de produtos mais valiosa, dados os metais preciosos e raros usados em sua fabricação (CUCCHIELLA et al., 2015).

Houve esforço e amplo debate dos setores da sociedade brasileira para a promulgação da PNRS. Essa política permitiu ao Brasil prosseguir com uma estratégia no tratamento dos resíduos sólidos em toda sua diversidade, bem como dos problemas sociais acarretados por eles. A PNRS coloca o Brasil em patamar de igualdade com os países desenvolvidos, no que concerne ao marco legal, e inova com a inclusão da LR. Diante disso, as organizações devem buscar modelos inovadores de produção que considerem o ciclo de vida dos seus produtos. Apesar dos avanços em pesquisas sobre a LR nas últimas décadas (POKHAREL; MUTHA, 2009; NIKOLAOU; EVANGELINOS; ALLAN, 2013), ainda há lacunas na literatura sobre as suas práticas (AGRAWAL; SINGH; MURTAZA, 2015).

A venda de EEE aumentou em todas as partes do mundo (LEITE, 2009; PÉREZ-BELIS; BOVEA; IBÁÑEZ-FORÉS, 2015). O ciclo de vida desses produtos, no entanto, está cada vez mais curto em razão das constantes inovações tecnológicas (CARVALHO; XAVIER, 2014). Nesse sentido, a sua descartabilidade cresce, visto que, rapidamente, caem em desuso por causa da obsolescência (LI et al., 2013). Em virtude desses problemas, os REEE representam a maior fonte de resíduos do planeta (BABU; PARANDE; BASHA, 2007) e exibem a maior taxa de crescimento anual (SAVAGE, et al., 2006; HOGG et al., 2009; ILO, 2012; CUCCHIELLA et al., 2015). Além disso, eles são compostos por substâncias altamente tóxicas e por metais preciosos e raros. Estima-se que os REEE descartados no mundo, apenas no ano de 2014, contenham cerca de 16,5 milhões de toneladas de aço, 1,9 milhão de tonelada de cobre, 300 toneladas de ouro e quantidades significativas de prata, alumínio, paládio, entre outros recursos reutilizáveis, com um valor total estimado em US\$ 52 bilhões (BALDÉ et al., 2015a).

As características que os REEE apresentam têm preocupado acadêmicos envolvidos com a sustentabilidade ambiental em todo o mundo (ROBINSON, 2009) e oferecido uma oportunidade de criação de negócios econômica e ambientalmente sustentáveis (SCHLUEP et al., 2009; CELINSKI et al., 2013; CUCCHIELLA et al., 2015). Em razão disso, há interesse mundial no tratamento dos REEE (CARVALHO; XAVIER, 2014) por meio da LR (ARAÚJO et al., 2013), principalmente nos países em desenvolvimento (PANT, 2013). Contudo, muitos deles não possuem ou são morosos na elaboração e adoção de políticas ambientais relativas à gestão dos REEE (ONGONDO; WILLIAMS; CHERRETT, 2011).

No Brasil, um dos maiores consumidores de tecnologia em relação ao PIB, os EEE não têm sido projetados com *design* ambiental. Menos de 1% dos REEE são reciclados (ELIAS-TROSTMANN, 2012), e há entraves para a melhoria do desempenho dos sistemas de LR dos

REEE (ABINEE, 2014; KRUGLIANSKAS; CUZZIOL, 2014; SARAIVA, 2012, 2014; YURA, 2014; BRESCANSIN, 2014; AUGUSTO; DEMAJOROVIC; SOUZA, 2015).

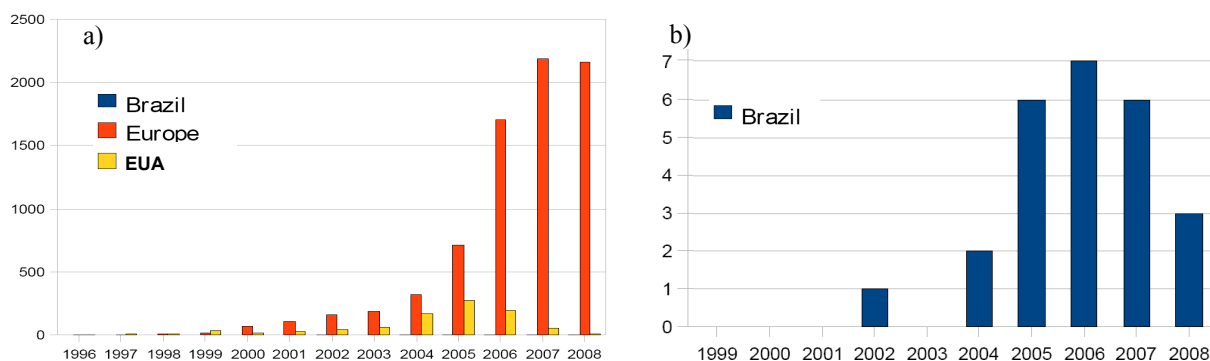
A literatura analisada indica outras oportunidades de pesquisa que justificam o estudo, as quais são relativas ao desempenho da gestão de REEE no Brasil, como, por exemplo:

- a) Ampliar aspectos teóricos sobre a LR dos REEE, já que a bibliografia relacionada ao tema é escassa, tanto no nível nacional quanto no internacional. Por exemplo, na base de dados nacional *Scientific Electronic Library Online (SciELO)*, não há referências sobre o tema LR dos REEE entre 1999 e 2012. Igualmente, na base de dados internacional *Web of Science*, há poucos estudos sobre o assunto entre os anos de 2002 e 2014, conforme levantamento bibliométrico discutido no Capítulo 3 deste trabalho. Além disso, a maioria das pesquisas relativas à LR dos REEE tem sido feitas na Europa e no Japão (KHETRIWAL; LUEPSCHEN; KÜHR, 2013). A academia brasileira, por sua vez, carece de uma melhor compreensão sobre as práticas em gestão de REEE (CARVALHO; XAVIER, 2014).
- b) Indicar elementos para o gerenciamento eficaz dos REEE em longo prazo (PANT, 2013). Por exemplo, por meio do Edital n.º 01/2013 do MMA, o governo federal estabeleceu metas de longo prazo para os sistemas de LR dos REEE (MMA, 2013; GOLDEMBERG; CORTEZ, 2014). Além disso, a Agenda 2030, um plano de ação elaborado pela ONU com vistas à sustentabilidade ambiental, estabeleceu metas para a melhoria do desempenho da GRS até o ano de 2030.
- c) Incluir, no estudo, a análise da aplicação da RFID e do Código de Barras. A literatura também indica oportunidades nesse sentido. A RFID pode ser usada: i) para identificar componentes reutilizáveis em pontos de coleta (LEE; CHAN, 2009; QIAOLUN; TIEGANG, 2011); ii) nos processos de reciclagem, para atender à legislação ambiental (SANTINI, 2008); iii) como uma extensão à LR, inclusive o Código de Barras (SASAKI, 2013; VALLE; SOUZA, 2014); e iv) em projetos ambientalmente sustentáveis (BOSE; YAN, 2011). Em geral, os países desenvolvidos projetam sistemas produtivos baseados em RFID (XAVIER et al., 2010), mas a sua aplicação na sustentabilidade ambiental é escassa (BOSE; YAN, 2011).

A Figura 1 apresenta a evolução das patentes de RFID no Brasil, na Europa e nos EUA. Os dados mostram que as práticas de uso da RFID, no Brasil, ainda são incipientes (LEITE, 2009; PEDROSO; ZWICKER; SOUZA, 2009; PARK; KOH; NAM, 2010), sendo necessárias

mais pesquisas para preencher essa lacuna existente nos países em desenvolvimento (ADHIARNA; HWANG; RHO, 2011).

Figura 1 – Evolução das patentes de RFID – Brasil, Europa e EUA.



Fonte: Adaptado de Xavier et al. (2010).

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Para a realização dos propósitos do presente estudo, estruturou-se o seu conteúdo em capítulos e seções, quais sejam:

- Capítulo 2 – Método e Classificação da Pesquisa: endereça a classificação metodológica da pesquisa e elucida o seu desenvolvimento, explicitando, passo a passo, as etapas que foram seguidas para que os objetivos, geral e específicos, pudessem ser atingidos.
- Capítulo 3 – Revisão Sistemática da Literatura: discorre sobre os principais temas que norteiam o desenvolvimento do trabalho, desdobrando-se nas seguintes seções:

3.1 Sustentabilidade Ambiental e Gestão de Resíduos Sólidos (GRS): fornece um panorama global do aumento da população, da renda, do consumo, da geração de resíduos sólidos e da extração dos recursos naturais úteis na fabricação dos eletroeletrônicos. Além disso, apresenta a evolução e o *status* das ações mundiais de sustentabilidade ambiental e de GRS e aborda as perspectivas globais para a GRS no contexto da sustentabilidade ambiental, com base nas metas da Agenda 2030 da ONU e nas práticas da Economia Circular.

3.2 Logística Reversa (LR): discorre sobre as origens, os conceitos, as aplicações e os desafios da LR, bem como a sua importância como instrumento que pode contribuir para a melhoria do desempenho da GRS no contexto da sustentabilidade ambiental.

3.3 Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS): expõe um panorama do aumento da população, da renda, do consumo e da geração de resíduos sólidos no contexto brasileiro. Também apresenta uma síntese da PNRS com ênfase em resíduos

objetos de LR, especialmente os REEE, e finaliza com uma discussão acerca da evolução, *status* e desafios da PNRS, com ênfase nos REEE.

3.4 Setor de Eletroeletrônicos e o REEE: examina as características do setor e seus produtos. Apresenta, em âmbito mundial e brasileiro, uma variedade de conceitos e dados estatísticos que envolvem os REEE. Também discorre sobre as relações da LR com os REEE, no contexto da sustentabilidade ambiental.

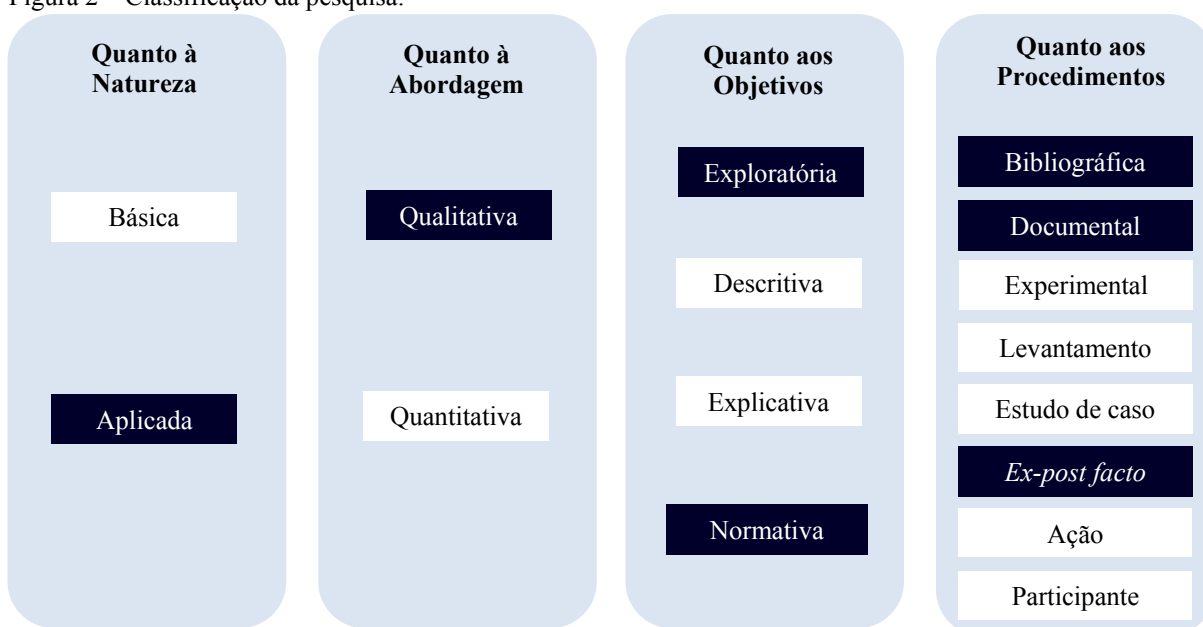
3.5 Tecnologia de Identificação de Produtos: discute histórico, conceitos, atributos, funcionamento, aplicações, vantagens e desvantagens do uso das tecnologias de identificação de produtos, como a tecnologia de RFID e do Código de Barras.

- Capítulo 4 – Resultados da Pesquisa: remete aos resultados da Revisão Sistemática da Literatura, introduzindo as questões de pesquisa propostas.
- Capítulo 5 – Considerações Finais: apresenta conclusões a respeito dos objetivos e das contribuições do trabalho, além de sugerir pesquisas futuras. É seguido das Referências.
- Apêndices e Anexos: dez apêndices e cinco anexos complementam o presente trabalho.

2 MÉTODO E CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Segundo Gil (2002), a pesquisa científica caracteriza-se por um conjunto de técnicas, métodos e procedimentos com o objetivo de proporcionar respostas a um determinado problema. Dessa forma, a pesquisa pode ser classificada com base na natureza das variáveis estudadas, na abordagem do problema, nos objetivos pretendidos e nos procedimentos técnicos utilizados (RICHARDSON, 1999; SANTOS, 2003; MARCONI; LAKATOS, 2006; VERGARA, 2008; PRODANOV; FREITAS, 2013). Pretender-se identificar como a gestão de REEE pode contribuir para a melhoria de desempenho da cadeia de suprimentos de produtos Eletroeletrônicos no Brasil, no contexto da sustentabilidade ambiental. Assim, esta pesquisa pode ser classificada conforme ilustra a Figura 2.

Figura 2 – Classificação da pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto à Natureza, a pesquisa classifica-se a como Aplicada, uma vez que busca-se gerar conhecimentos de forma a contribuir para a melhoria do desempenho da cadeia de suprimentos de produtos Eletroeletrônicos no Brasil, no contexto da sustentabilidade ambiental. Segundo Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa Aplicada é indicada para gerar conhecimentos práticos dirigidos à solução de problemas específicos.

Em relação à Abordagem, a pesquisa classifica-se como Qualitativa, pois busca-se ter maior proximidade com as práticas em gestão de REEE no Brasil. Essa abordagem é apropriada quando a pesquisa é de caráter exploratório (CAUCHICK MIGUEL, 2012).

Quanto aos Objetivos, a pesquisa classifica-se como Exploratória e Normativa:

- Exploratória, pois pretende-se obter maior familiaridade com o problema da cadeia de suprimentos de produtos Eletroeletrônicos, no contexto da sustentabilidade ambiental, tanto no âmbito nacional quanto no internacional, de forma a torná-lo mais esclarecido.
- Normativa, tendo em vista o intuito de sugerir melhorias de desempenho da cadeia de suprimentos de produtos Eletroeletrônicos no Brasil, no contexto da sustentabilidade ambiental.

Quanto aos Procedimentos técnicos, a pesquisa classifica-se como Bibliográfica, Documental e *Ex-post facto*:

- Bibliográfica, pois baseia-se em um amplo levantamento bibliográfico com o objetivo de investigar informações de maior amplitude dos problemas e soluções para a melhoria do desempenho da gestão dos REEE, no contexto da sustentabilidade ambiental. Segundo Marconi e Lakatos (2006), boa parte das pesquisas exploratórias pode ser definida como pesquisas bibliográficas.
- Documental, pois, devido à escassa literatura, torna-se necessário analisar documentos para proporcionar uma visão aprofundada do problema. Segundo Gil (2002), esse procedimento é usado quando pretende-se analisar documentos, escritos ou não, conservados em arquivos de órgãos públicos, organizações, associações, instituições, federações, universidades, comissões, relatórios de pesquisa, relatórios de empresas públicas e privadas, vídeos, cartas pessoais, diários, fotografias, gravações, memorandos, regulamentos, ofícios, boletins, tabelas estatísticas, *websites* entre outros documentos que não receberam tratamento analítico.
- *Ex-post facto*, pois a identificação de boas práticas de uso das tecnologias de identificação de produtos nos sistemas de LR dos REEE da linha verde no Brasil será baseada no Projeto *Smartwaste* da HP Brasil, um caso já ocorrido.

Utilizou-se o método de Revisão Sistemática da Literatura (RSL), ante a carência de dados bibliográficos sobre o problema da gestão de REEE no Brasil, no contexto da sustentabilidade. Além disso, há a necessidade de qualificar, incorporar, ampliar e sintetizar estudos relevantes acerca do tema. A RSL caracteriza-se por ser um estudo secundário, abrangente e de uma qualidade diferenciada das revisões tradicionais, o que a torna o melhor nível de evidência para a tomada de decisão (GALVÃO; PEREIRA, 2014). Seus métodos preveem a elaboração de perguntas científicas bem definidas, a identificação, seleção, análises estatísticas, avaliação da qualidade, sintetização e conclusão acerca do material pesquisado, bem como a indicação de futuras pesquisas na área estudada (SAMPAIO; MANCINI, 2007).

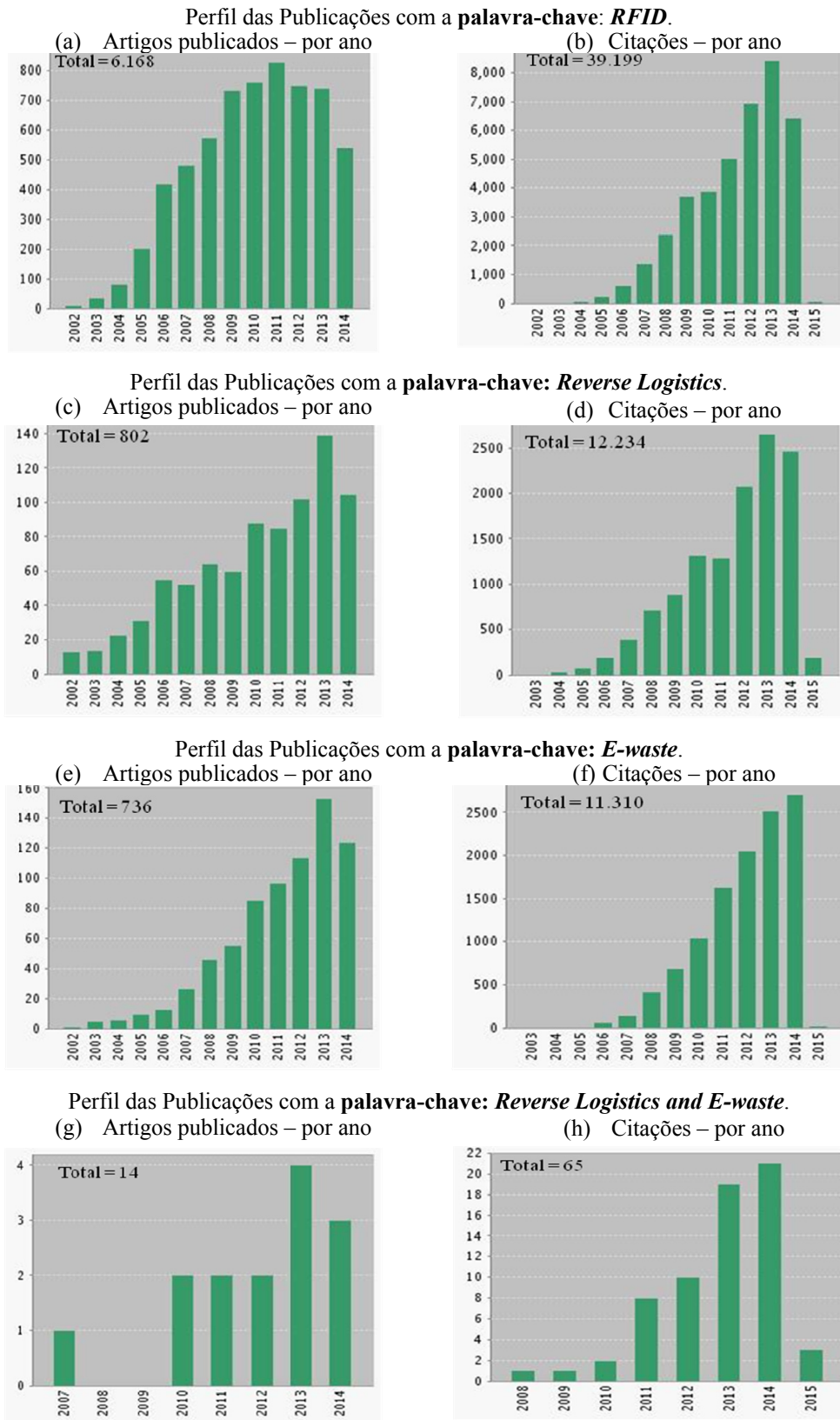
Apresenta-se na Figura 3 as etapas associadas ao desenvolvimento desta pesquisa.

Figura 3 – Visão esquemática do método adotado para a pesquisa.



Figura 3 – Visão esquemática do método adotado para a pesquisa (continuação).

Etapa 3 – Definição das palavras chave e das estratégias de busca na literatura (continuação)



A estratégia de busca considerou todas as bases de dados descritas na Etapa 2. Além disso, as referências pesquisadas foram armazenadas no *Software Mendeley*, um gerenciador de bibliografias gratuito que ajuda a organizar a investigação.

Figura 3 – Visão esquemática e detalhada do método adotado para a pesquisa (continuação).

Etapa 4 – Seleção e Avaliação da qualidade dos materiais consultados

- Concluída a busca, a próxima etapa busca avaliar os materiais elegíveis. Para tanto, algumas leituras prévias foram realizadas a fim de familiarizar-se com a temática: LR, REEE e RFID. Em seguida, elaborou-se o **Apêndice J**, que contém uma **síntese de alguns materiais analisados**, estruturado em **autor, objetivos da publicação, resultados, limitação, método e trabalhos futuros**.
- Os critérios de inclusão e exclusão foram definidos com base nas perguntas de pesquisa que norteiam o trabalho: privilegiou-se publicações atualizadas, com um **recorte temporal dos últimos 5 (cinco) anos, o que corresponde a 75% dos 296 materiais selecionados**; avaliação dos materiais que possuem estreita relação com os objetivos da pesquisa; priorização de artigos contidos nas bases de dados de renome, como *Science Direct*, *Web of Science* e *Scopus* e que possuam classificação **Qualis Capes A1, A2, B1, B2 e B3**, nesta ordem; seleção de documentos elaborados por organizações de renome ambiental, pelos governos e suas agências.
- As Figuras (i) e (j) mostram os resultados da desta etapa.

Figura (i) – Estratificação do material selecionado – por tipo.

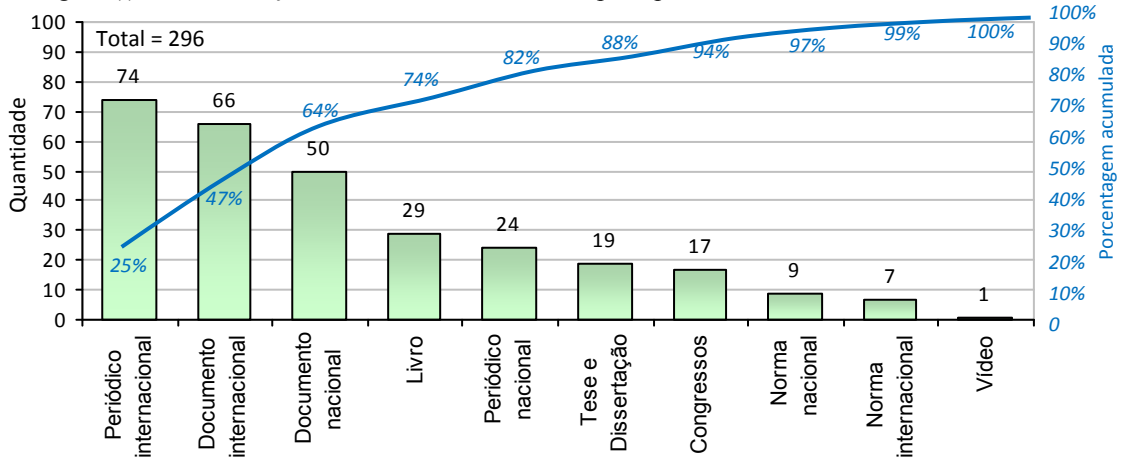
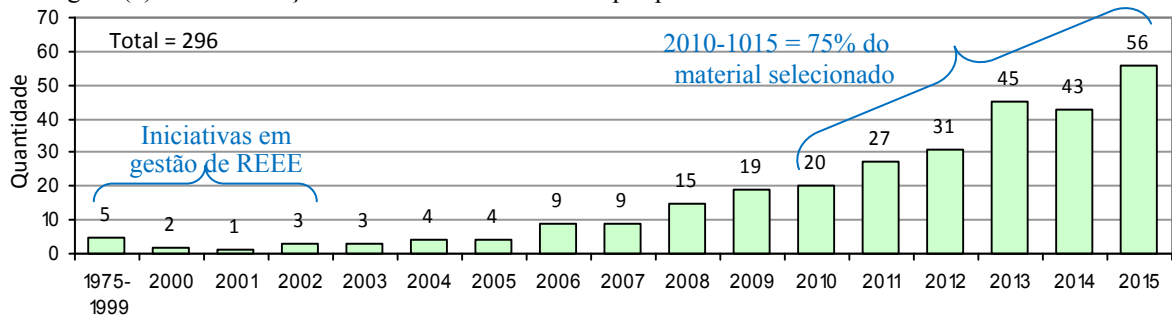


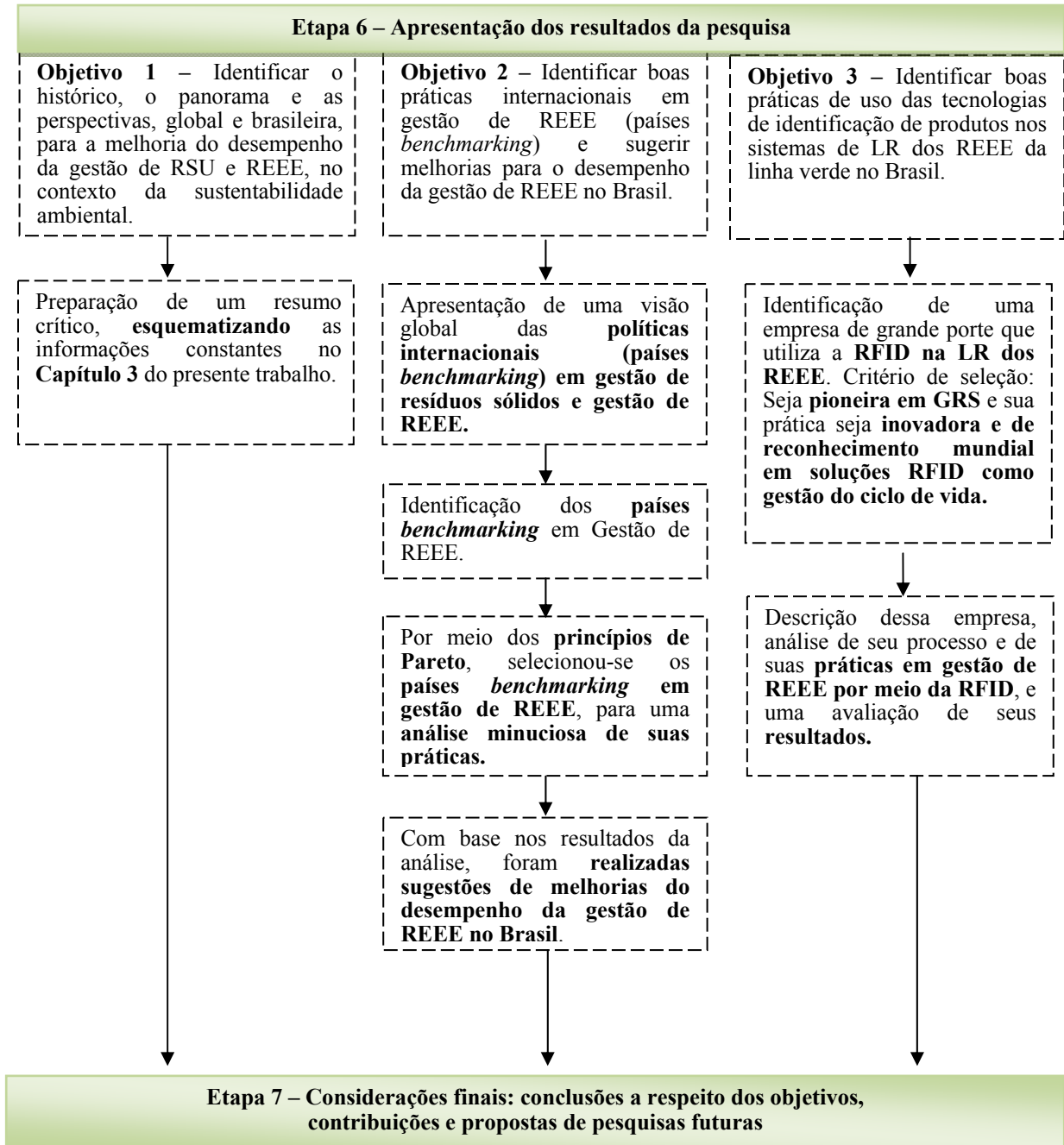
Figura (h) – Estratificação do material selecionado – por período.



Etapa 5 – Redação do Capítulo 3 “Revisão Sistemática da Literatura”

O Capítulo 3 abordou os principais temas que possuem estreita relação com as perguntas e objetivos da pesquisa, quais sejam: 3.1 – Sustentabilidade ambiental e Gestão de Resíduos Sólidos; 3.2 – Logística Reversa; 3.3 – Política Nacional de Resíduos Sólidos; 3.4 – Setor de Eletroeletrônicos e o REEE; e 2.5 – Tecnologia de Identificação de Produtos.

Figura 3 – Visão esquemática e detalhada do método adotado para a pesquisa (continuação).



Fonte: Elaborado pelo autor, com base em Sampaio; Mancini (2007); Cauchick Miguel (2012, p. 38); Galvão; Pereira (2014).

3 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

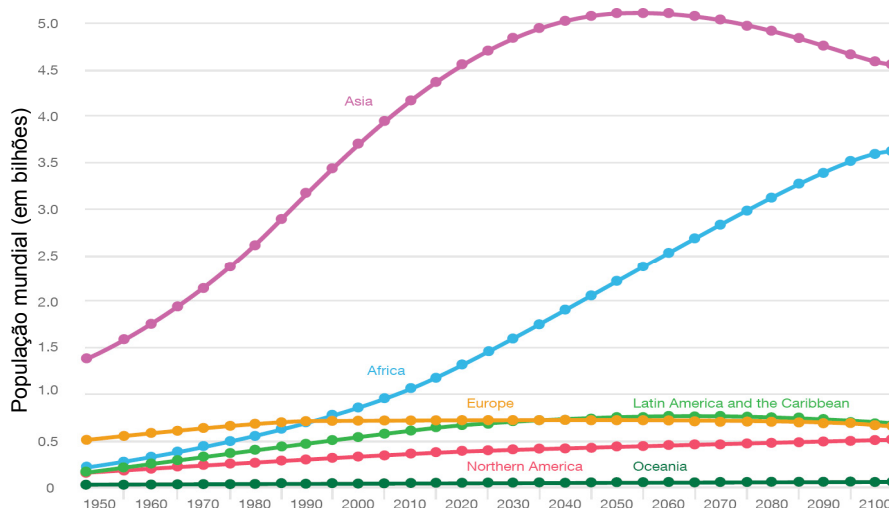
3.1 SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL E GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

3.1.1 Panorama global da população, renda e geração de resíduos sólidos

Quanto mais a humanidade se precipita em direção ao seu futuro urbano (WORLD BANK, 2012), mais a Terra mostra sinais que evidenciam o seu esgotamento no que se refere à capacidade de oferecer recursos (JURAS, 2012). Os sistemas produtivos consomem recursos naturais, como águas, florestas, minérios, combustíveis fósseis e solo (MIGUEZ, 2012), para atender às crescentes demandas da economia, impulsionadas pelo aumento populacional, pela produção industrial e pelo consumo em massa (SONG; LI; ZENG, 2015). Tal consumo reflete-se no aumento da geração de resíduos sólidos e na consequente necessidade de que sua destinação final seja ambientalmente adequada, já que eles contêm poluentes das mais diversas naturezas (BARTHOLOMEU; CAIXETA-FILHO, 2011).

Segundo Cummings et al. (2014), em 1650, a população mundial apresentou um tempo de duplicação de 240 anos, enquanto, em 1900, esse tempo foi de apenas 100 anos. Em 1970, havia menos de 4 bilhões de pessoas no mundo, hoje existem mais de 6 bilhões. A Figura 4 mostra estimativas da variação da população de todas as regiões do mundo para o período de 1950 a 2100.

Figura 4 – Estimativa da população mundial – por região – 1950 a 2100.



Fonte: UNEP – *United Nations Environment Programme* (2015).

Conforme se pode observar na Figura 4, a tendência, em todas as regiões, é um aumento inicial da população, seguido de um processo de nivelamento e, então, de uma estabilização ou queda. Nessa perspectiva, estima-se que o continente asiático chegue ao pico de sua

população em 2050; já a população da África continua a crescer até 2100. Nesse mesmo ritmo, segue a geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). Os RSU englobam os resíduos domiciliares originados em residências urbanas e os resíduos de limpeza urbana e podem ser compostos por metais, aço, alumínio, papel, papelão, plásticos, vidro, material orgânico, entre outros (MMA, 2012a). Eles são gerados em todas as fases das atividades humanas, e sua composição e quantidade dependem dos padrões de consumo e de produção (OECD, 2013).

Em 1960, os EUA geraram 88,1 milhões de toneladas de RSU. Em 2013, o volume desses resíduos atingiu o patamar de 254,1 milhões de toneladas nesse país, o que representou um aumento de 188% (EPA, 2015). Essa tendência pode ser observada em todas as partes do mundo. Um estudo realizado pelo *World Bank* (2012) revelou que mais de 3,5 milhões de toneladas de RSU são gerados diariamente no mundo, e há estimativas de que essa quantidade eleve-se 72% até 2025. Além disso, os níveis atuais de geração de RSU no mundo são de 1,26 bilhão/ton/ano, mas espera-se que chegue a 2,18 bilhões/ton/ano até 2025, ou seja, a geração *per capita* de RSU passará de 1,20 kg/hab/dia para 1,42 kg/hab/dia nos próximos quinze anos. Esses dados podem ser visualizados na Tabela 1, que mostra a quantidade de RSU gerada diariamente em todas as regiões do mundo.

Tabela 1 – População e geração diária de RSU no mundo, e projeções para 2025.

Regiões	Dados Disponíveis (ano base-2012)					Projeções para 2025				
	Total População Urbana (milhões)	Geração de RSU			Taxa coleta de RSU	População Projetada		Geração RSU Projetado		
		<i>Per capita</i> (kg/hab/dia)	Total (ton/dia)			Total (milhões)	Total Urbana (milhões)	<i>Per Capita</i> (kg/hab/dia)	Total (ton/dia)	
OECD	729	2,2	1.566.286	44%	98%	1.031	842	2,1	1.742.417	29%
EAP	777	0,95	738.958	21%	73%	2.124	1.229	1,5	1.865.379	31%
LCR	399	1,1	437.545	12%	77%	681	466	1,6	728.392	12%
ECA	227	1,1	254.389	7,2%	78%	339	239	1,5	354.810	6%
SAR	426	0,45	192.410	5,5%	65%	1.938	734	0,77	567.545	9,5%
MENA	162	1,1	173.545	5%	85%	379	257	1,43	369.320	6%
AFR	260	0,65	169.119	5%	46%	1.152	518	0,85	441.840	7%
Total	2.980	7,55	3.532.252	100%	-	7.644	4.285	11,17	6.069.703	100%

Região: OECD – Países desenvolvidos (alta renda) estudados pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. EAP – Leste da Ásia e Pacífico. LCR – América Latina e Caribe. ECA – Europa e Ásia Central. SAR – Sul da Ásia. MENA – Oriente Médio e África do Norte. AFR – Regiões da África.

Fonte: Adaptado de World Bank (2012, p. 10,15); Hannan et al. (2015).

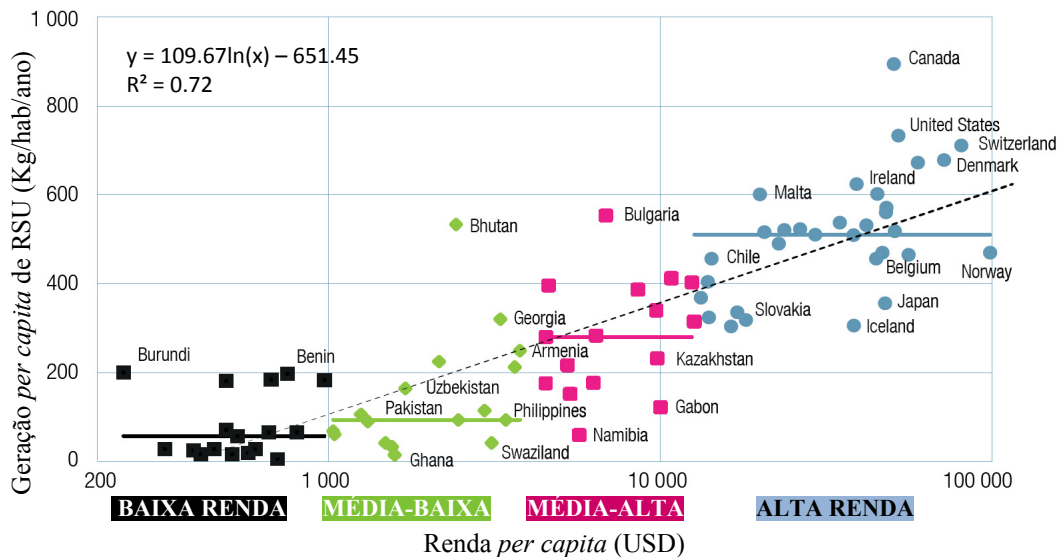
O Anexo A lista os países integrantes das regiões descritas na Tabela 1. A OECD é uma organização cujos países membros atuam juntos para compartilhar experiências e buscar soluções para problemas comuns entre eles. Os países membros da OECD são os mais desenvolvidos do mundo (CAMPOS, 2012), e muitos deles também compõem a União Europeia (UE). Conforme a Tabela 1, os países que não são membros da OECD tendem a expandir rapidamente a taxa de geração de RSU em um futuro próximo; em contraponto,

essa taxa tende a reduzir ou estabilizar-se em países da OECD (SONG; LI; ZENG, 2015). Tal redução pode ser atribuída ao engajamento da OECD na adoção de estratégias para a Gestão de Resíduos Sólidos (GRS) nos últimos trinta anos, sendo impulsionada também por instrumentos legais e econômicos (UNEP, 2015).

Os países da OECD geram, diariamente, quase metade dos RSU do planeta (44%), ao passo que regiões da África produzem o menor percentual de resíduos (5%). Justifica tal cenário o consumo desigual no mundo. De acordo com Ortigoza e Cortez (2009), os países desenvolvidos representam pouco mais de 20% da população mundial, mas consomem 80% dos recursos naturais e geram mais de 80% da poluição dos ecossistemas. Nessa linha, infere-se que as taxas de geração de RSU são diretamente influenciadas por: desenvolvimento econômico, grau de industrialização, hábitos sociais e clima local (UNEP, 2015). Quanto maior o nível de renda, maior o volume de RSU gerado. Essas variáveis são altamente correlacionadas.

A Figura 5 mostra a relação entre os RSU *per capita* gerados (kg/hab/ano) e os níveis de renda (USD – em dólares americanos) *per capita* de 82 países. Nota-se uma correlação forte e positiva das taxas de geração nos países de alta renda, sendo seis vezes maior do que nos de baixa renda.

Figura 5 – Diagrama de dispersão – geração de RSU *versus* nível de renda por país.



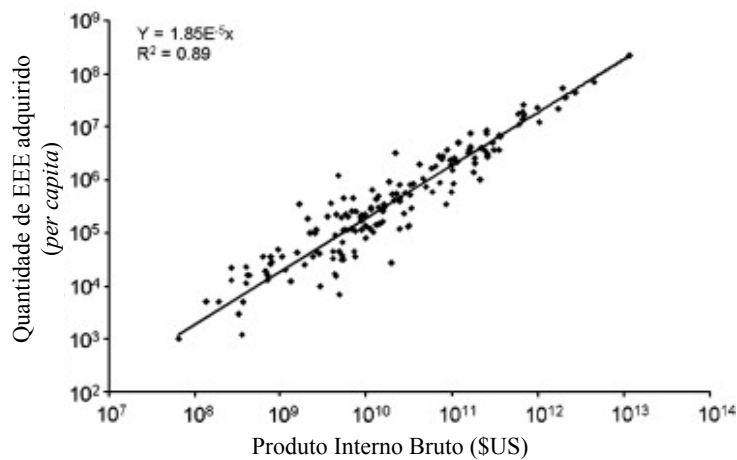
Fonte: Adaptado de UNEP (2015).

Para um estudo detalhado dessas estatísticas, a partir do *website* www.atlas.d-waste.com, é possível visualizar os dados de gestão de RSU em todas as partes do mundo, comparando e avaliando desempenhos (D-WASTE, 2013). Nessa plataforma, a coleta de dados é baseada na contribuição de numerosos cientistas, consultores, acadêmicos e profissionais de vários países e organizações de renome acadêmico, como D-waste (www.d-waste.com).

waste.com), ISWA (www.iswa.org), *Global WTERT Council* (www.wtert.org), GIZ/SWEEP-NET (www.sweep-net.org), SWAPI e *University of Leeds* (www.leeds.ac.uk).

Da mesma maneira que ocorre com os RSU, a quantidade adquirida de Equipamentos Eletroeletrônicos (EEE) é diretamente correlacionada com o PIB do país. À medida que o PIB se expande, há avanços tecnológicos e a aquisição desses produtos tende a crescer, o que ocasiona um aumento da geração dos REEE. Esse cenário pode ser visto na Figura 6, que mostra uma correlação linear fortemente positiva entre o aumento do PIB e a aquisição *per capita* de EEE.

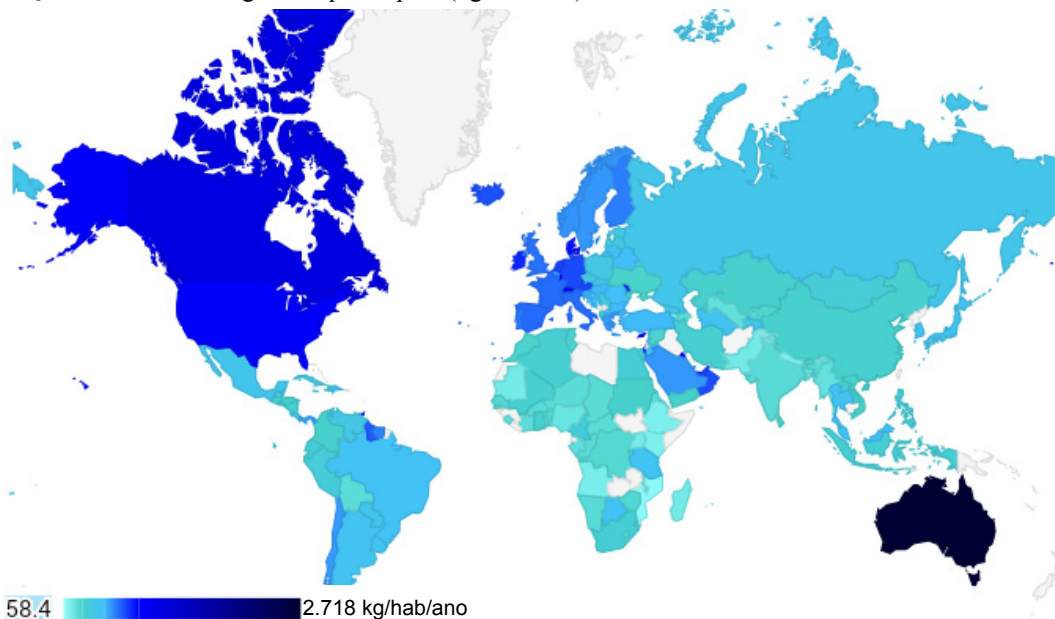
Figura 6 – Correlação entre o PIB e a aquisição de Eletroeletrônicos.



Fonte: Adaptado de Robinson (2009).

Para finalizar esta seção, exhibe-se, na Figura 7, um cartograma com a geração *per capita* de RSU em todas as regiões do mundo. Nele, quanto mais saturada é a cor da região, maior é a geração de RSU.

Figura 7 – Quantidade de RSU gerados *per capita* (kg/hab/ano) – mundo.



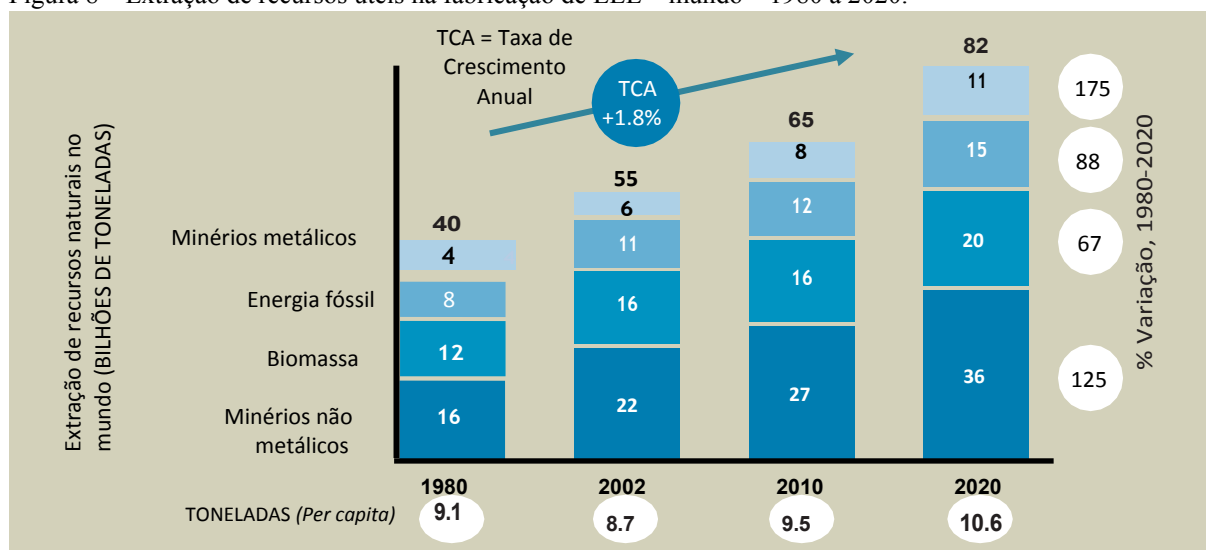
Fonte: Adaptado de D-Waste (2015), com base em World Bank (2012).

Considerando as estimativas de crescimento populacional e de aumento da geração de resíduos sólidos, torna-se evidente a necessidade de aperfeiçoar a produção sustentável e os padrões de consumo, a fim de preservar o meio ambiente e a saúde pública e possibilitar que o consumo dos recursos naturais permaneça dentro do limite de capacidade do planeta.

3.1.2 Panorama global do consumo de recursos úteis aos eletroeletrônicos

Desde a Revolução Industrial, o sistema econômico utiliza um modelo “linear” (ou aberto) de produção, no qual os produtos são fabricados a partir das matérias-primas, depois vendidos, usados e, por fim, descartados como resíduo (CNI, 2014; GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2015). Esse modelo provoca o aumento da extração de recursos naturais e o consequente esgotamento de tais recursos. Em 1980, foram extraídos 40 bilhões de toneladas de recursos do planeta, e espera-se que esse valor seja de 82 bilhões até 2020. Desse modo, a extração de recursos segue uma Taxa de Crescimento Anual (TCA) de 1,8% (Figura 8).

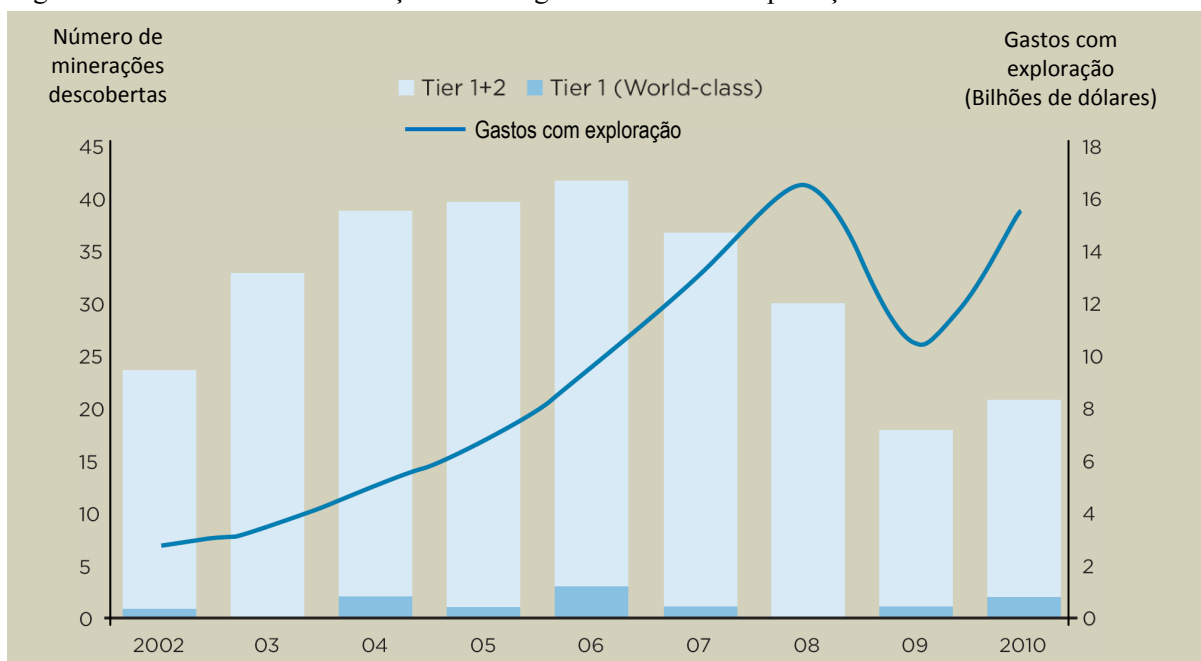
Figura 8 – Extração de recursos úteis na fabricação de EEE – mundo – 1980 a 2020.



Fonte: Adaptado de *Ellem MacArthur Foundation (EMF) (2013a)*.

Segundo a EMF (2013b), o modelo econômico linear de produção fez com que o uso dos recursos naturais atingisse um nível de ameaça ao funcionamento sustentável dos ecossistemas. O acesso às reservas está cada vez mais difícil e caro (REUTER et al., 2013), e os sintomas dessas restrições já podem ser percebidos: no tratamento da fertilização do solo (orçado em US\$ 40 bilhões no mundo); no abastecimento de alimentos e água (EMF, 2013a); na variação de preços dos produtos; nos investimentos em tecnologias para descoberta de novas minerações; e no aumento dos gastos para a sua exploração (EMF, 2014). A Figura 9 revela que o número de descobertas de minerações está diminuindo, ao passo que os gastos com a sua exploração está aumentando.

Figura 9 – Descoberta de minerações *versus* gastos com a sua exploração.



Fonte: EMF (2014).

Em relação aos EEE, eles são compostos, em sua maioria, por plásticos e metais (80%), incluindo ferro, cobre, ouro, prata e estanho (WETERINGS et al., 2013). Dessa forma, a mineração desempenha o papel mais importante na oferta de metais para o setor de eletroeletrônicos, pois os metais provenientes das atividades de reciclagem estão disponíveis em quantidades limitadas. Em contrapartida, o impacto ambiental da exploração desses recursos é significativo: quantidades consideráveis de terra são extraídas, dióxido de enxofre (SO₂) e águas residuais são geradas, e o consumo de energia e emissões de CO₂ são altos (SCHLUEP, 2009). No setor de eletroeletrônicos, prevalece o modelo linear de produção, caracterizado por esgotamento de recursos, aumento das externalidades ambientais, geopolítica, exportação ilegal dos REEE para os países em desenvolvimento (ELIAS-TROSTMANN, 2012), uso de tecnologias inadequadas de reciclagem e esforços de cobranças legais deficientes (SCHLUEP, 2009).

Com relação ao esgotamento de recursos, destaca-se que já há sinais de escassez no fornecimento de alguns metais para a produção de eletroeletrônicos, como gálio, índio (Li et al., 2015), ouro, prata e tungstênio (EMF, 2014). A Tabela 2 mostra uma lista com os principais metais utilizados na fabricação de EEE, incluindo preços, aplicações, produção, reservas mundiais e uma estimativa da disponibilidade dessas reservas. Na sequência, a Figura 10 mostra a composição típica dos REEE, a qual pode incluir metais, plásticos, misturas desses dois elementos, cabos, telas CRT e LCD, placas de circuito impresso, entre outros.

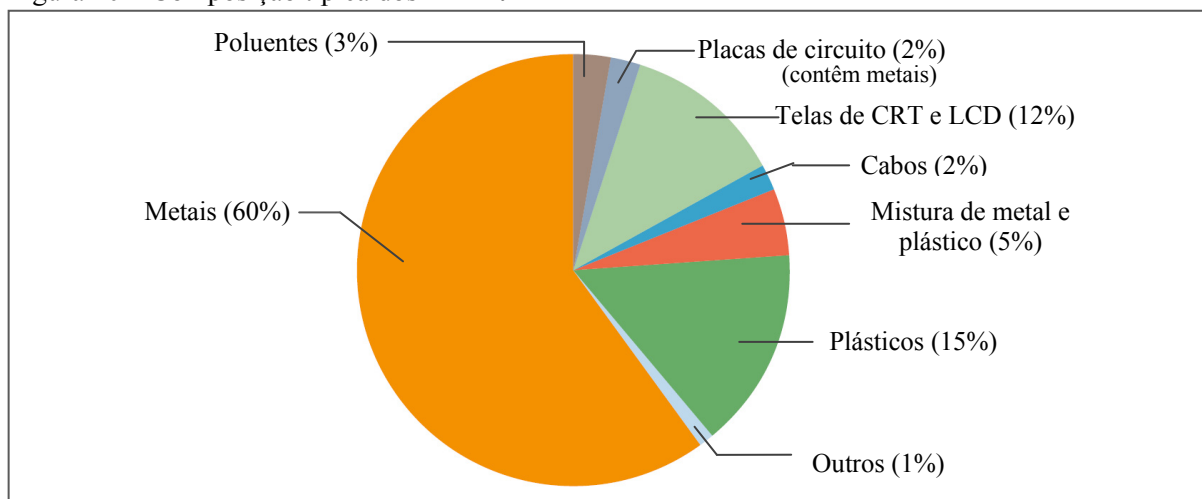
Tabela 2 – Reservas dos principais metais utilizados nos EEE.

Tipo de metal	Preço (US\$/kg)	Aplicações nos EEE	Produção mundial (ton/ano)	Demanda por EEE (tonelada/ano)	Relação demanda/produção	Reserva mundial (toneladas)	Duração reserva mundial
Prata	\$ 649	Placa de circuito	20.000	6.000	30%	400.000	20 anos
Ouro	\$ 39.443	Circuito integrado	2.500	300	12%	47.000	19 anos
Bismuto	\$ 20	Placa de circuito	5.600	900	16%	320.000	57 anos
Cobalto	\$ 45	Bateria	58.000	11.000	19%	6,6 milhões	113 anos
Cobre	\$ 8	Condutor	15 milhões	4,5 milhões	30%	540 milhões	36 anos
Paládio	\$ 16.948	Placa de circuito	230	33	14%	SI	SI
Antimônio	\$ 9	Antichama	130.000	65.000	50%	2,1 milhões	16 anos
Estanho	\$ 20	Solda	275.000	90.000	33%	5,6 milhões	20 anos
Índio	\$ 566	Telas LCD	480	380	79%	6.240	13 anos
Platina	\$ 51.811	Placa de circuito	188	7	4%	SI	SI
Rutênio	\$ 5.069	Placa de circuito	29	21	72%	SI	SI

SI – Sem Informação.

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em Reuter et al. (2013); Maccann; Wittmann (2015).

Figura 10 – Composição típica dos REEE.

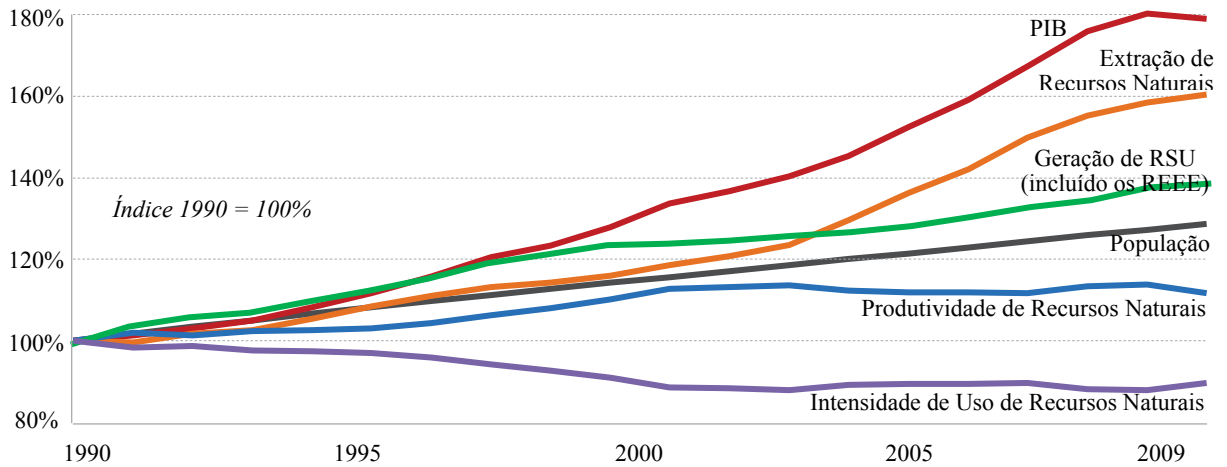


Fonte: Adaptado de Ongondo; Williams; Cherrett (2011).

Outra questão relevante diz respeito à valorização dos recursos naturais em razão da sua escassez. Por exemplo, entre 2004 e 2008, os preços de metais como índio, antimônio, estanho, cobre, prata, cobalto e ouro aumentaram entre 91% e 368% (MANHART, 2011). Além disso, é esperado que os preços desses metais aumentem a uma taxa anual de 15% por causa do crescimento da procura, das quotas, da escassez de oferta e do número limitado de fornecedores (MENAD; GUIGNOT; HOUWELINGEN, 2013).

Não ao acaso, provavelmente a pressão elevada sobre os recursos finitos vai-se manter em virtude da ausência ou deficiência das práticas de reciclagem; isso somado ao crescimento do PIB, da população, da extração dos recursos naturais (minérios, energia fóssil e biomassa) e da geração de RSU. A Figura 11 revela as tendências globais dessas variáveis para o período de 1990 a 2009.

Figura 11 – Tendências globais do PIB, população, extração, produtividade e utilização dos recursos naturais (minério, energia fóssil e biomassa) e geração de RSU (incluído os REEE) – 1990 a 2009.

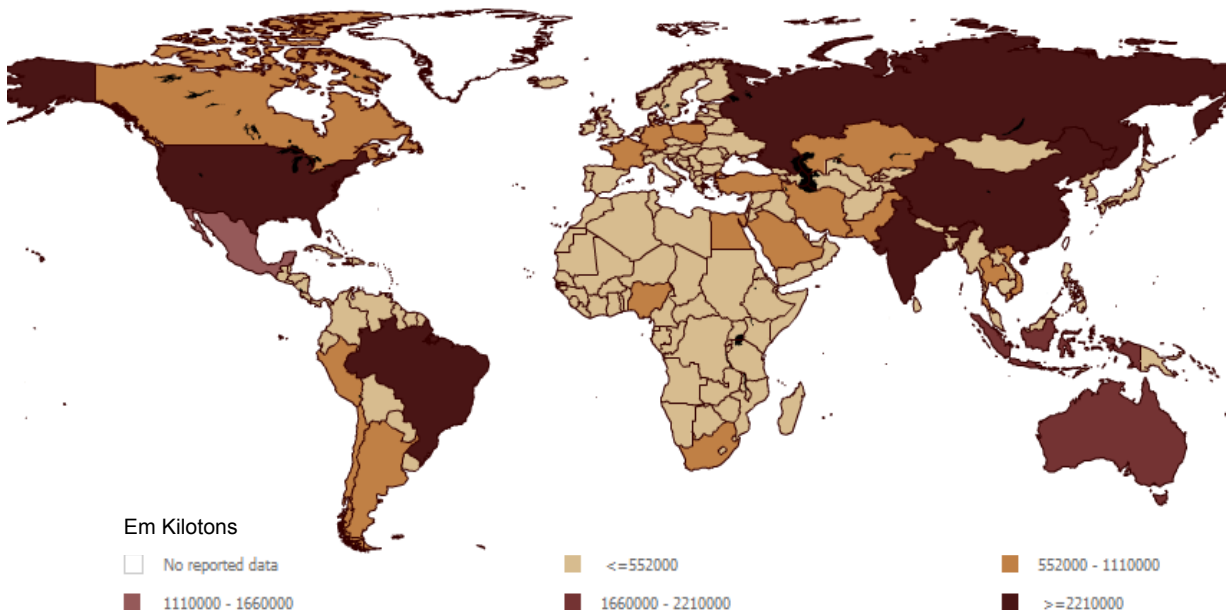


Fonte: Elaborado pelo autor, com base em UNEP (2011); Mccann; Wittmann (2015); Baldé *et al.* (2015); SERI; WU Vienna (2015).

Como demonstra a Figura 11, entre 1990 e 2009, o PIB mundial expandiu 80%, a extração de recursos naturais cresceu 60%, e a população aumentou 30%. A produtividade de recursos naturais (indicador que avalia o valor econômico gerado por tonelada de recurso natural utilizado) cresceu 11%, ao passo que a intensidade de uso de recursos naturais (que avalia os recursos naturais necessários para produzir uma unidade de PIB) apresentou queda de 13% no mesmo período (SERI; WU Vienna, 2015).

Em relação à extração de recursos naturais, vale destacar as regiões do planeta que mais desenvolvem essa atividade (Figura 12), e o Brasil é uma delas. No cartograma que segue, quanto mais saturada for a cor da região, maior será a extração dos recursos naturais em termos de quantidade.

Figura 12 – Consumidores de recursos naturais úteis na fabricação dos EEE – por região – 2011.



Fonte: SERI; WU Vienna (2015).

É oportuno destacar que o livro intitulado *The limits to grow*, publicado em 1972, já alertava que o crescimento econômico global poderia superar os limites do planeta, provocando, assim, o colapso da população e do sistema econômico (BARTHOLOMEU; CAIXETA-FILHO, 2011). Em perspectiva análoga, o conhecido autor Ansoff, em sua obra *Strategic management*, de 1978, já demonstrava preocupação com os problemas que os sistemas produtivos poderiam causar ao meio ambiente (LEITE, 2009). Segundo a ONU (2015), nos dias atuais, o esgotamento dos recursos naturais e os impactos negativos da degradação ambiental – incluindo a desertificação, as secas, a degradação dos solos, a escassez de água doce e a perda de biodiversidade – exacerbam a lista de desafios que a humanidade enfrenta.

Finalmente, salienta-se que a escassez de recursos naturais exige uma mudança no modelo de produção. É preciso produzir, consumir e reutilizar os produtos o máximo possível, alinhando-se com os padrões sustentáveis, para garantir um crescimento com prosperidade, em cujo centro esteja o homem e a natureza em condição de equilíbrio. Por essa razão, modelos alternativos de produção e consumo baseados na reutilização de produtos têm chamado atenção em todo o mundo (UNEP, 2015). O Tripé da Sustentabilidade (ou *Triple Bottom Line*) é a base da economia sustentável, e o setor de eletroeletrônicos brasileiro é parte ativa dessa nova economia (ABINEE, 2012).

3.1.3 Sustentabilidade Ambiental e Gestão de Resíduos Sólidos: evolução, *status* e perspectivas globais

O primeiro princípio do direito ao meio ambiente, declarado na Conferência de Estocolmo de 1970, estabelece que os seres humanos são a maior preocupação do desenvolvimento sustentável, uma vez que têm direito a uma vida saudável e em harmonia com o meio ambiente. O meio ambiente é definido pela Lei Federal n.º 6.938, de 31/08/1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente no Brasil, como “o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas”. Já o desenvolvimento sustentável é compreendido pela Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento como “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades”. Seu conceito surgiu na década de 1980, tornando-se mais difundido a partir de um trabalho da comissão *Brundtland*, intitulado “Nosso Futuro Comum” (BARTHOLOMEU; CAIXETA-FILHO, 2011).

Com base nessas definições, pode-se inferir que a mitigação dos impactos ambientais consiste em um dos principais aspectos a serem geridos pela busca do desenvolvimento sustentável. Dessa forma, a sustentabilidade ambiental deve ser considerada como parte integrante do processo de tomada de decisão estratégica das organizações.

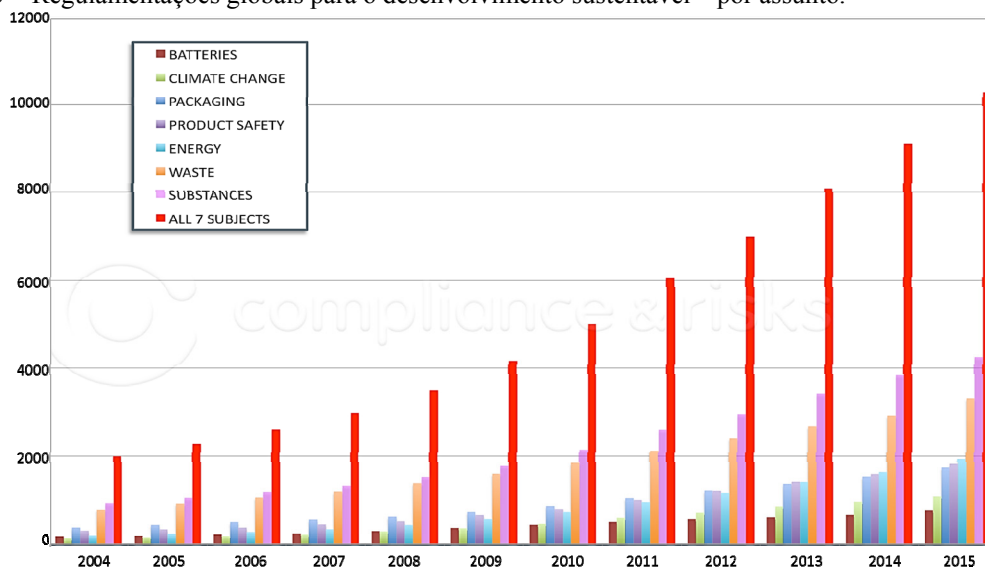
Na inclusão do conceito de sustentabilidade no ambiente empresarial, um aspecto conceitual importante é o *Triple Bottom Line* (TBL). O TBL representa o tripé da sustentabilidade. De acordo com ele, as dimensões econômica, ambiental e social dos sistemas produtivos devem ser geridas de forma integrada (KRUGLIANSKAS; CUZZIOL, 2014). Conforme Nikolaou, Evangelinos e Allan (2013), a primeira dimensão relaciona-se com a contribuição financeira das empresas para as partes interessadas, tais como acionistas, funcionários e comunidade. A segunda dimensão refere-se a aspectos de gestão ambiental interna e questões de conservação de recursos naturais externos. A terceira dimensão, por sua vez, inclui qualidade e questões éticas relacionadas à gestão de risco, emprego, saúde e segurança. Em suma, o TBL preconiza a priorização do meio ambiente socialmente justo, ecologicamente correto e economicamente viável (XAVIER; CORRÊA, 2013).

Apesar dos problemas ambientais da atualidade, em uma breve análise cronológica, pode-se observar, a partir de relatos históricos, que a sociedade, em termos globais, já se preocupava com a preservação ambiental. Fatos importantes que marcaram a história recente no que diz respeito à contribuição para o avanço do desenvolvimento sustentável no planeta podem ser vistos no Anexo B. Desses acontecimentos, é oportuno destacar a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD) – a “Rio 92” – da qual resultou a “Agenda 21”, um documento assinado em comum acordo por Chefes de Estado de 179 países (JURAS, 2012). A Agenda 21 é considerada a mais abrangente tentativa de promover um novo padrão de desenvolvimento sustentável em escala mundial, conciliando métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica (CD, 1995; MMA, 2015).

No âmbito internacional, o Brasil envolve-se com as atividades do desenvolvimento sustentável por meio de acordos firmados com órgãos de governança global. Esses acordos representam um consenso mundial cuja intenção é dar uma resposta a problemas ambientais de escala global, os quais merecem interferência e atuação conjunta e específica dos países (IBGE, 2015). O envolvimento é realizado por meio de “Ratificação de Acordos Multilaterais”, que guarda estreita relação com a intenção dos governos de implementar efetivamente o desenvolvimento sustentável. O Anexo C dispõe uma lista dos acordos internacionais de proteção ambiental que foram ratificados pelo Brasil.

Além das iniciativas de órgãos de governança global, outro aspecto relevante é a evolução de regulamentos regionais para o desenvolvimento sustentável, como mostra a *Compliance and Risks* (Figuras 13 e 14), uma das empresas mais confiáveis do mundo em gestão do conhecimento regulatório (HUISMAN, *et al.*, 2015).

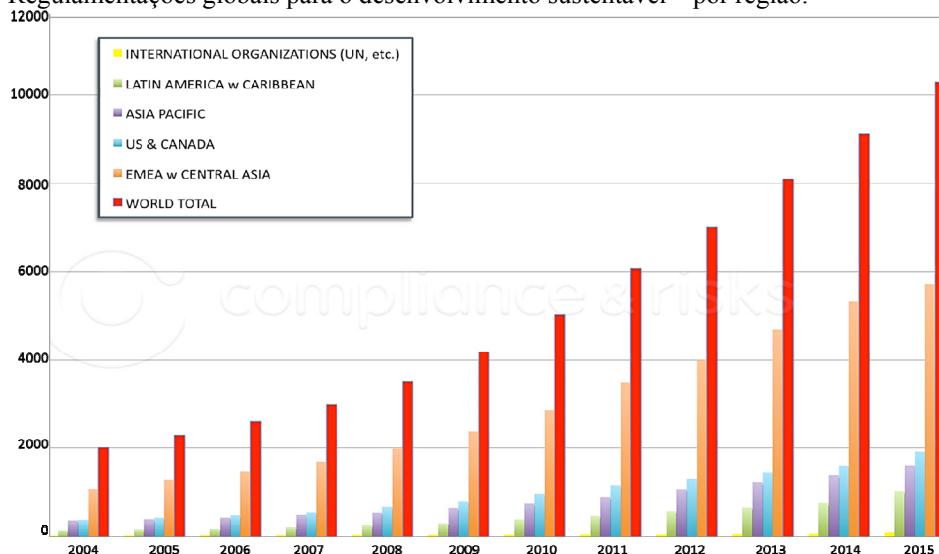
Figura 13 – Regulamentações globais para o desenvolvimento sustentável – por assunto.



Fonte: Compliance and Risks (2015).

Conforme a Figura 13, verifica-se que a GRS (*waste*) é um dos temas mais abordados em todo o planeta. A GRS é, em síntese, o envolvimento de diferentes órgãos públicos e privados e da sociedade civil com o propósito de tratar da saúde pública, do meio ambiente, do uso da terra, dos recursos naturais e dos interesses econômicos associados ao descarte inadequado dos resíduos sólidos (MARSHALL; FARAHBAKHS, 2013). Outra iniciativa referente ao desenvolvimento sustentável diz respeito à evolução de regulamentações regionais, no que se destacam a União Europeia (UE) e a Ásia Central (Figura 14).

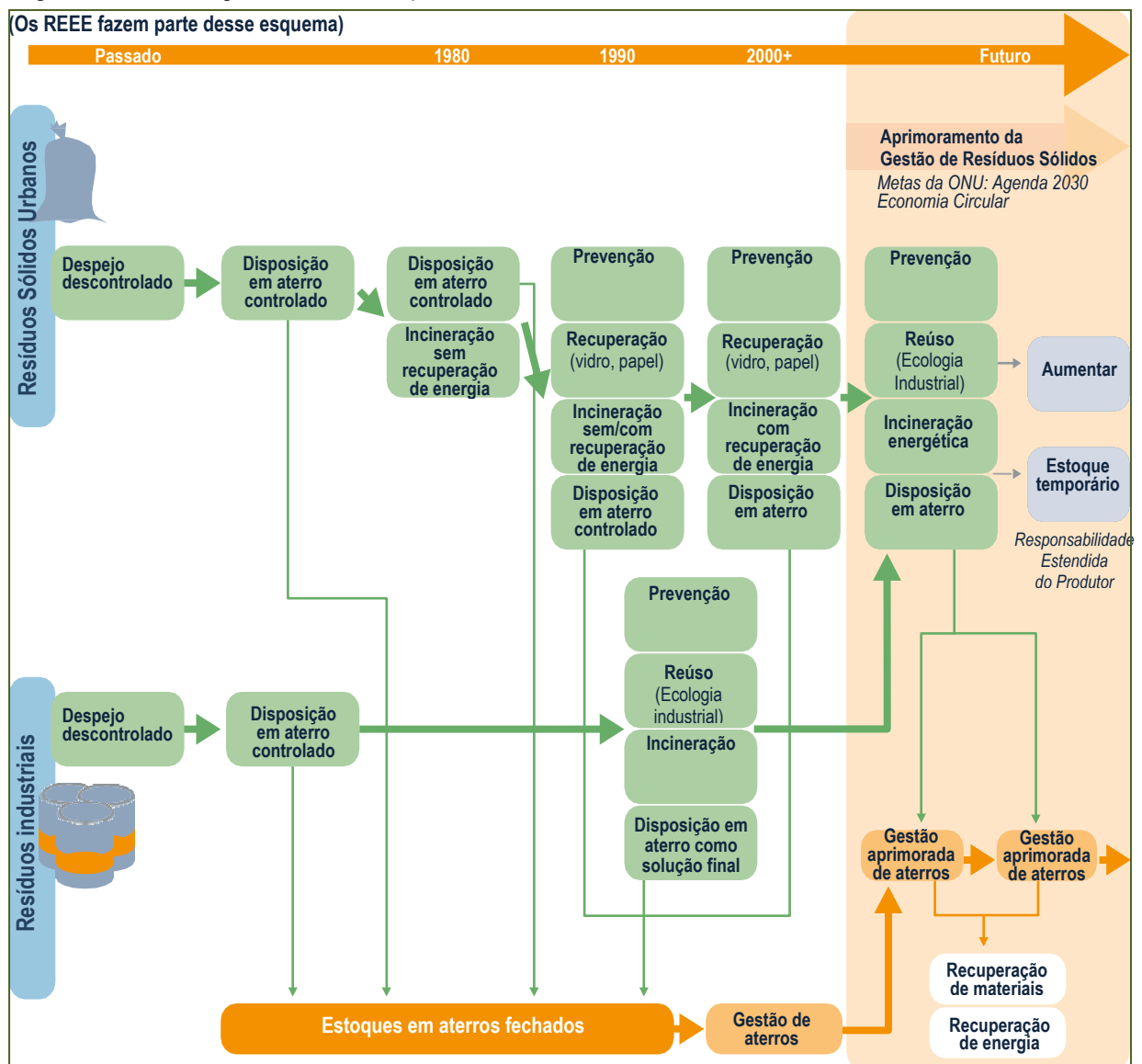
Figura 14 – Regulamentações globais para o desenvolvimento sustentável – por região.



Fonte: Compliance and Risks (2015).

Os fatos e os regulamentos supracitados evidenciam a importância da GRS e a necessidade de uma abordagem ambiental que faça com que o desenvolvimento sustentável concentre-se no bem-estar da sociedade e permaneça dentro do limite de capacidade do planeta. De fato, os padrões de produção e de consumo sustentáveis são um dos principais desafios que o mundo enfrenta (KHETRIWAL; LUEPSCHEN; KÜHR, 2013), e a GRS é um dos elementos-chave para o desenvolvimento sustentável (WORLD BANK, 2012). Essa gestão precisa evoluir de forma integrada com a gestão sustentável dos REEE (CUCCHIELLA *et al.*, 2015). Como resultado das iniciativas globais para proteger o planeta da degradação ambiental, a abordagem da GRS ganhou forma e evoluiu ao longo das últimas décadas, e há planos para o seu aprimoramento, como pode ser visto na Figura 15.

Figura 15 – Visão esquemática da evolução, *status* e tendências da GRS.



Fonte: Adaptado de Reuter et al. (2013).

Apesar das iniciativas em prol da melhoria dos sistemas de GRS, a sociedade mundial ainda está em um caminho insustentável, sendo necessárias ações urgentes e unidas para a correção desse problema (UNEP, 2015). É preciso desenvolver métodos que integrem princípios ecológicos e limites físicos ao formalismo dos modelos econômicos. Isso só é possível por meio de abordagens multidisciplinares, transdisciplinares, holísticas e sistêmicas (BARTHOLOMEU; CAIXETA-FILHO, 2011). Diante dessa realidade, em agosto de 2015, a ONU concluiu a Agenda 2030, um ambicioso plano de ação que propõe dezessete objetivos para o desenvolvimento sustentável com suas 169 metas (MRE, 2015). O plano de ação é aceitável e aplicável a todos os países-membros da ONU; além disso, ele leva em conta diferentes realidades nacionais, capacidades e níveis de desenvolvimento e respeita as políticas e prioridades nacionais (ONU, 2015). As ações propostas são integradas e indivisíveis e buscam equilibrar, nos sistemas produtivos, as três dimensões do desenvolvimento sustentável (*Triple Bottom Line*): econômica, ambiental e social (UN, 2015). A iniciativa inclui ações mundiais com foco na GRS, as quais, inclusive, podem contribuir para a implementação dos sistemas de LR no setor de eletroeletrônicos brasileiro.

No Quadro 1, podem ser vistos os dezessete objetivos da Agenda 2030; na sequência, o Quadro 2 apresenta, em detalhes, os objetivos que se relacionam com os sistemas de GRS.

Quadro 1 – Objetivos da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável.

Número do Objetivo	Descrição
1	Acabar com a pobreza em todas as suas formas, em todos os lugares.
2	Acabar com a fome, melhorar a nutrição e promover a agricultura sustentável.
3	Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades.
4	Assegurar a educação inclusiva e equitativa de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos.
5	Alcançar a igualdade de gênero para todas as mulheres.
6	Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos.
7	Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos.
8	Promover o crescimento econômico sustentável, emprego produtivo, e trabalho para todos.
9	Construir infraestruturas robustas, promover a industrialização sustentável e inovadora.
10	Reduzir a desigualdade dentro dos países e entre eles.
11	Tornar as cidades inclusivas, seguras, resistentes e sustentáveis.
12	Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis.
13	Tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos.
14	Conservar e usar sustentavelmente os oceanos, os mares e os recursos marinhos.
15	Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade.
16	Promover sociedades pacíficas e inclusivas para o desenvolvimento sustentável, proporcionar o acesso à justiça para todos e construir instituições eficazes, responsáveis e inclusivas.
17	Fortalecer os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável.

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em *United Nations* (2015); ONU (2015); MRE (2015).

Quadro 2 – Objetivos da Agenda 2030 que possuem relação com a GRS.

Metas mundiais da Agenda 2030 para os sistemas de GRS		Referências relacionadas dentro dos objetivos do desenvolvimento sustentável	
		Número do objetivo da Agenda 2030	
W.1	Até 2020, garantir o acesso de todos aos serviços de coleta de resíduos sólidos adequados, seguros e acessíveis.	11. Tornar as cidades inclusivas, seguras, resistentes e sustentáveis.	11.1 Até 2030, garantir o acesso de todos a habitação segura, adequada, e aos serviços básicos, além de urbanizar as favelas. 11.3 Até 2030, aumentar a urbanização inclusiva e sustentável, e a capacidade para o planejamento e a gestão participativa, integrada e sustentável dos assentamentos humanos, em todos os países. 11.6 Até 2030, reduzir o impacto ambiental negativo <i>per capita</i> das cidades, inclusive prestando especial atenção à qualidade do ar, gestão de resíduos municipais e outros. 11.b Até 2020, aumentar o número de cidades e assentamentos humanos adotando políticas e planos integrados para a inclusão, a eficiência dos recursos, mitigação e adaptação à mudança do clima. 11.c Apoiar os países menos desenvolvidos, para construções sustentáveis e robustas.
W.2	Até 2020, eliminar o despejo descontrolado e queima a céu aberto.	3. Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades.	3.9 Até 2030, reduzir substancialmente o número de mortes e doenças por produtos químicos perigosos e por contaminação e poluição do ar, da água e do solo.
W.3	Até 2030, assegurar a gestão sustentável de todos os resíduos.	12. Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis.	12.4 Até 2020, alcançar o manejo ambientalmente adequado dos produtos químicos e de todos os resíduos, ao longo de todo o ciclo de vida destes, de acordo com os marcos internacionalmente acordados, e reduzir a liberação destes para o ar, água e solo, para minimizar seus impactos negativos sobre a saúde humana e o meio ambiente.
W.4	Até 2030, reduzir a geração de resíduos por meio da prevenção (reduzir, reutilizar, reciclar) e, assim, criar empregos verdes.		12.5 Até 2030, reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso.
W.5	Até 2030, reduzir pela metade o desperdício de alimentos <i>per capita</i> nos níveis de consumo e varejo, e reduzir perdas de alimentos na cadeia de abastecimento.		12.a Apoiar países em desenvolvimento para que fortaleçam suas capacidades científicas e tecnológicas em rumo à padrões mais sustentáveis de produção e consumo. 12.3 Reduzir pela metade o desperdício de alimentos <i>per capita</i> mundial, em nível de varejo e do consumidor, e reduzir as perdas de alimentos ao longo das cadeias de produção e abastecimento, incluindo as perdas pós-colheita.
W.6	(Este objetivo tem relação com o W.4) Criar empregos verdes por meio da economia circular.	2. Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição, e promover a agricultura sustentável.	2.1 Até 2030, acabar com a fome e garantir o acesso de todas as pessoas, em particular os pobres e pessoas em situações vulneráveis, incluindo crianças, a alimentos seguros, nutritivos e suficientes durante todo o ano.
		1. Acabar com a pobreza em todas as suas formas, em todos os lugares.	1.1 Até 2030, erradicar a pobreza extrema para todas as pessoas em todos os lugares, atualmente medida como pessoas vivendo com menos de US\$ 1,25 por dia. 1.2 Até 2030, reduzir pelo menos à metade a proporção de homens, mulheres e crianças, de todas as idades, que vivem na pobreza, de acordo com as definições nacionais.

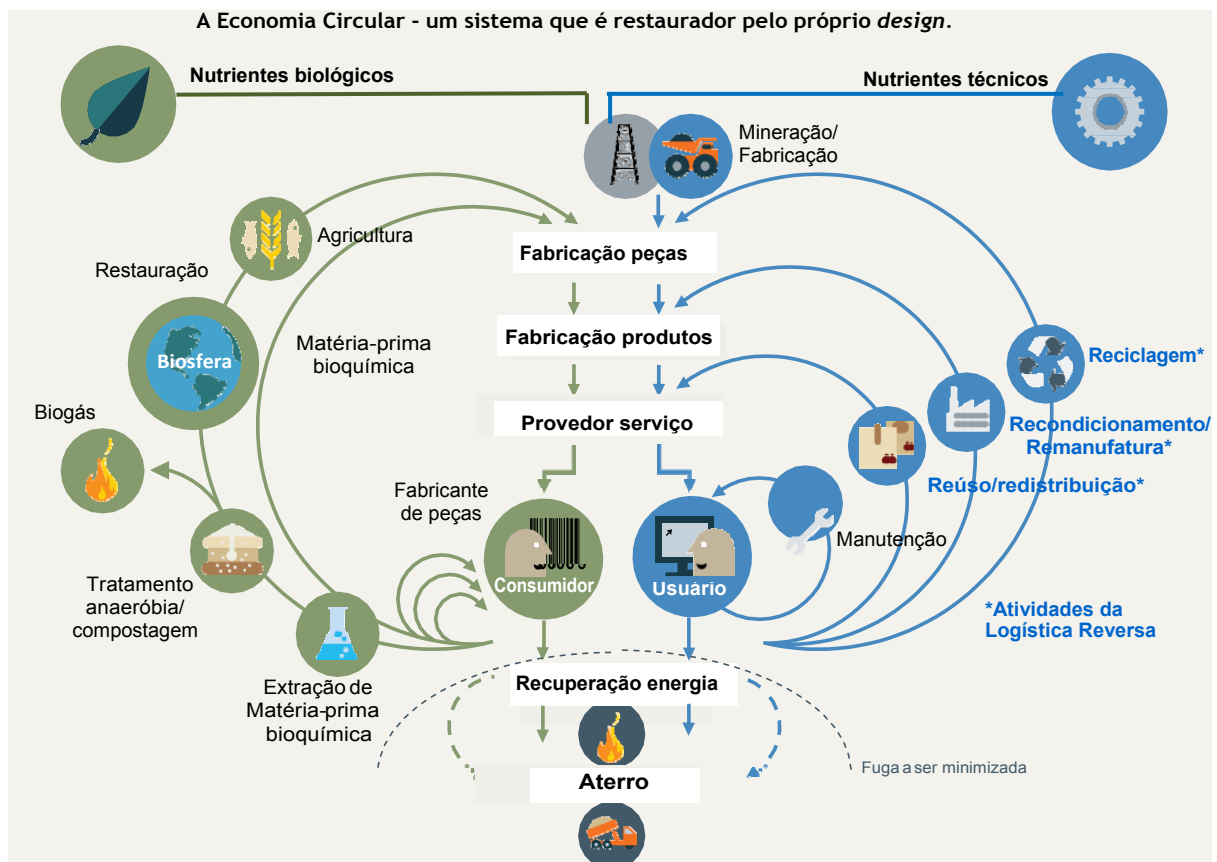
Metas mundiais da Agenda 2030 para os sistemas de GRS		Referências relacionadas dentro dos objetivos do desenvolvimento sustentável	
		Número do objetivo da Agenda 2030	
	Criar meios de subsistência sustentáveis por meio da integração do setor informal na corrente principal de resíduos, e gestão de recursos nas cidades mais pobres.	8. Promover o crescimento econômico inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo, e trabalho decente para todos.	8.1 Atingir níveis mais elevados de produtividade das economias, por meio da diversificação, modernização e inovação. 8.2 Promover políticas orientadas para o desenvolvimento, que apoiem as atividades produtivas, geração de emprego decente, empreendedorismo, criatividade e inovação, e incentivar a formalização e o crescimento das micro, pequenas e médias empresas. 8.7 Tomar medidas imediatas e eficazes para erradicar o trabalho forçado, acabar com a escravidão moderna e o tráfico de pessoas e assegurar a proibição e eliminação das piores formas de trabalho infantil. 8.8 Proteger os direitos trabalhistas e promover ambientes de trabalho seguros e protegidos para todos os trabalhadores.
W.7	(Este objetivo tem relação com o W.4) Até 2030, reduzir a geração de resíduos industriais na fonte por meio da prevenção de resíduos, a eficiência dos recursos e uma maior adoção de tecnologias limpas e saudáveis e processos industriais.	9. Construir infraestruturas robustas, promover a industrialização sustentável e inovadora.	9.4 Até 2030, modernizar a infraestrutura e reabilitar as indústrias para torná-las sustentáveis, com eficiência aumentada no uso de recursos e maior adoção de tecnologias e processos industriais limpos e ambientalmente adequados; com todos os países atuando de acordo com suas respectivas capacidades.
-	(Este objetivo tem relação com o W.2) Até 2020, eliminar despejos descontrolados e queima a céu aberto.	6. Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos. 14. Conservar e usar sustentavelmente os oceanos, os mares e os recursos marinhos. 15. Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra, e deter a perda de biodiversidade.	6.3 Até 2030, melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando despejo e minimizando a liberação de produtos químicos e materiais perigosos, reduzindo à metade a proporção de águas residuais não tratadas, e aumentando substancialmente a reciclagem e reutilização segura globalmente. 14.1 Até 2025, prevenir e reduzir significativamente a poluição marinha de todos os tipos, especialmente a advinda de atividades terrestres, incluindo detritos marinhos e a poluição por nutrientes. 15.1 Até 2020, assegurar a conservação, recuperação e uso sustentável de ecossistemas terrestres e de água doce interiores e seus serviços, em especial, florestas, zonas úmidas, montanhas e terras áridas, em conformidade com as obrigações decorrentes dos acordos internacionais.
-	(Este objetivo tem relação com o W.3) Até 2030, assegurar uma gestão ambientalmente correta de todos os resíduos.	13. Tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos.	13.1 Integrar medidas da mudança do clima nas políticas, estratégias e planejamentos nacionais. 13.b Promover mecanismos para a criação de capacidades para o planejamento relacionado à mudança do clima e à gestão eficaz, nos países menos desenvolvidos.

Metas mundiais da Agenda 2030 para os sistemas de GRS	Referências relacionadas dentro dos objetivos do desenvolvimento sustentável	
	Número do objetivo da Agenda 2030	
	7. Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia, para todos.	7.1 Até 2030, aumentar a participação de energias renováveis na matriz energética global. 7.b Até 2030, expandir a infraestrutura e modernizar a tecnologia para o fornecimento de serviços de energia modernos e sustentáveis para todos nos países em desenvolvimento.

Fonte: Adaptado de UNEP (2015), com base em MRE (2015); ONU (2015); UN (2015).

Esse escopo de trabalho mostra que a GRS é incluída em mais da metade dos dezessete objetivos da Agenda 2030, mas o seu sucesso exige mudanças nos sistemas produtivos. Para garantir um futuro ambientalmente sustentável, é vital que a produção, o consumo e o descarte final dos resíduos ocorram em ciclos fechados de produção (KHETRIWAL; LUEPSCHEN; KÜHR, 2013). Nessa perspectiva, insere-se o modelo “circular” de produção, um sistema econômico industrial restaurador de produtos pelo próprio *design*, como pode ser visto na Figura 16.

Figura 16 – Processo industrial baseado em uma Economia Circular.



Fonte: Adaptado de Elias-Trostmann (2012); CNI (2014a), EMF (2013a; b; 2014); Mccann; Wittmann (2015).

Na Economia Circular, os produtos não se tornam resíduos de forma rápida; pelo contrário, eles são reutilizados, reaproveitados ao máximo antes de serem de sua disposição final (SONG; LI; ZENG, 2015). Assim, a economia circular gera riquezas, crescimento e

requer inovações no *design* ambiental de produtos e nas políticas organizacionais. Esse modelo é um tema novo na academia, e sua implementação no mundo está em fase inicial (GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2015). Seu objetivo é integrar os resíduos sólidos ao ciclo de vida dos materiais e produtos, incluindo a indústria extrativa, agricultura, silvicultura, indústria (materiais, peças e fabricação do produto), construção e demolição, comércio e instituições (distribuição e serviços) e consumo (famílias). Cada circuito, na Figura 16, representa uma oportunidade não só de ajudar a proteger o ambiente e a saúde pública, mas também de preservar os recursos naturais e criar empregos em áreas como manutenção de equipamentos, dispositivos e componentes e remodelação da manufatura (MCCANN; WITTMANN, 2015).

Estima-se que as práticas de economia circular possam trazer às empresas da UE, por exemplo, retornos líquidos de 600 bilhões de euros (EC, 2015), além de reduzir as emissões globais de gases que causam o efeito estufa em até 15% (UNEP, 2015). Em razão de seu potencial, a economia circular tem sido adotada pelos países membros da UE e OECD nas últimas décadas (CUCCHIELLA *et al.*, 2015). Em dezembro de 2015, a UE adotou um ambicioso “pacote sobre economia circular” a fim de estimular a transição da Europa para uma economia circular, que reforce a competitividade a nível mundial, promova o crescimento econômico sustentável e crie novos postos de trabalho (EC, 2015). O Brasil é um país com potencial para adequar a prática da economia circular à gestão dos REEE (ELIAS-TROSTMANN, 2012), entretanto há carências científicas e práticas para que se possam compreender as influências das ações de prevenção dentro de uma visão integrada do sistema (CARVALHO; XAVIER, 2014).

A Agenda 2030 e a Economia Circular constituem um dos maiores desafios para a melhoria do desempenho da GRS. Para que suas políticas sejam sustentáveis em longo prazo, há que considerar, pelo menos (UNEP, 2015):

- Todos os elementos físicos (infraestrutura) do sistema, desde a geração de resíduos sólidos por meio de coleta, passando por armazenagem, transporte, reciclagem, recuperação, tratamento, até a disposição final ambientalmente adequada;
- Todas as partes envolvidas, como governos, geradores de resíduos, usuários de serviços (incluindo indústria, comércio, instituições e comunidade), produtores (incluindo fabricantes, proprietários de marcas, e importadores), prestadores de serviços (públicos ou privados, formais ou informais), sociedade civil, organizações não governamentais e agências internacionais;
- Todos os aspectos estratégicos, incluindo as políticas de saúde, institucionais,

sociais, econômicas, financeiras, ambientais e técnicas.

Além disso, um dos maiores obstáculos que o mundo enfrenta para implementar os sistemas de GRS é incentivar a economia industrial a incorporar os custos ambientais externos (OECD, 2001; 2015). Esse obstáculo é bem explicado por Marchesan, Steigleder e Capelli (2008, p. 37):

Os custos sociais externos que acompanham o processo produtivo devem ser internalizados, ou seja, os agentes econômicos devem levá-los em conta ao elaborar os custos de produção e, conseqüentemente, assumi-los. Durante o processo produtivo são gerados externalidades negativas, assim chamadas porque, embora resultantes da produção, são recebidas pela coletividade, ao contrário do lucro, que é percebido pelo produtor privado. É preciso corrigir este custo adicionado à sociedade, impondo-se sua internalização.

Em geral, quando os custos dos impactos ambientais não são pagos por aqueles que os geram, eles tornam-se externalidades econômicas, ou seja, são externos às funções de custo e demanda (JURAS, 2012). Para que isso não ocorra, é necessário estender a responsabilidade do produtor a todo o ciclo de vida de seus produtos (EC, 2014) e usar a abordagem da economia circular, para que os custos sociais e ambientais sejam internalizados no processo de fabricação. Nesse contexto, a Logística Reversa (LR), que será discutida na próxima seção, surge como um instrumento econômico, social e ambiental que pode contribuir: i) para a correção desse custo adicionado à sociedade, ii) para a implementação de um sistema eficiente de GRS; iii) para que se alcancem as metas da Agenda 2030; e iv) para a implementação da economia circular.

3.2 LOGÍSTICA REVERSA (LR)

3.2.1 Surgimento, conceito e atividades da LR

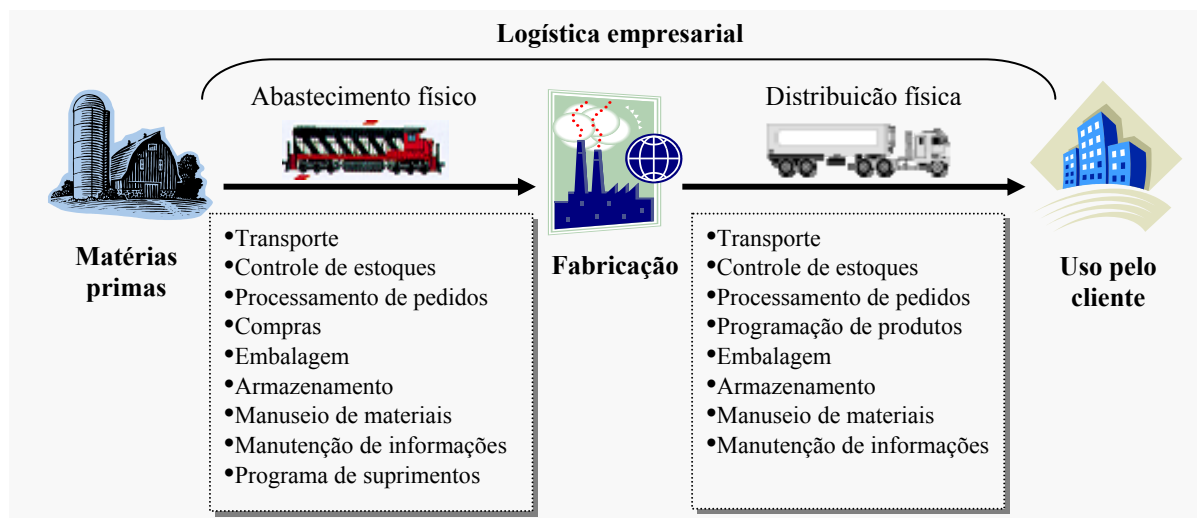
De acordo com Rodrigues (2006), a primeira tentativa de definir o termo “logística” foi esboçada pelo general francês Antoine H. de Jomini (1779-1869), quando a ela se referiu como a arte de movimentar exércitos. A partir da 2.^a Guerra Mundial, a logística passou a designar o planejamento e a organização de aspectos relativos ao transporte de materiais, pessoas e instalações em uma ação militar. Embora decisiva em operações militares, sua introdução na atividade industrial tornou-se nítida após as guerras, quando foi vista como um suporte para as novas tecnologias produtivas.

Atualmente, a Logística é um campo de estudo da gestão empresarial que integra as áreas de finanças, *marketing* e produção, sendo um elemento-chave na estratégia competitiva. A Logística, nas empresas, é definida como:

O processo de planejamento, implementação e procedimentos de controle para o transporte eficiente e eficaz e armazenagem de mercadorias, incluindo serviços e informações relacionadas desde o ponto de origem até o ponto de consumo para fins de conformidade com os requisitos do cliente. Esta definição inclui entrada, saída e movimentação interna e externa (CSCMP, 2013, p. 117).

Essa definição estabelece que o fluxo de materiais deve ser acompanhado desde a entrada dos componentes na empresa até a saída dos produtos finalizados. Assim, a Logística, nas empresas, agrupa atividades de transporte, controle de estoque, processamento de pedidos, compras, embalagem, armazenagem, manuseio de materiais, manutenção das informações e programação de suprimentos. Essas atividades podem ser vistas na Figura 17, a seguir.

Figura 17 – Atividades logísticas em uma empresa.



Fonte: Adaptado de Ballou (2006).

Do ponto de vista logístico, a vida de um produto não se encerra com a entrega ao consumidor final, pois o objeto pode-se tornar obsoleto, danificado ou inoperante. Em alguns casos, as peças dos produtos (como automóveis, computadores, câmeras, celulares, máquinas de lavar, geladeiras, roupas, calçados, vidros vazios e garrafas de bebidas) podem retornar às fábricas de origem (ARAVENDAN; PANNEERSELVAM, 2014) para conserto ou descarte. Isso ocorre por imposição da legislação ambiental ou porque a recuperação é vantajosa em termos econômicos (BALLOU, 2006). Assim, a logística possui um fluxo “reverso”, o qual engloba retorno, reúso, remanufatura, recondicionamento e reciclagem e encerra-se com a destinação de um novo produto, elaborado após o fim da vida útil do produto original.

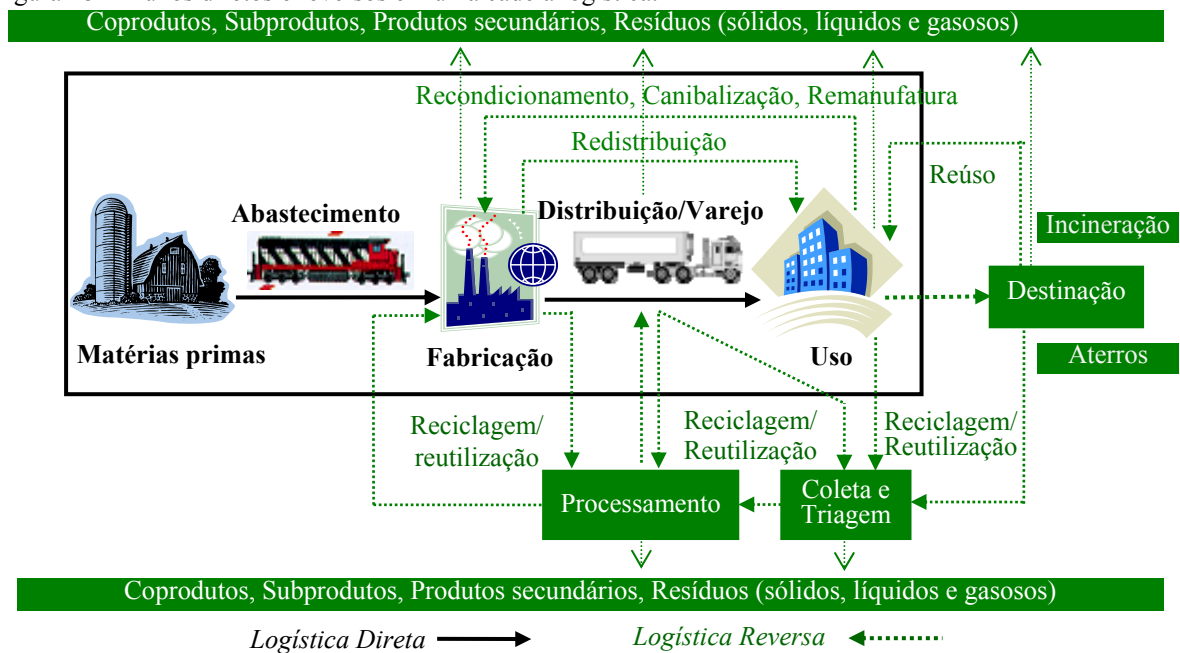
O fluxo de retorno dos produtos possibilitou o desenvolvimento de um segmento especializado de logística (MENDES, 2015), o qual enfoca a circulação e a gestão de produtos e recursos após a venda e a entrega ao cliente, denominado Logística Reversa (LR). Nos últimos anos, ela tornou-se um importante segmento para todas as organizações por causa da crescente preocupação ambiental, da legislação, da responsabilidade social corporativa e da competitividade sustentável (AGRAWAL; SINGH; MURTAZA, 2015). Além de ser

favorável ao meio ambiente, a LR representa uma das maiores oportunidades de facilitar os lucros de retorno para uma empresa. Por exemplo, Lambert, Riopel e Abdul-Kader (2011) relatam que a Black and Decker, empresa de produtos eletrônicos, gera uma receita anual de US\$ 1 milhão a partir de seus produtos remanufaturados. Desse modo, a LR tem recebido atenção em virtude de seu potencial para extrair valor dos produtos utilizados (POKHAREL; MUTHA, 2009). Ela pode ser definida como:

O processo de planejamento, implementação e controle, do fluxo de matérias-primas, da produção e do produto acabado (e seu fluxo de informação), do ponto de consumo até a origem, com o fim de recapturar valor ou oferecer um destino ecologicamente adequado (GONÇALVES; MARINS, 2006, p. 401).

Um aspecto relevante concernente aos produtos é que devem ser considerados os impactos ambientais ocasionados em todo o ciclo de sua vida (desde a produção até a disposição final). Para tanto, é preciso um estudo detalhado do fluxo logístico reverso, que considere desde a obtenção da matéria-prima do produto, passando por sua produção, distribuição, uso, possível reuso e reciclagem, até a sua disposição final. Essa visão permite que o processo logístico envolva todas as etapas do ciclo do produto. A Figura 18 ilustra os fluxos diretos e reversos da logística.

Figura 18 – Fluxos diretos e reversos em uma cadeia logística.



Fonte: Elaboração pelo autor, com base em Ballou (2006) e Xavier; Corrêa (2013).

Conforme a Figura 18, em geral, as atividades da LR são:

- Destinação: os produtos em fim de vida são encaminhados para um destino adequado com possibilidades de reuso, processamento, reciclagem e disposição final em aterros ou usinas de incineração.

- Reúso: é a revenda ou a reutilização direta do produto. Conforme Agrawal, Singh e Murtaza (2015), normalmente, o produto passa por uma limpeza ou por pequenos reparos que não produzem qualquer alteração em sua estrutura ou natureza.
- Coleta e Triagem (ou Segregação): a coleta pode ser considerada como o ponto de partida do sistema de LR, pois envolve o agrupamento preliminar dos produtos recolhidos. Nesta etapa, são identificadas as fontes geradoras, os tipos de materiais e as quantidades geradas. Conforme Rubio e Jiménez-Parra (2014), a coleta pode ser feita por produtores ou remanufatureiros a partir de distribuidores, varejistas ou prestadores de serviços logísticos. Já a triagem decide o destino de cada item coletado (LAMBERT; RIOPEL; ABDUL-KADER, 2011). Ela envolve a separação dos produtos aptos para reúso (em alguma fase da LR) dos que devem ser descartados para a disposição final ambientalmente adequada. Segundo Robinson (2009), o processo de separação pode ser manual ou automatizado.
- Processamento: nesta fase, o produto é desmontado ou submetido a algum tipo de transformação, de modo que ele, ou parte dele, possa ser reconicionado, canibalizado, remanufaturado ou reciclado.
- Reconicionamento: nesta fase, os produtos em fim de vida passam por pequenos reparos com o objetivo de recuperar o seu funcionamento.
- Canibalização: compreende o reaproveitamento de componentes em fim de vida em outros produtos. Esta fase contribui para a economia do consumo de recursos naturais.
- Remanufatura: é um processo que implica a conversão do produto em fim de vida em condições de produto novo (IIGIN; GUPTA, 2010). Basicamente, restaura o produto conforme as especificações do fabricante.
- Manufatura reversa: conforme a ABNT (2013), esta etapa transforma os produtos em partes e peças, insumos ou matérias-primas, sem a obtenção de novos produtos. Carvalho e Xavier (2013) explicam que essa fase inclui o recebimento, a desmontagem, o processamento e a descaracterização do produto em fim de vida.
- Reciclagem: de acordo com a ABNT (2013), esta etapa tem por objetivo transformar os produtos em fim de vida alterando suas propriedades físicas, físico-químicas, com vistas à obtenção de insumos ou novos produtos. A reciclagem de materiais é um dos aspectos mais importantes da GRS (IBGE, 2015).
- Redistribuição: consiste no envio do produto tratado pelo sistema de LR de volta ao mercado. Esta etapa inclui a revenda a partir do consumidor, do fabricante ou da assistência técnica.

- Disposição final: os produtos em fim de vida não reaproveitados (por questões técnicas ou financeiras) são enviados para aterros ou usinas de incineração. A incineração é um processo de decomposição térmica de um produto e pode ser processada com ou sem recuperação de energia.

A LR contribui para a sustentabilidade ambiental, pois ela viabiliza os processos de restituição dos resíduos ao setor empresarial ou a outra destinação final ambientalmente adequada (LEITE, 2009; BRASIL, 2010a; LAVEZ; SOUZA; LEITE, 2011; LAMBERT; RIOPEL; ABDUL-KADER, 2011; CNI, 2014; RUBIO; JIMÉNEZ-PARRA, 2014; VALLE; SOUZA, 2014). Além dos benefícios ambientais, a LR oportuniza negócios, gera emprego e renda e promove a conscientização da população para a sustentabilidade ambiental e para o uso eficiente de recursos naturais.

As atividades de reciclagem, por exemplo, apresentam implicações econômicas positivas, uma vez que reduzem tanto o uso de materiais quanto o de energia, o que promove um aumento da eficiência energética de vários setores industriais. Ao reduzir a extração de matérias-primas e o consumo de energia, a reciclagem contribui também para a redução da emissão de gases que causam o efeito estufa.

3.2.2 Casos práticos de LR e os desafios para o Brasil

Dados os seus benefícios econômicos, ambientais e sociais, assinala-se que a LR é um elemento estratégico considerado pelas empresas na tomada de decisão sobre os processos logísticos (RUBIO; JIMÉNEZ-PARRA, 2014). Na academia mundial, encontram-se inúmeros casos que confirmam as vantagens das práticas de LR. Por exemplo, Agrawal, Singh e Murtaza (2015) indicam que a Kodak reutiliza até 80% das peças de suas câmeras; segundo eles, diversas organizações têm sido beneficiadas com as práticas de LR, como General Motors, Canon, Dell, Hewlett-Packard (HP), indústrias editoriais, de recipientes de bebida, de tapete, de papel, de embalagem, de eletroeletrônico, de produtos farmacêuticos e baterias.

Em Xavier e Corrêa (2013), há dois estudos de caso sobre empresas que incorporaram a LR em suas estratégias de negócio: a de correios e telégrafos (p. 241) e a TGestiona, que focou a LR dos REEE (p. 248). Já em Leite (2009), há inúmeros estudos de caso sobre a adoção da LR por diferentes setores, como o de plásticos (p. 95), de alumínio (p. 108), de recipientes de plásticos de defensivos agrícolas (p. 147), de óleos lubrificantes (p. 150), de ferro e aço (p. 164), de pneumáticos (p. 169), de garrafas PET (p. 181), de revistas em bancas (p. 199), de reparos e concertos de telefones celulares (p. 201), de produtos farmacêuticos (p.

217) e de empresa de varejo (p. 218). Em Miguez (2012), é possível conhecer casos de LR na fabricação de televisores (p. 49), de equipamentos de informática (p. 67) e de operadores logísticos (p. 77).

Igualmente, Hernández (2010, p. 37) contribui com o relato de algumas práticas de LR adotadas no Brasil e no exterior, como pode ser visto no Quadro 3.

Quadro 3 – Casos práticos de aplicação da LR.

Autor citado - ano da publicação	Descrição do estudo relativo à LR
Dowlatshahi, S. (2000).	Cita que ganhos entre 40% e 60% no custo são reportados por empresas que utilizam remanufatura de componentes utilizando somente 20% do esforço de fabricação de um novo produto.
Mitra S.; Webster, S. (2006).	Remetem a diferentes estudos que reportam a economia de energia com processos de remanufatura se comparados com processos de manufatura de novos produtos, evidenciando a diminuição de custos e os ganhos ambientais.
Souza, M. T. S.; Vasconcelos, M. W.; Pereira, R. (2006).	Analisa o sistema de LR na reciclagem das latas de alumínio mostrando os resultados econômicos alcançados, assim como a geração de empregos e renda mediante o desenvolvimento de projetos de caráter social voltados para a educação ambiental.
Ribeiro, L.M.P; Machado, R. T. M. e Barra, G. M. J. (2005); Silva, P. S. e Brito, M. (2005); Cruz, M. M.; Ballista, B. R. (2006).	Discorrem sobre o papel da LR na gestão dos resíduos sólidos como forma de satisfazer as necessidades da sociedade na perspectiva socioambiental, sem perder de vista a eficiência, evitando desperdícios e o mau uso dos recursos.
Braga Junior, S. S.; Merlo, E. M.; Nagano, M. S. (2008); Andino, B. F. A.; Padula, A. D.; Wegner, D. (2008); Souza, A. G.; Lopes, A. C. V. (2008).	Demonstram que a LR pode ser fonte alternativa de renda para contribuir com a sustentabilidade do negócio, reduzindo os desperdícios e os impactos social e ambiental.
Hernández, C. T.; Marins, F.A.S.; Castro, R. C. (2007).	Evidenciam que a criação de um consórcio para a gestão de resíduos industriais melhorou indicadores de desempenho empresarial relacionados com aspectos econômico-financeiros devido à diminuição de despesas, mas também influenciou de forma positiva a imagem das empresas envolvidas frente à comunidade e governo, oferecendo emprego e melhores condições de vida à população.

Fonte: Adaptado de Hernández (2010).

Ainda nessa linha, há possíveis ganhos empresariais proporcionados por estratégias de LR na perspectiva de fabricantes, distribuidores e operadores logísticos, ganhos esses que contribuem para o aperfeiçoamento da competitividade (Quadro 4).

Quadro 4 – Estratégias de LR e ganhos de competitividade.

Estratégias de LR	Ganhos de competitividade
Flexibilização estratégica do retorno dos produtos.	Fidelização de clientes; imagem corporativa.
Realocação de estoques em excesso.	Custos e de serviços ao cliente.
Recaptação de valor otimizado do produto retornado.	Competitividade de custos.
Busca valor na prestação de serviços de pós-venda.	Competitividade por serviços, de custos e imagem empresarial.
Reaproveitamento de componentes.	Custos operacionais: fabricação do produto; imagem.
Reaproveitamento de materiais constituintes	Custos operacionais: economias confecção do produto; imagem corporativa.
Demonstração de responsabilidade empresarial.	Imagem corporativa.
Liberação de área de loja.	Competitividade de custos.
Manutenção de produtos frescos em suas lojas.	Competitividade de custos e de imagem corporativa.
Recaptação de valor dos estoques remanescentes.	Competitividade de custos.

Fonte: Leite (2012).

Apesar de seus benefícios, o Brasil enfrenta desafios para a implementação da LR, sobretudo os custos associados à operacionalização do sistema em um país de expressiva extensão geográfica e com suas complexidades logísticas (ABDI, 2013). Com vistas a esclarecer esses desafios, o Quadro 5 lista as principais características da logística reversa em comparação com as da logística direta.

Quadro 5 – Principais diferenças entre a logística direta e logística reversa.

Logística Direta	Logística Reversa
Previsão direta.	Previsão mais difícil.
De um para vários pontos de distribuição.	De muitos para um único ponto de distribuição.
Qualidade do produto uniforme.	Qualidade do produto variável.
Embalagem do produto uniforme.	Embalagem do produto geralmente danificada.
Destinação e rota visíveis.	Destinação e rota pouco visíveis.
Opções de descartes claros.	Descarte duvidoso.
Preço relativamente uniforme.	Preço depende de vários fatores.
Importância da velocidade reconhecida.	Velocidade não é prioridade.
Custos de distribuição direta, facilmente visíveis.	Custos reversos são poucos visíveis.
Gerenciamento de inventário consistente.	Gerenciamento de inventário não consistente.
Ciclo de vida do produto gerenciável.	Ciclo de vida do produto mais complexo.
Negociação direta entre as partes envolvidas.	Negociações complicadas por diversos fatores.
Métodos de marketing bem conhecidos.	Marketing complicado por diversos fatores.
Visibilidade do processo transparente.	Visibilidade do processo pouco transparente.

Fonte: adaptado de Miguez (2012).

Lambert, Riopel e Abdul-Kader (2011) estimam que a LR representa 4% do custo logístico total e que, após a adição de obsolescência e perda de receita, esse número pode aumentar consideravelmente. Os custos relativos às operações de LR vão desde a contratação de profissionais para planejar, implantar e controlar os fluxos de informação e de retorno dos materiais, bem como para transportar e armazenar cargas, passando pela terceirização de serviços de desmontagem e reciclagem de materiais, manejo e disposição dos componentes que não podem ser reaproveitados, até o desenvolvimento de tecnologias para o reprocessamento dos materiais e investimentos em pesquisas para o *ecodesign* (KRUGLIANSKAS; CUZZIOL, 2014). Considerando todos os aspectos mencionados, o custo da adequação dos sistemas de LR, no Brasil, está estimado em R\$18,5 bilhões (IDEM). De acordo com Ferreira e Vicente (2011), o crescimento da sensibilidade ecológica tem sido acompanhado por ações de governos e empresas, ações essas que visam amenizar os efeitos dos impactos ambientais. No entanto, Leite e Aderito Silva (2012) afirmam que existem diferentes políticas empresariais para tratar a LR, pois também se diferem o ramo empresarial, o valor agregado a partir do produto retornado, a posição na cadeia de suprimentos, o motivo de retorno e os objetivos estratégicos envolvidos. Nesse contexto, o desenvolvimento adequado de programas de gestão de resíduos sólidos pode contribuir para a modelagem dessas diferenças políticas.

3.3 POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS (PNRS)

3.3.1 Panorama brasileiro da população, renda e geração de resíduos sólidos

O Brasil enfrenta um cenário de crescimento do PIB, da população e do consumo em massa, o que, conseqüentemente, amplia a geração de resíduos sólidos e a extração de recursos naturais. De 2000 a 2008, a população brasileira cresceu 11,66%, a quantidade diária de RSU coletada e/ou recebida aumentou 13,63%, e a geração *per capita* desses resíduos cresceu 23,53%, como pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3 – PIB, população, consumo de recursos naturais, geração *per capita* e quantidade diária de RSU coletados e/ou recebidos (ton/dia), por Unidade de destino final dos resíduos sólidos coletados e/ou recebidos – Brasil – 2000 e 2008.

Indicador	Ano				Ano				
	2000				2008				
População brasileira	169.799.170 hab.				189.612.814 hab.				
Índice PIB <i>per capita</i>	1,00				1,20				
Índice do consumo de ferrosos	1,00				1,38				
Índice do consumo de não ferrosos	1,00				2,75				
Índice do consumo de fertilizante	1,00				1,55				
Índice do consumo carvão mineral	1,00				1,60				
Geração <i>per capita</i> de RSU	1,02 kg/hab/dia				1,26 kg/hab/dia				
Disposição dos RSU	Ano				Ano				
	2000				2008				
	Quantidade	Ton/dia	%	% acum	Unid.	Ton/dia	%	% acum	Unid.
Aterro sanitário		82.640,3	36,18	36,18	1.452	167.636	64,59	64,59	1.540
Aterro controlado		84.575,5	37,03	73,21	1.868	40.695	15,68	80,27	1.254
Vazadouro a céu aberto (lixão)		48.321,7	21,16	94,36	5.993	45.710	17,61	97,88	2.810
Unidade de compostagem		6.549,7	2,87	97,23	260	1.635	0,63	98,51	211
Unidade de triagem e reciclagem		2.265,0	0,99	98,22	596	3.122	1,20	99,71	643
Unidade de incineração		1.031,8	0,45	98,67	325	67	0,03	99,74	34
Vazadouro em áreas alagáveis		232,6	0,10	98,77	63	46	0,02	99,75	14
Locais não fixos		1.230,2	0,54	99,31	SI	SI	SI	99,75	SI
Outra unidade		1.566,2	0,69	100	SI	636	0,25	100	134
Total		228.413	100	-	10.557	259.547	100	-	6.640

Ton/dia - toneladas diárias coletadas e/ou recebidas. Unid - Unidades de destinação dos resíduos sólidos existentes. SI - Sem Informação. % acum - porcentagem acumulada.

Fonte: Elaboração pelo autor, baseado em IBGE (2002; 2010; 2015); MMA (2012b).

Conforme a Tabela 3, mais de 94% dos RSU gerados no Brasil, em massa, são destinados a aterros sanitários, aterros controlados e vazadouros a céu aberto (lixões), sendo os quase 6% restantes distribuídos entre unidades de compostagem, triagem, reciclagem e incineração, vazadouros, locais não fixos e outros destinos. Os dados indicam que a destinação dos RSU para essas unidades ainda é incipiente, o que configura um cenário de destinação inadequado, que exige soluções estruturais e urgentes para o setor (IBGE, 2010).

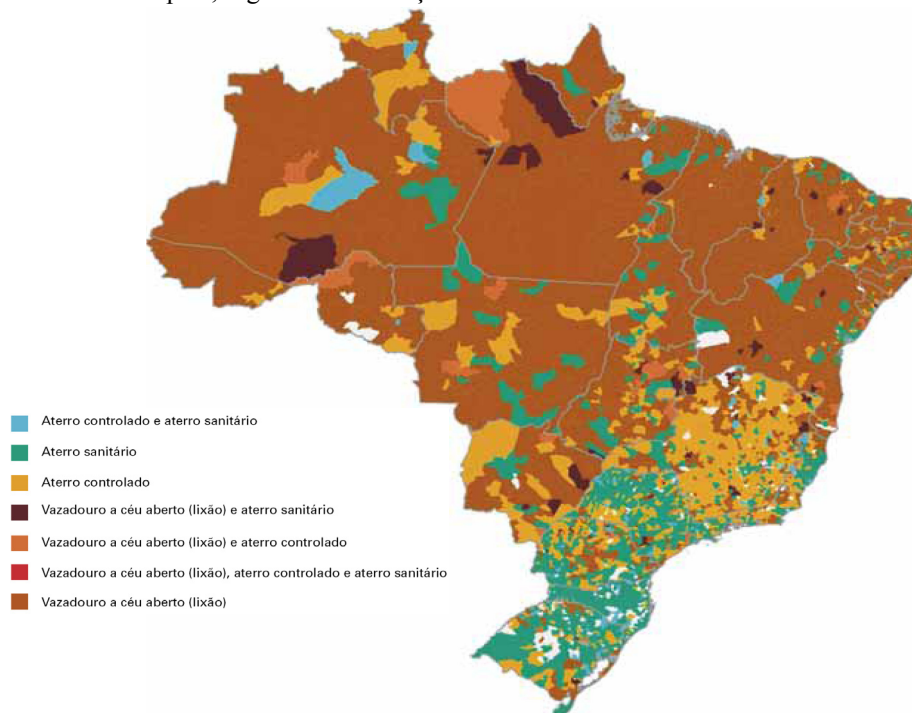
No Brasil, compete ao governo municipal o gerenciamento dos serviços de Manejo dos Resíduos Sólidos (MRS) produzidos em sua cidade (BARTHOLOMEU; CAIXETA-FILHO,

2011). Esses serviços compreendem: coleta, transbordo, transporte, triagem (para fins de reúso, reciclagem, tratamento ou compostagem) e disposição final dos resíduos (BRASIL, 2007). Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2008, 61,2% das prestadoras de serviços de MRS são entidades vinculadas à administração direta do poder público; 34,5%, empresas privadas sob o regime de concessão pública ou terceirização; e 4,3%, entidades organizadas sob a forma de autarquias, empresas públicas, sociedades de economia mista e consórcios.

Estima-se que as despesas com o MRS alcancem o valor *per capita* de R\$119,76 hab/ano (ABRELPE, 2015a), exercendo um forte impacto no orçamento das administrações públicas locais e podendo alcançar 20% dos gastos da municipalidade (IBGE, 2010). Por isso, uma questão que se tem destacado, na discussão sobre o MRS, diz respeito à cobrança pelos serviços associados à sua gestão. Em 2008, 10,9% dos municípios brasileiros taxavam, de alguma forma, o serviço de gestão de MRS, sendo que 7,9% utilizavam a modalidade de tarifa (MMA, 2012a).

Outro aspecto relevante consiste na destinação final dos RSU coletados no Brasil. Por meio da Figura 19, é possível identificar que os municípios com serviços de MRS das Regiões Nordeste e Norte registraram as maiores taxas de destinação de RSU aos lixões – 89,3% e 85,5%, respectivamente –, enquanto os localizados nas Regiões Sul e Sudeste apresentaram, no outro extremo, as menores taxas – 15,8% e 18,7%, respectivamente.

Figura 19 – Municípios, segundo a destinação final dos RSU - Brasil – 2008.



Fonte: IBGE (2010).

Em resposta a essa problemática, a questão ambiental vem, gradativamente, ganhando espaço nas discussões da sociedade brasileira. Por exemplo, diversas regulamentações para a GRS têm sido criadas no âmbito federal, estadual e municipal desde a década de 1980. Nesse mesmo período, começaram os programas de coleta seletiva e reciclagem dos resíduos sólidos como alternativas para se reduzir a geração dos resíduos sólidos e estimular a reciclagem (IBGE, 2010). A partir dessas iniciativas, a sociedade civil, as indústrias, as empresas e os governos têm sido induzidos a separar e classificar os resíduos nas suas fontes produtoras (BARTHOLOMEU; CAIXETA-FILHO, 2011).

3.3.2 Síntese da PNRS com ênfase em resíduos objetos de LR

Considerada um marco histórico na GRS, a Lei Federal n.º 12.305/2010, que instituiu a PNRS, lançou uma visão moderna ao tratar os resíduos sólidos. Nela, há disposições que permitem o avanço necessário ao país para o enfrentamento dos problemas ambientais, sociais e econômicos relacionados ao manejo inadequado desses resíduos. Orientada por experiências internacionais, a PNRS preencheu uma lacuna da legislação ambiental e colocou o Brasil em patamar de igualdade com os países desenvolvidos, particularmente no que concerne às normas para a GRS. No Quadro 6, vê-se a estrutura da PNRS.

Quadro 6 – Estrutura da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

Título I - Disposições Gerais

- Do objeto e campo de aplicação.
- Definições.

Título II - Da Política Nacional de Resíduos Sólidos

- Disposições gerais.
- Princípios e objetivos.
- Instrumentos.

Título III - Das Diretrizes Aplicáveis aos Resíduos Sólidos

- Disposições preliminares (classificação, origem e periculosidade).
- Planos de resíduos sólidos (nacional, estadual, microrregional e municipal).
- Plano de gerenciamento (individual, comércio, prestação de serviços, saúde, etc.).*
- Responsabilidades dos geradores e do poder público.*
- Responsabilidade compartilhada.*
- Da logística reversa.*
- Resíduos perigosos.*
- Instrumentos econômicos.*
- Disposições gerais.
- Proibições.

**Afeta diretamente o setor industrial*

Fonte: Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP) (2012).

Nos termos do artigo 3.º da PNRS, os resíduos sólidos são definidos como:

Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

A abordagem moderna da PNRS exige, além da implantação de um sistema de coleta, tratamento e disposição de resíduos. Ela elenca um conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações a serem adotadas pelos setores públicos e privados com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos. Uma breve explanação desses elementos é apresentada a seguir.

Os princípios estabelecidos pela PNRS são os propósitos fundamentais que norteiam a condução da GRS, quais sejam: i) a prevenção e a precaução; ii) o poluidor-pagador e o protetor-recebedor; iii) o desenvolvimento sustentável; iv) o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem de valor econômico e social; v) uma GRS que considere as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública; vi) a ecoeficiência, ou seja, o fornecimento de bens que satisfaçam as necessidades humanas e tragam qualidade de vida e redução do impacto ambiental; e vii) a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos.

O princípio do poluidor-pagador impõe aos agentes econômicos a responsabilidade pelos custos ambientais associados às suas atividades. Por outro lado, o princípio do protetor-recebedor favorece aquele que preserva os recursos naturais, fazendo jus a compensações, inclusive benefícios econômicos. O ciclo de vida dos produtos corresponde a uma série de etapas que envolvem o desenvolvimento do produto, a obtenção de matérias-primas, o processo produtivo, o consumo e a disposição final. Dessa forma, a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos compreende um conjunto de atribuições imputadas a fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e serviços públicos de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos. Essas atribuições visam: i) propiciar atividades produtivas sustentáveis; ii) reduzir a geração de resíduos sólidos e promover o seu aproveitamento, direcionando-os para a cadeia produtiva; e iii) estimular o consumo de produtos reciclados ou recicláveis.

Os objetivos elencados na PNRS norteiam o que se pretende alcançar com a GRS, a saber: i) a proteção da saúde pública e da qualidade ambiental; ii) a ordem de prioridade na gestão de resíduos sólidos: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada; iii) o incentivo à reciclagem; iv) a integração dos catadores de recicláveis a ações que envolvam a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos; v) o estímulo à implementação da avaliação do ciclo de vida do produto; e vi) o incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e para o reaproveitamento dos resíduos sólidos.

A PNRS utiliza instrumentos para a construção de uma base de modelos econômicos mais sustentáveis, que valorizem resíduos, potencializando a sua utilização em novos processos produtivos. Dentre seus instrumentos, destacam-se: i) a educação ambiental; ii) os incentivos fiscais, financeiros e creditícios; iii) o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR); iv) os planos de resíduos sólidos; v) os acordos setoriais, e vi) os sistemas de Logística Reversa (LR). A seguir, explicam-se brevemente esses instrumentos.

A educação ambiental tem como propósito o aprimoramento dos valores, do conhecimento, dos comportamentos e do estilo de vida em conformidade com a GRS.

A fim de estimular o desenvolvimento empresarial, a União, os estados e os municípios podem elaborar normas que regulem a concessão de incentivos fiscais, financeiros ou creditícios para as indústrias de reutilização, tratamento e reciclagem de resíduos sólidos, bem como para os projetos relacionados à responsabilidade pelo ciclo de vida dos produtos.

O Sinir é uma plataforma interativa que tem por finalidade coletar, sistematizar e disponibilizar à sociedade informações, estatísticas e indicadores sobre atividades realizadas em prol da implementação da PNRS. Essa plataforma permite e facilita o monitoramento, a fiscalização e a avaliação da eficiência da GRS nos níveis federal, estadual e municipal. Desse modo, o Sinir pode suprir a carência de informações consistentes no setor.

No campo do planejamento, os planos de resíduos sólidos são uma das principais ferramentas disciplinadas pela PNRS. São planos de resíduos sólidos o Plano Nacional de Resíduos Sólidos, os planos estaduais, os microrregionais e os de regiões metropolitanas, os intermunicipais, os planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos e os planos de gerenciamento de resíduos sólidos. Os planos nacional, estadual e municipal de resíduos sólidos devem mirar um horizonte de vinte anos e ser estruturados em seis capítulos principais: i) diagnóstico da situação atual dos resíduos sólidos; ii) cenarização; iii) diretrizes e estratégias; iv) metas para eliminação e recuperação de lixões, bem como para redução, reutilização e reciclagem, com vistas a reduzir a quantidade de resíduos encaminhados para disposição final adequada; v) normas técnicas para o acesso a recursos da União e dos estados; e vi) medidas para incentivar e viabilizar a GRS.

Os Acordos Setoriais são atos de natureza contratual, firmados entre o Poder Público e fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes, visando à implantação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto. As particularidades de cada sistema produtivo exigem a adaptação do sistema de GRS. Assim, o acordo setorial reflete essa adaptabilidade de maneira transversal em relação ao sistema econômico, evitando a

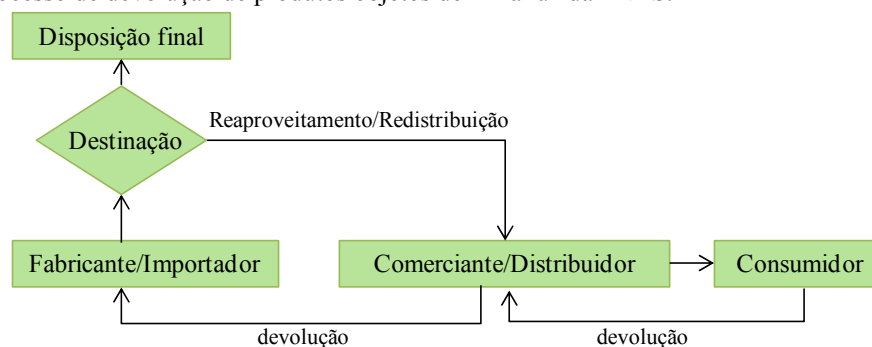
fragmentação de práticas por meio da negociação entre a indústria, o comércio, os prestadores de serviços e os consumidores (CNI, 2014).

A Logística Reversa (LR) é um dos instrumentos mais desafiadores trazidos pela PNRS. Os Sistemas de LR devem ser estruturados e implementados por fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de agrotóxicos, pilhas e baterias, pneus, óleos lubrificantes, lâmpadas fluorescentes e produtos eletroeletrônicos e seus componentes. Vale citar que a PNRS apresenta suas próprias definições de LR:

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, 2010a, artigo 3.º, inciso XII).

Com a introdução da LR, o legislador determinou expressamente ao setor privado a responsabilidade em adotar ações que priorizem a reincorporação dos resíduos sólidos na cadeia produtiva, sem que tenham como destinação final os aterros. No fluxo da LR estabelecido pela PNRS, os consumidores devem devolver, após o uso, aos comerciantes ou distribuidores, os produtos objetos de LR. Os comerciantes e distribuidores devem devolver aos fabricantes ou aos importadores os produtos reunidos. Os fabricantes e importadores, por sua vez, darão destinação adequada aos produtos devolvidos, sendo o rejeito encaminhado para a disposição final ambientalmente adequada. A Figura 20 ilustra esse processo de devolução.

Figura 20 – Processo de devolução de produtos objetos de LR à luz da PNRS.



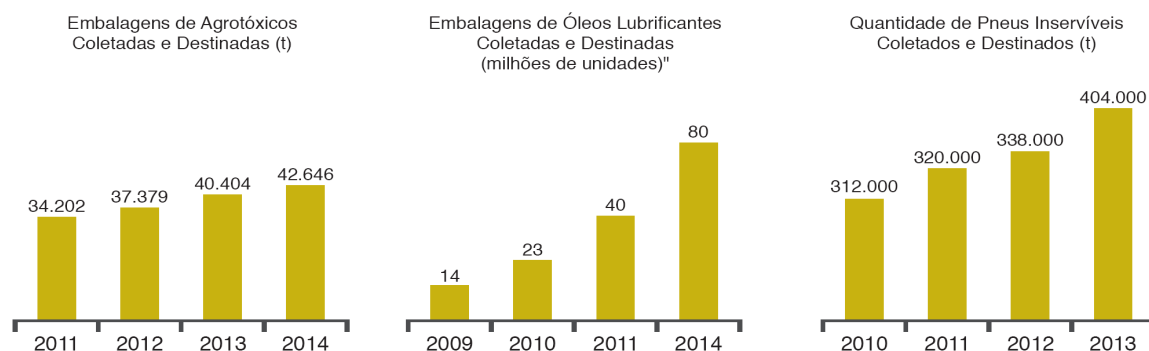
Fonte: Elaborado pelo autor.

Embora a PNRS seja um marco na GRS, o Brasil já tratava os resíduos sólidos objetos de LR por meio de leis de âmbito federal, estadual e municipal, além de instruções normativas e normas técnicas do país (IPEA, 2012). O Apêndice A apresenta os principais instrumentos legais que guardam relação com os resíduos objetos de LR, especialmente os REEE. Apesar da iniciativa brasileira, muitos dos seus instrumentos, especialmente os relativos aos REEE, caracterizam-se por lacunas, dispersões e, até mesmo, pelos conflitos existentes entre si (GODOY, 2013). Com a superveniência da PNRS, o Brasil busca consolidar, fortalecer

(CARVALHO; XAVIER, 2014), preencher e corrigir sua legislação ambiental (JURAS, 2012).

Outro ponto que merece destaque diz respeito aos setores de embalagens de agrotóxicos, pneus e óleos lubrificantes, que implantaram sistemas de LR antes da publicação da PNRS. Esses setores estão evoluindo (Figura 21) e, atualmente, são referência no incentivo à LR (ABRELPE, 2015a).

Figura 21 – Evolução das atividades de LR nos setores de Agrotóxicos, Óleos e Pneus.



Fonte: Abrelpe (2015a).

Já a implementação dos sistemas de LR no setor de eletroeletrônicos brasileiro caminha vagarosamente, não obstante as deficiências e entraves para a adoção de suas práticas (ABINEE, 2014; KRUGLIANSKAS; CUZZIOL, 2014). Há carências de dados, no setor, sobre o desempenho da LR (PSP, 2014). O Brasil recicla menos de 1% dos REEE (ELIAS-TROSTMANN, 2012), e a implementação da LR nesse setor pode ser de longo prazo, a exemplo da LR de pneus, que levou quinze anos para ser viabilizada (ELETROLAR, 2015).

Atualmente, há apenas ações voluntárias em LR dos REEE por parte de algumas empresas, como Dell, Itaotec, HP, Positivo e IBM (XAVIER et al., 2010). Elas contratam recicladoras de REEE e colocam canais de devolução dos produtos à disposição dos consumidores (CNI, 2014b). Conforme ABDI (2013), há também iniciativas espontâneas de coleta e reúso de REEE, como, por exemplo: i) CDI – Comitê pela Democratização da Informática, uma organização que recebe doações de computadores em fim de vida e recondiciona-os; ii) Coopermiti, cooperativa de reciclagem em São Paulo que descarta adequadamente os REEE; iii) CEDIR – Centro de Descarte e Reúso de Resíduos de Informática da Universidade de São Paulo; iv) CIRP – Centro de Informática de Ribeirão Preto, que recebe produtos em parceria com o CEDIR; v) CRC – Centros de Recondicionamento de Computadores, que recebem computadores de órgãos federais; vi) Descarte Certo, que envia os REEE para uma destinação adequada, com cobrança pela prestação dos serviços; vii) *E-lixo maps, website* que mapeia os diversos postos de coleta de REEE em São Paulo; e viii) Associação Brasileira de Redistribuição de Excedentes, Casas

André Luiz, Agente Cidadão, entre outras, que recebem os REEE e encaminham-nos para reúso social.

3.3.3 Evolução, *status* e desafios da PNRS com ênfase nos REEE

O Ministério do Meio Ambiente, em esforço conjunto com órgãos dos governos federal, estaduais e municipais, bem como com a iniciativa privada, organizações não governamentais e participação da sociedade civil, vem desenvolvendo ações no sentido de viabilizar a implementação da PNRS, especialmente no setor de eletroeletrônicos. Algumas dessas ações são explanadas a seguir.

Em 23 de dezembro de 2010, o governo federal regulamentou a PNRS por meio do Decreto n.º 7.404/2010 e criou o Comitê Interministerial (cuja finalidade é apoiar a estruturação e implementação da PNRS) e o Comitê Orientador (cujo propósito é apoiar a implementação dos sistemas de LR). O Comitê Interministerial criou cinco Grupos de Trabalho (GT), a saber: i) GT01 – Implementação e Acompanhamento dos Planos de Resíduos Sólidos e Elaboração do Sinir; ii) GT02 – Recuperação Energética dos RSU; iii) GT03 – Linhas de Financiamento, Creditícias e Desoneração Tributária de Produtos Recicláveis e Reutilizáveis; iv) GT04 – Resíduos Perigosos – Plano de Gerenciamento de Resíduos Perigosos e Descontaminação de Áreas Órfãs; e v) GT05 – Educação Ambiental. O Comitê Orientador, por sua vez, criou cinco Grupos Técnicos Temáticos (GTT), quais sejam: GTT01 – Descarte de medicamentos; GTT02 – Embalagens em geral; GTT03 – Embalagens de óleos lubrificantes e seus resíduos; GTT04 – Eletroeletrônicos; e GTT05 – Lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista. Nessa mesma data, o governo federal, por meio do Decreto n.º 7.405/2010, instituiu o Programa Pró-Catador de materiais recicláveis e reutilizáveis.

A partir de 2011, começou a se estudar a viabilidade técnica e econômica da implantação da LR na cadeia produtiva de produtos e embalagens pós-consumo, lâmpadas, equipamentos eletroeletrônicos, combustíveis e lubrificantes e de medicamentos. Esses estudos objetivavam (e objetivam) subsidiar os trabalhos do Comitê Orientador, estabelecendo orientações estratégicas para a definição de prioridades e cronogramas de editais para o chamamento de propostas de acordos setoriais.

Em abril de 2011, a *Global Intelligence Alliance* preparou um relatório para a Abinee/Eletros intitulado “Análise do descarte dos REEE”.

Entre maio e julho de 2011, pesquisadores do IPEA diagnosticaram e traçaram o panorama dos resíduos sólidos no Brasil. Entre esses diagnósticos, um tratava de um conjunto de resíduos sólidos objetos obrigatórios da LR nos termos da PNRS, focando os aspectos de geração, coleta, tratamento e destinação final desses resíduos (IPEA, 2012). O IPEA concluiu que o gerenciamento adequado de resíduos objetos de LR ainda encontra obstáculos, como o desconhecimento da natureza dos resíduos, a ausência de cultura de separação, a contaminação dos resíduos comuns com os resíduos perigosos e o surgimento de novos materiais e substâncias. Ainda nessa linha, destaca-se a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe), que contribui com estudos sobre o panorama dos resíduos sólidos no Brasil (ABRELPE, 2015a). No contexto internacional, a Abrelpe é a representante da ISWA - *International Solid Waste Association* (www.iswa.org), única associação mundial que atua no setor de resíduos sólidos.

Em 21 de novembro do mesmo ano, por meio do Decreto n.º 7.619/2011, o governo federal regulamentou, no campo das indústrias, a concessão de crédito presumido do Imposto sobre Produtos Industrializados - IPI na aquisição de resíduos sólidos.

Em agosto de 2012, o Ministério do Meio Ambiente publicou uma versão preliminar do Plano Nacional de Resíduos Sólidos, um dos instrumentos mais importantes da PNRS. Tal instrumento identifica os problemas dos resíduos gerados e as alternativas de gestão, indicando planos de metas, programas e ações para mudanças positivas no cenário brasileiro (MMA, 2012b). Nesse mesmo ano, deu-se início à elaboração dos planos estaduais e municipais de resíduos sólidos em todo o Brasil.

Ainda em 2012, o IPEA publicou um Diagnóstico de Educação Ambiental em Resíduos Sólidos com o objetivo de diagnosticar iniciativas, desafios e oportunidades na área de educação e comunicação ambiental voltada para a PNRS.

No final de 2012, as atividades da PNRS foram ancoradas na ferramenta eletrônica do Sinir – www.sinir.gov.br.

Em 13 de fevereiro de 2013, o MMA tornou público o Edital n.º 01/2013, que trata do chamamento para a elaboração de acordo setorial para a implantação do sistema de LR de produtos eletroeletrônicos e seus componentes.

Em 18 de março de 2013, a ABNT publicou a NBR 16156:2013, norma técnica que estabelece requisitos para a proteção do meio ambiente e para o controle dos riscos de segurança e saúde no trabalho, particularmente na atividade de manufatura reversa de REEE.

Ainda em 2013, o governo federal lançou uma plataforma intitulada Estratégia Nacional de Educação Ambiental para a Gestão de Resíduos Sólidos (Educares –

www.educares.mma.gov.br). A Educared é uma ferramenta digital criada para mapear e divulgar as práticas de educação ambiental e comunicação social voltadas para os resíduos sólidos. Atualmente, mais de 150 práticas estão disponíveis nessa plataforma. O seu objetivo é oferecer uma gama de possibilidades que inspirem a sociedade a enfrentar os desafios da implementação da PNRS.

Decorridos cinco anos desde a publicação da PNRS, ainda há diversas ações a serem tomadas quanto à implementação dessa política, tendo em vista que seu horizonte é de vinte anos. O Quadro 7 mostra o *status*, em 2015, da implementação da PNRS.

Quadro 7 – Visão geral do *status* da implementação da PNRS.

Sobre a União, Estados e Municípios.	Fonte
<p>União:</p> <ul style="list-style-type: none"> - O prazo para a elaboração do Plano Nacional de Resíduos Sólidos venceu em agosto de 2012, e ainda encontra-se uma versão preliminar desde 2011. Essa versão está sob análise do Conselho Nacional de Política Agrícola desde 2011. - Recursos disponibilizados pela União entre 2011 e 2014: R\$ 1,2 bilhão. - Estima-se que são necessários R\$13,23 bilhões para implantar a infraestrutura adequada para tratamento e disposição final dos resíduos sólidos. Esse total é distribuído nas regiões da seguinte forma: Norte (1,9 bilhões), Nordeste (3,77 bilhões), Sul (0,77 bilhão), Sudeste (5,62 bilhões), e centro-oeste (1,17 bilhão). <p>Estados:</p> <ul style="list-style-type: none"> - O prazo para elaboração do Plano Estadual de Resíduos Sólidos venceu em agosto de 2012, mas somente seis Estados finalizaram o plano. Cerca de dezessete Estados estão elaborando o Plano, e três ainda não iniciaram nenhum procedimento para sua elaboração. <p>Municípios:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Apenas 33,5% dos municípios brasileiros (representando 1.865 dos 5.570) possuem Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS) nos termos da PNRS. Informações sobre o estado atual dos PIGRS pode ser obtida em www.sinir.gov.br. - A meta do Plano Nacional de Resíduos Sólidos determina que todos os lixões deveriam ter sido eliminados até ago/2014, mas ainda há 3.287 municípios que dispõem seus resíduos em lixões ou aterros controlados, ao passo que 2.200 municípios os dispõem em aterros sanitários. Somente 18% dos municípios têm coleta seletiva. Dos resíduos coletados, 58% têm destinação em aterros sanitários e apenas 13% desse total é reciclado. 	<p>CNM (2015)</p> <p>MMA (2015)</p> <p>Abrelpe (2015b)</p> <p>CNM (2015)</p> <p>Sinir (2015)</p> <p>MMA (2015)</p>
Sobre a Logística Reversa (GTT – Grupos Técnicos Temáticos).	Fonte
<ul style="list-style-type: none"> - Embalagens plásticas de óleos lubrificantes: acordo setorial assinado em 19/12/2012 e publicado em 07/02/2013. - Lâmpadas de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista: duas propostas de acordo setorial recebidas em nov/2012. Proposta unificada recebida em 2013. Consulta Pública finalizada. Acordo setorial assinado em 27/11/2014. Publicado em 12/03/2015. - Embalagens em Geral: quatro propostas de acordo setorial recebidas entre dez/2012 e jan/2013, sendo três válidas para negociação. Consulta Pública finalizada. Em análise. - Produtos Eletroeletrônicos e seus componentes: dez propostas de acordo setorial recebidas até jun/2013, sendo 4 válidas para negociação. Proposta unificada recebida em jan/2014. Em negociação. Próxima etapa - Consulta Pública. - Descarte de Medicamentos: três propostas de acordo setorial recebidas até abr/2014. Em negociação. Próxima etapa – Consulta Pública. 	<p>MMA (2015)</p>
Sobre o Sinir.	Fonte
<p>O Sinir tem atuado apenas como um repositório de informações no âmbito da União. Não tem sistematizado dados sobre a GRS no país, tampouco disponibiliza estatísticas para que se possa avaliar os resultados e impactos do processo de implementação da PNRS. Além disso, o Sinir não realiza o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos, impossibilitando o conhecimento da quantidade de lixões, de planos municipais e estaduais, entre outros assuntos.</p>	<p>CNM (2015)</p>

Fonte: Elaborado pelo autor. Atualizado em 18/09/2015.

Após décadas de discussões no Congresso Nacional, a PNRS representa um marco da consolidação de padrões de consumo e da produção em sinergia com a sustentabilidade ambiental (MMA, 2015). Sua implementação é desafiadora, dada a complexidade de se estabelecer um processo eficiente de coleta, desmonte, reciclagem, reutilização, tratamento e disposição final adequada dos resíduos sólidos (FERREIRA; VICENTE, 2011). Isso representa oportunidades para as empresas inovarem seus processos produtivos com vistas a reduzir o consumo de matérias-primas, diminuir o volume de resíduos na fonte e reinseri-los na produção (INSTITUTO ETHOS, 2012).

Grande parte dos dispositivos da PNRS assemelha-se aos instituídos pela OECD e UE. Por exemplo, o princípio da “responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto” é equivalente ao termo “responsabilidade estendida do produtor (REP)” (GSP, 2014), uma política ambiental amplamente utilizada pelos países desenvolvidos. A REP é um amplo conjunto de políticas ambientais que incentivam os fabricantes a aceitar as responsabilidades de seus produtos para a fase pós-consumo (OECD, 2001; 2014).

No que tange a um dos principais objetivos da PNRS, denominado “a ordem de prioridade na GRS: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final adequada dos rejeitos”, este já é adotado pelos países desenvolvidos com vistas à prevenção dos resíduos sólidos, na forma de “hierarquia na GRS” (EC, 2008, 2014). Nessa perspectiva, a regulamentação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto, à luz da hierarquia na GRS, endereça o Brasil a um modelo econômico industrial conhecido como “Economia Circular” (MENDES, 2015), o mais novo desafio dos países desenvolvidos para a GRS (CUCCHIELLA et al., 2015; EC, 2015).

3.4 SETOR DE ELETROELETRÔNICOS E O REEE

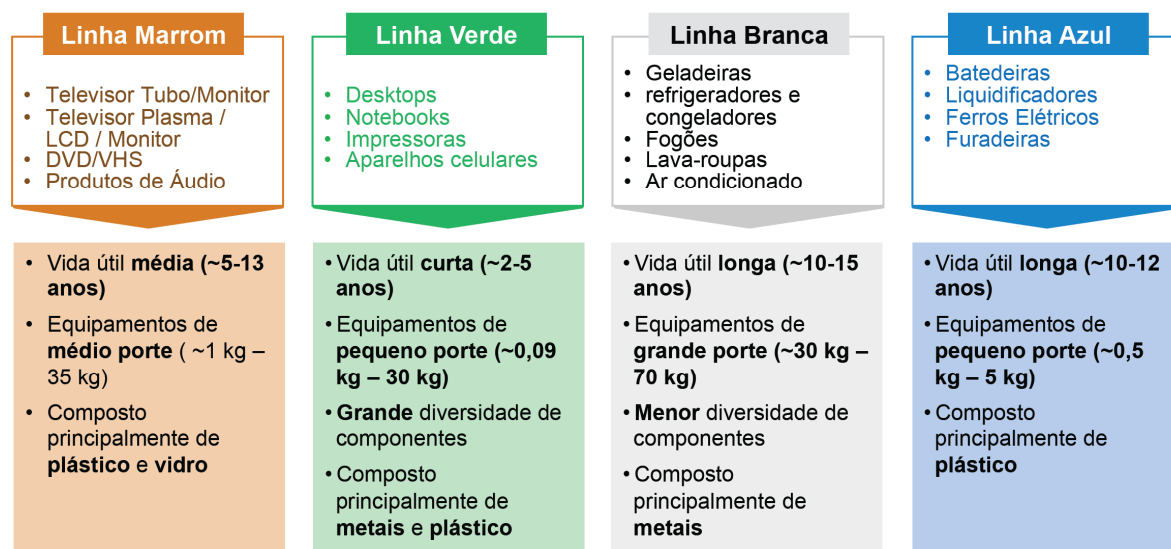
3.4.1 Brasil e mundo: consumo de eletroeletrônicos e geração de REEE

O setor de eletroeletrônicos tem revolucionado o mundo nas últimas décadas: seus produtos tornaram-se onipresentes por causa de seu potencial de aplicação em uma variedade de áreas, como a medicina, a mobilidade urbana, a educação, a saúde, o abastecimento, a comunicação, a segurança pública e a proteção do meio ambiente (SCHLUEP, 2009).

No Brasil, o setor de eletroeletrônicos reúne cerca de quatro mil empresas, representa 3,3% do PIB e engloba uma variedade de produtos. Estes podem ser agrupados pelas instituições setoriais em conjuntos denominados “linhas”, sendo definidas cores para cada

agrupamento: Linhas Branca, Marrom, Azul e Verde (PSP, 2014). A Figura 22 ilustra esses agrupamentos, os principais produtos que os compõem, bem como outras características.

Figura 22 – Agrupamentos de produtos eletroeletrônicos no Brasil.



Fonte: ABDI (2013).

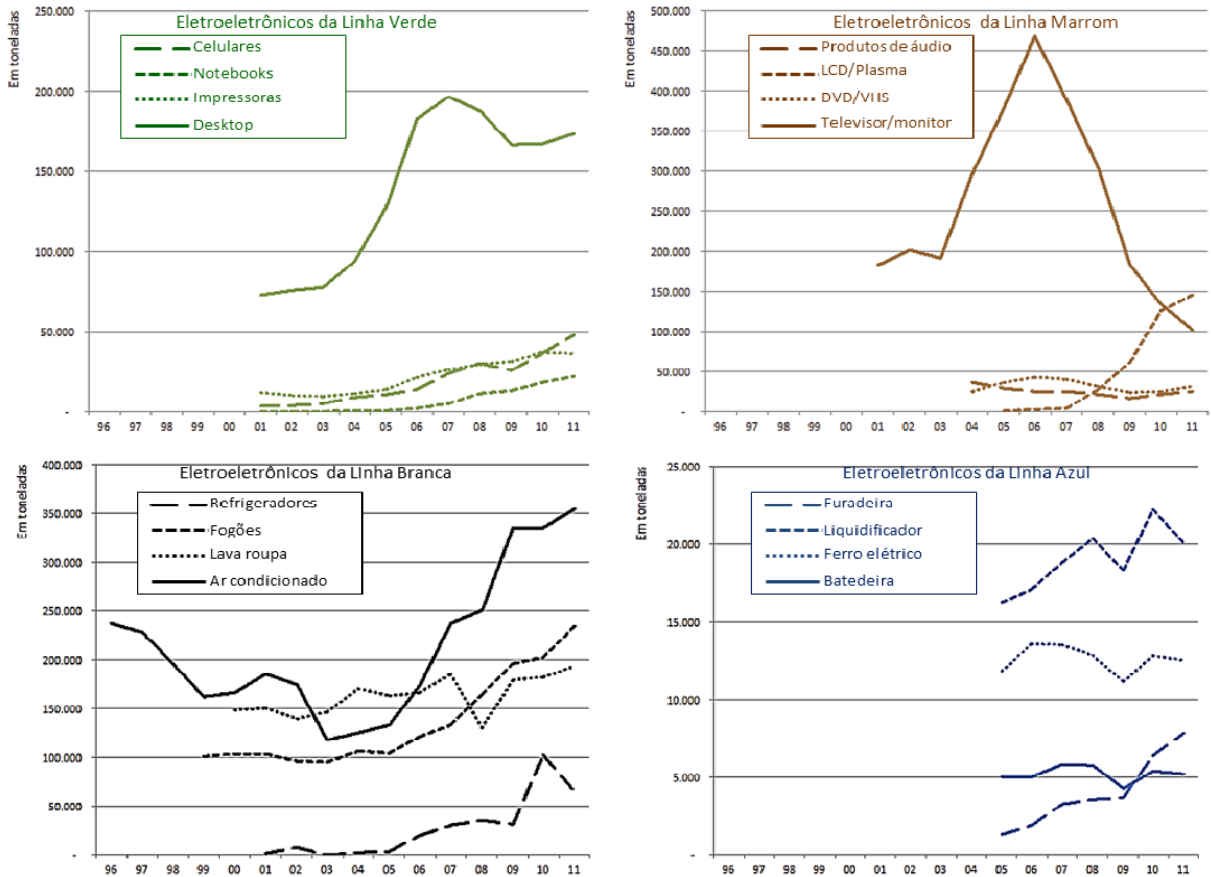
Para a gestão desses produtos, o setor privado está organizado em duas entidades específicas, quais sejam a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE), que representa a Linha Verde, e a Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Eletrônicos (ELETROS), que representa as linhas Branca, Marrom e Azul.

Cresce, a cada ano, o percentual eletrônico presente nos produtos finais e em toda a cadeia produtiva do país. Dados divulgados pela Abinee (2012) mostram que, entre 2003 e 2010, o setor cresceu 110% em termos de faturamento. Ou seja, ele mais que dobrou suas vendas nesse período. A produção de celulares, por exemplo, expandiu-se 125% em sete anos (de 2003 a 2010), passando de 27 milhões para 61 milhões de unidades anuais. São mais de 240 milhões de aparelhos para 191 milhões de brasileiros, o que quer dizer que há mais celulares em uso do que residentes no país. Em 2010, os brasileiros investiram cerca de dez bilhões de dólares na compra de celulares – um volume que colocou o país na quarta posição mundial. Nos próximos dez anos, o Brasil pode alcançar a segunda posição na compra desses aparelhos em termos mundiais. Em ritmo ainda mais elevado, seguiu a produção de computadores. De 2003 a 2010, a produção anual desses equipamentos aumentou 337%, passando de 3,2 milhões para 14 milhões de unidades ao ano. Em 2010, o Brasil movimentou 4,5 bilhões de dólares no mercado de computadores portáteis, ocupando o quinto lugar no *ranking* mundial.

Outros dados estatísticos importantes acerca do setor de eletroeletrônicos brasileiro são expostos na sequência. A Figura 23 mostra as curvas de inserção dos Equipamentos

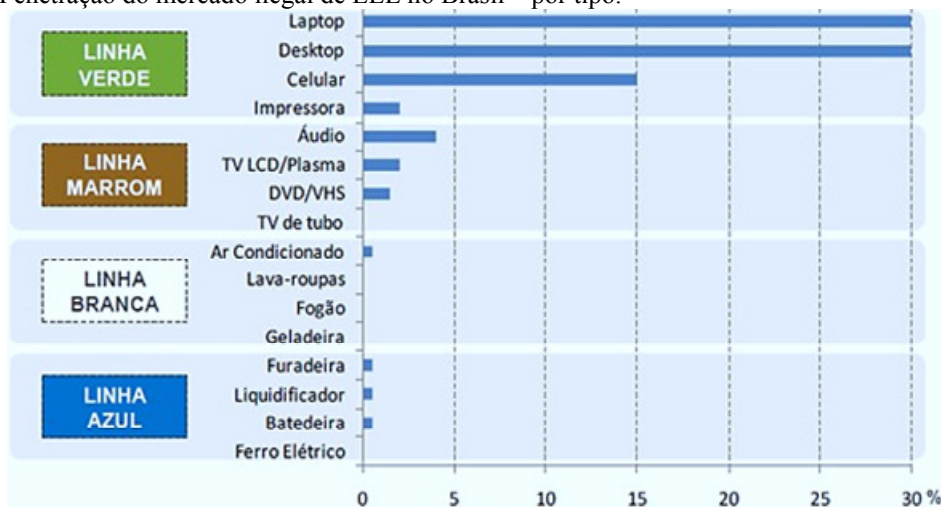
Eletroeletrônicos (EEE) no mercado brasileiro, estimados a partir dos dados de vendas, importação e exportação. Já a Figura 24 revela a penetração de EEE no Brasil por meio do mercado ilegal ou irregular (chamados de produtos da linha cinza). A ilegalidade chega a 30% nos produtos da linha verde. A Figura 25, por sua vez, ilustra o quanto cada região geográfica compra do total de EEE produzidos no Brasil. Nessa figura, pode-se observar que a região Sudeste apresenta a maior participação na aquisição dos EEE.

Figura 23 – Inserção de EEE no mercado brasileiro – 1996 a 2011.



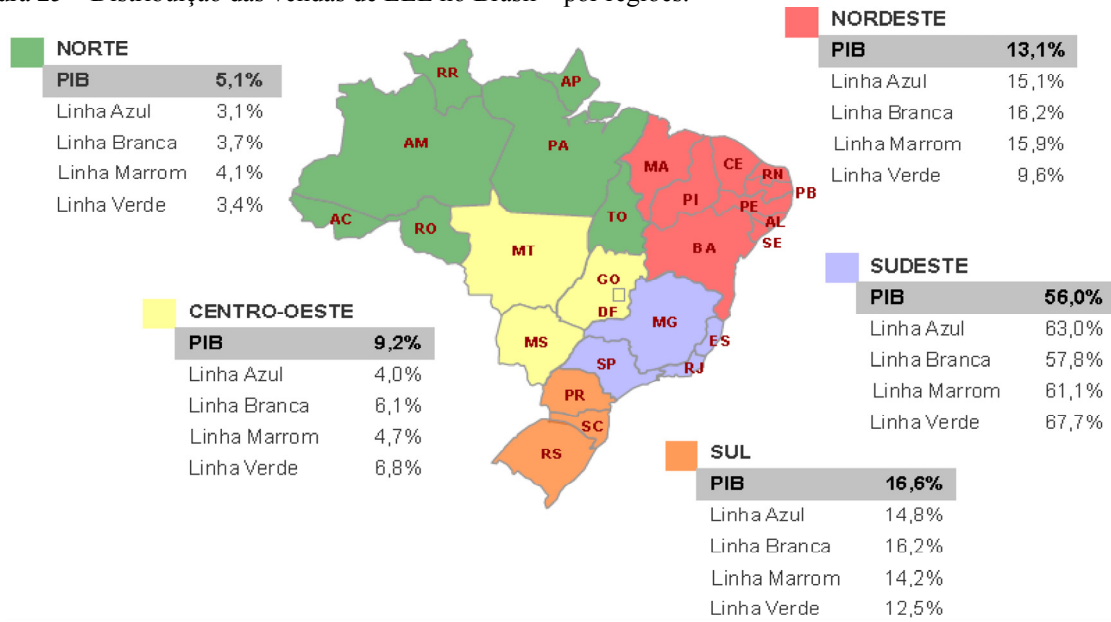
Fonte: Adaptado de ABDI (2013).

Figura 24 – Penetração do mercado ilegal de EEE no Brasil – por tipo.



Fonte: Saraiva (2012).

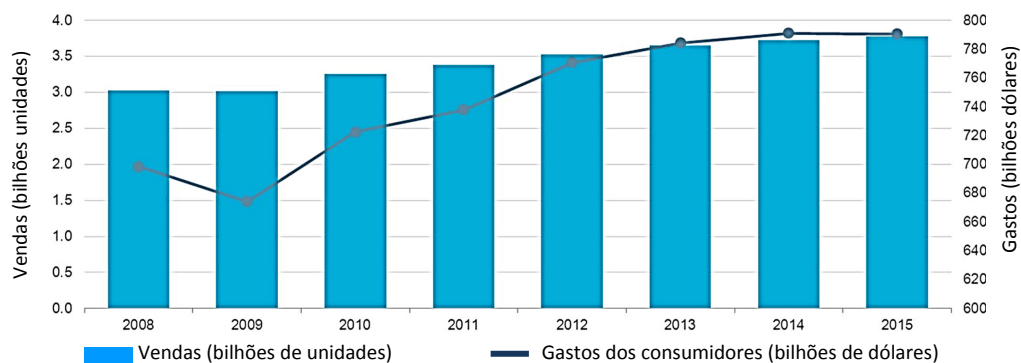
Figura 25 – Distribuição das vendas de EEE no Brasil – por regiões.



Fonte: Brescansin (2014).

Quanto ao mercado internacional, Pérez-Belis, Bovea e Ibáñez-Forés (2015) apontam que as vendas de EEE aumentaram em todas as partes do mundo. Alguns exemplos desse fato são discutidos na sequência. Em 2012, o setor de eletroeletrônicos europeu vendeu mais de 9,2 milhões de toneladas de EEE (EUROSTAT, 2015); ele é considerado um dos setores que mais cresce na UE (BABU; PARANDE; BASHA, 2007). Na Índia, as vendas de computadores crescem a uma taxa anual de 25%. Em 2001, a China vendeu 48 milhões de TVs, 20 milhões de refrigeradores e 7,5 milhões de condicionadores, e as suas vendas expandem-se todo o ano (SCHLUEP, 2009). Em 2004, cerca de 180 milhões de computadores foram vendidos no mundo (BABU; PARANDE; BASHA, 2007). Em 2011, atingiu-se o patamar de 352 milhões (ELIAS-TROSTMANN, 2012), alcançando um aumento de 95% em relação às vendas de 2004. Em 2010, venderam-se cerca de 1,6 bilhão de celulares no mundo (30% a mais que em 2009) (ELIAS-TROSTMANN, 2012). Por fim, em 2008, foram vendidos 3 bilhões de EEE no planeta; em 2015, essas vendas chegaram a 3,8 bilhões (Figura 26).

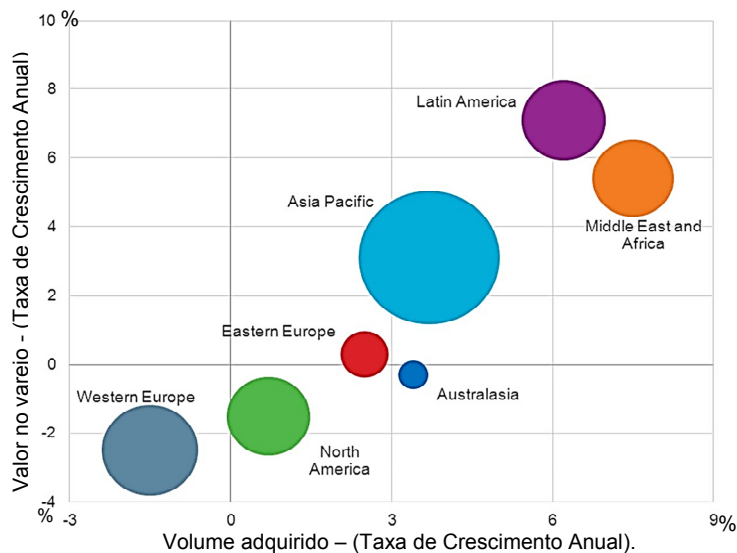
Figura 26 – Consumo de EEE no mercado mundial – 2008 a 2015.



Fonte: Adaptado de Euromonitor International (2015).

Em termos mundiais, os países da América Latina (incluindo-se o Brasil) são os que têm o maior potencial de crescimento na aquisição de EEE (Figura 27), impulsionados pela expansão da classe média e do potencial de consumo da classe baixa.

Figura 27 – Valor das vendas *versus* Aquisição de EEE – mundo – 2010 a 2015.



Nota: Tamanho do círculo representa o valor de varejo em 2015 (US\$ milhão).

Fonte: Adaptado de Euromonitor International (2015).

O padrão global de consumo de eletroeletrônicos é um problema relevante, uma vez que muitos desses equipamentos são de vida útil relativamente curta (Quadro 8), dadas as constantes inovações tecnológicas. Portanto, tornam-se obsoletos rapidamente. Como consequência, a sua descartabilidade apresenta tendência crescente (LEITE, 2009), o que traz sérias preocupações globais sobre a sua gestão ambientalmente adequada (PANT, 2013).

Quadro 8 – Tempo de vida útil de alguns EEE.

Equipamento EletroEletrônico	Vida típica (ano)
Smartphone.	2
Computador, Chaleira e Cafeteira.	3
Máquina de fax, Jogos Eletrônicos, Televisão, Aparelhos de DVD, Misturador de alimento, Telefone e Torradeira.	5
Aparelho de microondas.	7
Fotocopiadora, Impressora e Máquina de lavar roupa.	8
Aparelhos de áudio, Máquina de lavar louça, Fogão elétrico, Freezer, Secador de cabelo, Ferro de passar roupa, Refrigeradores, Secadora e Aspirador de pó.	10
Aparelho de ar condicionado.	12
Aquecedor elétrico.	20

Fonte: Adaptado de Robinson (2009).

Os REEE são um dos poucos resíduos que estão em constante crescimento e sem mostrar quaisquer sinais de redução. De acordo com Mccann e Wittmann (2015), a geração de REEE cresce a uma taxa global anual de 5%, e estima-se que, em alguns países, seu volume aumente até 500% até o ano de 2030. A Tabela 4 expõe a evolução global da geração de REEE, além de dados sobre o crescimento da população e das vendas de EEE.

Tabela 4 – Evolução global da geração de REEE (em milhões de toneladas), da população (em bilhões) e das vendas de Eletroeletrônicos (em bilhões de unidades).

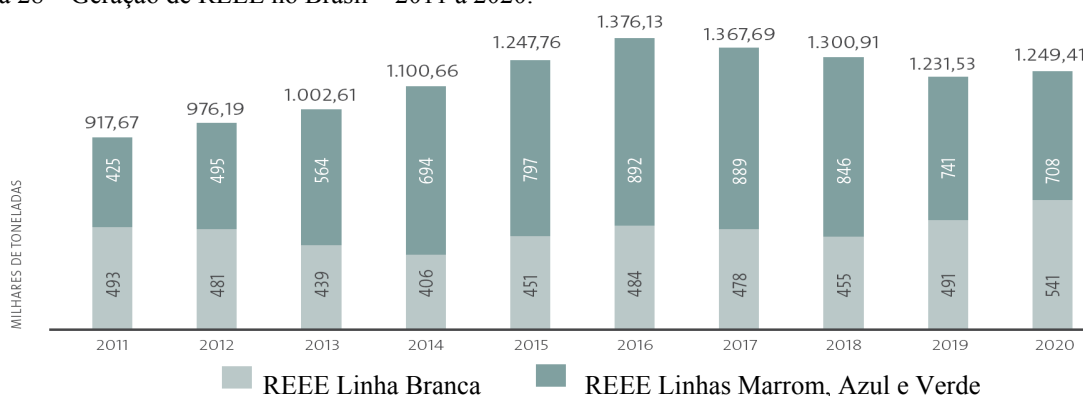
Continentes	Região	Anos									
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
África	África Oriental	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	
	África Central	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	
	Norte da África	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	
	África do Sul	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	
	África Ocidental	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	
Américas	Caribe	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
	América Central	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,3	
	América do Norte	6,8	7,0	7,3	7,5	7,6	7,8	7,9	8,1	8,3	
	América do Sul	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6	2,7	2,9	3,0	3,2	
Ásia	Ásia Central	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	
	Ásia Oriental	6,4	6,9	7,5	8,2	8,9	9,6	10,4	11,2	11,9	
	Ásia Sul-Oriental	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	2	2,1	2,2	
	Sul da Ásia	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	3	3,2	3,4	
	Ásia Ocidental	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	
Europeu	Europa Oriental	2,0	2,2	2,3	2,4	2,5	2,7	2,8	2,9	3,0	
	Norte da Europa	2,1	2,1	2,2	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	
	Sul da Europa	2,3	2,4	2,5	2,6	2,6	2,6	2,7	2,7	2,7	
	Europa Ocidental	3,8	3,9	4,0	4,1	4,1	4,2	4,2	4,3	4,4	
Oceania	Austrália e Nova Zelândia	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	
Total REEE no mundo (milhões de toneladas)		32,3	34,2	36,1	38,1	40,1	42	44,1	46,1	48,2	
Total REEE gerado <i>per capita</i> (kg/hab/ano)		SI	5,0	5,2	5,4	5,7	5,9	6,1	6,3	6,5	
EEE vendido no mundo (bilhões unidades)		3,0	3,0	3,3	3,5	3,6	3,7	3,8	SI	SI	
População mundial (em bilhões)		SI	6,8	6,9	6,9	7,0	7,1	7,3	7,4	7,4	

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em Mccann; Wittmann (2015); Baldé et al. (2015); Euromonitor International (2015). SI – Sem Informação.

Um estudo realizado pela UNU-IAS – *United Nations University – Institute for the Advanced Study of Sustainability* revelou que: os Estados Unidos são os maiores produtores de REEE do planeta, com 7,072 milhões de toneladas geradas em 2014; a China está em segundo lugar, com 6,033 milhões; o Japão, em terceiro, com 2,200 milhões; a Alemanha, em quarto, com 1,769 milhões; a Índia, em quinto, com 1,641 milhões, o Reino Unido, em sexto, com 1,511 milhões; a França, em sétimo, com 1,419 milhões; e o Brasil, por sua vez, em oitavo lugar, com mais de 1,1 milhão de toneladas geradas em 2014 (BALDÉ et al., 2015a). A título de complemento dessas informações, o Apêndice B dispõe uma extensa lista que informa as quantidades de REEE gerados em 183 países, e o Apêndice C ilustra, na forma de um cartograma, a geração global *per capita* de REEE. Ambos são referentes a 2014.

No caso do Brasil, foram geradas 917,67 mil toneladas de REEE em 2011, e essa quantidade pode chegar a 1.249,41 milhar de toneladas em 2020 (Figura 28). A geração *per capita* de REEE no Brasil é estimada em 7 kg/hab/ano, o que o coloca na septuagésima oitava posição entre os 183 países analisados pela UNU-IAS. Além disso, estima-se que, no Brasil, há mais de 1,5 milhão de tonelada de REEE sem tratamento que permita recuperar seus componentes (PSP, 2014).

Figura 28 – Geração de REEE no Brasil – 2011 a 2020.



Fonte: Goldemberg; Cortez (2014).

3.4.2 REEE: impactos, iniciativas ambientais e a exportação ilegal

Em razão da insuficiência de práticas de LR dos REEE, boa parte desses resíduos é disposta no meio ambiente de maneira inadequada (CARVALHO; XAVIER, 2014), o que pode acarretar sérios riscos ambientais, sociais e econômicos. Os REEE são uma mistura complexa de resíduos perigosos, não perigosos e de alto valor (JIN et al., 2015), que exigem especializada segregação, coleta, transporte, tratamento e disposição (UNEP, 2012). Eles podem conter mais de mil substâncias diferentes (MUDGAL et al., 2013), muitas das quais são compostas por metais altamente nocivos (RODRIGUES, 2007; FEAM, 2009; SCHLUEP et al., 2009; FRANCO; LANGE, 2011; SANT'ANNA, 2014; MCCANN; WITTMANN, 2015) à saúde humana e ao meio ambiente (QUINTANILHA, 2009; NATUME; SANT'ANNA, 2011; MARTINS et al., 2011; ILO, 2012; KIDDEE; NAIDU; WONG, 2013). Uma lista com as substâncias presentes nos REEE e seus impactos à saúde humana e ao meio ambiente pode ser vista no Anexo D do presente trabalho.

Em geral, as substâncias tóxicas presentes nos REEE podem gerar três tipos de riscos:

- Contaminação dos consumidores que utilizam no lar equipamentos obsoletos, bem como dos trabalhadores que se envolvem na coleta, triagem e reciclagem dos REEE;
- Contaminação do meio ambiente, pois, mesmo em aterros, o contato dos metais tóxicos com a água contamina o chorume. Ao penetrar no solo, esse material pode contaminar lençóis subterrâneos ou acumular-se em seres vivos;
- Contribuição para o aquecimento global, uma vez que a disposição e o tratamento anaeróbio dos resíduos e efluentes líquidos podem gerar gás metano, um poderoso retentor de calor na atmosfera que, somado ao dióxido de carbono, pode agravar o efeito estufa no planeta.

Dessa maneira, o potencial de impacto ambiental e de saúde pública dos REEE é um dos principais fatores a serem observados para a definição de ações preventivas em todas as partes do mundo (KILIC; CEBECI; AYHAN, 2015). O tema tem despertado, cada vez mais, a atenção da comunidade científica e de organizações não governamentais, como a *United Nations* (UN), o *Greenpeace*, a *Basel Action Network* e a *Silicon Valley Toxics Coalition*, como pode ser visto no Quadro 9.

Quadro 9 – Algumas iniciativas globais para o tratamento dos REEE.

Iniciativas	Descrição
Convenção da Basileia e <i>Basel Ban</i>	Em vigor desde 1992, constitui um acordo global para a movimentação internacional de resíduos perigosos, incluindo os REEE.
<i>Initiative STEP (Solving The E-waste Problem), com apoio da UNEP</i>	Iniciativas lideradas pela ONU para construir uma plataforma internacional de intercâmbio e desenvolver o conhecimento sobre os sistemas de REEE entre os países. O objetivo é melhorar e coordenar vários esforços ao redor do mundo sobre a cadeia de suprimentos reversa dos REEE.
<i>United Nations University Institute for the Advanced Study of Sustainability (UNU-IAS)</i>	UNU-IAS é um instituto que compõe a Universidade das Nações Unidas (UNU). Com sede em Tóquio, sua missão é promover pesquisas para um futuro mais sustentável, com foco nas dimensões sociais, econômicas e ambientais.
<i>Basel Action Network (BAN) e Silicon Valley Toxics Coalition (SVTC)</i>	Uma rede de organizações não-governamentais trabalham juntas em questões de REEE, incluindo a advocacia internacional para a Proibição de Basileia, coleta doméstica e eventos de reciclagem, bem como pesquisas para promover soluções nacionais para a gestão de resíduos perigosos.
<i>WEEE Forum</i>	Fundado em 2002, o <i>WEEE Forum</i> é uma associação europeia de sistemas de coleta e valorização de REEE. Sua missão é proporcionar uma plataforma para a cooperação e intercâmbio de melhores práticas em gestão de REEE.
<i>National Electronics Product Stewardship Initiative (NEPSI)</i>	Um diálogo multilateral para desenvolver o quadro de um sistema nacional de gestão de REEE nos EUA. O NEPSI inclui representantes de fabricantes de eletrônicos, varejistas, governos, recicladores, grupos ambientais entre outros.
<i>Electronics Product Stewardship Canada (EPS Canada)</i>	<i>EPS Canada</i> foi criado para atuar com a indústria e o governo de modo a desenvolver uma solução canadense viável flexível. Uma organização liderada pela indústria, com membros dos principais fabricantes de EEE.
ERP (<i>European Recycling Platform</i>)	Criado em 2002 pela <i>Hewlett Packard, Sony e Electrolux Braun</i> para permitir que os produtores cumpram a Diretiva Europeia sobre REEE. Tem como objetivo avaliar, planejar e operar uma plataforma pan-europeia para os serviços de reciclagem e gestão de REEE. <i>Website: erp-recycling.org</i>
<i>Seco/Empa e-waste programme</i>	Um projeto criado em 2003 pela <i>Seco (Swiss State Secretariat for Economic Affairs)</i> e implementado pela <i>Empa (Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research)</i> em cooperação com parceiros locais e autoridades. O objetivo é avaliar e melhorar os sistemas de reciclagem de REEE em diferentes partes do mundo, mediante a análise dos sistemas e por meio da troca de conhecimentos sobre técnicas de reciclagem. <i>Website: ewasteguide.info</i>

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em Widmer et al. (2005); Ongondo; Williams; Cherrett (2011); STEP (2015); ERP (2015); UNEP (2015).

Ademais, o assunto vem ganhando espaço nas discussões e tem levado organizações e ecologistas a pressionarem empresas e governos para o seu equacionamento. Em razão disso, o problema dos REEE tem sido objeto de regulamentações, acordos e programas voluntários. Atualmente, há interesse mundial em tratar os REEE por meio da LR (ARAÚJO et al., 2013), principalmente nos países em desenvolvimento, o que se deve ao avanço tecnológico, ao aumento da produção de eletroeletrônicos e às exportações ilegais de REEE (PANT, 2013).

Os casos citados por Leite (2009) são prova desse interesse: em 1993, a Siemens produziu um computador com 29 partes em vez de 87, o que otimizou sua montagem e desmontagem; a Dell Computer e a Hewlett-Packard (HP) alteraram os projetos de seus computadores para facilitar a desmontagem; em 2000, em parceria com a Waste Management Inc., a Sony Eletronics elaborou um programa de coleta de seus produtos para reutilização; a IBM criou a *IBM's PC Recycling Services* para permitir que os consumidores destinassem os computadores e periféricos usados ao setor empresarial. A Toshiba também realiza esse serviço, e a Nokia criou serviços de *take back* de celulares em todo o mundo.

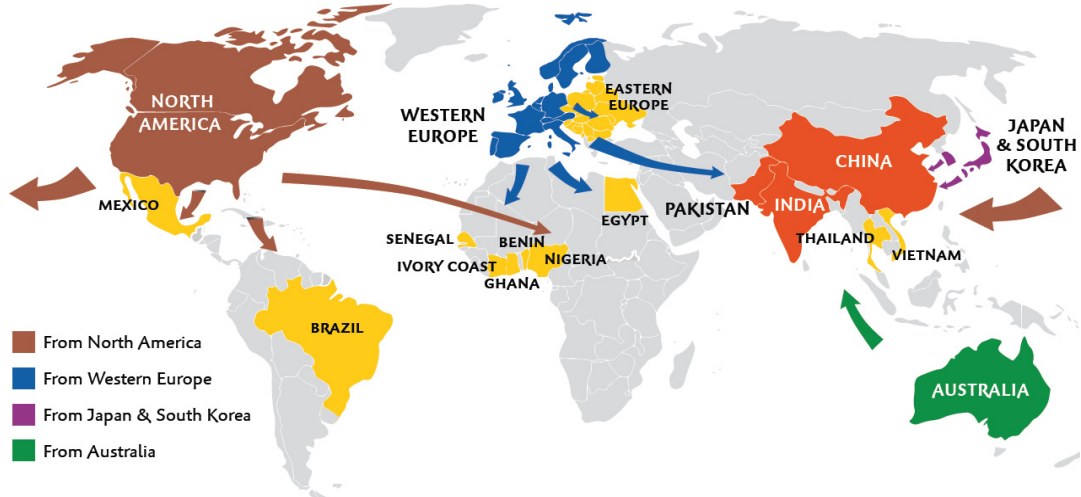
De fato, países como Suíça, Noruega, Japão e os membros da UE (no total, 27 países) têm desenvolvido uma série de regulamentos relativos à LR dos REEE a fim de adequar o crescimento econômico às questões ambientais. Por exemplo, um marco das iniciativas de equacionamento dos REEE deu-se com a promulgação, pela UE, em 2002, da Diretiva 2002/96/CE (*WEEE – Waste from Eletrical and Eletronic Equipament*) e da Diretiva 2002/95/CE (*RoHS – Restriction of Hazardous Substances*). A Diretiva *WEEE* baseia-se nas políticas de Responsabilidade Estendida do Produtor (REP) e tem como objetivo prioritário reduzir o volume de REEE gerados, estabelecendo regras para o sistema de LR e outras formas de valorização desse tipo de resíduo. A Diretiva *RoHS*, por sua vez, criou restrições quanto ao uso de substâncias químicas nos EEE, visando amenizar seu impacto ambiental ao atingirem o tempo de vida útil. Essas diretivas têm influenciado a criação de regulamentos similares em diversos países ao redor do mundo.

Com o advento das normas ambientais, diversos países passaram a recolher e tratar os REEE, mas também a exportá-los para os países em desenvolvimento (KHETRIWAL; LUEPSCHEN; KÜHR, 2013). Segundo Song, Li e Zeng (2015), o comércio ilegal dos REEE é motivado, principalmente, pelo lucro, proporcionado por negócios que envolvem milhões de dólares. Por exemplo, custa dez vezes mais reciclar um monitor CRT nos EUA do que o exportar para países pobres. No entanto, essa prática viola a Convenção da Basileia (criada na década de 1990), que regula o deslocamento transfronteiriço de resíduos para países sem estrutura técnica, legal e administrativa para recepção, tratamento e utilização.

A *International Labour Organization* (ILO, 2012) estima que 80% dos REEE recolhidos pelos países desenvolvidos são enviados aos países em desenvolvimento, como México, Brasil, Egito, Ghana, Nigéria, Senegal, Tailândia, Vietnã, China, entre outros. A China é o país mais penalizado, pois recebe 70% de toda a exportação de REEE do mundo (ROBINSON, 2009). Dessa maneira, em virtude desse mecanismo de repasse, os REEE

transformaram-se um dos resíduos com maior fluxo no mundo (UNEP, 2012). As principais origens e destinos internacionais dos REEE podem ser vistos na Figura 29.

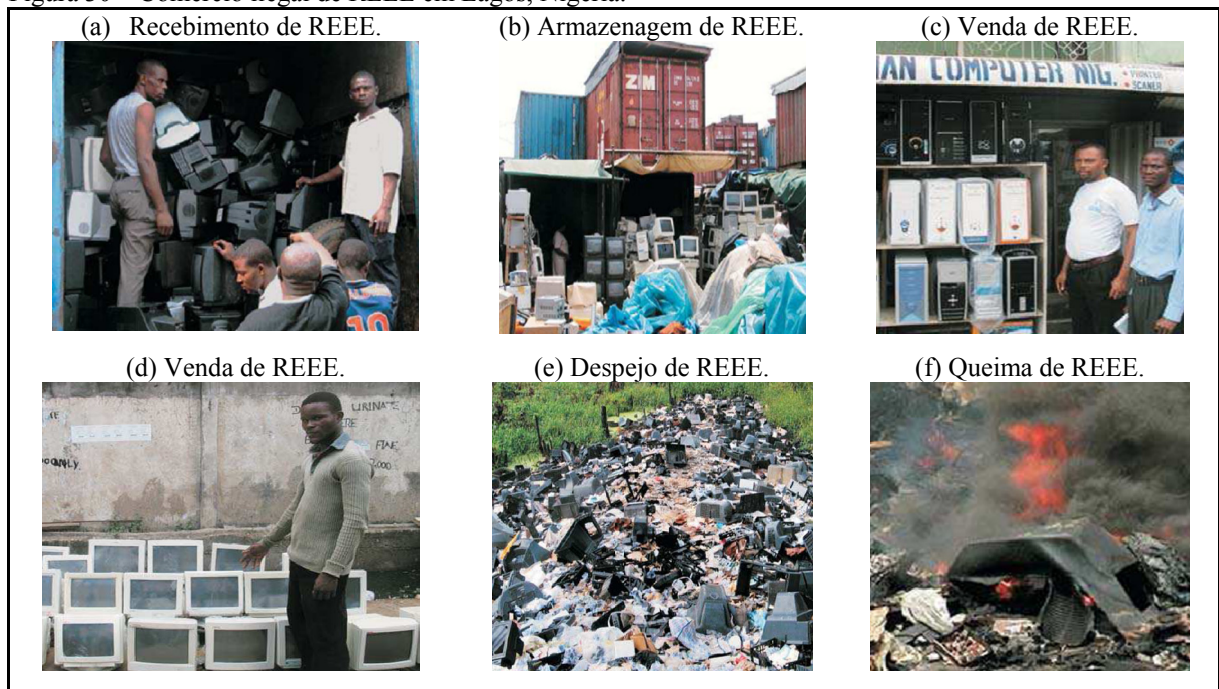
Figura 29 – Fluxo internacional do REEE.



Fonte: ILO (2012).

Na cidade de Lagos, Nigéria, por exemplo, cerca de quinhentos contêineres carregados de REEE são recebidos por mês sem controle ambiental (ROBINSON, 2009). Nessa cidade, os REEE são despejados em lixões e há constantes queimadas (Figura 30).

Figura 30 – Comércio ilegal de REEE em Lagos, Nigéria.



Fonte: Adaptado de Miguez (2012).

O Brasil também tem enfrentado crescentes problemas ambientais com o tratamento dos REEE (SCHLUEP, 2009). Por exemplo, um levantamento feito por Franco (2008) e Franco e Lange (2011) revelou que algumas cooperativas de catadores de recicláveis, inclusive de REEE, desconhecem o potencial tóxico desse tipo de resíduo, bem como sua forma adequada

de recebimento, desmontagem, manipulação e destinação. Em geral, as empresas doam os REEE a essas cooperativas, repassando um passivo ambiental e abstendo-se da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos REEE. A Figura 31 ilustra as situações vivenciadas, no Brasil, por algumas cooperativas de catadores de REEE.

Figura 31 – Situações vivenciadas pelos Sucateiros de Recicláveis de REEE no Brasil.



Fonte: Franco (2008); Franco; Lange (2011).

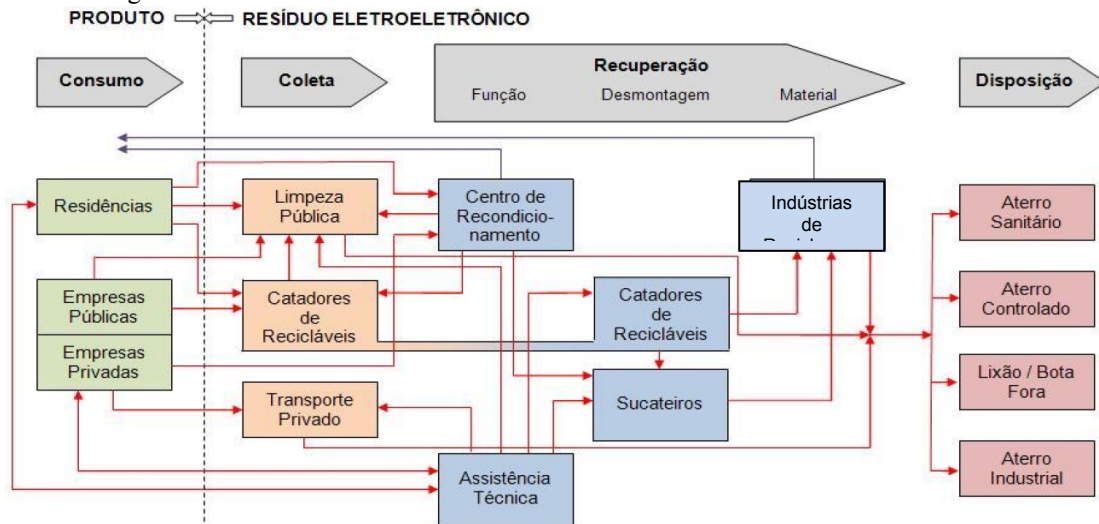
Apesar de o Decreto Federal n.º 7.405/2010 enfatizar a inclusão social das cooperativas de catadores de recicláveis na gestão de resíduos, ainda são muitos os desafios a serem enfrentados para valorização, capacitação, estruturação física e organização da atuação desses profissionais. Esses enfrentamentos são, porém, importantes para: melhoria das condições de trabalho; ampliação das oportunidades de inclusão social e econômica; e expansão da coleta seletiva de resíduos sólidos, da reutilização e da reciclagem.

3.4.3 Ciclo de vida dos REEE no Brasil e a Logística Reversa

Ao ciclo de vida dos resíduos corresponde uma série de etapas que envolvem desde o desenvolvimento do produto, passando pela obtenção de matérias-primas, produção, consumo, até sua disposição. A LR busca “fechar” esse ciclo ao promover a reciclagem dos REEE, restituindo ao consumo as matérias-primas recicladas e dispondo os rejeitos de forma ambientalmente adequada. Apesar de a PNRS estabelecer um fluxo de LR para os REEE, o ciclo de vida desse tipo de resíduo, no Brasil, é “aberto”, deficiente e praticado

voluntariamente. Como resultado, o Brasil recicla menos de 1% dos REEE (ELIAS-TROSTMANN, 2012). O ciclo de vida dos REEE, no país, compreende, basicamente, as atividades de coleta, recuperação e disposição, como ilustra a Figura 32.

Figura 32 – Fluxograma do ciclo de vida dos REEE no Brasil.



Fonte: Adaptado de Feam (2009).

Conforme a Figura 32, a atuação de cada agente, nesse ciclo, ocorre da seguinte forma:

- Consumo: as Residências, que são os consumidores particulares, e as Empresas Públicas e Privadas exercem papéis idênticos nesse ciclo. Elas formam o mercado que adquire o produto e iniciam o ciclo de duas formas: i) ao fim da vida útil, os REEE são enviados para Limpeza Pública, Catadores de Recicláveis, Transporte Privado ou Centros de Recondicionamento, dependendo do caso; ii) os REEE que apresentam defeitos são enviados para as Assistências Técnicas para a troca das peças danificadas. Como o EEE é um bem de propriedade de quem o adquiriu, a disponibilidade dos resíduos, após o término de seu uso, depende da ação do possuidor. Isso induz a um processo de retenção dos bens pelos proprietários iniciais. Segundo a CNI (2014a), 35% deles retêm os REEE com o propósito de revendê-los ou por ausência de cultura de descarte; 7% os despejam no lixo; 19% os vendem; 29% os doam; enquanto os 10% restantes lhes dão outras destinações. Esses dados mostram a necessidade de uma mudança cultural por parte do consumidor, a qual pode ser gerada mediante lei ou educação ambiental.
- Coleta: o sistema de Limpeza Pública recolhe os REEE advindos de Consumidores, Catadores de Recicláveis, Sucateiros e Centros de Recondicionamento e enviam-nos para a Disposição. Os Catadores de Recicláveis coletam os REEE de procedência do mercado Consumidor e dos Centros de Recondicionamento e enviam-nos para a Limpeza Pública. Além disso, eles desmontam os materiais recebidos pelas

Assistências Técnicas e vendem as peças para Sucateiros e Indústrias de Reciclagem. De acordo com o MMA (2012b): i) há entre 400 e 600 mil Catadores de Recicláveis no Brasil; ii) pelo menos 1,1 mil organizações coletivas de Catadores de Recicláveis estão em operação, mas contam com a participação de 40 a 60 mil; iii) apenas 27% dos municípios conhecem a atuação dos Catadores de Recicláveis; iv) cerca de 60% das organizações coletivas e dos Catadores de Recicláveis estão nos níveis mais baixos de eficiência; v) a renda média dos Catadores de Recicláveis não atinge o salário mínimo, e a sua faixa de instrução varia de 5.^a a 8.^a séries. O Transporte Privado, por sua vez, apenas coleta os REEE nas Empresas Públicas e Privadas e nas Assistências Técnicas e encaminha-os para a Disposição.

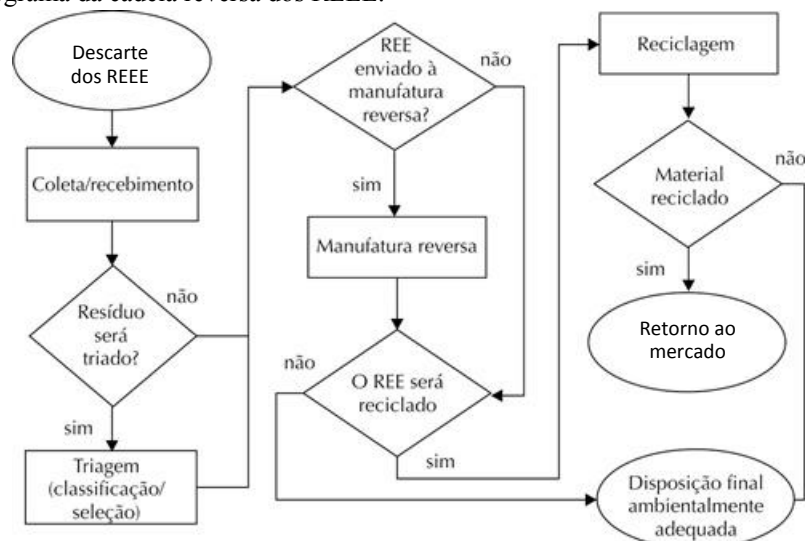
- c) Recuperação: o Centro de Recondicionamento recupera as funções originais dos produtos recebidos das Residências e Empresas Públicas e Privadas e retorna-os para o Consumo. Os materiais sem utilidade são enviados para Limpeza Pública, Catadores de Recicláveis ou Sucateiros. A Assistência Técnica recebe os produtos defeituosos provenientes do Consumo e restaura-os por meio de conserto e substituição das peças defeituosas. Os materiais sem utilidade são enviados para Limpeza Pública, Transporte Privado, Catadores de Recicláveis ou Sucateiros. Os Sucateiros desmontam o material recebido de Catadores de Recicláveis, Assistências Técnicas e Centros de Recondicionamento e vendem as partes que podem ser reaproveitadas para Indústrias de Reciclagem. Estas, por sua vez, recebem as peças de Catadores e Sucateiros, montam novos produtos e retornam-nos ao Consumo.
- d) Disposição: os Aterros e os Lixões/Bota Fora recebem os REEE da Limpeza Pública, do Transporte Privado e das Indústrias de Reciclagem, atuando como agentes finais desse ciclo. O Aterro Sanitário é um dos mais indicados para o aterramento, visto que utiliza técnicas para a disposição adequada dos resíduos. O Aterro Controlado é uma forma inadequada de disposição de resíduos, pois o único cuidado tomado é o recobrimento da massa de resíduos com terra. O Aterro Industrial é um aterro exclusivo para dispor resíduos provindos de indústrias. O Lixão/Bota Fora, por sua vez, é uma forma inadequada de disposição que consiste apenas no despejo de material no solo, a céu aberto, sem controle adequado.

Apesar das discussões, na esfera governamental, entre poder público e iniciativa privada relacionadas à implementação da PNRS, ainda não se consolidou o sistema de LR dos REEE com práticas inovadoras entre os agentes responsáveis (SANT'ANNA, 2014). Atualmente, há várias deficiências no que tange ao gerenciamento ambiental dos REEE no Brasil (PSP, 2014):

- Ainda não há sistemas de LR implantados e ofertados aos consumidores;
- Com relação ao destino dos REEE, não existem dados consolidados do setor;
- Não há estimativas de custo da coleta e reciclagem dos REEE;
- Apesar de haver iniciativas para a coleta dos REEE, estas ainda são muito incipientes e inadequadas, considerando a forma como estão estruturadas e ofertadas;
- Há carência de normas reguladoras sobre o descarte e a recuperação dos REEE.

Dessa maneira, fabricantes, importadores, distribuidores, varejistas, consumidores e governos devem atuar, de forma compartilhada, no ciclo de vida dos REEE e estabelecer mecanismos para a melhoria do desempenho dos sistemas de LR no Brasil. Em geral, uma cadeia reversa eficiente de REEE compreende um conjunto de práticas ambientalmente sustentáveis, tais como: i) descarte de REEE; ii) coleta ou recebimento; iii) triagem; iv) manufatura reversa; v) reciclagem e incineração com recuperação de energia; vi) reinserção de materiais reciclados no mercado; e vii) disposição final ambientalmente adequada, como pode ser observado na Figura 33.

Figura 33 – Fluxograma da cadeia reversa dos REEE.



Fonte: Adaptado de Carvalho; Xavier (2014).

Conforme a Figura 33, as etapas da cadeia reversa dos REEE são as seguintes:

- Descarte dos REEE: esses resíduos devem ser descartados ao fim de sua vida útil. Sua posse pelo consumidor pode comprometer o desempenho da LR no setor. Desenvolver programas que incentivem o descarte de REEE pode ajudar na implantação do sistema de LR. Nesse sentido, destaca-se a Lei Federal n.º 10.295/2001, que dispôs a Política Nacional de Conservação e de Uso Racional de Energia. Essa Lei definiu níveis de eficiência energética para os EEE, o que foi induzindo a substituição dos equipamentos em uso.

- b) Coleta e recebimento: promover campanhas e instalar pontos de entrega constituem as principais fontes de recebimento dos REEE. Nesta etapa, é importante preparar um local adequado para seu acondicionamento, estruturar um sistema de transporte eficiente para a coleta e estabelecer notificações de transferência do proprietário dos REEE para o responsável pela coleta. O documento gerado pode ser usado para rastreamento e balanço em massa do REEE destinado. Algumas empresas que coletam REEE, no Brasil, são: Silcon Ambiental, Ecobraz, Essencis Soluções Ambientais, Ecotronic Comércio e Manufatura Reversa, Vertas, Firmino Metal, Ecoassist, Urbam, Hewlett-Packard (HP), Dell Computer, Positivo, Itaotec, Elixo, Eco Computadores e o Centro de Descarte e Reúso de Resíduos de Informática da USP (CEDIR). Além disso, a Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo instituiu o projeto *e-lixo*, distribuindo pontos de recebimento de REEE. Um relatório de pesquisa elaborado pelo IPEA (2012a) mostrou os resultados desse projeto. Há também iniciativas para a coleta de REEE no Rio Grande do Sul (ERGS, 2014).
- c) Triagem (classificação/seleção): os REEE podem ser passíveis de reúso ou manufatura reversa. Assim, esta etapa verifica o funcionamento do REEE e atesta sua aprovação para o acondicionamento (manutenção das peças) ou para a destinação (manufatura reversa, reciclagem, disposição final ou incineração). Caso o REEE seja reprovado para reúso ou manufatura reversa, ele pode ser descaracterizado por meio de trituração. A descaracterização visa proteger a marca e as informações da empresa ou do usuário contratante que possam estar contidas no REEE, como selos de patrimônio, logotipos e dados eletrônicos.
- d) Manufatura reversa: esta etapa consiste no processo de transformação do REEE em partes e peças, insumos ou matérias-primas, sem a obtenção de novos produtos. Ela inclui o processo de desmontagem, no qual o REEE tem suas partes e peças separadas conforme o tipo de destinação, sendo preservadas suas estruturas. Nesta etapa, cabe destacar a norma técnica brasileira NBR ABNT 16.156/2013, que estabelece requisitos para a proteção do meio ambiente e controle dos riscos de segurança e saúde no trabalho, no contexto da manufatura reversa de REEE. Segundo essa norma, a organização é responsável pela rastreabilidade dos REEE recebidos até sua destinação ou disposição final. Ela deve estabelecer, implementar e manter registros que permitam recuperar informações sobre os REEE recebidos e processados. Para tanto, precisa:
- Inspeccionar os REEE recebidos;

- Manter documentos que comprovem a rastreabilidade até a etapa seguinte da gestão do REEE;
- Deter evidências que comprovem a conformidade da destinação final;
- Verificar o transporte dos resíduos, considerando o destino final pretendido;
- Fornecer informações aos clientes, quando solicitado;
- Notificar a organização responsável pela etapa anterior da gestão do REEE.

Para garantir o atendimento aos tópicos anteriores, a organização deve:

- Auditar as organizações responsáveis próxima etapa seguinte da gestão do REEE (organização subsequente), a fim de verificar se elas têm capacidade técnica e operacional para gerenciar os resíduos;
 - Solicitar da organização subsequente, por pelo menos dois anos, registros da transferência dos REEE para organizações da próxima etapa da gestão do REEE.
- e) Reciclagem: é um processo de transformação do REEE por meio da alteração de suas propriedades físicas e físico-químicas, com vistas à obtenção de insumos ou novos produtos. A reciclagem dos REEE abrange materiais como vidro, plástico e metal. De acordo com Babu, Parande e Basha (2007), UNEP (2007), Schluep (2009), Manhart (2011), EEA (2013), Reuter (2013), Wang e Xu (2014), Song, Li e Zeng (2015), Li et al. (2015) e Cucchiella et al. (2015), existe uma variedade de fases e tecnologias para a reciclagem dos REEE. Os REEE podem passar por: processos de desmontagem/separação de componentes (que podem ser manuais ou automáticos); processos físicos, que envolvem desmantelamento, moagem, separação granulométrica, magnética, eletrostática, em meio denso, flotação, atrição e elutrição; processos metalúrgicos, que envolvem hidrometalurgia, pirometalurgia, lixiviação e biolixiviação; processos de refino, que envolvem extração por solvente, precipitação/cementação; e processos eletrometalúrgicos. A incineração pode ser considerada uma etapa da reciclagem, uma vez que esse processo pode ser utilizado para recuperação de energia e como um primeiro passo no processo de recuperação de metais. Entretanto, muitas vezes, a incineração é usada para reduzir os volumes de resíduos previamente à sua deposição em aterros.
- f) Destinação final ambientalmente adequada: na inviabilidade de destinação por meio de reuso, manufatura reversa ou reciclagem, os REEE devem ser destinados a incineração sem recuperação de energia ou a aterros.

Segundo a Abinee (2012), o setor de eletroeletrônicos brasileiro assumiu o desafio de adequar-se às determinações da PNRS como um compromisso com a sustentabilidade

ambiental, mas a entidade relata dificuldades no que tange à LR. O Quadro 10 expõe os principais desafios e entraves que precisam ser superados para que se possa melhorar o desempenho da gestão de REEE no Brasil.

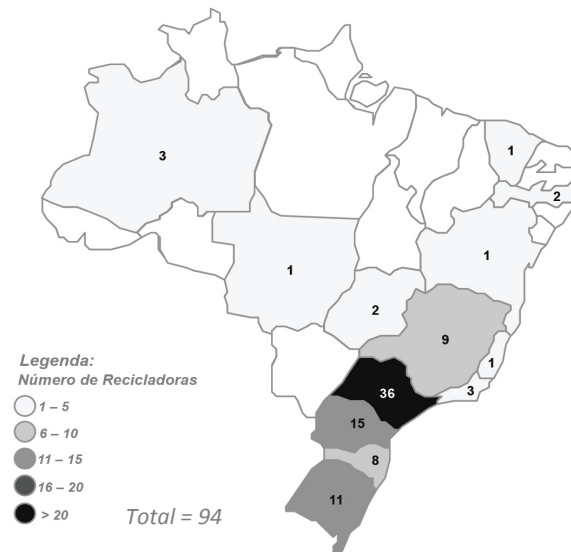
Quadro 10 – Desafios e entraves para a melhoria do desempenho da gestão de REEE no Brasil.

1. Desconhecimento da natureza dos REEE;
2. Ausência de cultura de separação;
3. Contaminação dos resíduos comuns com os perigosos;
4. Aumento de novos materiais e substâncias;
5. Criação de entidade gestora com sistema de governança em LR dos REEE;
6. Falta de empresas para a reciclagem dos REEE tecnicamente e legalmente adequadas. Existem apenas 16 recicladoras no país capacitadas em processar o REEE. Não há empresas com tecnologia para reciclar as placas de circuito impresso, monitores, TVs, CRT, entre outros componentes. A maioria delas apenas faz a triagem dos materiais para revendê-los no exterior, deixando plásticos e vidros no Brasil. Como consequência, o Brasil recicla menos de 1% de REEE;
7. O setor de reciclagem dos REEE carece de fiscalização por parte do governo. Com isso, surgem empresas que atuam alheias a qualquer legislação ambiental;
8. Complexidade de reciclagem de alguns REEE em função do seu tamanho e tecnologia;
9. Inclusão das cooperativas de catadores de REEE, envolvendo a resolução de questões estruturais e de capacitação de recursos humanos;
10. Existência de leis divergentes sobre REEE nos estados e municípios;
11. Inexistência de uma norma unificada para o manuseio, transporte e armazenamento dos REEE;
12. Inexistência de uma política fiscal simplificada e não tributada para a movimentação dos REEE;
13. Criação de documento auto declaratório de transporte dos REEE, com descrição da natureza e origem da carga, dispensando outros documentos;
14. Dificuldades de transporte de REEE em algumas regiões do Brasil;
15. Reconhecimento da não periculosidade dos REEE enquanto não haja alteração das suas características físico-químicas. O REEE é considerado como resíduo perigoso pela ABNT NBR 10004, sujeitando-se as leis aplicáveis a este tipo de resíduo;
16. Necessidade ou não de licenciamento dos postos/centros de recebimento e homologação do contentor diante da indefinição da periculosidade dos REEE;
17. Criação de norma legal que discipline a renúncia da titularidade do REEE descartado;
18. Envolvimento vinculante de todos os atores do ciclo de vida dos REEE não signatários do acordo setorial;
19. Viabilizar a implementação de um mecanismo transparente de financiamento do sistema de LR, com base em uma taxa visível (*visible fee*), ou Ecovalor, que seria pago pelo consumidor no momento da compra de um novo REE, destacado na nota fiscal e isenta de tributação;
20. Estabelecimento de instrumentos e mecanismos de compensação e custeio para os produtos órfãos (produtos órfãos são aqueles produtos que não possuem fabricantes no país);
21. Ausência de uma política para definição de balanço financeiro quanto à provisão de recursos para custear a LR: desoneração, incentivos fiscais e benefícios;
22. Dificuldades em dispor rejeitos de forma ambientalmente adequada em algumas regiões do Brasil;
23. A escala continental do país, falta de infra-estrutura nas regiões afastadas dos centros urbanos, poucas opções modais e disparidades tributárias entre estados;
24. Unificação de sistema de informação dos processos de LR e a implantação do SINIR.

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em Abinee (2012; 2014); IPEA (2012a); Saraiva (2014); CNI (2014a); Kruglianskas; Cuzziol (2014); Yura (2014); Augusto; Demajorovic; Souza (2015); Brescansin (2015).

Em relação ao item 6 do Quadro 10, a ABDI (2013) enumera 94 recicladoras de REEE instaladas em diferentes regiões do Brasil (Figura 34). Entretanto, a referida agência ressalta que o setor de reciclagem não detém condições de investir em novas tecnologias e, por essa razão, limita-se à separação e à moagem dos REEE. Assinala, ainda, que essas instalações estão subutilizadas, embora haja potencial para processar um volume maior de material.

Figura 34 – Mapa de recicladoras de REEE existentes no Brasil.



Fonte: ABDI (2013).

Independentemente das dificuldades, o setor de eletroeletrônicos deve adequar-se à PNRS conforme o Edital n.º 01/2013 do Ministério do Meio Ambiente – Chamamento para a Elaboração de Acordo Setorial para a Implantação de Sistema de LR, que estabelece metas de longo prazo para a gestão de REEE (MMA, 2013; GOLDEMBERG; CORTEZ, 2014). Dessas metas, destacam-se as seguintes:

- A LR deverá ser estruturada e implantada nos municípios com população superior a oitenta mil habitantes.
- Deverá haver ao menos um ponto de coleta para cada 25 mil habitantes nos municípios com LR implantada.
- Pelo menos 17%, em peso, dos REEE, em relação à quantidade de produtos colocados no mercado, deverão ser coletados e destinados de forma ambientalmente adequada.

Além disso, o referido edital prevê, entre outros deveres, que o setor de eletroeletrônicos discrimine: i) as etapas dos sistemas de LR, sua operacionalização e as atribuições dos envolvidos no processo de recolhimento, armazenamento, transporte e destinação dos produtos; ii) as técnicas para cada etapa da LR, sem deixar de atender a requisitos de proteção do meio ambiente, saúde e segurança do trabalho, rastreabilidade, balanço de massa e proteção da marca, quando aplicáveis; iii) as formas de recebimento e coleta, identificando as responsabilidades, além da cobertura geográfica pretendida pelas atividades de recebimento, coleta e reciclagem; iv) os critérios para implantação, operação e atribuição de responsabilidades em relação aos pontos de recebimento e coleta; v) as operações de transporte entre os envolvidos; vi) os procedimentos e os responsáveis pelas ações de reutilização, reciclagem e tratamento, inclusive triagem dos resíduos, bem como pela

disposição dos rejeitos; vii) as especificidades, considerando as diferentes regiões territoriais; viii) a demanda de incentivos governamentais; ix) a avaliação dos benefícios ambientais da LR a ser implantada; e x) a antecipação da solução de conflitos inerentes às esferas do governo. É um cenário que requer forte intervenção dos governos, contribuições da iniciativa privada e das organizações não governamentais e participação da sociedade civil na busca por melhoria do desempenho da gestão dos REEE.

Para finalizar esta seção, vale destacar que um dos objetivos da reciclagem de REEE é criar negócios econômica e ambientalmente sustentáveis (SCHLUEP et al., 2009). Os REEE detêm alto valor em virtude de sua composição conter metais preciosos. Por exemplo, cerca de 30% de toda a prata mundial é utilizada na fabricação de EEE, bem como 12% do ouro, 14% do paládio, 4% da platina, 72% do rutênio, 30% do cobre e 79% do índio. Em termos mundiais, estima-se que os REEE descartados, apenas no ano de 2014, contenham 16,5 milhões de toneladas de aço, 1,9 milhão de tonelada de cobre, 300 toneladas de ouro e quantidades significativas de prata, alumínio, paládio, entre outros recursos reutilizáveis. O valor total desses metais é estimado em US\$ 52 bilhões (BALDÉ et al., 2015a). Dessa maneira, a LR dos REEE, além de contribuir para a sustentabilidade ambiental, pode trazer benefícios sociais e econômicos às empresas e à sociedade.

A Tabela 5 dispõe alguns materiais que compõem os REEE, seu índice de reciclabilidade e valor de mercado, e o Quadro 11 lista os benefícios sociais, econômicos e ambientais esperados com a melhoria do desempenho da gestão de REEE no Brasil.

Tabela 5 – Materiais que compõem os REEE, seus índices de reciclabilidade e valor de mercado.

Material	% Reciclável	Preço médio € / kg	Material	% Reciclável	Preço médio € / kg	Material	% Reciclável	Preço médio € / kg
Alumínio	80	1,5	Gálio	0,00	180	Prata	98	514
Antimônio	0,00	7.6	Ouro	99	34.070	Ferro	80	0,12
Arsênico	SI	1.4	Índio	60	550	Tântalo	SI	156
Bário	0,00	550	Lantânio	SI	7.8	Telúrio	SI	90
Berílio	0,00	864	Germânio	60	SI	Térbio	0,00	641
Cádmio	0,00	1,5	Mercúrio	0,00	90	Estanho	70	17
Cério	SI	8.6	Molibdênio	SI	21	Titânio	SI	11
Cromo	0,00	1.7	Neodímio	SI	72	Tungstênio	SI	71
Cobalto	85	25	Níquel	80	14	Vanádio	0,00	20
Cobre	90	5.2	Paládio	95	23.214	Ítrio	SI	47
Disprósio	SI	266	Platina	SI	37.607	Zinco	60	1.7
Európio	0,00	781	Praseodímio	SI	117	Rutênio	80	SI
Plásticos	20	1.2	Selênio	70	42	Bismuto	0,00	SI
Ródio	50	SI	Silício	0,00	1.7	Trítio	0,00	SI

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em UNEP (2007); Migliano (2014); Cucchiella (2015). SI – Sem Informação.

Quadro 11 – Benefícios com a melhoria do desempenho da gestão de REEE no Brasil.

Sociais	Econômicos	Ambientais
Geração de empregos formais.	Maior retorno ao mercado de matérias-primas advindas da reciclagem de REEE.	Diminuição de casos de descarte incorreto de REEE.
Fortalecimento das associações de catadores com geração de oportunidades de prestação de serviços ao sistema.	Fortalecimento da indústria da reciclagem pelo consequente aumento da demanda.	Melhoria da qualidade dos serviços de reciclagem e consequente menor nível de rejeitos nos aterros.
Promoção de maior conscientização da população quanto às questões ambientais relacionadas aos equipamentos Eletroeletrônicos.	Desenvolvimento de conhecimento e tecnologias relacionados à reciclagem de REEE.	Redução de gasto energético por conta de uso de reciclados (ex.: o gasto de energia para reciclagem de alumínio é 95% menor do que para a sua produção primária).
Minimização de problemas de saúde causados pelo REEE.	Geração de emprego e renda.	Redução do volume de REEE destinados a aterros.

Fonte: ABDI (2013).

3.5 TECNOLOGIAS DE IDENTIFICAÇÃO DE PRODUTOS

As tecnologias de identificação de produtos são uma realidade, sendo que o código de barras a mais usada; e há, também, a RFID – *Radio Frequency Identification* que está presente em muitas áreas com uma quota de mercado crescente. Para Xavier e Corrêa (2013) e Hannan et al. (2015), essas tecnologias facilitam e automatizam a identificação de itens, de modo que são úteis na gestão de redes de suprimento reversa para rastreamento de itens. A rastreabilidade é um processo que possibilita a identificação do produto no sistema da LR por meio da coleta e armazenagem de suas informações, aumentando a confiança do processo.

3.5.1 Tecnologia de Códigos de Barras

Os códigos de barras podem ser unidimensionais ou bidimensionais e permitem a identificação de produtos por intermédio de representação gráfica de dados e leitura ótica por aparelhos com laser, chamados *scanners* ou leitoras. O código de barras e a leitora foram patenteados em 1952, por Joseph Woodland e Bernard Silver, mas somente em 1974 é que se deu início à sua aplicação (REI, 2010).

Os códigos de barras unidimensionais são representados por uma sequência de números (ou alfanuméricas) e por linhas verticais de várias larguras, com espaços entre elas. Já os códigos de barras bidimensionais são representados por pontos, quadrados, hexágonos e outras formas, o que permite que mais informações sejam representadas em menor espaço. Segundo Hayat (2013), um código de barras unidimensional pode produzir 10.000 bilhões de códigos únicos, enquanto que o bidimensional pode conter cerca de 100 vezes mais informação. O Quadro 12 apresenta os tipos de códigos de barras e a descrição de cada um deles com sua figura representativa.

Quadro 12 – Tipos de Códigos de Barras.

	Tipo	Descrição	Figura representativa
Código de Barras unidimensional	EAN/UPC	Código mais popular. Usado para leitura no Ponto De Venda (PDV) devido à agilidade na captura da informação. Permite codificar os GTIN-8, GTIN-12 e GTIN-13. Formado por 13 dígitos: os três primeiros representam o país, os quatro seguintes o código da empresa filiada à EAN, os próximos cinco representam o número de fabricação e o último é o dígito verificador.	
	GS1 Databar	Pode ser escaneado no PDV e ser muito menor que os códigos EAN/UPC. Pode codificar informações adicionais como número serial, de lote e/ou data de validade.	
	GS1-128	Codifica todas as chaves GS1. Utilizado na rastreabilidade por meio da codificação de informações como serial, número de lote, data de validade, quantidades, e número do pedido do cliente. Não pode ser utilizado para identificar itens que passam pelo PDV.	 (01)04601234567893
	ITF-14	Codifica apenas GTINs, pode ser impresso diretamente em substrato corrugado (caixa de papelão) oferecendo um bom desempenho de leitura. Não pode ser utilizado para identificar itens comerciais que passarão pelo PDV.	 00012345678905
Código de Barras bidimensional	GS1 DataMatrix	Codifica informações em pequenos espaços (ml). Possui maior capacidade de armazenamento de dados num espaço reduzido (de 1 a 500 caracteres), limitado à resolução da impressora. Aplicação comum: marcação de itens pequenos como circuitos integrados e impressos.	
	QR Code (<i>Quick Response</i>)	Código matricial que visa leitura rápida, leitura por câmeras CCD e tecnologia de processamento de imagens.	
	Aztec	Facilidade de impressão e facilidade de decodificação. Criado em 1995 por Andy Longacre, da <i>Welch Allyn Inc.</i>	
	Maxicode	Denominado código UPS (ou código 6). Possui maior densidade em relação ao código Aztec, porém requer impressora de alta resolução (térmica/ laser).	
	Outros tipos	CODABAR, usado na medicina; código “2/5” na indústria automobilística, em contêineres e indústria pesada; código “39”, usado em processos industriais, livrarias e logística.	-

Fonte: Adaptado de Conti (2011); GS1 Brasil – Associação Brasileira de Automação (2014).

No Brasil, a organização responsável pela padronização dos códigos de barras é a GS1 Brasil - Associação Brasileira de Automação. Ela desenvolve padrões globais por meio do Sistema GS1, utilizados em mais de 140 países de maneira a possibilitar a integração logística, viabilizando a rastreabilidade das operações e a visibilidade dos itens que transitam nas cadeias de suprimentos. Em geral, o código de barras reduz o erro na entrada de dados, o tempo de processamento e aumenta a rastreabilidade. Com todas as suas vantagens, essa tecnologia tornou-se uma solução logística (HAYAT, 2013), sendo largamente utilizada para a identificação de ativos fixos e retornáveis, documentos, contêineres, cargas, serviços, entre outros. Os códigos de barras podem ser impressos no produto ou fixados por meio de etiquetas. A Figura 35 mostra o processo de leitura ótica de um código de barras.

Figura 35 – Processo de leitura ótica de um código de barras.



Fonte: Adaptado de Hayat (2013).

Segundo Sequeira (2010), a decodificação dos dados é realizada por meio de um *scanner* que emite um feixe de luz vermelho, o qual percorre todas as barras. No local da etiqueta, em que a barra é escura, a luz é absorvida, e no local onde há espaços, a luz é refletida novamente para o *scanner*. Os dados capturados são transmitidos para um *software*, onde são convertidos em alfabeto romano ou numeração árabe. Portanto, as etiquetas de código de barras e os *scanners* são os elementos que constituem a base do sistema, sendo necessário um *middleware* para filtrar os dados recolhidos, e também servidores para armazenagem de dados. Apesar da utilidade, essa tecnologia apresenta vantagens e desvantagens segundo a avaliação de vários autores (Quadro 13).

Quadro 13 – Vantagens e desvantagens do Código de Barras.

	Descrição	Autores											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Vantagens	Existência de padrões GS1 a nível mundial.				x								x
	Integração de parceiros na cadeia direta e reversa.									x			
	Tecnologia madura e disseminada no mercado global.				x	x				x			
	Permite adequar às normas de responsabilidade compartilhada.									x			
	Estabilidade, velocidade e exatidão no processo de rastreabilidade.				x	x	x		x	x			
	Infraestrutura simples e de fácil implementação.				x	x							
	Imune a interferências eletromagnéticas.				x								
	Baixo custo de implementação e manutenção.				x	x							
	Não exige formação especial aos operadores.				x								
	Reduz custos em relação à coleta manual de dados.						x						
Desvantagens	Leitura do código exige direcionamento físico (linha de visão).	x	x	x	x	x	x	x			x	x	
	Distância entre o leitor e o código a ser lido é curta (em cm).		x		x								
	Não pode ser incorporada no objeto rastreado.											x	
	Operação manual (exige pessoas para a captura de dados).	x			x								
	Capacidade limitada de inserção de dados.	x	x		x	x	x	x					
	Não permite alteração de dados inseridos nos códigos.		x		x	x							
	Leitura de um código por vez.	x			x	x		x					
	O código pode ser lido duas vezes.	x											
	Códigos podem ser impressos incorretamente ou danificados.	x					x						
	Fragilidade das etiquetas e dificuldade de protegê-las.		x		x	x							
	Facilmente falsificável e a atos de vandalismo.				x								
	Luminosidade do ambiente pode afetar a leitura do código.				x								
	Sensível sobre a cor de fundo e ao material que é impresso.				x								

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em: 1-Banzato (2005); 2-Bhuptani; Moradpour (2005); 3-Leite et al. (2008); 4-Rei (2010); 5-Sequeira (2010); 6-Conti (2010); 7-Ramanathan; Bentley; Ko (2012). 8-Hayat (2013); 9-Xavier; Corrêa (2013); 10-GS1 Brasil (2013); 11-Bachu;Saram; Kumas (2013); 12-GS1 Brasil (2014).

Conforme o Quadro 13, o código de barras apresenta-se como uma tecnologia: madura, padronizada e disseminada no mercado global; eficiente nos processos de rastreabilidade; e com uma infraestrutura simples e de baixo custo operacional. Entretanto, existe uma série de limitações que pode comprometer a implementação dessa tecnologia em um sistema de LR. Um sistema de LR com base no código de barras tem por objetivo implementar a reciclagem inteligente por meio da realização de separação na fonte durante a produção, coleta ou tratamento, e fornecendo dados de desmantelamento aos recicladores. O Quadro 14 mostra um resumo dos sistemas de LR desenvolvidos com base na tecnologia de código de barras.

Quadro 14 – Resumo de um sistema de LR baseado na tecnologia de Código de Barras.

Objetivo	Usabilidade	Domínio funcional
Minimizar o desperdício.	Mantém o controle e <i>status</i> dos materiais, combinado com incentivo de redução de resíduos.	Redução e gestão de resíduos de construção.
Reciclagem inteligente.	Informações obtidas com a leitura de código de barras bidimensional; projeção de dados para os sistemas de tratamento de resíduos.	Facilitar a separação na fonte durante a produção, coleta ou tratamento de resíduos sólidos.
	Refere-se a códigos de barras aplicados a REEE para obter informações para a sua desmontagem.	Fornecer informações de desmantelamento exato para os recicladores.
	Conexão por digitalizar a etiqueta de código de barras usando REEE para obter informações correspondentes à desmontagem.	Oferece informações de desmantelamento exato para os recicladores.
Eliminação de resíduos.	Discriminação do custo de escoamento, anexando informações necessárias no código de barras dos produtos para depositar o custo pelo fabricante.	Fornecer informações sobre ponto de depósito e disposição do custo dos produtos para a eliminação de resíduos.
Reduzir espaço de aterro.	Implantação de códigos de barras em objetos de resíduos.	Observação do caminho do resíduo em tempo real.
Gerenciamento de riscos.	Dados de varredura de identificadores anexados a resíduos e comparação com os dados de referência para combinar critérios de segurança pré-determinados.	Identificação e separação de resíduos proibidos.

Fonte: Adaptado de Hannan et al. (2015).

Com a evolução tecnológica, surgiu a possibilidade de introduzir em etiquetas do tamanho das que trazem o código de barras, circuitos eletrônicos (*microchips*) capazes de acumular muito mais informações sobre um produto. Essa tecnologia envolve os conceitos de etiqueta inteligente (também chamada de *tag*, *smart tag*) e de tecnologia RFID – *Radio Frequency Identification* (XAVIER; CORREA, 2013), que serão discutidos na sequência.

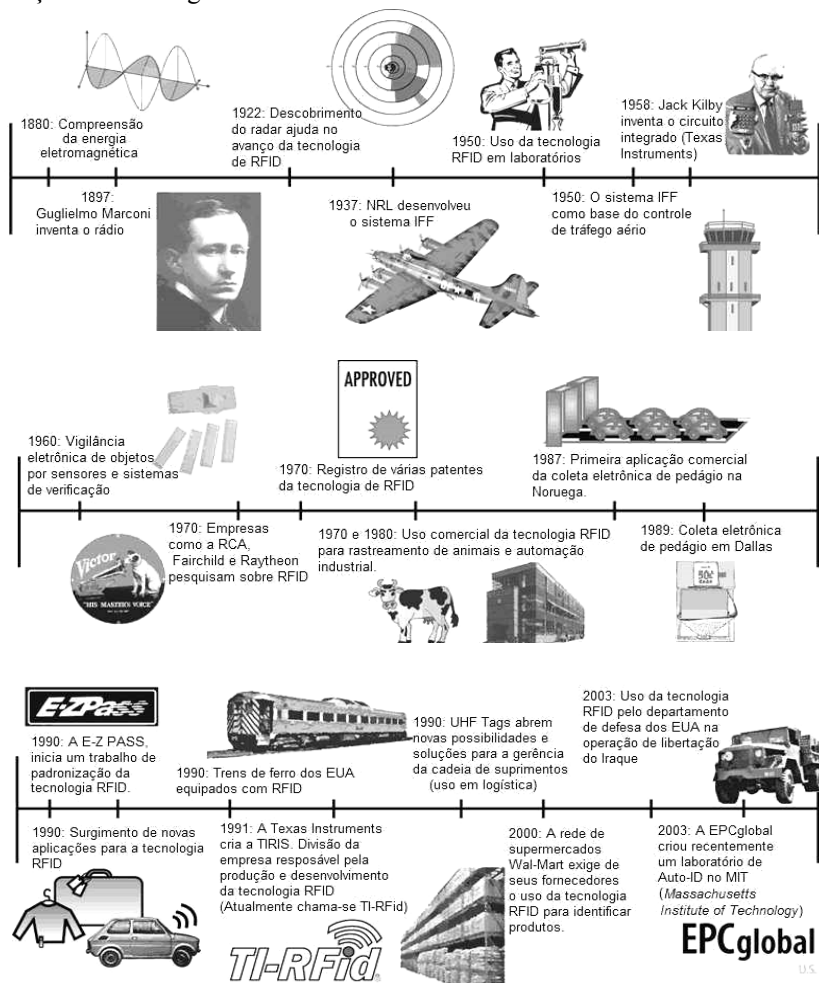
3.5.2 Tecnologia RFID

A RFID é uma tecnologia de identificação automática de produtos, sem fios, que usa o campo eletromagnético de radiofrequência para transmitir dados entre uma *tag* e uma leitora (HASHEMI; SARHADDI; HOSSEIN, 2013). Diferentemente da tecnologia de código de barras, a RFID pode identificar centenas de itens etiquetados simultaneamente e não exige

uma linha de visão entre a etiqueta inteligente e a leitora (LEITE et al., 2008). Dessa forma, a RFID acrescenta novas funcionalidades ao processo de leitura do código de barras (REI, 2010), superando suas limitações (BANZATO, 2005) e aumentando a eficiência dos serviços logísticos (AHSAN; SHAH; KINGSTON, 2010). Um sistema RFID tem um papel importante no apoio à logística devido ao seu potencial para identificar, rastrear e controlar as informações em toda a cadeia logística. A RFID proporciona aos fornecedores, fabricantes, distribuidores e varejistas informações precisas e em tempo real sobre os produtos.

Os conceitos e a tecnologia que permitiram a criação da RFID não são novos. Tudo começou em 1880, com a compreensão da energia eletromagnética, e em 1897, com a invenção do rádio. Na sequência, em 1922, foi desenvolvido o radar e, em 1937, o Laboratório de Pesquisas Navais dos EUA (NRL) apresentou o Sistema IFF (*Identification Friend-or-Foe*) para identificar e distinguir aeronaves aliadas das inimigas. Em 1973, Mário W. Cardullo requisitou a primeira patente de um sistema ativo de RFID, e, no mesmo ano, Charles Walton recebeu a patente para um sistema passivo. A Figura 36 ilustra a evolução dessa tecnologia entre os anos de 1880 e 2003.

Figura 36 – Evolução da tecnologia RFID.

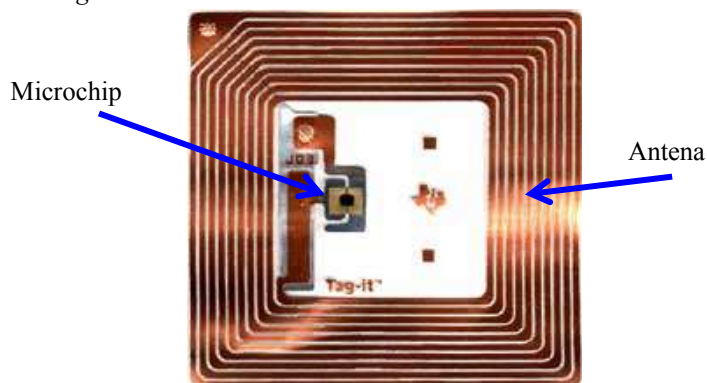


Fonte: Bhuptani; Moradpour (2005).

A RFID já provou a sua utilização, continua a evoluir e possui várias aplicações nas empresas (AHSAS, 2011), tais como rastreamento e acompanhamento de objetos (aplicação mais comum), integração da cadeia de abastecimento (aplicação mais extensa do rastreamento), vigilância eletrônica de produtos, autenticação de documentos, controle de acessos, monitoramento de animais, pessoas e pacientes, detecção e monitoramento ambiental, pagamentos e automação industrial, entre outras aplicações (BHUPTANI; MORADPOUR, 2005). Exemplos reais de aplicação da RFID, por exemplo, podem ser vistos em Xavier et al. (2010). Eles mostram as práticas do uso da RFID em treze empresas situadas no Brasil: Sabó, *Hewlett-Packard* (HP), *Honda*, *Mitsubishi Motors* do Brasil, *General Motors*, Nilpel, *ThyssenKrupp Steel*, *Unilever*, *Embraer*, *Suzano Papel e Celulose*, *Souza Cruz*, *DaimlerChrysler* e *Volkswagen*.

Os elementos básicos para o funcionamento de um sistema RFID são: *tag* (etiqueta inteligente), antena, frequência de operação, leitor, RFID *middleware* e sistemas gerenciais. A *tag* para a RFID é um *hardware* que possui um *microchip*, capaz de armazenar dados, e uma antena, que faz o papel de transmissor de dados entre a etiqueta e a leitora. A Figura 37 ilustra uma *tag* para a RFID.

Figura 37 – Layout de uma *tag* RFID.



Fonte: Adaptado de Bachu; Saram; Kumas (2013).

Inicialmente, o Código Eletrônico do Produto (EPC) é gerado e gravado na *tag* RFID. O EPC é um número único usado para identificar um item específico na cadeia de suprimentos. Ao se aproximar de uma leitora, a *tag* RFID envia automaticamente os dados dos produtos em que elas estiverem embutidas por meio da radiofrequência, tais como dimensão, paradeiro, número de identificação, histórico das temperaturas em que estavam expostos, entre outras características. Isso permite que a captura de dados dispense contato físico ou campo visual, sendo uma de suas maiores vantagens.

Assim, a RFID pode ser usada em ambientes com variações de temperatura, umidade e em operações que envolvam grandes volumes de objetos (GS1 BRASIL, 2014). Tudo o que

estiver identificado no raio de ação da etiqueta será registrado. Quanto maior a área de cobertura, maior será a “região ativa” entre as unidades operacionais, o que melhora a visão do fluxo de materiais entre as empresas (BATOCCHIO, 2011).

A seleção da *tag* depende da necessidade funcional de aplicação de um sistema RFID. Dessa forma, existem atributos na etiqueta que alteram seu desempenho, como modelo, tipo e memória, conforme consta no Quadro 15.

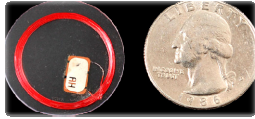





Quadro 15 – Atributos de uma *tag* RFID.

Atributo	Características
Modelo	<p>Com microchip: a <i>tag</i> mais comum. Possui circuito integrado com memória para realizar computações simples.</p> <p>Sem microchip: baseia-se nas propriedades do material da <i>tag</i> para transmissão de dados. Consegue alcances maiores de leitura e melhor acurácia ao ler <i>tags</i> em líquidos e metais. Pode operar em temperaturas extremas. É mais eficiente nas interferências de radiofrequência. Menor preço por etiqueta. Não armazena dados novos e/ou adicionais.</p>
Tipo	<p>As <i>tags</i> RFID podem ser do tipo Passiva, Semi-passiva, Ativa ou Semi-ativa. Cada uma delas usa distintas tecnologias com recursos diferentes.</p> <p>Passiva: a mais simples e de maior aplicação. Não requer manutenção nem bateria para operar. A energia vem do sinal transmitido pela antena e reflete de volta a energia sobre a forma de ondas de rádio. Leve, baixo custo e vida útil longa (até 20 anos). Mecanicamente mais flexível. Memória e capacidade computacional muito limitadas. Alcance de até 5 metros. Menor acurácia.</p> <p>Semi-passiva: possui bateria com vida útil maior que 5 anos. A comunicação com o leitor é idêntica ao das <i>tags</i> Passivas. Pode incorporar sensores que registram qualquer condição que o sensor foi destinado a monitorar e até mesmo a evolução de variáveis como temperatura, pressão, umidade, agentes químicos, bactérias e até mesmo a detecção de adulterações a que o produto está sujeito. Permite regravação de dados contidos na <i>tag</i>. Pode alimentar circuitos com maiores funcionalidades. Alcance e acurácia maior que a <i>tag</i> passiva. Maior custo que a <i>tag</i> passiva.</p> <p>Ativa: requer bateria para alimentar o <i>microchip</i> e para transmitir o sinal de volta para o leitor RFID. Incorpora sensores e permite regravação de dados contidos na <i>tag</i>. Oferece maior alcance, maior acurácia e maior memória que as <i>tags</i> passiva e semi-passiva. Alto custo. Vida útil limitada imposta pela bateria (entre 5 e 10 anos).</p> <p>Semi-ativa: requer bateria somente para operar o <i>microchip</i>. Oferece melhor alcance e acurácia do que as <i>tags</i> passiva e semi-passiva a um custo menor do que as <i>tags</i> ativas.</p>
Memória	<p>Somente leitura: os dados gravados apenas na hora da fabricação da etiqueta tornam a etiqueta à prova de adulteração (característica das etiquetas sem <i>chips</i>).</p> <p>Uma gravação/várias leituras: a capacidade de gravar dados apenas uma vez torna a etiqueta à prova de adulteração, mas é flexível a gravação dos dados depois da fabricação da etiqueta.</p> <p>Leitura/gravação: a <i>tag</i> que possui maior flexibilidade, porém a de maior vulnerabilidade de adulteração e sobreposição de dados.</p>

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em Banzato (2005); Bhuptani; Moradpour (2005); Want (2006); Marques et al. (2007); Santini (2008); Sequeira (2010); Rei (2010); Conti (2011); Zhu; Mukhopadhyay; Kurata (2012), Bachu; Saram; Kumas (2013); Hashemi; Sarhaddi; Emami (2013).

A *tag* RFID pode ser anexada a um objeto ou acondicionada em diferentes materiais (tais como o plástico e o vidro), de vários formatos e tamanhos. O formato é importante, pois determina a aplicabilidade e o desempenho do sistema RFID. O Quadro 16 apresenta os formatos e características das *tags* com sua figura representativa.

Quadro 16 – Formatos, características e aparência das *tags* RFID.

Formato	Características	Figura representativa
Elipse	O microchip e a antena são embutidos em uma carcaça geralmente de resina epóxi ou poliestirol. O formato de disco é usado quando a etiqueta atinge uma faixa de temperatura mais alta. O microchip varia de alguns milímetros a 10 centímetros.	
Plástico	Mais comum devido à facilidade em adaptar funcionalidades a eles. O formato de chaveiro e outros objetos possuem uma carcaça mais resistente e foi desenvolvido para situações onde há necessidade de durabilidade.	
Cartões	Etiquetas embaladas na forma de cartão são muito usadas por bancos para transformar os cartões em não apenas cartões de banda magnética ou ópticos, mas em um cartão inteligente: os <i>Smart Cards</i> . O chip RFID está dentro do cartão, que é formado por camadas de plástico prensadas.	
Embarcadas	Inseridas em objetos como relógios, roupas ou braceletes. Usada geralmente para controle de acesso e identificação de pessoas, como exemplo, em hospitais para identificação de pacientes e bebês e em escolas para identificar alunos.	
Vidro	Desenvolvido para ser utilizado em ambientes corrosivos ou imerso em líquidos ou, ainda, em implantes subcutâneos. Seu tamanho é bastante reduzido, podendo ter cerca de 1 cm.	
Rótulo	Produzido em maior escala. São fabricados em formato de papel ou adesivo e podem receber impressão por cima, como de uma máquina impressora semelhante às usadas em códigos de barras.	

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em Bhuptani; Moradpour (2005); Rei (2010); Conti (2011).

Um elemento-chave na operação de um sistema RFID é a transferência de dados que ocorre com a conexão entre uma *tag* e uma leitora. A leitora é um dispositivo que envia um sinal de rádio, o qual é recebido por todas as *tags* presentes no campo de radiofrequência sintonizadas nessa frequência. As *tags* recebem o sinal por meio das suas antenas e respondem transmitindo os dados armazenados nelas.

No entanto, interferências em um sistema RFID podem provocar erros de transmissão de dados entre a *tag* e a leitora. Em razão de a radiofrequência ser analógica e não digital, ela fica suscetível a interferências provocadas por proximidade de metais, alta umidade, líquidos, temperaturas extremas, motores elétricos/combustão, equipamentos sem fio entre outros. Pelo fato de os sistemas RFID transmitirem ondas eletromagnéticas eles são classificados como sistemas de radiofrequência e não pode interferir em outros serviços de radiofrequência como o rádio, televisão, sistema do corpo de bombeiros e da polícia (MARQUES et al., 2009).

A seleção da frequência de operação é determinada pelas exigências da aplicação, como velocidade, acurácia e condições ambientais, com normas e regulamentos que governam as aplicações específicas. O espectro eletromagnético na extensão na qual o sistema RFID opera é dividida nas frequências baixa (LF), alta (HF), ultra-alta (UHF) e microondas. Os sistemas baseados em RFID podem ainda trabalhar com faixas de frequências reservadas, conhecidas como *ISM – Industrial Scientific Medical*. Cada faixa de frequência tem suas vantagens e

desvantagens devido ao tamanho da onda e da frequência, o que implica em atributos como o alcance de leitura, taxa de transferência de dados (velocidade) entre a *tag* e o leitor, sua qualidade e uso, entre outros, como mostrado no Quadro 17.

Quadro 17 – Atributos das frequências de operação RFID.

Tipo Atributo	LF	HF	UHF	Microondas
Frequência	30 a 300 kHz	3 a 30 MHz	300 MHz a 3 GHz	Maior que 3 GHz
Frequência <i>ISM</i>	<135 kHz	6,78 MHz; 13,56 MHz; 21,125 MHz; 40,680 MHz.	433,92 MHz; 869 MHz; 915 MHz.	2,45 GHz; 5,8 GHz; 24,125 GHz.
Alcance de leitura	Entre 10 e 50 cm	Até 3 metros	Até 9 metros	Maior que 10 metros
Tipo da <i>tag</i>	Passiva	Passiva	Passiva e Ativa	Ativa
Taxa de transferência	Menor que 1 <i>Kbit/s</i>	Próximo de 25 <i>Kbit/s</i>	Próximo de 30 <i>Kbit/s</i>	Até 1 <i>Mbit/s</i>
Vantagens	Funciona melhor em metais e líquidos. Baixo custo.	Padrões comuns no mundo. Bom alcance de leitura. Média taxa de transferência de dados. As <i>tags</i> são de menor valor que as de LF.	Alta taxa de transferência de dados. Alto alcance de leitura. Identifica diversas <i>tags</i> de uma só vez. Pode oferecer <i>tags</i> de baixo custo.	Alta taxa de transferência de dados (mais rápida que UHF). Alto alcance de leitura.
Desvantagens	Baixa taxa de transferência de dados. Baixo alcance de leitura.	Baixo desempenho em metais.	Incompatível com regulamentos regionais. Suscetível a interferências de umidade, metais e líquidos.	Baixo desempenho em metais e líquidos.
Exemplos de Aplicação	Lojas e Fábricas. Inventário e controle de acesso. Identificar animais. Automação industrial.	Papéis. <i>Smart cards</i> . Controle de acesso. Anti-falsificações. Bagagem aérea. Rastrear itens pequenos. Identificar pessoas. Prateleiras inteligentes.	Controle de acessos. Controle de inventário, gerenciamento de armazéns e rastreamento de ativos.	Rastreamento de veículos em movimento. Automação industrial.

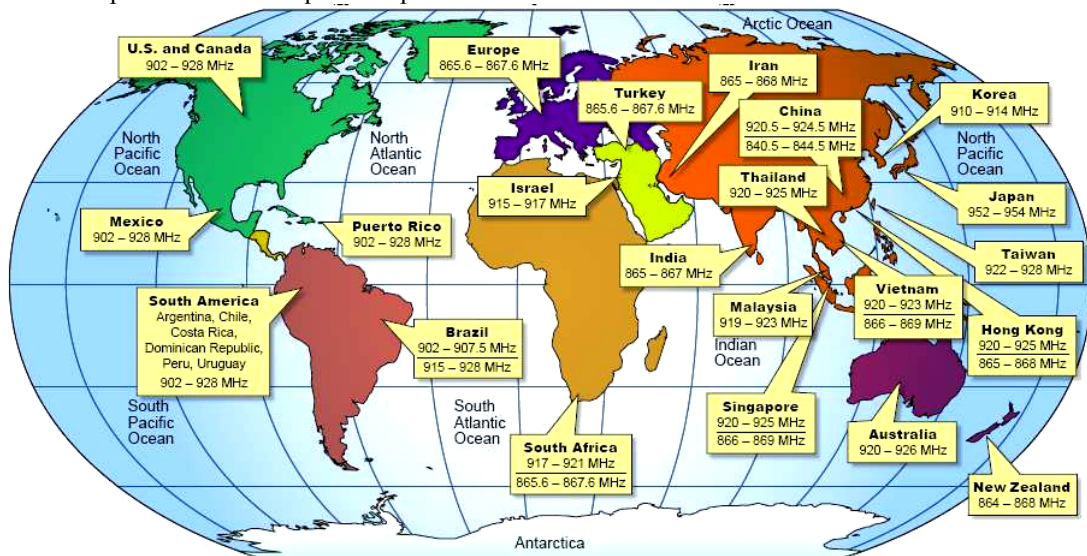
Fonte: Elaborado pelo autor, com base em Bhuptani; Moradpour (2005); Santini (2008); Marques et al. (2009); Ahsan; Shah; Kingston (2010), Sequeira (2010); Rei (2010); Berz (2011); Conti (2011); Asham (2011).

De acordo com Ahsan, Shah e Kingston (2010), a *EPC Global* e a Organização Internacional de Padrões (ISO) são as principais organizações que trabalham para desenvolver padrões internacionais para as tecnologias RFID. Os padrões ISO 15961, 15962, 15963, 18000 e 18001 aplicam-se às técnicas de identificação e captura de dados para o gerenciamento de itens. Os autores supracitados destacam que essas duas organizações ainda estão em evolução e não são totalmente compatíveis. Para evitar a utilização de diferentes frequências de padrão de rádio, a maior parte das comunidades internacionais cumprem as determinações estabelecidas pela *Internacional Normas Telecommunication Union (ITU)*.

No Brasil, as regulamentações trabalham no espectro de 902 MHz a 907,5 MHz (UHF) e de 915 MHz a 928 MHz para produtos. A frequência padrão para dispositivos de identificação próximos é de 13,56 MHz (SANTINI, 2008). A Figura 38 mostra um mapa mundial da frequência de operação RFID em UHF. Uma descrição detalhada das frequências

de operação dos países constantes nesse mapa consta no documento *Regulatory status for using RFID in the EPC Gen 2 band (860 to 960 MHz) of the UHF spectrum*, disponível no *website* da GS1 (www.gs1.org).

Figura 38 – Mapa mundial de frequência operacional RFID em UHF.

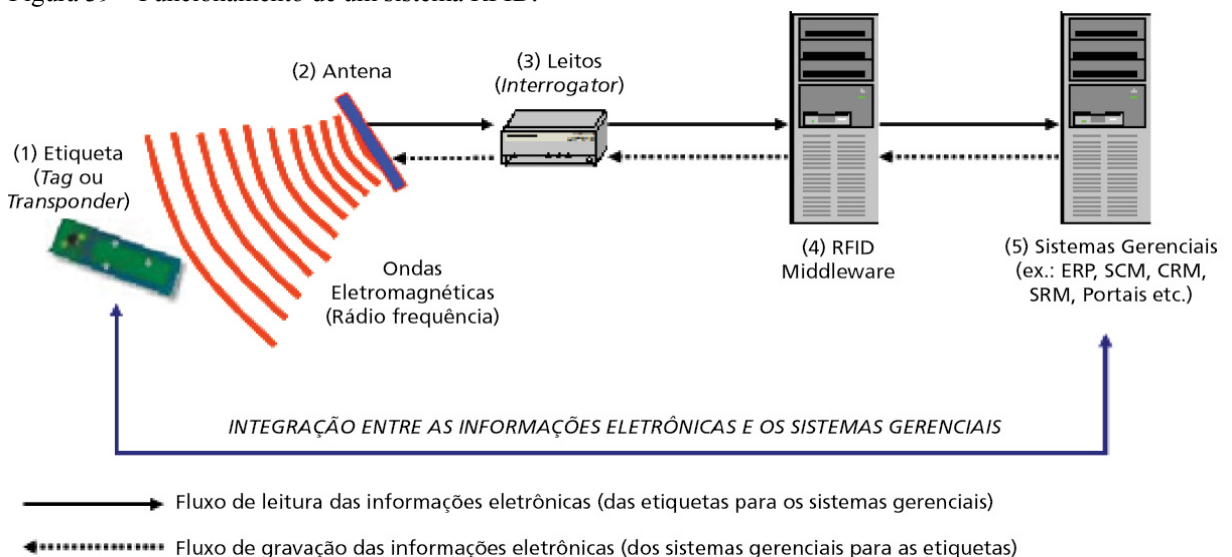


Fonte: Arizon Prid Technology (Yangzhou) CO., LTD (2014).

Para criar valor a partir de toda a informação coletada, é necessária a utilização de um *middleware* para filtrar os dados recolhidos. O *middleware* é composto por uma série de componentes de *software* que gerenciam o fluxo de informações entre os componentes de hardware de RFID (*tags*, antenas, leitores, sensores, impressoras) e os Sistemas Gerenciais (como o ERP – *Enterprise Resources Planning* e o SCM – *Supply Chain Management*).

Ilustra-se na Figura 39 o funcionamento dessa tecnologia, desde a *tag*, passando pelas antenas, leitores e *middleware* até os sistemas gerenciais. Cada item é brevemente explanado na seqüência.

Figura 39 – Funcionamento de um sistema RFID.



Fonte: Pedroso; Zwicker; Souza (2009).

Conforme a Figura 39, Pedroso, Zwicker e Souza (2009) explicam que as informações de um produto são registradas nas etiquetas para RFID (1). Essa etiqueta é fixada no produto, e as informações contidas nela são lidas pela antena (2) e pelos leitores (3), por meio de radiofrequência. A gestão das informações distribuídas ao longo da cadeia de suprimentos é realizada pelo *middleware* (4). Esse componente gerencia o fluxo de informações entre os hardwares RFID (antenas, leitores, sensores, impressoras de RFID), identifica os eventos associados a essas informações (por exemplo, uma caixa que passou por um ponto de recebimento pode registrar uma atualização de estoques) e realiza a integração com os sistemas gerenciais (5). O fluxo de informação pode ocorrer das etiquetas para os sistemas gerenciais (fluxo de leitura) e desses para as etiquetas (fluxo de gravação), possibilitando uma integração entre as informações eletrônicas e os sistemas gerenciais.

A RFID tem expandido a sua capacidade, vem sendo rapidamente absorvida (Conti, 2011) e tem se apresentado com grande aceitação, principalmente pela possibilidade de contribuir com a integração dos processos de rastreabilidade (BATOCCHIO, 2011). Entretanto, um estudo realizado por Leite et al. (2008) revelou que as maiores barreiras para o uso da tecnologia RFID são: i) o custo elevado em relação aos sistemas de código de barras; ii) o aumento no preço final dos produtos; iii) a necessidade de padronização das frequências de operação; e iv) o uso em materiais metálicos e condutivos relativos ao alcance de transmissão das antenas.

O Quadro 18 mostra uma visão geral das vantagens e desvantagens do uso dessa tecnologia, segundo a avaliação de vários autores. Este quadro mostra que a RFID apresenta-se como uma tecnologia com potencial de integração de toda uma cadeia logística, permitindo uma visibilidade ao longo do processo. Além disso, pode proporcionar uma redução de custos nas operações logísticas e oferecer uma gama de vantagens em relação ao uso do código de barras. Entretanto, a RFID caracteriza-se pelo elevado custo de implementação, diferentes padrões globais de operação, além de uma série de deficiências operacionais, especialmente sobre as interferências de comunicação entre a leitora e a etiqueta, o que pode comprometer a sua implementação em um sistema de LR.

Como se nota, ainda são muitos os desafios que permeiam a inovação tecnológica com o uso da RFID, tanto que revistas importantes como *Production and Operations Management*, *International Journal of Economics Production*, *IEEE Journal Systems* e *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, tem produzido edições especiais sobre o tema (ZHU; MUKHOPADHYAY; KURAT, 2012). No Brasil, ainda há poucas informações sobre

o uso da RFID (LEITE et al., 2008), mas algumas empresas já vêm aplicando essa tecnologia nos processos industriais (PEDROSO; ZWICKER; SOUZA, 2009).

Para finalizar esta seção, realizou-se um comparativo entre as tecnologias de código de barras e RFID de forma a serem mais visíveis os pontos em comum e os pontos divergentes, conforme mostra o Quadro 19.

Quadro 18 – Vantagens e desvantagens da tecnologia RFID.

	Descrição	Autores														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Vantagens	Apoio/reduz custos nas operações logísticas.			x						x	x		x			
	Aplicação em diversas áreas de operações.		x	x	x					x			x			
	Integra toda a cadeia logística (até fora do país).									x						
	Leitora não precisa ser direcionada para leitura do item etiquetado (linha de visão).	x	x	x	x	x				x		x	x	x	x	
	Identificação automática e simultânea de itens.		x	x		x			x		x	x	x	x	x	
	Atinge distâncias de leitura de vários metros.		x													
	Visibilidade ao longo da cadeia de suprimentos.		x			x				x	x		x			
	Etiquetas podem conter mais informações do que uma simples identificação.		x	x									x	x		x
	Capacidade de gravação/regravação de dados.		x	x	x	x				x						
	Precisão e velocidade na identificação de itens.		x			x			x	x	x	x	x			x
	Durabilidade das etiquetas.			x	x	x				x					x	
	Reciclagem inteligente de produtos.					x										
	Vários tipos e formatos.		x	x	x				x							
	Limita as possibilidades de erro humano.			x							x					x
	Reduz mão de obra em função da automação.									x	x					
Suporta ambientes agressivos, com presença de gelo, fogo, gordura, ruído e temperaturas.				x								x				
Aplica-se na responsabilidade compartilhada.				x											x	
Desvantagens	Custo elevado da tecnologia.		x	x	x	x		x	x	x	x	x	x			
	Campos eletromagnéticos de outros equipamentos interferem na comunicação entre leitor e etiqueta.	x	x		x		x		x	x						
	Condições ambientais, metais e líquidos interferem na comunicação entre leitor/etiqueta.	x	x			x					x					
	Vários regulamentos/padrões mundiais RFID.	x	x				x	x		x			x			
	Ainda não existe integração entre os fabricantes.	x														
	Frequência de operação pode interferir com outros serviços que usam radiofrequência.		x		x									x		
	Diferentes frequências de operação.				x	x										
	Operação de vários leitores no mesmo ambiente provoca interferências entre esses leitores.						x				x		x			
	Necessidade de TI (Tecnologia da Informação).	x								x	x		x			x
	Invasão da privacidade em razão da monitoração das etiquetas fixadas nos produtos.		x	x	x	x		x		x			x			
	Tecnologia com elevado grau de obsolescência.												x			
	Implicação global requer estudos transnacionais.									x						
	Resistência à cooperação entre as diferentes camadas da cadeia de suprimentos.									x						
	Vulnerável a riscos de segurança (facilidade de acesso às tags ou banco de dados).									x						

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em: 1-Banzato (2005); 2-Bhuptani; Moradpour (2005); 3-Want (2006); 4-Santini (2008); 5-Leite et al. (2008); 6-Marques et al. (2009); 7-Rei (2010); 8-Ahsan; Shah; Kingston (2010); 9-Park; Koh; Nam (2010); 10-Sequeira (2010); 11-Conti (2011); 12-Zhu; Mukhopadhyay; Kurata (2012); 13-Ramanathan; Bentley; Ko (2012). 14-Bachu; Saram; Kumas (2013); 15-Xavier; Corrêa (2013).

Quadro 19 – Comparativo das tecnologias do código de barras e RFID.

Características	Código de barras	RFID
Formatos	Etiquetas	Variados
Exige contato visual (linha de visão)	Sim	Não
Tempo de vida útil	Baixo	Alto
Possibilidade de escrita e reescrita	Não	Sim
Leitura simultânea de itens	Não	Sim
Funções adicionais	Não	Sim
Capacidade de armazenagem de dados	Baixa	Alta
Resistência mecânica	Baixa	Alta
Segurança	Baixa	Alta
Custo de implementação	Baixo	Alto
Custo de manutenção	Baixo	Alto
Pode ser reutilizado	Não	Sim

Fonte: Adaptado de Sequeira (2010).

Percebe-se que a tecnologia RFID supera o Código de Barras em quase todos os parâmetros. Entretanto, as vantagens do código de barras sobre a RFID são o menor custo inicial de implementação e de manutenção (SEQUEIRA, 2010).

4 RESULTADOS DA PESQUISA

Este capítulo aborda os resultados da Revisão Sistemática da Literatura introduzindo as questões de pesquisa propostas. Em razão da escassa bibliografia sobre o tema, torna-se evidente apresentar na Seção 4.1 o histórico, o panorama e as perspectivas, global e brasileira, para a melhoria do desempenho da gestão de RSU e REEE no contexto da sustentabilidade ambiental. Já a Seção 4.2 identifica boas práticas internacionais em GRS e gestão de REEE (países *benchmarking*), além de sugerir melhorias para o desempenho da gestão de REEE no Brasil. A relevância da Seção 4.2 está fundamentada na necessidade de indicar elementos para o gerenciamento eficaz de REEE a longo prazo. A Seção 4.3, por sua vez, apresenta boas práticas do uso das tecnologias de identificação de produtos na LR dos REEE da linha verde no Brasil. A literatura tem sugerido a adoção da RFID nos sistemas de LR dos resíduos sólidos, especialmente dos REEE, mas há poucos estudos sobre as suas práticas no contexto da sustentabilidade ambiental.

4.1 GESTÃO DE RSU E REEE: HISTÓRICO, PANORAMA E PERSPECTIVAS

Esta seção visa responder à primeira pergunta de pesquisa: *qual o histórico, o panorama e as perspectivas, global e brasileira, para a melhoria do desempenho da gestão de RSU e REEE, no contexto da sustentabilidade ambiental?*

Para tanto, apresenta-se, de forma esquematizada e sintetizada, entre as páginas 100 e 105: uma visão do status e tendências mundiais do consumo dos recursos naturais úteis na fabricação de EEE; uma visão do *status* e tendências globais do aumento populacional, geração de RSU e de REEE; uma visão da evolução dos fatos e regulamentos para a sustentabilidade ambiental, e do status e perspectivas para a melhoria da GRS no mundo; uma visão do *status* e tendências das vendas de EEE, consumo dos recursos úteis na sua fabricação, PIB, população e geração dos RSU e REEE no Brasil; e, por fim, uma visão da evolução, *status*, desafios, entraves e perspectivas para a melhoria do desempenho da gestão de REEE no Brasil.

A Figura 40 (a) mostra, para o período de 1990 a 2009, a evolução global: do PIB; da extração de recursos naturais; da geração de RSU (incluído os REEE); da população; da produtividade de recursos naturais; e a involução da intensidade do uso de recursos naturais. As Figuras 40 (b), (c), (d), (e), (f) e (g), por sua vez, representam ramificações da Figura 40 (a). Elas mostram, de forma sintetizada, questões relevantes acerca da evolução da extração

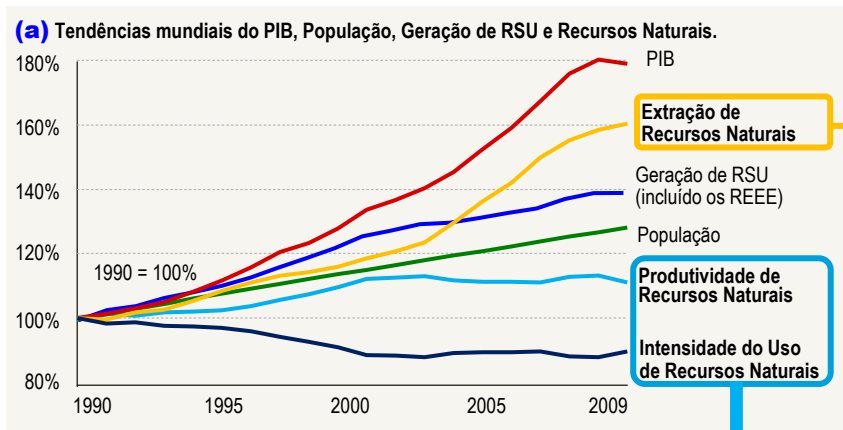
de recursos naturais úteis na fabricação dos EEE, produtividade e da involução da intensidade do uso de recursos naturais.

A Figura 41 (a) mostra, para o período de 1990 a 2009, a evolução global: do PIB; da extração de recursos naturais; da geração de RSU (incluído os REEE); da população; da produtividade de recursos naturais; e a involução da intensidade do uso de recursos naturais. As Figuras 41 (b), (c), (d), (e), (f) e (g), por sua vez, representam ramificações da Figura 41 (a). Elas mostram, de forma sintetizada, questões relevantes acerca da evolução global população e da geração de RSU e REEE.

A Figura 42 (a) mostra, para o período de 2004 a 2015, a evolução global dos fatos e regulamentos para a melhoria da sustentabilidade ambiental. Como resultado dessas iniciativas, a abordagem da GRS ganhou forma, evoluiu ao longo das últimas décadas, especialmente nos países desenvolvidos, e há planos para o seu aprimoramento, conforme pode ser visto na Figura 42 (b). Dentre os planos de aprimoramento da GRS, destacam-se: a Agenda 2030 da ONU, que estabeleceu metas para a melhoria da GRS (inclusive os REEE) (Figura 42c); e a busca da transição da economia linear para a economia circular (Figura 42d).

A Figura 43 (a) mostra, para o período de 2000 a 2008, a evolução brasileira: do PIB; do consumo de recursos naturais; da geração de RSU (incluído os REEE), e da população. As Figuras 43 (b), (c), (d) e (e), por sua vez, representam ramificações da Figura 43 (a). Elas mostram, de forma sintetizada, questões relevantes acerca da evolução no Brasil: do consumo de recursos naturais e do PIB (Figura 43b); das venda de EEE (Figura 43c), e da geração de RSU (Figura 43d) e REEE (Figura 43e).

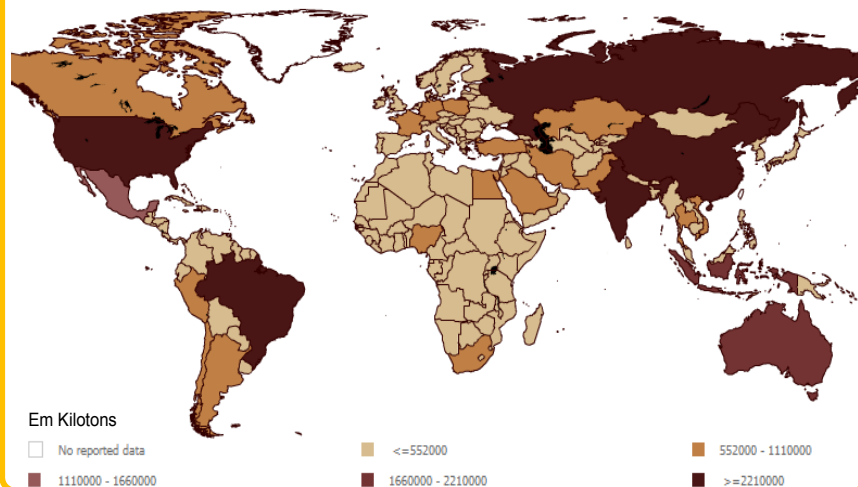
Por fim, a Figura 44 mostra uma visão esquemática da evolução, *status*, desafios, entraves e perspectivas para a melhoria do desempenho da gestão de REEE no Brasil.



(g) Entre 1990 e 2009, a Produtividade de Recursos Naturais (indicador que avalia o valor econômico gerado por tonelada de recurso natural utilizado) cresceu 11%, ao passo que a Intensidade de Uso de Recursos Naturais (indicador que avalia os recursos naturais necessários para produzir uma unidade de PIB) teve queda de 13% para o mesmo período.

(f) Status da extração de recursos naturais – por região.
O Brasil é um dos maiores extratores de recursos naturais do mundo, como pode ser visto na Figura D. Nele, quanto mais saturada é a cor da região, maior é a quantidade de recursos naturais extraídos.

Figura (f) – Extração de recursos naturais – por região.



(b) A extração de recursos naturais.

Os recursos naturais são constituídos por minérios metálicos e não-metálicos, energia fóssil e biomassa. Entre 1990 e 2009, a extração desses recursos aumentou em 60%, e continuará a crescer. Em 1980 foram extraídos 40 bilhões de toneladas de recursos naturais, e em 2020 chegará a 82 bilhões. O aumento da extração dos recursos naturais segue uma Taxa de Crescimento Anual (TAC) em torno de 1,8%.

(c) Recursos naturais úteis para a fabricação dos EEE.

Os recursos naturais são utilizados na produção dos EEE que, por sua vez, são compostos principalmente por plásticos e metais (em torno de 80%). A Figura (c) mostra a composição típica dos REEE.

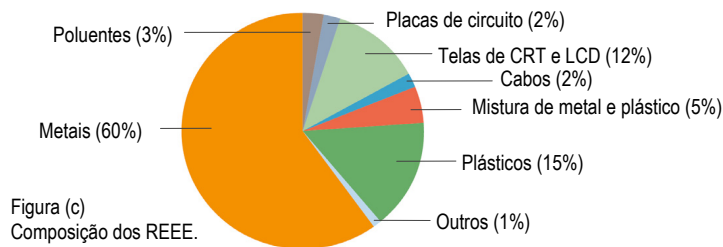
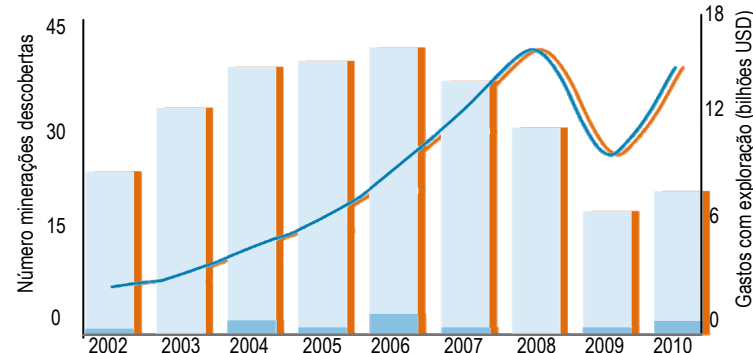


Figura (c) Composição dos REEE.

(d) A queda no descobrimento das reservas naturais e o aumento dos gastos para a sua exploração.

As minerações constituem as principais fontes de fornecimento de metais para a produção dos EEE, pois os metais provenientes das atividades de reciclagem estão disponíveis em quantidades limitadas. Com efeito, o número de minerações descobertas está diminuindo, e os gastos para a sua exploração está aumentando (Figura d).

Figura (d) - Descobrimto de minerações versus gastos com a sua exploração.



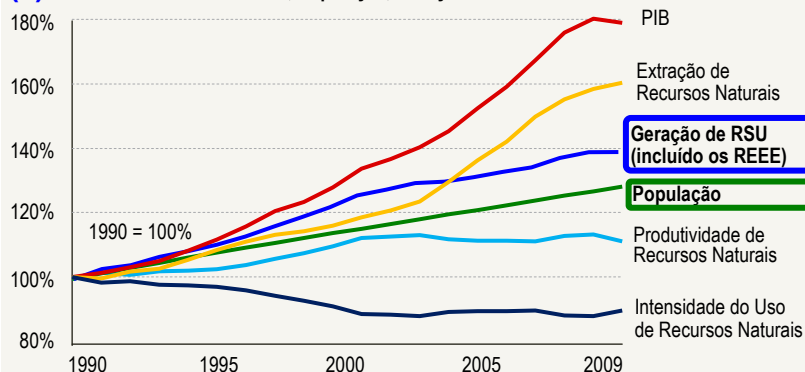
(e) Status das reservas naturais úteis para a fabricação dos EEE. Os recursos naturais possuem reservas limitadas. Em função do sistema econômico linear adotado desde a revolução industrial, já há sinais de escassez dos metais úteis na fabricação dos EEE. Por essa razão, alguns metais estão ficando cada vez mais valorizados.

Metais úteis na fabricação dos EEE e a situação atual das reservas naturais.

Tipo de metal	Preço (US\$/kg)	Aplicação nos EEE	Produção mundial (ton/ano)	Demanda por EEE (ton/ano)	Relação Demanda/produção	Reserva mundial (ton)	Duração reserva mundial
Prata	\$ 649	Placas de circuito	20.000	6.000	30%	400.000	20 anos
Ouro	\$ 39.443	Circuito integrado	2.500	300	12%	47.000	19 anos
Bismuto	\$ 20	Placas de circuito	5.600	900	16%	320.000	57 anos
Cobalto	\$ 45	Bateria	58.000	11.000	19%	6,6 milhões	113 anos
Cobre	\$ 8	Condutor	15 milhões	4,5 milhões	30%	540 milhões	36 anos
Paládio	\$ 16.948	Placas de circuito	230	33	14%	SI	SI
Antimônio	\$ 9	Retardante de chama	130.000	65.000	50%	2,1 milhões	16 anos
Estanho	\$ 20	Solda	275.000	90.000	33%	5,6 milhões	20 anos
Índio	\$ 566	Telas de LCD	480	380	79%	6.240	13 anos
Platina	\$ 51.811	Placas de circuito	188	7	4%	SI	SI
Rutênio	\$ 5.069	Placas de circuito	29	21	72%	SI	SI

Figura 41 – Visão esquemática do status e tendências do aumento populacional e geração de RSU e REEE – mundo.

(a) Tendências mundiais do PIB, População, Geração de RSU e Recursos Naturais.



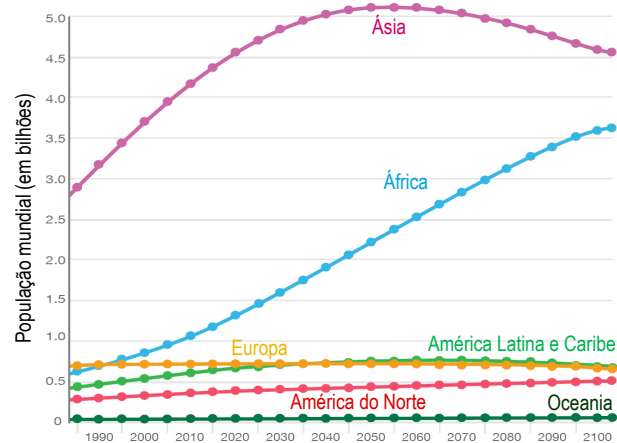
(b) Status e tendência mundial da população

Em 1650, a população mundial teve um tempo de duplicação de 240 anos. Em 1900, a duplicação ocorreu em apenas 100 anos. Em 1970, havia menos de 4 bilhões de habitantes no mundo, hoje existem mais de 6 bilhões.

A tendência geral é um aumento inicial, seguido por um processo de nivelamento e, em seguida, uma estabilização ou queda. Nessa perspectiva, estima-se que o continente asiático chegue a sua população pico em 2050, enquanto que a população africana continuará a crescer até 2100 (Figura b).

O crescimento da população reflete no aumento do consumo dos EEE e, por conseguinte, no aumento da geração dos RSU e dos REEE.

Figura b – Evolução da população mundial – 1990 – 2100.



(d) Detalhamento e projeções regionais da população e geração dos RSU (incluindo os REEE).

Igualmente à população, a geração de RSU continuará a crescer no mundo. Conforme mostra a Tabela A, os países desenvolvidos membros da OECD geram quase metade dos RSU do planeta (44%), enquanto que as regiões da África produzem menos RSU (5%). Os países em desenvolvimento tendem a aumentar rapidamente a taxa de geração de RSU em um futuro próximo, enquanto que essa taxa tende a ser reduzida nos países da OECD. A motivação para essa redução resulta-se do engajamento da OECD nas ações para a Gestão de Resíduos Sólidos (GRS), que são adotadas desde a década de 80.

População, geração diária de RSU e projeções para 2025 – por regiões.

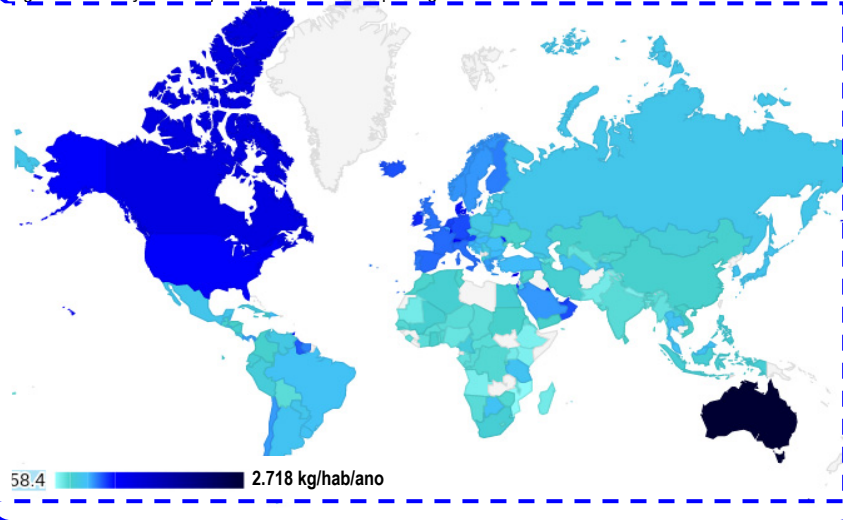
Regiões	Dados Disponíveis (ano base-2012)					Projeções para 2025				
	Total População Urbana (milhões)	Geração RSU (incluído o REEE)		Taxa coleta de RSU	População		Geração RSU (incluído o REEE)			
		Per capita (kg/hab/dia)	Total (ton/dia)		Total (milhões)	Total Urbana (milhões)	Per Capita (kg/hab/dia)	Total (ton/dia)		
OECD	729	2,2	1.566.286	44%	98%	1.031	842	2,1	1.742.417	29%
EAP	777	0,95	738.958	21%	73%	2.124	1.229	1,5	1.865.379	31%
LCR	399	1,1	437.545	12%	77%	681	466	1,6	728.392	12%
ECA	227	1,1	254.389	7,2%	78%	339	239	1,5	354.810	6%
SAR	426	0,45	192.410	5,5%	65%	1.938	734	0,77	567.545	9,5%
MENA	162	1,1	173.545	5%	85%	379	257	1,43	369.320	6%
AFR	260	0,65	169.119	5%	46%	1.152	518	0,85	441.840	7%
Total	2.980	7,55	3.532.252	100%	-	7.644	4.285	11,17	6.069.703	100%

Região: OECD – Países desenvolvidos membros da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. EAP – Leste da Ásia e Pacífico. LCR – América Latina e Caribe. ECA – Europa e Ásia Central. SAR – Sul da Ásia. MENA – Oriente Médio e África do Norte. AFR – Regiões da África.

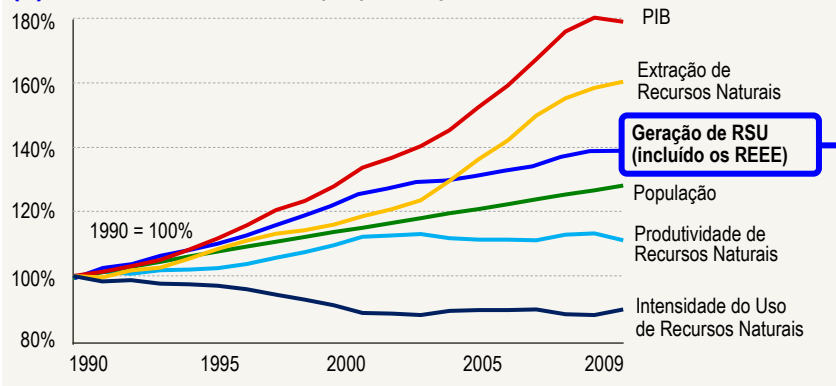
(c) Status regional da quantidade de RSU gerados (incluindo os REEE) – kg/hab/ano

Os países desenvolvidos (membros da OECD) consomem cerca de 80% dos recursos naturais do planeta. Com efeito, eles são os maiores geradores de RSU, como pode ser visto na Figura C. Nele, quanto mais saturada é a cor da região, maior é a geração anual *per capita* dos RSU.

Figura c – Geração anual *per capita* dos RSU – por região.



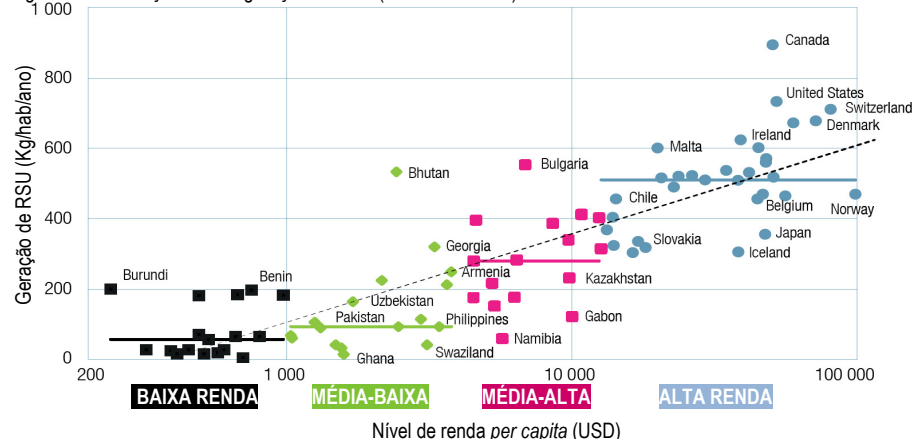
(a) Tendências mundiais do PIB, População, Geração de RSU e Recursos Naturais.



(e) Correlação entre a geração de RSU (incluído o REEE) e os níveis de renda.

As taxas de geração de RSU são influenciadas pelo desenvolvimento econômico, grau de industrialização, hábitos sociais, e clima local. Quanto maior o nível de renda, maior o volume de RSU gerado. Essas variáveis são altamente correlacionadas. A Figura E mostra a relação entre RSU gerado e os níveis de renda para 82 países. A correlação é forte e positiva para as taxas de geração nos países desenvolvidos (alta renda), sendo seis vezes maior do que nos países subdesenvolvidos (baixa renda).

Figura e – Correlação entre a geração de RSU (incluído o REEE) e o nível de renda.



(f) Status mundial e regional de geração dos REEE.

Em 2009 foram gerados 32,3 milhões toneladas de REEE em todo o mundo, e em 2015, cerca de 44,1 milhões, resultando em um aumento de 36% no período. A geração de REEE cresce a uma taxa anual em torno de 5% em todo o mundo, e não há sinais de redução. Na Tabela abaixo pode ser visto a geração de REEE por região, bem como a quantidade de REEE vendidos. Ver Apêndice B e C do presente trabalho.

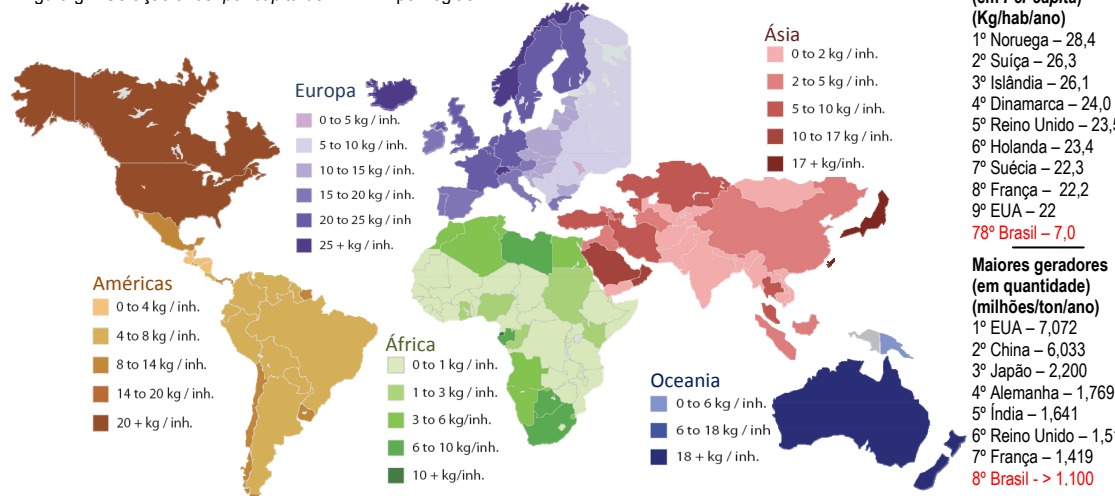
Geração de REEE (em milhões de toneladas e *per capita*), e vendas de REEE (em bilhões de unidades) em todas as regiões do mundo – 2009 – 2017.

Continentes	Região	Anos									
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
África	África Oriental	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	
	África Central	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	
	Norte da África	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	
	África do Sul	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	
	África Ocidental	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	
Américas	Caribe	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
	América Central	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,3	
	América do Norte	6,8	7,0	7,3	7,5	7,6	7,8	7,9	8,1	8,3	
	América do Sul	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6	2,7	2,9	3,0	3,2	
Ásia	Ásia Central	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	
	Ásia Oriental	6,4	6,9	7,5	8,2	8,9	9,6	10,4	11,2	11,9	
	Ásia Sul-Oriental	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	2	2,1	2,2	
	Sul da Ásia	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	3	3,2	3,4	
	Ásia Ocidental	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	
Europa	Europa Oriental	2,0	2,2	2,3	2,4	2,5	2,7	2,8	2,9	3,0	
	Norte da Europa	2,1	2,1	2,2	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	
	Sul da Europa	2,3	2,4	2,5	2,6	2,6	2,6	2,7	2,7	2,7	
	Europa Ocidental	3,8	3,9	4,0	4,1	4,1	4,2	4,2	4,3	4,4	
Oceania	Todas as regiões	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	
Total REEE - mundo (milhões de toneladas)		32,3	34,2	36,1	38,1	40,1	42	44,1	46,1	48,2	
Total REEE - mundo <i>per capita</i> (kg/hab/ano)		-	5,0	5,2	5,4	5,7	5,9	6,1	6,3	6,5	
Vendas de REEE - mundo (bilhões de unidades)		3	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	-	-	

(g) Detalhamento da geração dos REEE no mundo - *per capita* (kg/hab/ano) – 2014.

Os países desenvolvidos são os maiores geradores *per capita* de REEE do planeta, como pode ser visto na Figura F. No mapa, quanto mais saturada é a cor da região, maior é a geração anual *per capita* dos REEE. O Brasil é o 78º maior gerador *per capita* anual de REEE, e o 8º maior gerador de REEE em termos de quantidade. Para mais detalhes, ver Apêndice B e C do presente trabalho.

Figura g – Geração anual *per capita* de REEE – por região.



Maiores geradores (em *Per capita*) (Kg/hab/ano)

- 1º Noruega – 28,4
- 2º Suíça – 26,3
- 3º Islândia – 26,1
- 4º Dinamarca – 24,0
- 5º Reino Unido – 23,5
- 6º Holanda – 23,4
- 7º Suécia – 22,3
- 8º França – 22,2
- 9º EUA – 22
- 78º Brasil – 7,0**

Maiores geradores (em quantidade) (milhões/ton/ano)

- 1º EUA – 7,072
- 2º China – 6,033
- 3º Japão – 2,200
- 4º Alemanha – 1,769
- 5º Índia – 1,641
- 6º Reino Unido – 1,511
- 7º França – 1,419
- 8º Brasil – 1,100**

Figura 42 – Visão esquemática da evolução dos fatos e regulamentos para a sustentabilidade ambiental, *status* e perspectivas para a melhoria da GRS – mundo.

(a) Evolução global dos fatos e regulamentos para a sustentabilidade ambiental (inclusive para a GRS). Apesar dos problemas ambientais da atualidade, fatos importantes marcaram a história no que diz respeito à contribuição para a evolução da sustentabilidade ambiental no planeta. Alguns fatos podem ser vistos na Seção 3.1.3 e no Anexo B do presente trabalho. Somando a isso, os regulamentos para a gestão de resíduos têm evoluído ao longo da última década no mundo (Figura a1), destacando-se a Europa e a Ásia Central (Figura a2) como as regiões que mais elaboraram regulamentos.

Figura a1 – Regulamentos globais para a sustentabilidade ambiental - por assunto – 2004 a 2015.

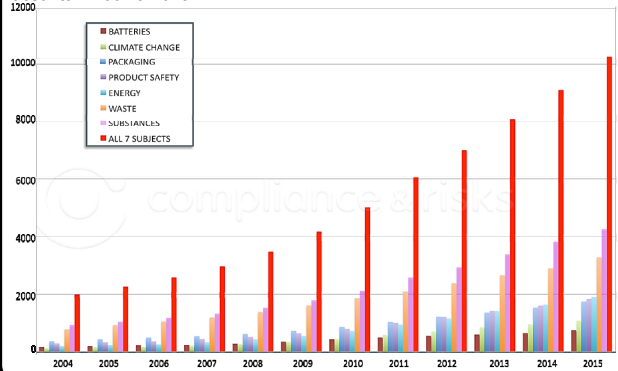
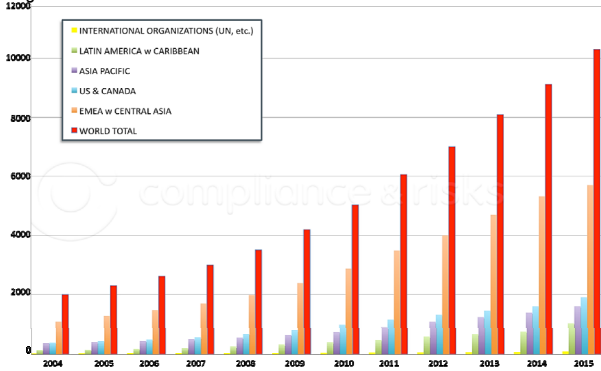


Figura a2 – Regulamentos globais para a sustentabilidade ambiental - por região – 2004 a 2015.



(b) Histórico, *status* e potencial de evolução da GRS (incluído os REEE) no mundo.

Como resultado das iniciativas globais para proteger o planeta da degradação ambiental, a abordagem da GRS ganhou forma, evoluiu ao longo das últimas décadas, especialmente nos países desenvolvidos, e há planos para o seu aprimoramento (Figura b). Mais detalhes podem ser vistos na Seção 3.1.3 do presente trabalho.

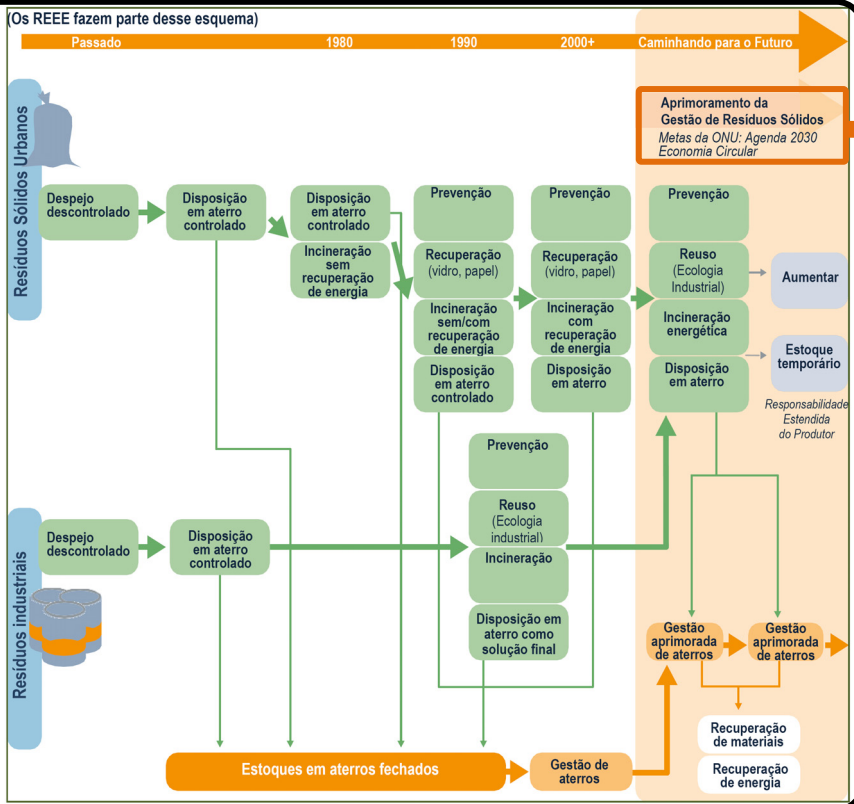


Figura b – Visão esquemática do histórico, *status* e potencial de evolução da gestão de resíduos sólidos no mundo, especialmente nos países desenvolvidos.

(c) Metas da ONU para a melhoria da GRS (inclusive os REEE): Agenda 2030.

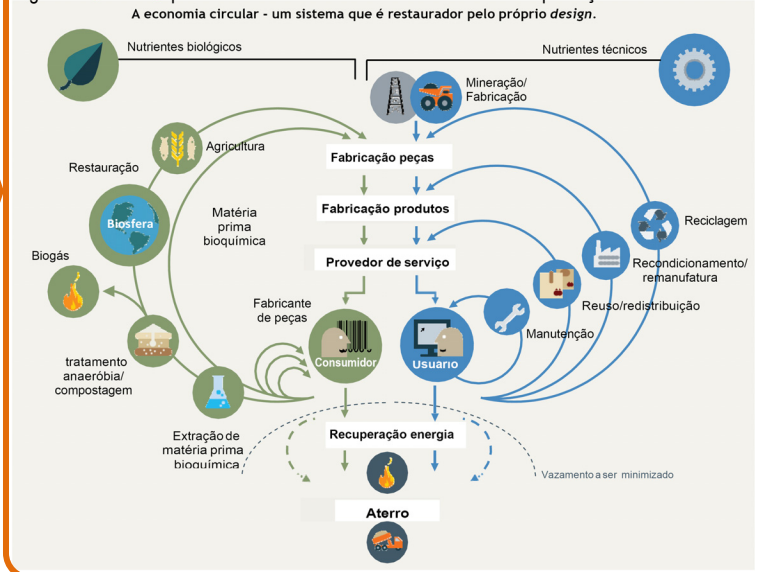
Em 2015, a ONU concluiu a Agenda 2030, um plano de ação que propõe 17 objetivos para o desenvolvimento sustentável com suas 169 metas, inclusive para a melhoria da GRS. Por meio do MRE, o Brasil se comprometeu em atingir as metas da Agenda 2030, o que poderá contribuir para a implementação da LR dos REEE. O Quadro abaixo mostra algumas metas da Agenda 2030. Mais detalhes podem ser vistos na Seção 3.1.3 do presente trabalho.

Metas da ONU (Agenda 2030) para a melhoria da GRS.

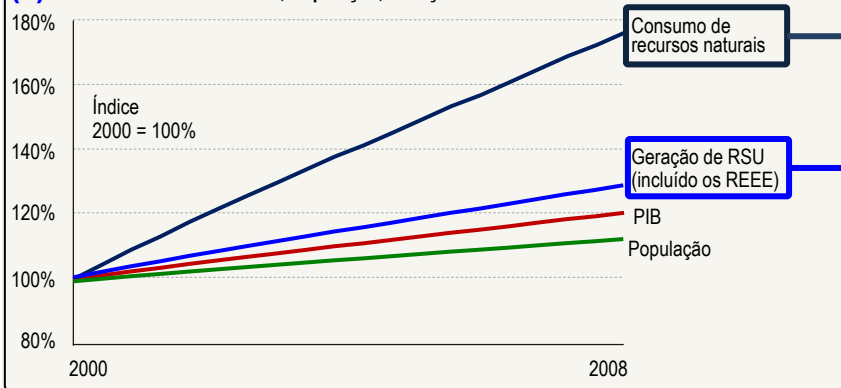
- Até 2020, garantir o acesso de todos aos serviços de coleta de resíduos sólidos;
- Até 2030, reduzir o impacto ambiental dos resíduos sólidos urbanos;
- Até 2020, eliminar o despejo descontrolado e queima a céu aberto;
- Até 2030, alcançar o manejo adequado dos resíduos ao longo do seu ciclo de vida;
- Até 2030, assegurar a gestão sustentável de todos os resíduos;
- Até 2030, reduzir a geração de resíduos por meio da prevenção, reciclagem e reúso;
- Até 2030, criar empregos verdes por meio da Economia Circular;
- Até 2030, reduzir a geração de resíduos na fonte por meio da prevenção de resíduos;
- Até 2030, modernizar as indústrias para torná-las sustentáveis;
- Até 2020, eliminar despejos descontrolados e queima a céu aberto;
- Até 2020, assegurar a conservação, recuperação e uso sustentável de ecossistemas;
- Até 2030, assegurar uma gestão ambientalmente correta de todos os resíduos;
- Até 2030, expandir a infraestrutura e modernizar a tecnologia para o fornecimento de serviços de energia sustentável para todos os países em desenvolvimento.

(d) Economia Circular. No mundo prevalece a Economia Linear de produção, em que os produtos são fabricados, vendidos, usados e descartados como resíduos. Na Economia Circular, os produtos são reutilizados extraído o máximo de valor antes que sejam destinados para a disposição final. Os países membros da OECD e UE estabeleceram um plano de ação para implementar a Economia Circular, com visão de longo prazo (2030). A Figura d mostra um sistema baseado na Economia Circular. Mais detalhes podem ser vistos na Seção 3.1.3.

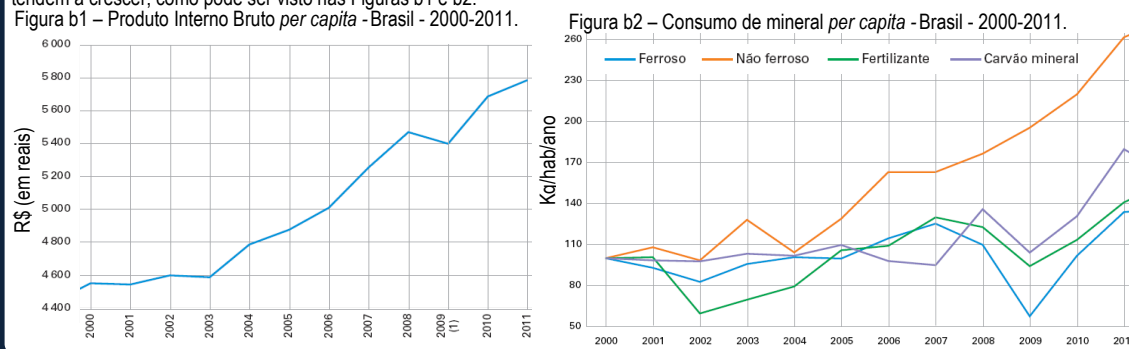
Figura d – Visão esquemática de um modelo econômico circular de produção.



(a) Tendência brasileira do PIB, População, Geração de RSU e Recursos Naturais.



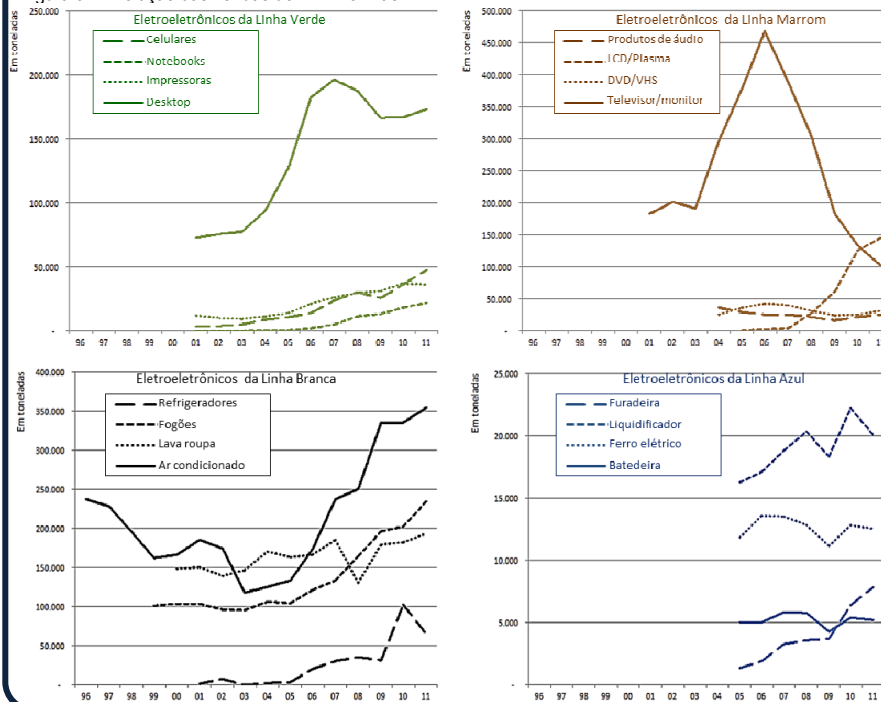
(b) Evolução do PIB e do consumo de recursos naturais no Brasil. O PIB e o consumo de recursos naturais úteis na fabricação dos EEE tendem a crescer, como pode ser visto nas Figuras b1 e b2.



(c) Evolução das vendas dos EEE no Brasil.

O aumento do consumo dos recursos naturais pode ter relação com as vendas dos EEE. Cresce a cada ano o percentual eletrônico presente nos produtos finais e em toda a cadeia produtiva do país. Entre 2003 e 2010, o setor teve um crescimento de 110% no faturamento. Ou seja, ele mais que dobrou suas vendas nesse período. A Figura c mostra a evolução das vendas dos EEE no Brasil para todas as linhas.

Figura c – Evolução das vendas de EEE no Brasil.



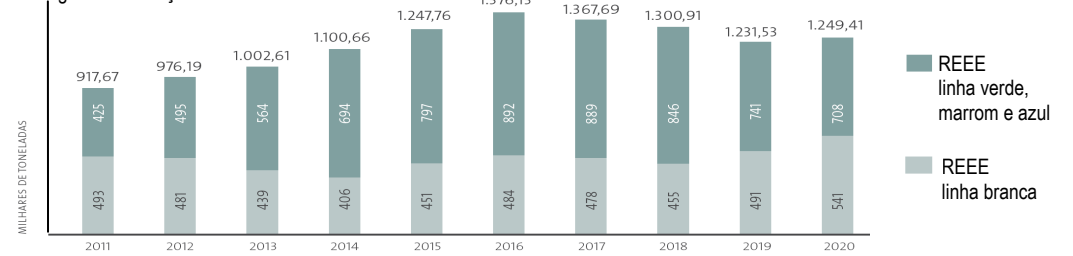
(d) Geração e destinação final dos RSU (incluindo os REEE). Conforme Tabela A, de 2000 a 2008, a quantidade de RSU (incluindo os REEE) coletados e/ou recebidos aumentou em 11,63%, e a sua geração *per capita* cresceu 23,53%. Além disso, mais de 94% dos RSU gerados no Brasil, em massa, são destinados para a disposição final em aterros sanitários, aterros controlados e vazadouros a céu aberto (lixões), sendo os 6% restantes distribuídos entre unidades de compostagem, triagem, reciclagem e incineração, vazadouros, locais não fixos e outros destinos.

Geração e quantidade de RSU coletados (ton/dia), por Unidade de destinação dos resíduos sólidos – Brasil – 2000 e 2008.

Ano	2000				2008			
	Geração per capita de RSU				Geração per capita de RSU			
Disposição dos RSU	1,02 kg/hab/dia		1,26 kg/hab/dia		1,02 kg/hab/dia		1,26 kg/hab/dia	
	Ton/dia	%	% acum	Unidades de destinação	Ton/dia	%	% acum	Unidades de destinação
Aterro sanitário	82.640,3	36,18	36,18	1.452	167.636	64,59	64,59	1.540
Aterro controlado	84.575,5	37,03	73,21	1.868	40.695	15,68	80,27	1.254
Vazadouro a céu aberto (lixão)	48.321,7	21,16	94,36	5.993	45.710	17,61	97,88	2.810
Unidade de compostagem	6.549,7	2,87	97,23	260	1.635	0,63	98,51	211
Unidade de triagem e reciclagem	2.265,0	0,99	98,22	596	3.122	1,20	99,71	643
Unidade de incineração	1.031,8	0,45	98,67	325	67	0,03	99,74	34
Vazadouro em áreas alagáveis	232,6	0,10	98,77	63	46	0,02	99,75	14
Locais não fixos	1.230,2	0,54	99,31	-	-	-	99,75	-
Outra unidade	1.566,2	0,69	100	-	636	0,25	100	134
Total	228.413	100	-	10.557	259.547	100	-	6.640

(e) Evolução e tendências da geração de REEE no Brasil. Em 2011, o Brasil gerou 917,67 mil toneladas de REEE e, em 2020, poderá gerar 1.249,41milhar (Figura e). Além disso, o Brasil é o oitavo maior gerador de REEE do planeta.

Figura e – Geração de REEE no Brasil – 2011 a 2020.



Passado	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Futuro
<p>Projeto de Lei Federal nº 203/1991</p> <p>Legislações sobre REEE</p> <p>Existência de diversas leis estaduais e municipais sobre REEE. (Ver Apêndice A)</p>	<p>Lei Federal nº 12.305/2010 (Institui a PNRS)</p> <p>Decreto Federal nº 7.404/2010 (Regulamenta a PNRS) (Cria o Comitê Orientador para LR) (Cria o comitê Interministerial)</p> <p>Decreto Federal nº 7.405/2010 Institui o programa Pró-Catador de materiais recicláveis e reutilizáveis.</p>	<p>Projeto de Lei Federal nº 2.045/2011 Dispõe sobre a coleta e a destinação ambientalmente adequada dos REEE.</p> <p>Decreto Federal nº 7.619/2011 Regulamenta a concessão de crédito presumido do Imposto sobre Produtos Industrializados - IPI na aquisição de resíduos sólidos.</p> <p>Grupo Técnico Temático - GTT04 Objetiva promover discussão acerca de modelos de LR para o setor de Eletroeletrônicos.</p> <p>Grupo de Trabalho – GT01 Objetiva implementar e acompanhar os Planos de Resíduos Sólidos e elaboração do SINIR.</p> <p>Grupo de Trabalho – GT02 Objetiva estudar questões relacionadas à recuperação energética dos RSU.</p> <p>Grupo de Trabalho – GT03 Objetiva estudar questões relacionadas à promoção de medidas visando a desoneração tributária de produtos recicláveis e reutilizáveis.</p> <p>Grupo de Trabalho – GT05 Objetiva estudar questões relacionadas à educação ambiental.</p> <p>Estudos sobre viabilidade da implantação da LR para os REEE A <i>Inventta</i> realizou estudos de viabilidade técnica e econômica da implantação da LR no setor de Eletroeletrônicos. O trabalho iniciou em 2011 e findou em 2012.</p> <p>Diagnóstico do panorama dos resíduos sólidos objetos de LR Pesquisadores do IPEA realizaram diagnósticos com propósito de traçar o panorama dos resíduos sólidos objetos de LR nos termos da PNRS.</p> <p>Análise do descarte dos REEE Em abril de 2011, a <i>Global Intelligence Alliance</i> preparou um relatório para a Abinee/Eletros intitulado <i>Análise do descarte dos REEE</i>.</p>	<p>Projeto de Lei Federal nº 3.472/2012 Toma obrigatória a utilização de materiais reciclados nos EEE.</p> <p>Elaboração do Plano Nacional de Resíduos Sólidos Publicação, pelo MMA, de uma versão preliminar do Plano Nacional de Resíduos Sólidos.</p> <p>Elaboração de planos de resíduos sólidos estaduais e municipais Início da elaboração desses planos em todo o Brasil.</p> <p>Elaboração de planos de resíduos sólidos estaduais e municipais Início da elaboração desses planos em todo o Brasil.</p> <p>Diagnóstico dos instrumentos econômicos e educação ambiental Pesquisadores do IPEA estudaram os instrumentos econômicos aplicados no Brasil e na UE, além de um diagnóstico de educação ambiental.</p> <p>Criação da SINIR Ferramenta eletrônica que coletar, sistematiza e disponibiliza informações sobre as atividades realizadas para implementar a PNRS.</p>	<p>Edital nº 01/2013 do MMA Chamamento para a Elaboração de Acordo Setorial para a Implantação de Sistema de LR de EEE e seus Componentes.</p> <p>ABNT/NBR 16.156:2013 Estabelece requisitos para proteção ao meio ambiente e para o controle dos riscos de segurança e saúde no trabalho na atividade de manufatura reversa dos REEE.</p> <p>Criação da Plataforma Educare O MMA lançou a plataforma intitulada Estratégia Nacional de Educação Ambiental para a Gestão de Resíduos Sólidos (Educare). O objetivo é divulgar boas práticas em gestão de resíduos sólidos.</p>	<p>Acordo Setorial Setor de Eletroeletrônicos apresenta ao MDIC as propostas para assinatura do Acordo Setorial. Há discussão dos entraves para implantação nacional dos sistemas de LR para os REEE. Acordo não assinado.</p> <p>Criação do Projeto JICA Acordo firmado entre Brasil e Japão com objetivo de promover a execução da LR dos REEE no Brasil, com destaque da implementação de um projeto piloto de LR para os REEE no Estado de São Paulo. Duração: set/2014-set/2017. http://reee.jica.eco.br/</p>	<p>Projeto de Lei Federal nº 2.940/2015 Institui normas para o gerenciamento e destinação dos REEE.</p> <p>Projeto de Lei Federal nº 2.426/2015 Dispõe sobre diretrizes para a instituição do Programa de Coleta Seletiva Contínua de REEE.</p> <p>Projeto de Lei Federal nº 3.732/2015 Obriga os fornecedores de EEE e seus componentes a oferecer descontos aos consumidores que restituírem produtos similares usados.</p> <p>Gestora de LR para os REEE Em 2015, a Abinee lança a Gestora de LR do setor de Eletroeletrônicos com objetivo de contribuir nas negociações do acordo setorial, na integração da LR à política industrial, e na promoção da economia circular.</p> <p>Agenda 2030 e Economia Circular O Brasil assume o compromisso em cumprir a Agenda 2030, que possui metas até 2030 para a melhoria do desempenho da GRS.</p> <p>Acordo Setorial</p> <p>Atividades dos Projetos JICA, AMBIENTRONIC e REMATRONIC.</p> <p>Atividades dos Grupos: GT01, GT02, GT03, GT05 e GTT04.</p>	
<p>DESAFIOS E ENTRAVES PARA A MELHORIA DO DESEMPENHO DOS SISTEMAS DE LR PARA O SETOR DE ELETROELETRÔNICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desconhecimento da natureza dos REEE e ausência de cultura de separação; - Contaminação dos resíduos comuns com os perigosos e aumento de novos materiais e substâncias; - Criação de entidade gestora com sistema de governança em LR dos REEE; - Falta de empresas para reciclagem dos REEE tecnicamente e legalmente adequadas; - Complexidade de reciclagem de alguns REEE em função do seu tamanho e tecnologia; - Inclusão das cooperativas de catadores de REEE, envolvendo a resolução de questões estruturais e de capacitação de recursos humanos; - Existência de leis sobre REEE divergentes nos estados e municípios; - Inexistência de uma norma unificada para o manuseio, transporte e armazenamento dos REEE; - Inexistência de uma política fiscal simplificada e não tributada para a movimentação dos REEE; - Criação de documento auto declaratório de transporte dos REEE, com descrição da natureza e origem da carga, dispensando outros documentos; - Dificuldades de transporte de REEE em algumas regiões do Brasil; - Reconhecimento da não periculosidade dos REEE enquanto não haja alteração das suas características físico-químicas. - Necessidade ou não de licenciamento dos postos/centros de recebimento e homologação do contentor diante da indefinição da periculosidade dos REEE; - Criação de norma legal que discipline a renúncia da titularidade do REEE descartado; - Envolvimento vinculante de todos os atores do ciclo de vida dos EEE não signatários do acordo setorial; - Viabilizar a implementação de um mecanismo transparente de financiamento do sistema de LR, com base em uma taxa visível (<i>visible fee</i>), ou ecovalor, que seria pago pelo consumidor no momento da compra de um novo EEE, destacado na nota fiscal e isenta de tributação; - Estabelecimento de instrumentos e mecanismos de compensação e custeio para os produtos órfãos (aqueles sem fabricantes no país); - Ausência de uma política para definição de balanço financeiro quanto a provisão de recursos para custear a LR: desoneração, incentivos fiscais e benefícios; - Dificuldades em dispor rejeitos de forma ambientalmente adequada em algumas regiões do Brasil; - Unificação de sistema de informação dos processos de LR e a implantação do SINIR. 							

4.2 GESTÃO DE REEE: EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS E SUGESTÕES PARA O BRASIL

Esta seção visa responder à segunda pergunta de pesquisa: quais são as práticas internacionais em gestão de REEE (países benchmarking) e como elas podem contribuir para a melhoria do desempenho da gestão de REEE no Brasil? Para tanto, apresenta-se a evolução da política ambiental intitulada “Responsabilidade Estendida do Produtor (REP)”, identificam-se os países *benchmarking* em GRS e REEE, examinam-se as suas práticas em gestão de REEE e sugerem-se melhorias para o desempenho da gestão de REEE no Brasil.

4.2.1 Responsabilidade Estendida do Produtor e países *benchmarking* em GRS

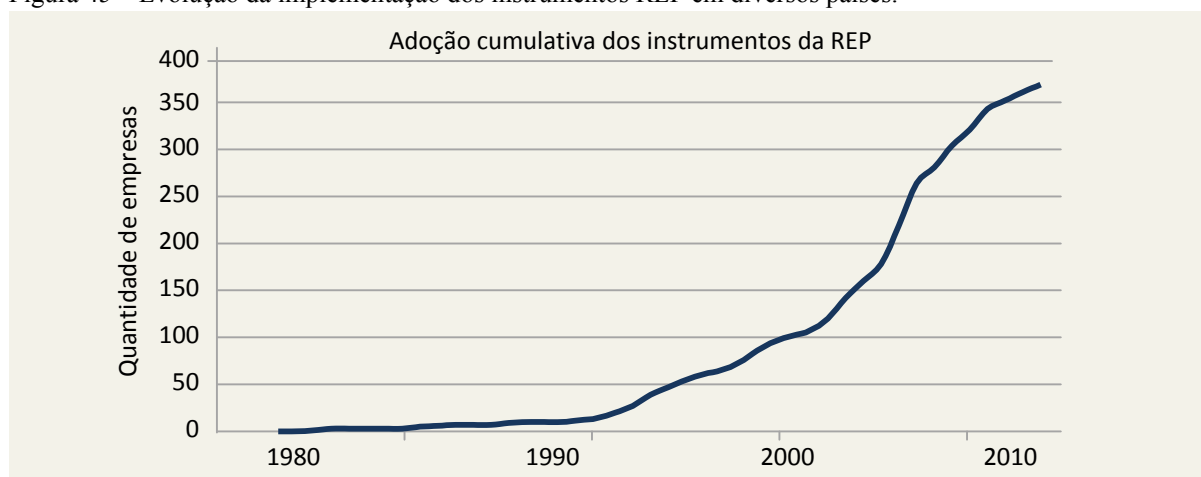
A abordagem da GRS como base para a sustentabilidade ambiental tem evoluído nos países desenvolvidos desde a década de 1960. Por exemplo, nos termos do artigo 1.º da Convenção assinada em Paris em 14/12/1960, a OECD tem como um de seus objetivos a promoção de políticas que permitam alcançar o mais elevado nível de crescimento econômico sustentável (OECD, 2001). Apesar das iniciativas da OECD, a UE, a partir da Diretiva 75/442/EEC, de 15 de julho de 1975, foi a precursora na elaboração de mecanismos regulamentares a respeito da GRS por meio de LR (GSP, 2014). Essa diretiva determinava que os Estados-Membros da UE elaborassem planos para a GRS a fim de promover a prevenção, a reciclagem e a reutilização dos resíduos sólidos (EC, 1975). Além disso, ela baseava-se no princípio do “poluidor-pagador”, em que os custos da GRS devem ser suportados pelo gerador de resíduos (JURAS, 2012). Desse modo, a UE motivou o comprometimento de diversos países para com a implementação de sistemas de GRS (CARVALHO; XAVIER, 2014), inclusive os países-membros da OECD.

Com os avanços da GRS, em meados de 1990, formulou-se uma política ambiental inovadora intitulada “Responsabilidade Estendida do Produtor (REP)” – *Extended Producer Responsibility*, em inglês. Sua lógica é a extensão do princípio do poluidor-pagador para a fase pós-consumo (MASSARUTTO, 2014). Ela incentiva mudanças no comportamento de todos os envolvidos na cadeia de valor do produto: fabricantes, distribuidores, consumidores, autoridades, operadores de gestão de resíduos públicos e privados e atores da economia social. A REP é definida como uma estratégia ambiental que pretende que o fabricante seja responsável por todo o ciclo de vida do produto e, especialmente, em função de sua coleta,

reciclagem e disposição final (LINDHQVIST, 2000). Esse conceito foi idealizado pelo sueco Thomas Lindhqvist em um relatório de 1990, publicado pelo Ministério do Meio Ambiente da Suécia. Para tanto, ele desenvolveu vários estudos sobre reciclagem e GRS na década de 80, baseando-se nas experiências dos sistemas de GRS suecos e estrangeiros, especialmente os da Alemanha, como a exitosa Lei de Minimização e Eliminação de Resíduos, de 1986, e os documentos relativos às metas para a reciclagem de materiais de embalagens, de 1989 e 1990 (LINDHQVIST, 2000). A Alemanha é pioneira na adoção de medidas destinadas a equacionar a questão dos resíduos sólidos e influenciou decisivamente o desenvolvimento do conceito de REP (SAKAI et al., 2011).

Em meados de 1994, a OECD institucionalizou a REP e conceituou-a como um “amplo conjunto de políticas ambientais que incentivam os fabricantes a aceitar as responsabilidades de seus produtos para a fase do pós-consumo”. Mas foi a partir de 2001, quando a OECD publicou um manual de orientações intitulado *Extended Producer Responsibility: a guidance manual for governments*, que as empresas passaram a implementar os instrumentos da REP rapidamente em todo o mundo, como mostra um levantamento realizado por Kaffine e O’Reilly (2013) (Figura 45). Para isso, eles basearam-se em uma amostra composta de 395 setores produtivos situados em vários países e elaboraram uma extensa lista com detalhes da implementação dos instrumentos REP em diversos países, como pode ser visto no Anexo E.

Figura 45 – Evolução da implementação dos instrumentos REP em diversos países.



Fonte: Adaptado de Kaffine; O'reilly (2013).

Kaffine e O’Reilly (2013) concluíram que: i) mais de 70% dos instrumentos da REP foram implementados a partir de 2001; ii) os equipamentos eletroeletrônicos prevaleceram em todas as políticas REP (35%), seguidos das embalagens (17%), pneus (17%), veículos (7%), baterias (4%), e os 20% restantes são relativos a produtos como óleos usados, tintas, produtos químicos, aparelhos de grandes dimensões, lâmpadas fluorescentes, entre outros. Atualmente, a maioria dos países da OECD encontra-se com programas REP em vigor (OECD, 2014); e

todos os Estados-Membros da UE implementaram as políticas REP sobre os resíduos de embalagem, baterias, veículos e equipamentos eletroeletrônicos (EC, 2014). O Apêndice D mostra as políticas REP existentes na UE e descreve brevemente o histórico da implementação de cada um deles. Com um potencial de alcance dos objetivos da sustentabilidade ambiental, a REP tornou-se um pilar nas estratégias de GRS a nível mundial (ROSSEM, 2008; UNEP, 2012; MASSARUTTO, 2014), sendo cada vez mais recomendada pelos países da OECD e UE (NNOROM; OSIBANJO, 2008; UNEP, 2009; 2015).

Há seis instrumentos principais das políticas REP, os quais podem ser implementados simultaneamente ou não, de forma obrigatória ou voluntária e com uma abordagem coletiva (vários atores envolvidos) ou individual (um único ator envolvido). O uso desses instrumentos pode ser diferente de um país, região ou indústria para outro, dependendo de questões como prioridades políticas, contexto social, econômico, jurídico e cultural (OECD, 2014). O Quadro 20 apresenta uma síntese das políticas REP, além das taxas globais de utilização de cada um de seus instrumentos. Inúmeros benefícios são esperados com as políticas REP, tais como:

- Promover um sistema de GRS com ênfase no ciclo de vida do produto;
- Impulsionar a produção de produtos mais limpos e menos perigosos;
- Promover o *design* ecológico do produto, facilitando sua desmontagem;
- Incentivar a reciclagem e a reutilização de produtos ou de suas partes;
- Reduzir os encargos para as exigências físicas e/ou financeiras da GRS;
- Proporcionar uma utilização mais eficiente dos recursos naturais;
- Melhorar as relações entre as comunidades e as empresas;
- Incentivar uma fabricação mais eficiente e competitiva;
- Reduzir o número de aterros e incineradores;
- Melhorar a gestão de materiais como um todo.

Com vistas a aperfeiçoar a GRS, a UE editou várias normas referentes aos resíduos sólidos. A Diretiva 75/442/EEC foi revista em 1991, 1996 e 2006, e, atualmente, a GRS é regida pela Diretiva 2008/98/EC, que substituiu todas as diretivas sobre resíduos e inovou em relação às regras anteriores. Dentre suas inovações, destacam-se: i) o estabelecimento da hierarquia na GRS: prevenção, reutilização, reciclagem e recuperação para outros fins, como energia e eliminação; ii) a introdução de um capítulo sobre REP; iii) a obrigatoriedade de elaboração de planos de GRS por parte dos governos; e iv) a introdução de objetivos de reciclagem e valorização dos resíduos domésticos e dos resíduos de construção e demolição. O Quadro 21 resume as diretivas europeias mais relevantes em matéria de resíduos: embalagens, REEE, pilhas e acumuladores e veículos em fim de vida.

Quadro 20 – Visão geral de um programa baseado nas políticas REP.

ELEMENTOS INCENTIVADORES					
Elemento	Descrição				
Características	i) A transferência de responsabilidade para o produtor; e ii) a concessão de incentivo para que o produtor incorpore o custo ambiental na concepção dos seus produtos.				
Objetivos	i) Promoção do <i>design</i> ambiental de produtos; ii) redução da geração de resíduos na fonte; iii) incentivo da reciclagem e reúso; e iv) fechar o ciclo do produto com a abrangência da LR.				
Vantagens	i) Aplica-se a uma variedade de produtos, como Eletroeletrônicos, pilhas e baterias, veículos, pneus, papel gráfico, óleos, embalagens, produtos farmacêuticos e vidros; ii) flexível, pois pode ser utilizada com uma variedade de modelos de implementação; e iii) os instrumentos REP podem ser implementados, simultaneamente ou não, como abordagens obrigatórias (mecanismo legal) ou voluntárias (produtores organizam um sistema REP para os seus produtos); coletiva (ou modelo competitivo, onde vários atores atuam de forma competitiva no tratamento dos resíduos) ou individual (ou monopolista, onde há um único ator envolvido).				
ATORES ENVOLVIDOS					
1) Produtores: responsável pelo financiamento e operacionalização da REP; 2) Entidades Gestoras: são organizações de responsabilidade dos produtores que intermediam a conformidade e implementação das políticas REP; 3) Operadores de resíduos: responsável por coletar, consolidar, transportar e reciclar os resíduos; 4) Autoridades nacionais: é um regulamentador dos esquemas REP; 5) Autoridades municipais: organizam e fiscalizam os esquemas REP; 6) Distribuidor/Varejista: podem fornecer pontos de coleta dos resíduos; 7) Consumidores: é um fornecedor de resíduos.					
TIPOS DE RESPONSABILIDADES					
-Responsabilidade física: refere-se ao grau em que está envolvido um fabricante no manejo físico dos seus produtos no final da sua vida útil. Essa responsabilidade pode ser total ou parcial (compartilhada); -Responsabilidade financeira: refere-se em cobrir a totalidade ou parte dos custos nos sistemas de LR dos produtos em fim de vida. Pode ser por meio de encargos, taxas, impostos, depósito-reembolso; -Responsabilidade informativa: o produtor é obrigado a fornecer informações sobre o produto e seus efeitos durante vários estágios de seu ciclo de vida; -Responsabilidade compartilhada entre o produtor e o governo municipal: assumem (total ou parcialmente) em relação a responsabilidade física e financeira dos produtos em fim de vida. -Responsabilidade compartilhada com acordo: consiste de um acordo (formal ou informal) entre o produtor e um ou mais atores na cadeia de produção.					
PRINCIPAIS INSTRUMENTOS					
Tipo de Instrumento	Considerações	Resposta primária			Taxa Global de Uso
		Redução na Fonte	Reúso e <i>Design</i>	Gestão de Resíduos	
Sistema de Coleta do Produto	O instrumento mais utilizado nos países da OECD e UE, com taxa de uso de 72%. Pode ser aplicado a uma variedade de produtos. Esse sistema exige, por meio de leis ou acordos, que o produtor, distribuidor ou o varejista colete o produto na fase pós-consumo. Para tanto, estabelece-se metas para a coleta, reciclagem e reutilização de produtos. Os consumidores são incentivados a devolverem o produto em pontos de coleta.	●	●	●	72%
Taxa Avançada de Disposição (ADF)	Por vezes chamada de “Taxa Avançada de Reciclagem (ARF)”. Segundo instrumento mais utilizado. Pode ser aplicado a uma variedade de produtos. Nele, o consumidor paga uma taxa sobre um produto com base nos custos estimados para a reciclagem ou tratamento. A taxa é paga no ponto de venda (ou coleta) e pode ser cobrado pelo setor público ou privado. Alguns governos da OCDE devolvem uma parte da taxa (pago pelos consumidores) que não foi usado, se o custo de reciclagem tiver diminuído.			●	16%
Sistema de Reembolso de Depósitos	Terceiro instrumento mais utilizado. Baseia-se no mercado no sentido de que ele fornece incentivos para a redução de desperdício. Nele, quando um produto é comprado, o consumidor deposita uma quantia suplementar no ponto de venda, e reembolsa a mesma quantia ao retornar o produto para um ponto de coleta. É semelhante ao ADF em alguns aspectos.		●	●	11%
Imposto sobre Materiais	Utiliza-se quando a redução na fonte é o principal objetivo. Baseia-se na redução do uso de materiais virgens (aqueles difíceis de reciclar, ou que tenham propriedades tóxicas) nos processos de produção e incentivo do consumo de materiais reciclados ou menos tóxicos. O imposto pode ser definido em relação ao dano de produção, os custos da GRS e a escassez do material.	●	●		<1%
Imposto/ Subsídio no Montante	Similar ao Reembolso de Depósitos, porém, o imposto é cobrado no processo de produção em vez do ponto de venda, para subsidiar o tratamento dos resíduos, que é pago aos coletores de produtos reciclados. Esse sistema incentiva o produtor a alterar os insumos e o <i>design</i> do produto, além de fornecer um mecanismo de financiamento para apoiar a GRS.	●		●	<1%
Volume Mínimo Reciclado	Esse instrumento visa estabelecer metas de quantidade mínima de material reciclado. Pode ser definido como um padrão de desempenho, e suas normas podem induzir o potencial de inovação. Sua vantagem é o incentivo do instrumento “Sistema de Coleta do Produto”.	●	●		<1%

Fonte: elaborado pelo autor, com base em OECD (2001; 2014); Rossem (2008); Nnorom; Osibanjo (2008); Zoeteman; Krikke; Vencelaar (2010); Kaffine; O'reilly (2013); EC (2014); Massarutto (2014); Hunz et al., (2014).

Quadro 21 – Diretivas europeias relevantes em matéria de resíduos.

Diretivas para a GRS.		
Ano	Diretiva UE	Declaração principal
1975	75/442/EEC	Prevenção ou redução da produção de resíduos e da sua nocividade.
1978	78/319/EEC	Tratamento de resíduos tóxicos e perigosos.
1991	91/156/EEC	Altera a Diretiva 75/442/EEC; primeira prioridade: a prevenção ou redução da produção de resíduos; segunda prioridade: o aproveitamento dos resíduos por reciclagem, reutilização ou valorização, ou a utilização de resíduos como fonte de energia.
1991	91/689/EEC	Tratamento de resíduos perigosos.
1996	96/350/EC	Altera a Diretiva 75/442/EEC; define operações de eliminação e recuperação.
1999	1999/31/EC	Aterro de resíduos.
2000	2000/76/EC	Incineração de resíduos.
2006	2006/12/EC	Codifica e substitui a Diretiva 75/442/EEC.
2008	2008/98/EC	Em vigor. Substitui a 2006/12/EC, 75/439/EEC e 91/689/EEC. Introduce a hierarquia de resíduos e um capítulo sobre REP. Estabelece um conjunto de metas para a GRS.
Diretivas e Legislação para a GRS - produtos e materiais específicos.		
Tipo de resíduo	*Diretiva, Decisão, Regulamento e Normas (EN) na UE	Principais metas
Embalagem e Resíduos de Embalagem	Diretiva 94/62/EC Diretiva 2004/12/EC Diretiva 2005/20/EC Regulamento 219/2009 Diretiva 2013/2/EU	Recuperação $\geq 60\%$ Reciclagem entre 55-80% Metas de reciclagem separadas por vidro, papel, metais, plásticos e madeira.
Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE)	Diretiva 2002/95/EC (Rohs – revogada) Diretiva 2002/96/EC (REEE – revogada) Diretiva 2003/108/EC (REEE – revogada) Decisão 2004/249/EC Decisão 2004/312/EC Decisão 2004/486/EC Decisão 2005/369/EC Diretiva 2008/34/EC (REEE – revogada) Diretiva 2011/65/EU (Rohs – em vigor) Diretiva 2012/19/UE (REEE – em vigor) Normas UE para o tratamento do REEE: EN 50419, EN 50574 e EN 50625	Taxa de coleta (Diretiva 2012/19/UE): ≥ 4 kg <i>per capita</i> , anualmente. Em 2016: taxa de coleta $\geq 45\%$ Em 2019: taxa de coleta $\geq 65\%$
Pilhas e Acumuladores	Diretiva 91/157/EEC Diretiva 2006/66/EC Diretiva 2008/12/EC Diretiva 2008/103/EC Decisão 2008/763/EC Decisão 2009/603/EC Decisão 2009/851/EC Regulamento 1103/2010 Regulamento 493/2012	Metas para coleta em separado: Desde 2012: $\geq 35\%$ Até 2016: $\geq 45\%$
Veículos em Fim de Vida	Diretiva 2000/53/EC Decisão 2002/525/EC Diretiva 2005/64/EC Decisão 2005/63/EC Decisão 2005/437/EC Decisão 2005/438/EC Decisão 2005/673/EC Decisão 2008/763/EC Decisão 2010/115/UE	Desde 2006: Reutilização e recuperação $\geq 85\%$ Reutilização e reciclagem $\geq 80\%$ Até 2015: Reutilização e recuperação $\geq 95\%$ Reutilização e reciclagem $\geq 85\%$

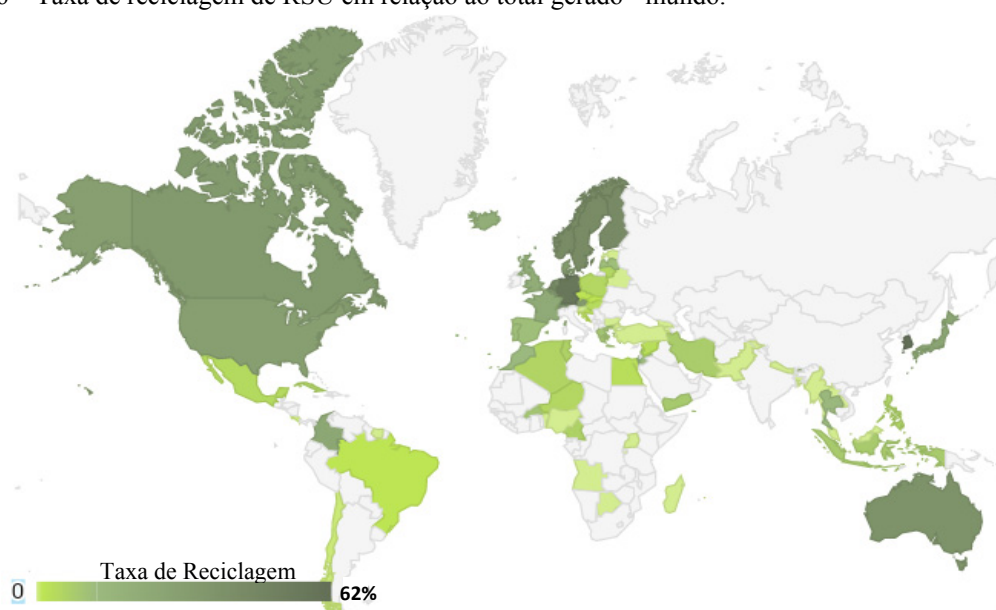
*Diretiva é a legislação primária, enquanto que Decisão, Regulamento e Normas são legislações secundárias.

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em Bartl (2014); Ruiz et al. (2014); EC (2015); EUR-lex (2016).

Os Estados-Membros da UE são responsáveis pela implementação das diretivas, devendo incluí-las em suas legislações nacionais. Com a introdução das políticas REP e das

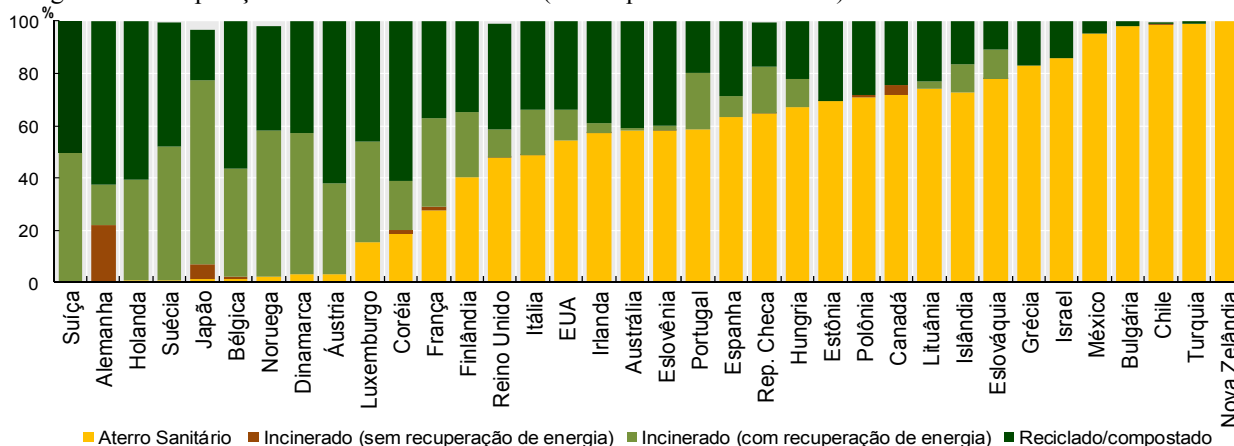
normas para a GRS, muitos dos RSU foram desviados dos aterros e incineradores e retornaram para a economia por meio da reciclagem (OECD, 2013). Até a década de 1990, os países desenvolvidos destinavam cerca de 64% dos RSU a aterros, e apenas 18% a reciclagem e também 18% a incineração (OECD, 2001). Na contemporaneidade, apesar de os países desenvolvidos serem os maiores geradores de RSU, muitos deles exibem as maiores taxas de reciclagem do planeta, e há vários exemplos de boas práticas disponíveis para a aprendizagem da comunidade internacional (SONG; LI; ZENG, 2015). A Figura 46 expõe as taxas de reciclagem de RSU em diversas regiões do mundo; na sequência, a Figura 47 mostra os países *benchmarking* em GRS de RSU.

Figura 46 – Taxa de reciclagem de RSU em relação ao total gerado - mundo.



Fonte: Adaptado de D-Waste (2015), com base em OECD (2013) e EEA (2013).

Figura 47 – Disposição final dos RSU – mundo (em % quantidades tratadas).



Fonte: Elaborado pelo autor, com base em OECD (2013); EEA (2013); EUROSTAT (2015).

Conforme ilustram as Figuras 46 e 47, a maioria dos países desenvolvidos evoluiu com os sistemas de GRS e, atualmente, retorna mais de 40% dos RSU para a economia por meio

da reciclagem e da incineração (com recuperação de energia). Nessa estatística, incluem-se países como Suíça, Alemanha, Holanda, Suécia, Japão, Bélgica, Noruega, Dinamarca, Áustria, Luxemburgo, Coreia do Sul, França, Finlândia, Reino Unido, Itália, EUA, Irlanda, Austrália, Eslovênia e Portugal. De fato, as experiências internacionais evidenciam que a GRS produz resultados em longo prazo, por isso os países desenvolvidos estão mais avançados que os países de baixa e média renda. Para encerrar esta seção, mostra-se, no Apêndice E, uma comparação das práticas de GRS (incluindo-se a gestão dos REEE) por nível de renda.

4.2.2 Práticas dos países *benchmarking* em gestão de REEE

Os primeiros países a abordar a gestão dos REEE foram a Alemanha, em 1986, a Áustria, em 1990 (CARVALHO; XAVIER, 2014), a Noruega, em 1998 (YLÄ-MELLA, 2014), a Suíça, também em 1998 (SANT'ANNA, 2014), a Holanda, igualmente em 1998 (GSP, 2014), a Suécia, em 2001 (SASAKI, 2004), e o Japão, também em 2001 (OLIVEIRA; BERNARDES; GERBASE, 2012). No entanto, pouco interesse foi demonstrado, na gestão dos REEE, até 2002, quando foram promulgadas as Diretivas 2002/95/EC (RoHS - Restrição do uso de substâncias perigosas nos EEE) e 2002/96/EC (relativa à gestão dos REEE), primeiras legislações europeias com foco nos REEE (UNEP, 2012; PÉREZ-BELIS; BOVEA; IBÁÑEZ-FORÉS, 2015). Por isso, considera-se a UE pioneira na adoção de estratégias ambientalmente sustentáveis para a gestão dos REEE (MANSFIELD, 2013; TSIARTA; BROWN, 2015).

A Diretiva 2002/96/EC abrange um âmbito diversificado de eletroeletrônicos, entendendo-os como qualquer aparelho que funcione por meio de eletricidade. O objetivo primordial dessa diretiva é ampliar a coleta de REEE e melhorar os seus sistemas de tratamento. Para tanto, ela baseia-se: i) nos princípios de precaução, prevenção e correção dos danos causados ao ambiente pelos REEE; ii) no princípio do poluidor-pagador (UNEP, 2012); e, especialmente, iii) na política REP (SANDER et al., 2007; TANSKANEN, 2013; STHIANNOPKAO; WONG, 2013), política essa que o mundo tem enfatizado na gestão dos REEE (HOGG, et al., 2009; KIDDEE; NAIDU; WONG, 2013; HERAT; AGAMUTHU, 2015). Essa diretiva também estabelece metas para a coleta e para a reciclagem e determina que os Estados-Membros incentivem uma produção de eletroeletrônicos que previna a geração de REEE e facilite sua desmontagem, recuperação, reutilização e reciclagem. Por meio de políticas REP, a Diretiva 2002/96/EC busca melhorar o comportamento ambiental de todos os operadores envolvidos no ciclo de vida dos eletroeletrônicos: produtores, distribuidores, consumidores e operadores de tratamento dos REEE (EC, 2002).

A partir das iniciativas da UE, cada Estado-Membro implementou a Diretiva 2002/96/EC, por meio de legislação nacional (OLIVEIRA; BERNARDES; GERBASE, 2012; GSP, 2014), e introduziu as políticas REP (EC, 2014). Além disso, muitos produtores de EEE aderiram a essa diretiva, como Hewlett Packard (HP), Nokia, Ericsson, Eletrolux, International Business Machines (IBM), Dell e Sony (NNOROM; OSIBANJO, 2008). No intuito de melhorar ainda mais o desempenho da gestão de REEE, as Diretivas 2002/95/CE e 2002/96/CE foram revogadas, e, atualmente, estão em vigor as Diretivas 2011/65/UE (relativa à restrição do uso de substâncias perigosas nos EEE) e 2012/19/UE (relativa aos REEE) (EC, 2012; TSIARTA; BROWN, 2015). A atualização da segunda foi motivada pelas taxas de coleta e reciclagem alcançadas, que não satisfizeram as expectativas originais em matéria de gestão de REEE. Por exemplo, apenas 33% dos REEE eram tratados em conformidade com a legislação, sendo os restantes dispostos em aterros ou sujeitos a tratamentos de qualidade inferior, tanto no âmbito da UE como no seu exterior (EUR-Lex, 2016). O Apêndice F sintetiza a Diretiva 2012/19/UE.

Em termos operacionais, a aplicação da Diretiva 2012/19/UE varia entre os Estados-Membros da UE, especialmente no que tange aos sistemas de LR adotados, ao modelo de Responsabilidade Financeira aplicado e ao nível de concorrência entre as Entidades Gestoras com sistema de governança em LR dos REEE (ROSSEM, 2008). As Entidades Gestoras são organizações, instituídas pelos produtores, responsáveis pela implementação das diretivas europeias. Elas adotam duas abordagens principais: o Sistema de Conformidade Nacional Único (que se baseia no regime monopolista, no qual há um único responsável pela gestão dos REEE) e os Sistemas Concorrentes Coletivos (nos quais dois ou mais responsáveis lidam com a gestão dos REEE, competindo entre si).

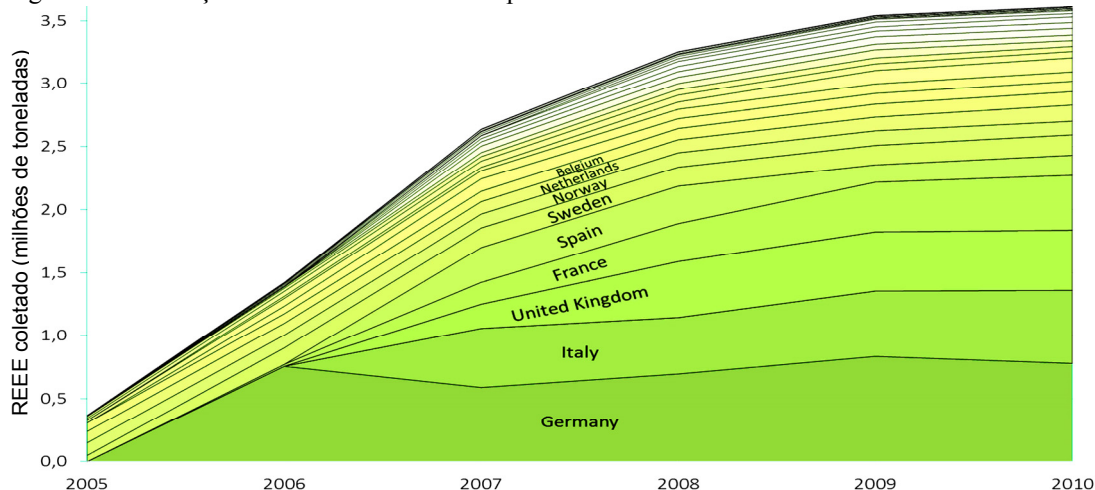
Referência mundial, a *European Recycling Platform* (ERP) é uma Entidade Gestora dos sistemas de LR dos REEE que atua em diversos países membros da UE e da OECD mediante o modelo competitivo. Ela foi criada em 2002 pelas empresas Braun, Electrolux, HP e Sony, com o objetivo de aumentar a competição no mercado de LR dos REEE e impor maior pressão sobre o valor cobrado no âmbito da UE (WIDMER et al., 2005; MANSFIELD, 2013). Atuando em 32 países e com mais de 2,7 mil membros no mundo, a ERP incentiva a implementação das diretivas, cria oportunidades de serviços de reciclagem, promove estratégias de custo-benefício nos sistemas de LR e assegura a aplicação eficaz, em termos de custos, das diretivas UE sobre REEE (ERP, 2015). Para tanto, ela repassa, na forma de preço/tonelada, os seus custos totais (como logística, reciclagem, relatórios, educação do

consumidor e administração) para os produtores associados e adota a estratégia “maior volume, menor preço”, visando incentivar os produtores a reciclar (ABDI, 2013).

Como resultado das iniciativas adotadas pelos países desenvolvidos para a gestão dos REEE, tem-se que:

- Desde 2005, a coleta dos REEE, nos países desenvolvidos, vem crescendo exponencialmente (Figura 48);

Figura 48 – Evolução da coleta dos REEE nos países desenvolvidos.



Fonte: Adaptado de Kunz *et al.* (2014).

- Em fevereiro de 2014, a UE atingiu as seguintes marcas: i) 26 milhões de TVs, 56,5 milhões de eletrodomésticos e 8 milhões de refrigeradores coletados; ii) cerca de 2 milhões de toneladas de REEE reciclados; iii) cerca de 16 toneladas de ouro, 130 toneladas de prata e 60 mil toneladas de cobre recuperadas; iv) cerca de 9 bilhões de kWh de energia economizados; e v) aproximadamente 21,7 milhões de toneladas de CO₂ deixaram de ser geradas (ERP, 2014);
- Em relação aos gastos gerados pelos sistemas de gestão de REEE, a ERP reduziu o valor operacional em mais de 30% e os custos gerais entre 70% e 80% (ABDI, 2013);
- Em 2001, o Japão coletou cerca de 8,5 milhões de unidades de REEE e, em 2010, cerca de 27,7 milhões de unidades (HOTTA; SANTO; TASAKI, 2014);
- Em 2006, a Coreia reciclou cerca de 90 mil toneladas de REEE, e, em 2010, esse valor aumentou para 130 mil (KIM; JANG; LEE, 2013);
- Desse modo, há abundância de boas práticas em gestão dos REEE (SAWHNEY *et al.*, 2008; KHETRIWAL *et al.*, 2011).

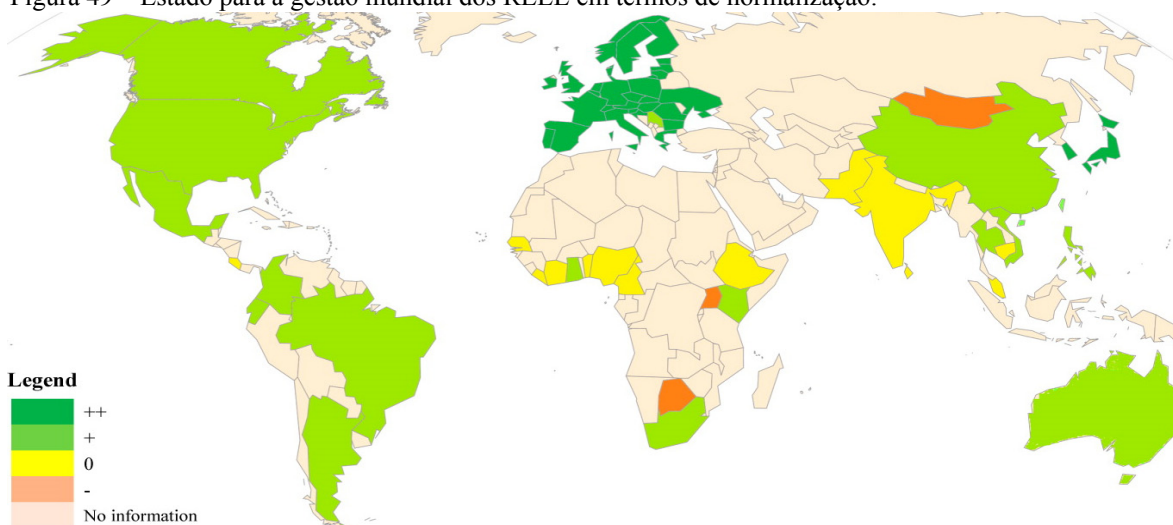
Considerada a mais completa legislação com foco na gestão dos REEE, a Diretiva 2002/96/EC tem motivado a adoção de normas similares em diversos países da OECD (HICKLE, 2013; ZOETEMAN; KRIKKE; VENCELAAR, 2010; JANG, 2010). Por exemplo,

em 2007, a OECD elaborou um manual de GRS intitulado *Guidance Manual for the Implementation of the OECD Recommendation C(2004)100 on Environmentally Sound Management (ESM) of Waste*. Nele, recomenda-se a aplicação das diretivas europeias para a GRS e para a gestão dos REEE (MUDGAL et al., 2013). Outras nações também têm elaborado normas semelhantes, a exemplo da China, Taiwan, África do Sul, México, Argentina, Chile, Colômbia, Equador, Marrocos, Argélia, Tunísia, Turquia, Arábia Saudita, Austrália, Nova Zelândia, Vietnã, Tailândia, Indonésia, EUA (TANSKANEN, 2013), Canadá, Índia (UNEP, 2012) e Brasil (LI et al., 2013). No caso dos EUA, maior gerador de REEE do mundo, não há legislação federal para a gestão dos REEE (MUDGAL et al., 2013), pois falta consenso entre os estados quanto às regras de financiamento (SCARTEZINI, 2011). Como consequência, apenas 25 de seus estados legislam sobre a gestão dos REEE (KIDDEE; NAIDU; WONG, 2013); em razão disso, somente uma pequena fração dos REEE é reciclada e há provas de sua exportação para os países de baixa renda (LI et al., 2015).

Já os países subdesenvolvidos e em desenvolvimento enfrentam diversos desafios para implementar os sistemas de gestão de REEE, entre eles: i) dificuldades dos governos em arrecadar fundos dos fabricantes de eletroeletrônicos; ii) concorrência entre o setor formal e o informal de reciclagem na aquisição dos REEE; iii) ausência de cultura de devolução dos REEE; iv) falta de vontade, por parte dos consumidores, de custear o tratamento dos REEE; v) relutância, por parte do público, em custear os serviços de reciclagem e eliminação dos REEE (HERAT; AGAMUTHU, 2015); e vi) carência de normas, infraestrutura, tecnologia e padrões de qualidade para o tratamento dos REEE (UNEP, 2015).

A Figura 49 mostra o *status* da implementação das normas sobre REEE no mundo.

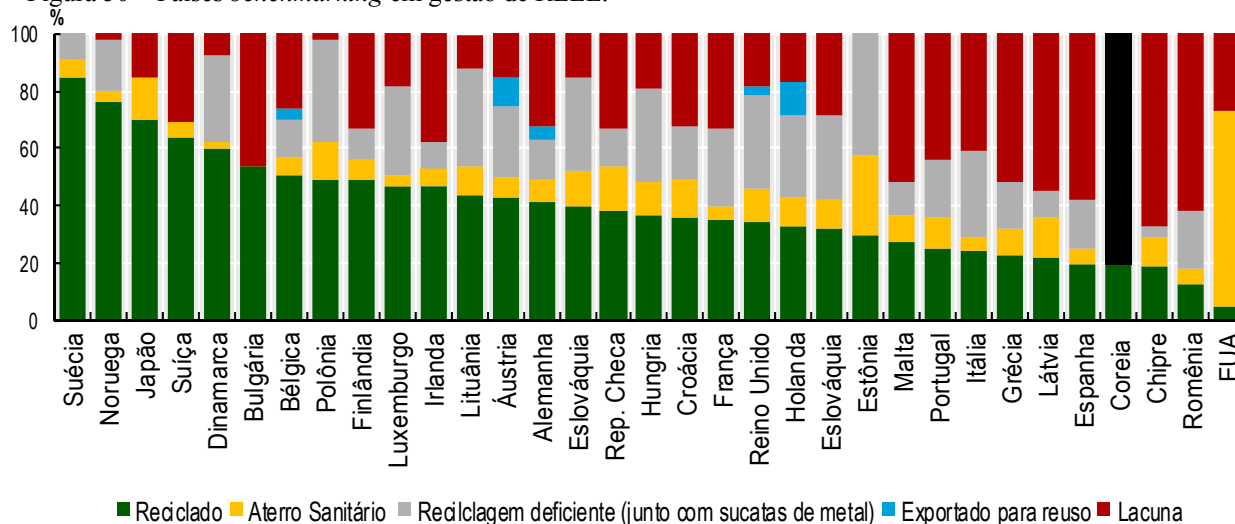
Figura 49 – Estado para a gestão mundial dos REEE em termos de normalização.



Legenda: ++ Normas implementadas. + Novas normas. 0 Normas em desenvolvimento. - sem regulamentação.
Fonte: Li et al. (2015).

Apesar da disponibilidade de dados estatísticos na *Eurostat* (base de dados da UE), optou-se por identificar os países *benchmarking* em gestão de REEE, em sua maioria, a partir de um levantamento realizado por um projeto financiado pela comissão europeia, intitulado *Countering WEEE Illegal Trade* (CWIT). Tal opção foi motivada por vários estudos que apontaram a falta de confiabilidade dos dados relativos à gestão dos REEE na *Eurostat* (SCHEIJGROND, 2011). Por exemplo, contrariando os dados oficiais, a comissão europeia estima que, na EU, mais da metade dos REEE são tratados de forma inadequada e exportados ilegalmente (MUDGAL, 2013). O Projeto CWIT iniciou-se em set/2013 e buscou analisar o envolvimento do crime organizado na distribuição global dos REEE e estimar o verdadeiro volume de REEE gerados, tratados, descartados e comercializados indevidamente (CWIT, 2015). A Figura 50 apresenta os países *benchmarking* em gestão de REEE com base em um relatório publicado pelos pesquisadores do Projeto CWIT (HUISMAN et al., 2015).

Figura 50 – Países *benchmarking* em gestão de REEE.



Coluna preta: na Coreia não foram encontradas informações sobre a taxa de reciclagem.

Lacuna – estima-se que seja tratado inadequadamente ou exportado para os países de baixa e média renda.

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em Sthiannopkao; Wong (2013); Jang; Lee (2013); Huisman et al. (2015).

Convém destacar que o sistema sueco é um dos mais eficazes do mundo, o que não se deve apenas às altas quantidades de REEE por habitante coletadas anualmente (mais de 16 kg/hab/ano), mas também ao seu baixo custo (YLÄ-MELLA *i*, 2014). Seu sucesso é atribuído a: i) nível de cooperação entre parceiros, municípios e prestadores de serviços; ii) cultura do consumidor de participar na coleta seletiva; e iii) a adoção de um sistema controlado por apenas uma entidade gestora, a *El-Kretsen*, eliminando a necessidade de controle por outras gestoras (HOGG, 2009).

Após a identificação dos países *benchmarking*, selecionaram-se vinte deles para uma análise de suas práticas em gestão de REEE. Esse número foi determinado por meio da

aplicação dos princípios de Pareto nos países com as maiores taxas de reciclagem de REEE. A regra de Pareto foi idealizada em 1897 pelo economista Vilfredo Pareto, que mostrou que a distribuição de renda é desigual, sendo a maior parte da riqueza pertencente a poucas pessoas (WERKEMA, 2006). Atualmente, usa-se esse princípio para identificar e priorizar, de forma sistemática, os problemas mais frequentes, possibilitando a concentração de esforços sobre eles (RAMOS, 2000). Para tanto, estabelece-se uma regra empírica em que 80% dos problemas estão em 20% das causas (RODRIGUES, 2010), isto é, há muitos problemas sem importância diante de outros mais relevantes.

Dessa forma, selecionou-se os seguintes países para uma análise das suas práticas em gestão de REEE: Suécia, Noruega, Japão, Suíça, Dinamarca, Bulgária, Bélgica, Polónia, Finlândia, Luxemburgo, Irlanda, Lituânia, Áustria, Alemanha, Eslováquia, República Checa, Hungria, Croácia, França e Reino Unido. A análise considerou a avaliação de cinquenta publicações relevantes sobre o tema. Um resumo dos resultados é apresentado no Quadro 22, e o Apêndice G complementa o trabalho com a identificação dos autores analisados.

Quadro 22 – Práticas em gestão de REEE nos vinte países selecionados.

Variável no sistema de gestão dos REEE		País																			
		85	76	70	64	60	54	51	49	49	47	47	44	43	41	40	38	37	36	35	34
		Suécia ⁺ *	Noruega ⁺	Japão ⁺	Suíça ⁺	Dinamarca ⁺ *	Bulgária ⁺ *	Bélgica ⁺ *	Polónia ⁺ *	Finlândia ⁺ *	Luxemburgo ⁺ *	Irlanda ⁺ *	Lituânia [*]	Áustria ⁺ *	Alemanha ⁺ *	Eslováquia ⁺ *	Rep. Checa ⁺ *	Hungria ⁺ *	Croácia [*]	França ⁺ *	Reino Unido ⁺ *
Possui legislação nacional para a gestão dos REEE		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Possui normas para a exportação dos REEE		x	x	●	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Estabelece metas para a coleta/tratamento dos REEE		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Governo se responsabiliza por legislar e fiscalizar		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Classifica o REEE como não perigoso		x	Δ	x	●	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Incentiva, por meio de leis, o <i>ecodesign</i> do EEE		x	●	●	●	x	x	Δ	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	●	x	x
Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)		●	●	x	x	x	●	●	●	●	●	●	●	●	x	●	●	●	●	●	x
Análise do Fluxo de Materiais (AFM)		●	●	x	x	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Responsabilidade pelos REEE órfãos (aqueles sem fabricantes no país)	Produtor	x	●	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Município	Δ	●	x	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
Identificação do produtor nos EEE		x	●	●	●	x	x	x	Δ	x	x	Δ	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Responsabilidade pelos recursos para viabilizar a gestão dos REEE	Produtor	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Consumidor	Δ	Δ	x	x	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
Política ambiental	3R	Δ	Δ	x	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
	REP	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
REP	Abordagem obrigatória da política REP	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Registro nacional obrigatório aos produtores	x	x	●	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Programas educacionais aos consumidores	x	x	●	●	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Sistema competitivo entre as entidades gestoras	x	x	x	●	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Elaboração obrigatória de relatórios de gestão	x	x	●	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Taxa visível na venda do EEE (<i>visible fee</i>)	x	x	●	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	●	x	x

Variável no sistema de gestão dos REEE		País																						
		Suécia ⁺ *	Noruega ⁺	Japão ⁺	Suíça ⁺	Dinamarca ⁺ *	Bulgária ⁺ *	Bélgica ⁺ *	Polónia ⁺ *	Finlândia ⁺ *	Luxemburgo ⁺ *	Irlanda ⁺ *	Lituânia [*]	Áustria ⁺ *	Alemanha ⁺ *	Eslováquia ⁺ *	Rep. Checa ⁺ *	Hungria ⁺ *	Croácia [*]	França ⁺ *	Reino Unido ⁺ *			
Instrumentos REP	Sistema de Coleta do Produto	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
	ADF	Δ	Δ	x	x	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	x	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ		
	Demais instrumentos	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ		
Sistemas de Logística Reversa	Coleta e Triagem	Responsabilidade física	Produtor	x	Δ	Δ	x	Δ	x	Δ	x	Δ	x	Δ	x	x	Δ	x	x	x	●	x	x	
			Distribuidor	Δ	x	x	x	Δ	Δ	x	x	x	x	x	x	Δ	x	x	Δ	●	x	x	x	x
			Município	Δ	x	Δ	Δ	x	Δ	Δ	x	x	x	x	x	x	Δ	Δ	Δ	●	x	Δ	Δ	Δ
		Responsabilidade financeira	Produtor	x	Δ	x	x	Δ	x	Δ	Δ	x	Δ	x	x	Δ	x	x	x	●	x	x	x	x
			Distribuidor	Δ	x	x	x	Δ	Δ	x	x	Δ	x	x	Δ	x	Δ	x	x	Δ	●	x	x	x
			Município	Δ	x	Δ	Δ	x	Δ	Δ	Δ	Δ	x	Δ	Δ	Δ	x	Δ	Δ	Δ	●	Δ	Δ	Δ
	Pontos de coleta de REEE estruturados	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Entrega do REEE sem encargo consumidor	x	x	●	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Separação dos REEE por marcas	x	●	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Reciclagem e Disposição final	Responsabilidade física	Produtor	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
			Distribuidor	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
			Município	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
Responsabilidade financeira		Produtor	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
		Distribuidor	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	
		Município	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	
Desmantelamento manual		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Separação semi-automática		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Recupera metais em fundições e refinarias		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Remove diversas substâncias dos REEE ¹		x	●	●	●	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Trata diversos componentes dos REEE ²	x	●	●	●	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
Desenvolve novas técnicas de reciclagem ³	x	●	●	●	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
Incineração	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
Disposição final em aterro sanitário	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		

* Membro da UE. + Membro da OECD. X: prática. Δ: não prática. ●: sem informação.

¹ Substâncias, preparações e componentes removidos dos REEE: Condensadores com PCB; Componentes contendo mercúrio; Pilhas e baterias; Placas de circuito impresso; Cartuchos de toner; Plásticos contendo retardadores de chama bromados; Resíduos de amianto; Tubos de raios catódicos (CRT); CFC, HCFC; HFC, HC; Lâmpadas de descarga de gás; Ecrãs de cristais líquidos; Cabos elétricos; Componentes contendo fibras cerâmicas refratárias; Componentes contendo substâncias radioativas; Condensadores eletrolíticos.

² Componentes tratados nos REEE: Revestimento fluorescente dos tubos de raios catódicos; REEE contendo gases que afetam a camada de ozônio; Mercúrio das lâmpadas de descarga de gás.

³ Medidas adotadas para incentivar o desenvolvimento de tecnologias para reciclagem dos REEE: Subsídios governamentais; Projetos de investimentos; Pesquisas em novas tecnologias; Campanhas de sensibilização; Redes de conhecimento.

Fonte: Elaboração pelo autor, com base em 50 publicações (ver Apêndice G).

As informações constantes no Quadro 22 evidenciam que as políticas REP são a base para as práticas em gestão de REEE nos países selecionados. A principal diferença entre as práticas está na responsabilidade física e financeira pela coleta dos REEE.

4.2.3 Sugestões para melhorar o desempenho da gestão de REEE no Brasil

Um entendimento do arcabouço que envolve a questão permitiu a identificação de elementos que podem ser determinantes para a melhoria do desempenho da gestão dos REEE no Brasil. Esses elementos, de caráter sugestivo, podem ser vistos no Quadro 23.

Quadro 23 – Sugestões para a melhoria do desempenho da gestão de REEE no Brasil.

nº	Elemento	Justificativas e esclarecimentos
1	Criar regulamento nacional específico para a gestão dos REEE, incluindo as políticas de REP, a exemplo do que ocorre com os países <i>benchmarking</i> em gestão de REEE.	As experiências exitosas dos países da OECD e UE mostram que o desempenho da gestão dos REEE depende da introdução dos conceitos de REP, e de formulações de normas a nível federal, que possuam clareza, sejam uniformes, estabeleçam metas de coleta e reciclagem e definam as responsabilidades dos <i>stakeholders</i> . Devido a natureza geográfica do país, importante considerar as características regionais. Por meio da PNRS, optou-se pelo Acordo Setorial, que, por sua vez, é recomendável a observância dessa sugestão.
2	Harmonizar os instrumentos legais estaduais e municipais sobre gestão dos REEE, inclusive os projetos de lei sobre o tema.	Existem leis divergentes sobre a gestão dos REEE. São mais de 200 leis impondo regras diversificadas para a LR, especialmente do transporte de REEE entre estados e municípios. É necessário harmonizar essas leis à luz da PNRS, além de unificar as normas para o manuseio, transporte e armazenamento dos REEE.
3	Criar regulamento relativo à restrição do uso de determinadas substâncias perigosas nos EEE, a exemplo do que ocorre com os países <i>benchmarking</i> em gestão de REEE.	REEE tratado inadequadamente apresenta riscos ambientais e a saúde. No Brasil não há legislação similar a Diretiva RoHS 2011/65/UE, relativa à restrição do uso de substâncias perigosas nos EEE. Uma legislação sobre esse tema pode trazer ao Brasil oportunidades de inovação em matérias primas, <i>ecodesign</i> , produtos e processos. Por exemplo, no desenvolvimento de novos processos de soldagem de eletrônicos, nos projetos de EEE que não utilizem soldas, e na criação de outras tecnologias para produzir circuitos impressos.
4	Rever legislação que impõe a existência do termo de doação no caso da transferência de posse do REEE.	No Brasil não há obrigação de entrega dos REEE, sendo opcional, pois o Código de Defesa do Consumidor (CDC) não o permite. O CDC considera o REEE como um bem, e não resíduo. Deve-se criar norma que discipline a renúncia da titularidade do REEE. Na UE e OECD, por exemplo, o consumidor deve descartar os REEE nos pontos de coleta oficiais.
5	Rever legislação de forma a reconhecer o REEE como não perigoso, a exemplo do que ocorre com os países <i>benchmarking</i> em gestão de REEE.	O REEE é considerado como perigoso pela ABNT NBR 10004/2004. Isto cria uma série de entraves para a operacionalização dos sistemas de LR, mesmo antes de sua desmontagem, como a necessidade de licenciamento ambiental. Dessa forma, para eliminar ou amenizar as diretrizes que levam a necessidade de licenciamento ambiental, é necessário reconhecer a não periculosidade dos REEE enquanto não haja alteração das suas características físicas e químicas. Na UE e OECD, por exemplo, o REEE não é considerado como perigoso nessas condições.
6	Classificar os EEE por categorias, a exemplo do que ocorre com os países <i>benchmarking</i> em gestão de REEE.	Existe uma complexidade e extensão dos EEE em termos de características técnicas e mercadológicas. Para o acompanhamento do atingimento das metas, são necessárias informações sobre o peso dos EEE colocados no mercado, bem como as taxas de coleta. O EEE categorizado contribui para o estabelecimento das especificações de peso e volume dos REEE. O cumprimento das metas poderá ser calculado por categoria, dividindo o peso dos REEE que entram nas instalações de valorização ou de reciclagem para a reutilização, após terem sido tratados. Em relação à reciclagem, pelo peso dos REEE recolhidos seletivamente, para cada categoria, expresso em percentagem.

n°	Elemento	Justificativas e esclarecimentos
7	Prever a criação de documento autodeclaratório de transporte dos REEE, com descrição da natureza e origem da carga, dispensando outros documentos.	A fim de viabilizar e facilitar o setor de transportes é preciso dispensar as certificações para a movimentação dos REEE, a exemplo do que ocorre com o setor de pilhas.
8	Estabelecer como regra na elaboração dos planos de GRS o alinhamento com os sistemas de LR dos REEE.	O MMA pode promover discussões com o setor privado para a obtenção de sugestões e informações sobre o estabelecimento dos planos (nacional, estaduais e municipais) de GRS de forma a ter sinergia com os sistemas de LR dos REEE.
Aspectos operacionais	9 Implantar um sistema padrão de coleta de dados estatísticos de REEE no Brasil.	Atualmente, os países não possuem um sistema de medição uniforme para os REEE. A fim de melhorar a comparabilidade entre os países, a UNU-IAS desenvolveu um manual de diretrizes para a coleta de dados estatísticos de REEE, com base em padrões internacionalmente aprovados, intitulado <i>E-waste statistics Guidelines on classification, reporting and indicators</i> . Os dados coletados com base nessas diretrizes poderá apoiar o Brasil na elaboração de políticas baseadas em fatos para criar uma infraestrutura adequada para o gerenciamento do REEE.
	10 Criar entidade (s) gestora (s) com sistema de governança em LR dos REEE, atuando pelo modelo competitivo, a exemplo do que ocorre com os países <i>benchmarking</i> em gestão de REEE.	A entidade gestora pode contribuir com as negociações do Acordo Setorial, integrar a LR dos REEE à política industrial e à PNRS, promover a economia circular, gerar valor e reduzir custos, centralizar demandas entre o governo, terceiro setor, indústria e varejo, parceiros operadores e logísticos. Os produtores e importadores se agrupariam em entidades gestoras para estruturarem e gerirem a LR, deixando a critério delas a escolha dos parceiros. Na UE e OECD, por exemplo, as entidades gestoras incentivam a implementação das normas sobre REEE, criam oportunidades para os serviços de reciclagem, promovem estratégias de custo-benefício nos sistemas de LR, e asseguram a aplicação eficaz em termos de custos das normas.
	11 Definir instrumento REP a ser utilizado, estabelecendo as responsabilidades física e financeira do produtor, distribuidor, varejista e município para a coleta e tratamento dos REEE, a exemplo do que ocorre com os países <i>benchmarking</i> em gestão de REEE.	A definição da utilização do instrumento REP é o ponto chave para a implementação dos sistemas de LR, tendo em vista ser a base dessa política. Estabelecer responsabilidades facilitará o entendimento do processo e promoção da cultura nos sistemas de gestão de REEE. A falta de definições dos papéis da responsabilidade compartilhada pode gerar dúvidas entre o setor público e privado.
	12 Definir infraestrutura padrão de descarte, coleta, recebimento e centros de triagem dos REEE, segundo suas especificações técnicas.	Dos 5.570 municípios brasileiros, apenas 724 possuem algum tipo de coleta de REEE. Estabelecer uma infraestrutura padrão pode facilitar o entendimento do processo e promover a cultura ambiental nos sistemas de LR dos REEE. É preciso criar pontos de coleta com capilaridade suficiente para reduzir a distância entre o consumidor e os postos de recolhimento. Isto pode ser feito por meio da articulação entre os fabricantes, importadores e varejistas a fim de identificar os tipos de produtos, análise das formas de descarte e definição da infraestrutura padrão. A infraestrutura do centro de triagem pode ser definida considerando as categorias de REEE a serem triados e a integração com os órgãos competentes para provimento de informação e controle. Isto pode ser feito mapeando os processos e por meio de informações a serem prestadas às autoridades para detalhamento da infraestrutura dos centros de triagem.

n°	Elemento	Justificativas e esclarecimentos
13	Definir requisitos técnicos para a certificação das recicladoras que farão parte do sistema de LR dos REEE.	O MMA pode definir os aspectos necessários para a operação das recicladoras, como os requisitos técnicos e geográficos, a documentação necessária para a operação, bem como o órgão certificador. Além disso, o setor de reciclagem dos REEE carece de fiscalização por parte do governo. Com isso, surgem empresas que atuam alheias a qualquer legislação ambiental. Um aspecto relevante no Brasil é a localização dos centros de processamento de REEE e a localização pulverizada dos centros de descarte. Com isso, extensas rotas necessitam ser percorridas, podendo inviabilizar o processo econômica e ambientalmente. Dessa forma, deve ser observada a questão do transporte dos REEE, tendo em vista que a LR pode ser prejudicada pela inobservância da capilaridade dos recicladores, pelas dimensões continentais e pela ineficácia dos sistemas de transporte.
14	Implantar os sistemas de LR em fases, priorizando as regiões com maior volume de REEE.	A região Sudeste tem o maior PIB do Brasil (56%), sendo o maior consumidor de EEE: 63% são da linha azul, 57,8% da linha branca, 61,1% da linha marrom e 67,7% da linha verde. A experiência da implementação da LR do REEE no estado de São Paulo por meio do Projeto JICA pode ser um aprendizado para a implantação da LR dos REEE nas demais regiões do país.
15	Criar instrumentos de controle de fluxo de informações para garantir que todos os fabricantes e distribuidores se vinculem ao sistema de gestão de REEE.	Garantir o vínculo ao sistema pode maximizar a isonomia entre os <i>stakeholders</i> e fortalecer a adesão e o comprometimento com os resultados. Por meio do SINIR, pode-se unificar o sistema de informação de LR dos REEE, estabelecendo funcionalidades que permitam o cruzamento das informações dos atores que aderiram ao sistema com outras bases de dados. Além disso, é necessário detalhar o fluxo de informações e interfaces com o SINIR.
16	Incluir as cooperativas de Catadores de Reutilizáveis e Recicláveis nos sistemas de LR dos REEE.	Os catadores realizam um importante papel nos sistemas de LR, e o seu envolvimento depende de resolução de questões estruturais e de capacitação de recursos humanos. Isto pode ser melhorado com a implementação do Decreto n. 7.405/2010, que instituiu o Programa Pró-Catador de materiais recicláveis e reutilizáveis, cuja finalidade é integrar e articular as ações do Governo Federal voltadas ao apoio e ao fomento à organização produtiva dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis.
17	Definir o fluxo físico dos sistemas de LR dos REEE, baseado nas políticas REP, a exemplo do que ocorre nos países <i>benchmarking</i> . (Os fluxos físicos propostos pela ABDI e pela Abinee/Eletros podem ser vistos no Apêndice I). Envolver todos os atores do ciclo de vida dos EEE não signatários do Acordo Setorial.	Todo sistema de LR deve possuir uma modelagem dos fluxos de resíduos. Isto permite que os envolvidos no ciclo de vida dos REEE saibam quais são suas ações e responsabilidades no programa. O modelo poderia funcionar de forma coletiva (administrado por entidades gestoras) ou de forma individual (administrado pelo produtor), ambos atuando em um modelo competitivo. O poder público atuaria como um agente educador, estimulador e fiscalizador. Os custos da LR poderiam ser rateados entre o consumidor, varejista, distribuidor, produtor e importador. O modelo poderia ser dividido entre logística primária e secundária. A logística primária consiste no transporte dos REEE dos pontos de coleta até os centros de triagem. A logística secundária, por sua vez, transporta os REEE dos centros de triagem até os recicladores capacitados e homologados.
18	Intensificar as discussões de políticas de incentivo econômico por parte do setor público, a fim de viabilizar a implementação da LR dos REEE.	Os produtores, distribuidores e varejistas resistem em arcar com os custos dos sistemas de LR dos REEE. Intensificar as discussões sobre o tema poderia reduzir a resistência do setor. Entretanto, a falta de objetividade do Governo Federal tem contribuído para a morosidade da implantação da LR dos REEE.

n°	Elemento	Justificativas e esclarecimentos
19	Disponibilizar linhas de crédito para investimentos em infraestrutura das recicladoras.	A capacidade atual está abaixo do que se espera de demanda por reciclagem quando a PNRS estiver implantada. Articular junto aos bancos de desenvolvimento para criação de linhas de crédito permitirão uma expansão e melhoria na distribuição das recicladoras pelas regiões do Brasil, minimizando os custos de transporte dos REEE.
Aspectos econômicos 20	Estimular a implementação dos sistemas de LR por meio de incentivos fiscais, financeiros e creditícios pelo uso de EEE reciclado, vendas de EEE recicláveis e reutilizáveis ou na produção de EEE com <i>design</i> ambiental.	<p>A LR do REEE possui um alto custo, diferentemente da LR das latas de alumínio, por exemplo, cuja matéria prima já está pronta para a reciclagem. Os REEE devem ser desmontados, separados e reciclados. Dessa forma, torna-se necessário estabelecer mecanismos de incentivos à LR dos REEE. No Brasil não existe uma política fiscal simplificada e não tributada para os sistemas de LR dos REEE. Por essa razão, são sugeridas algumas ações visando ajudar a contornar esse problema:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Propor a desoneração dos REEE reaproveitados na indústria. Essa sugestão tem como objetivo eliminar ou reduzir a incidência de tributos indiretos sobre os REEE. O produto reciclado já foi tributado quando fabricado com matéria-prima virgem e, portanto, não faz sentido a bitributação do mesmo material. O instrumento para viabilizar essa desoneração seria a concessão de um crédito presumido calculado sobre o valor dos REEE utilizados pela indústria recicladora. - Nas vendas de resíduos para empresas do regime de lucro real há suspensão na incidência de PIS/COFINS, exceto quando a venda é realizada por empresas do regime Simples. Como pode haver empresas do Simples operando nos sistemas de LR, a suspensão da incidência de PIS/COFINS acaba resultando em uma tributação cumulativa e não compensada ao longo do sistema de LR. Para contornar esse problema, pode-se ampliar a suspensão da incidência de PIS/COFINS para empresas do regime Simples. - Harmonizar e ampliar o diferimento ou isenção na cobrança do ICMS em todas as operações internas com REEE. A legislação sobre o tema varia entre os estados e, por isso, a tributação das operações interestaduais gera complexidade operacional e prejudica o funcionamento eficiente das cadeias de reciclagem. - Viabilizar a implementação de um mecanismo transparente de financiamento do sistema de LR, com base em uma taxa visível (<i>visible fee</i>), que seria pago pelo consumidor no momento da compra de um novo EEE, destacado na nota fiscal e isenta de tributação. O modelo de taxa visível, ou Ecovalor, é empregado nos países da UE e OECD na LR dos REEE. Alguns especialistas acham descabido a cobrança de uma taxa ao consumidor pelo fato dos benefícios financeiros trazidos pela LR dos REEE. Essa é uma questão que deve ser avaliada e simulada considerando todos os parâmetros que envolvem o tema - Adotar um sistema de crédito presumido concedido à indústria, com base no valor despendido pela indústria para o financiamento da LR. - Permitir as empresas deduzirem parte do custo da LR do Imposto de Renda devido, a exemplo do que ocorre para as atividades culturais e esportivas. - Desonerar a incidência de COFINS a receita de qualquer natureza das entidades gestoras sem fins lucrativos. - Desonerar a folha das cooperativas de Catadores de Recicláveis por meio da redução do custo da contribuição para a previdência social.

n°	Elemento	Justificativas e esclarecimentos
Aspectos educacionais e científicos	21 Intensificar ações de divulgação, conscientização e educação ambiental sobre os REEE para toda a sociedade.	A falta de conscientização dos consumidores, e a ausência de cultura de entrega e separação, são entraves para a melhoria do desempenho da gestão de REEE. Dessa forma, há necessidade de ações por parte do setor público a fim de sensibilizar a sociedade sobre o descarte adequado dos REEE. Essas ações podem ser desenvolvidas por meio de informações objetivas, sensibilização/mobilização da comunidade diretamente envolvida, informação, sensibilização ou mobilização para o tema REEE desenvolvidos em ambiente escolar, campanhas e ações pontuais de mobilização, e propostas empresariais de publicidade e marketing.
	22 Incluir nas embalagens e manuais dos EEE, instruções quanto aos procedimentos de descarte dos REEE.	Instruir o consumidor quanto o descarte adequado dos REEE poderá contribuir com o atingimento das metas estabelecidas no programa. Dessa forma, é recomendável a criação de padrões de informação para as embalagens e os manuais dos EEE vendidos.
	23 Investir em pesquisa, desenvolvimento, tecnologia e inovação em reciclagem de REEE e <i>ecodesign</i> dos EEE.	Em razão do baixo nível de demanda de REEE no Brasil, pouco se desenvolveu em tecnologia para reciclagem. Nas técnicas de reciclagem há processos que são pouco eficientes e geram alto nível de rejeitos. Os processos mais eficientes são os que geram menor impacto ambiental e demandam maior nível de conhecimento e tecnologia para a sua viabilização. No Brasil, existem apenas 16 recicladoras capacitadas em processar o REEE, mas não há tecnologia para reciclar as placas de circuito impresso, monitores, TVs, CRT, entre outros componentes. A maioria das empresas apenas separam os materiais e os revendem ao exterior, deixando plásticos e vidros no Brasil. Além disso, há complexidade em reciclar alguns REEE em função do seu tamanho e tecnologia. Como consequência, o Brasil recicla menos de 1% dos REEE. Dessa forma, é preciso prover fomento a pesquisa para o desenvolvimento de novas técnicas de reciclagem, aplicações das matérias-primas recicladas e <i>ecodesign</i> . Isto pode ser realizado por meio de parcerias entre o governo, indústrias e universidades financiadas pelas agências de fomento à pesquisa. Os programas Ambientronic e Rematronic (ambos desenvolvidos pelo Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer) podem contribuir com a inovação em reciclagem e <i>ecodesign</i> .
	24 Investir em pesquisas sobre a adequação no Brasil da Diretiva RoHS - 2011/65/UE, relativa à restrição do uso de substâncias perigosas nos EEE.	As empresas carecem de pesquisas relacionadas a adoção dessa diretiva, e sua adequação implica na realização de análises químicas em laboratórios certificados. Como consequência, não há suporte técnico aos pequenos fabricantes para o desenvolvimento de materiais, há carência de informações em toda a cadeia produtiva de Eletroeletrônicos, e as universidades e institutos de pesquisas em assuntos pertinentes a essa diretiva estão muito distantes.
Aspectos externos	25 Intensificar a fiscalização nas fronteiras a fim de evitar a entrada de EEE da linha cinza (aqueles sem origem definida).	Entre os desafios enfrentados pelo setor está a alta concorrência com os EEE da linha cinza. A ilegalidade pode chegar a 30% em computadores e <i>notebooks</i> . Esses produtos apresentam riscos para os sistemas de LR, tendo em vista a qualidade baixa e o desconhecimento de sua composição. Os EEE cinzas, somados aos produtos órfãos, podem encarecer a implementação da LR.
	26 Definir a tratativa a ser dada aos produtos órfãos (aqueles sem fabricantes no país).	Aprimorar as discussões quanto a definição de modelos de tratativas dos produtos órfãos. Para tanto, pode-se acompanhar o histórico de produtos órfãos no início de operação da LR, mensurar o seu valor de mercado, definir os instrumentos de compensação e articular a implementação dos mesmos. Pode-se analisar alternativas para apuração e custeio de produtos órfãos. Com o sistema em funcionamento, cada produtor, ao colocar um produto no mercado, passaria a prestar uma garantia financeira a fim de evitar que os custos da gestão de REEE provenientes de produtos órfãos recaiam sobre a sociedade ou sobre os demais produtores.

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em Ballam (2010); EC (2012); IPEA (2012a; b; c); Kobal et al. (2013); ABDI (2013); Abinee (2012; 2014); Ruiz et al. (2014); Saraiva (2012; 2014); CNI (2014b); Kruglianskas; Cuzziol (2014); Carvalho; Xavier (2014); Yura (2014); Augusto; Demajorovic; Souza (2015); Bescansin (2014; 2015); SNIS (2015).

4.3 PRÁTICAS DO USO DAS TECNOLOGIAS DE IDENTIFICAÇÃO DE PRODUTOS NA LR DOS REEE

Esta seção visa responder à terceira pergunta de pesquisa: *como as tecnologias de identificação de produtos podem contribuir com as práticas de LR dos REEE da linha verde no Brasil?* Esta pergunta é relevante, pois Lee e Chan (2009) e Qiaolun e Tiegang (2011) propõem a adoção da RFID na identificação de itens reutilizáveis em pontos de coleta; Santini (2008) sugere o uso da RFID nos processos de reciclagem; Xavier e Corrêa (2013), Sasaki (2013) e Valle e Souza (2014) sustentam que a RFID e o Código de Barras podem trazer uma nova extensão à LR, fornecendo uma forma potencial de identificar os produtos nos vários estágios do seu ciclo de vida. Por fim, Bose e Yan (2011) sugerem o desenvolvimento de projetos RFID na melhoria de práticas ambientalmente sustentáveis, a exemplo dos casos das empresas *Walmart, Recycle Bank, Rewards for Recycling, Multi Life Cycle Center, Concept2Solution, Promise, Indisputable Key, Smart Vareflyt e Strawberry*.

4.3.1 O projeto *Smartwaste* da HP

No intuito de elucidar o contexto da pesquisa, examina-se nesta seção o projeto *Smartwaste* da *Hewlett-Packard* (HP) do Brasil, que utiliza a RFID na LR dos REEE da linha verde. A escolha da HP Brasil como empresa a ser estudada se deve ao seu pioneirismo no desenvolvimento de soluções em gestão de resíduos. A HP está na 2ª posição mundial entre as empresas que mais adotam práticas em sustentabilidade ambiental (*GREENPEACE*, 2012). A escolha do *Smartwaste* como o projeto a ser analisado se deve à sua inovação e reconhecimento mundial em soluções RFID como gestão do ciclo de vida dos produtos HP. O projeto *Smartwaste* busca aperfeiçoar a capacidade da empresa em ofertar produtos de qualidade a custos mais baixos. Por isso, há restrição quanto a divulgação dos resultados do *Smartwaste* (EC, 2008b), evidenciando carência de suas informações na literatura mundial.

Fundada em 1939 nos Estados Unidos, a HP é uma empresa fabricante de produtos da linha verde (como *desktops, notebooks, impressoras e componentes*). Ela opera em mais de 170 países, emprega 302 mil pessoas, possui um portfólio de mais de dois mil produtos e mais de 36.000 patentes (HP, 2014). Com mais de um bilhão de clientes, o faturamento líquido da HP em 2014 foi de US\$111,45 bilhões (ABDI, 2015b).

O tema sustentabilidade é prioridade na HP e está inserido na estratégia de negócios. Um exemplo nesse sentido é o programa *Design for Environment*, criado em 1992, que tem

como objetivo projetar os produtos de modo a facilitar a sua reciclagem. Com suas iniciativas, a HP é mundialmente reconhecida como a empresa líder no seu setor nos programas de gestão de resíduos Eletroeletrônicos. Desde 1987, quando iniciou seus programas, a HP reciclou 1.683.000 toneladas de *hardware* no mundo. Com programas de reciclagem em 73 países, a taxa de reutilização e reciclagem da HP já atinge 12% das vendas (HP, 2014).

A HP Brasil, por sua vez, possui mais de 45 anos de história no país, emprega 8.500 pessoas, e conta com 27.000 canais de venda e distribuição (HP, 2011). A unidade brasileira exporta impressoras para Argentina, Chile, Peru, Bolívia e Uruguai. Além disso, a HP Brasil participa como membro da ABINEE nas discussões técnicas para a normatização do setor, e conta com a parceira do CEMPRE na habilitação de cooperativas de catadores para devolução de embalagens de produtos (KRUGLIANSKAS; CUZZIOL, 2014).

Como um fornecedor mundial de Eletroeletrônicos, a HP enfrenta vários desafios no mercado, entre eles i) a concorrência global, ii) os altos custos resultantes da dependência de uma cadeia de valor norteada pela tecnologia, e iii) com uma das mais complexas cadeias de suprimento do mundo, gasta cerca de US\$50 bilhões por ano na aquisição de materiais, componentes, fabricação e serviços de distribuição de seus produtos (EC, 2008b). Devido à sua natureza competitiva, a HP busca continuamente aperfeiçoar seus processos e eliminar deficiências, e a RFID ofereceu um potencial para atender as suas necessidades.

A HP começou explorando a tecnologia RFID em 2002 em quatro de suas fábricas, duas em Manchester, Virginia e duas em Memphis, Tennessee (HP, 2004). Conforme ABDI (2015a), as razões que levaram a HP a adotar a RFID foram i) atingir os requisitos do cliente *Walmart* relativos à RFID por meio da etiquetagem de caixas e paletes, ii) melhorar a eficiência da cadeia de fornecimento por meio da redução do custo de mão-de-obra envolvida, iii) aumentar a velocidade das operações e fazendo as coisas melhores por meio do aumento da precisão na primeira passagem, e iv) aperfeiçoar o sistema de coleta de dados.

Logo no início, a HP reconheceu os benefícios que a RFID poderia trazer às operações da empresa. Em Memphis, por exemplo, a HP identificou que o processo de preparação de um palete para expedição foi reduzido de 90 para 11 segundos. A RFID eliminou a necessidade de leituras demoradas com o código de barras. Em Chester, os custos com o manuseio de embalagem e paletes reduziu significativamente devido à diminuição do número de erros manuais (CHUANG; SHAW, 2007). Diante desses resultados e com o apoio de sua liderança, a HP avançou nos estudos da RFID e criou Centros de Excelência em RFID (intitulado “RFID-CoE”) para testar o uso da RFID em sua própria cadeia.

Em 2004, a HP iniciou um projeto-piloto em seu Centro de Excelência em RFID (RFID-CoE), localizado em Sorocaba, São Paulo (SP). O RFID-CoE reproduz em suas instalações o ambiente de uma linha de produção, podendo simular o processo de fabricação de um item etiquetado com *tags* RFID, bem como seu comportamento na manufatura.

Com o projeto, a HP pretendia integrar a RFID numa cadeia *end-to-end*, abrangendo fabricação, distribuição, reparação, logística reversa e reciclagem (RFID-CoE, 2015). O projeto foi concebido para estabelecer o rastreamento dos produtos em fim de vida para assegurar seu descarte adequado e, principalmente, quantificar o material recolhido, a fim de reinserir a matéria-prima reciclada para fabricar novos produtos (HP, 2011). Com isso, a HP esperava atingir suas metas de sustentabilidade e fechar o ciclo do produto.

A HP Brasil teve alguns desafios no projeto. Um deles era melhorar o desempenho da taxa de leitura e escrita das *tags* RFID fixadas nas impressoras encaixotadas em paletes com até 108 produtos empilhados (XAVIER et al., 2010). Devido a alta densidade de metais nos produtos, as transmissões das *tags* dificilmente seriam captadas, salvo se os leitores das antenas tivessem orientação que combinassem com a posição das *tags* sobre o palete. Dessa forma, o palete foi regulado várias vezes a fim de obter a leitura de cada *tag*. A leitura completa de um palete carregado com impressoras etiquetadas durava 60 segundos (RFID JOURNAL, 2015).

Diante disso, o RFID-CoE desenvolveu uma estrutura metálica contendo um braço giratório equipado com um leitor de *tags* em sua extremidade (Figura 51). Quando um palete era colocado na estrutura, o braço girava em torno do palete e efetuava a leitura das *tags*.

Figura 51 – Estrutura metálica contendo braço giratório com leitor de *tags* RFID.



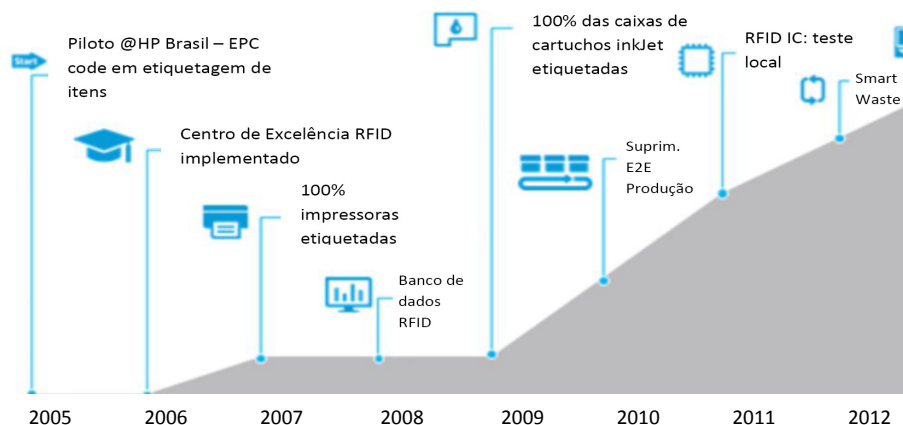
Fonte: RFID Journal (2015).

Em 2007, com o uso da RFID no braço giratório, o tempo de leitura de um palete reduziu para 37 segundos. Ainda nesse mesmo ano, o RFID-CoE desenvolveu um túnel com leitores RFID para capturar dados de todas as *tags* fixadas nos produtos embalados nas caixas.

Dois anos depois, esses túneis eram utilizados para leitura das *tags* de até 60 cartuchos acondicionados por caixa (RFID JOURNAL BRASIL, 2015).

O projeto-piloto foi bem sucedido, obteve reconhecimento mundial e o programa *Smartwaste* de reciclagem com base em RFID começou em julho de 2011. A evolução do emprego da RFID na HP Brasil em Sorocaba é mostrada na Figura 52.

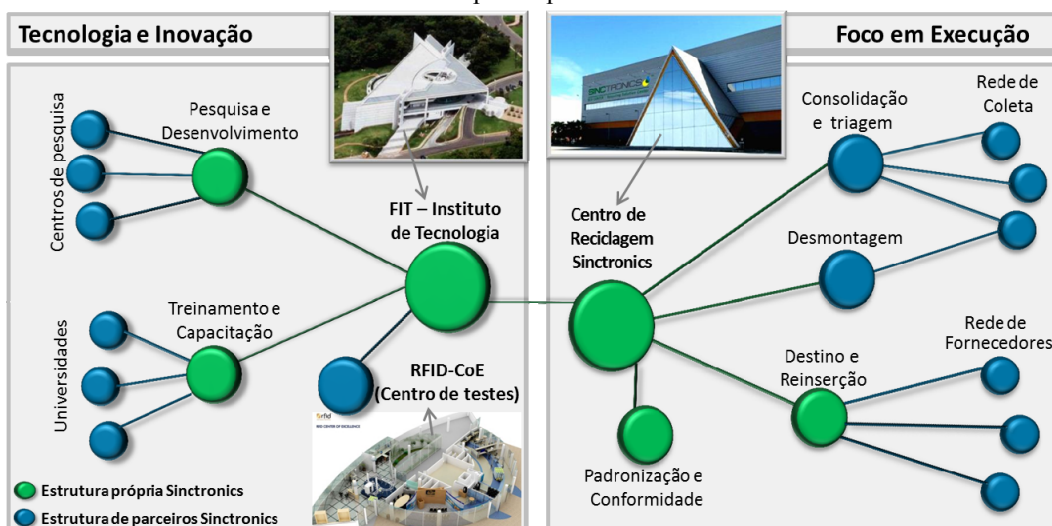
Figura 52 – Linha do tempo da implementação da RFID na HP Brasil – principais fases.



Fonte: ABDI (2015a).

Contando com empresas parceiras situadas em Sorocaba, como a Flextronics (fabricante de eletroeletrônicos), Sinctronics (soluções sustentáveis em eletroeletrônicos), Flextronics Instituto de Tecnologia (desenvolvimento de *softwares*) e o RFID-CoE, a fábrica da HP em Sorocaba (SP) passou a ser o primeiro Centro de Reciclagem de Cartuchos HP da América Latina. A Figura 53 mostra o ecossistema do centro de inovação e tecnologia da HP Brasil.

Figura 53 – O ecossistema da HP Brasil e suas empresas parceiras.



Fonte: Adaptado de Sinctronics (2015b).

Criada em 2012, a Sinctronics é um centro de referência em soluções completas em reciclagem de eletroeletrônicos. Atuando junto com seus parceiros, a Sinctronics desenvolveu uma infraestrutura e tecnologia para coletar e transformar eletroeletrônicos em matéria prima

e peças para novos produtos. O processo produtivo da Sinctronics integra LR, processamento dos materiais, investimentos em pesquisa e desenvolvimento, inclusão social e educação ambiental. Em contraposição ao sistema linear de produção, a Sinctronics adota o modelo da economia circular – gera valor a partir do descarte de REEE, reinserindo materiais no sistema produtivo e reduzindo o consumo dos recursos naturais (SINCTRONICS, 2015a).

4.3.2 O processo produtivo do *Smartwaste* da HP

As *tags* RFID são fixadas nos produtos HP e passam por todo o processo, desde o recebimento, manufatura e distribuição, até chegar ao retorno dos itens para reciclagem. Os detalhes dessa cadeia de valor são discutidos a seguir.

A fábrica HP de Sorocaba utiliza *tags* produzidas pela Ceitec, empresa brasileira vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. As *tags* são passivas e operam na frequência UHF 950 MHz (ANGELES, 2013) com o padrão EPC Gen2 (DEPA, 2015). O EPC Gen2 funciona em qualquer lugar do mundo e muitos fabricantes de *chips* e *tags* se alinham a ele. As *tags* são interrogadas por leitores *Mercury5* da *ThingMagic* do tipo IP52, são resistentes à água e oferecem proteção contra a entrada de poeiras (ANGELES, 2013).

Conforme RFID-CoE (2015), enquanto as impressoras são montadas na fábrica parceira HP, o EPC é gerado e dados importantes são gravados nas *tags*, como o número de série, composição, versão do *firmware*, validade do cartucho e país de destino, gerando uma espécie de “DNA” do produto para futuro reaproveitamento. O próximo passo é fixar essas *tags* no chassi das impressoras, nos cartuchos de tinta e nos toners. Em seguida, os produtos etiquetados são testados e armazenados em paletes. No interior da manufatura, na medida em que os produtos estão no alcance das antenas que se localizam nas entradas e saídas da área de armazenagem, as leituras das *tags* são realizadas, e as informações são lançadas com entrada e saída dos produtos em estoque. Essa cadeia de valor é mostrada na Figura 54.

Figura 54 – Cadeia de valor dos produtos HP baseada em RFID – manufatura e logística.



Fonte: Adaptado de Pandini (2012).

No intuito de integrar a reciclagem com base em RFID para dentro dessa cadeia de valor, a HP complementou a logística reversa e reciclagem e fechou o seu ciclo do produto por meio do projeto *Smartwaste*. Os detalhes dessa incorporação são discutidos a seguir.

Com o programa de reciclagem HP *Planet Partners*, os clientes devolvem os produtos dirigindo-se a um dos pontos de coleta, criando uma requisição por meio do site da HP ou enviando e-mail. Com isso, a HP recebe entre 40 e 50 toneladas de REEE por mês, dos quais fazem parte 25.000 toners e cartuchos vazios (KRUGLIANSKAS; CUZZIOL, 2014). Conforme RFID Journal (2015), rotineiramente, caminhões com REEE chegam ao Centro de Reciclagem em Sorocaba. Os trabalhadores que descarregam os REEE utilizam leitores RFID para identificar e armazenar os REEE, a fim de facilitar posterior desmontagem e separação de seus componentes. Os produtos que não possuem *tags* são identificados manualmente.

Quando os REEE devidamente etiquetados entram no processo, o *Smartwaste* identifica e quantifica cada característica dos itens por meio da RFID. São registrados eletronicamente cada componente do produto rastreado como vidro, metal, borracha, plástico entre outros, permitindo a correta separação, contagem, e aproveitamento de cada item na fabricação de novos produtos HP e de outros segmentos industriais (RFID-CoE, 2015).

Todas as informações capturadas pelas *tags* são enviadas para um *software* gerencial desenvolvido para esse projeto. A partir dos dados recebidos, o *software* gera gráficos e relatórios. A Figura 55, por exemplo, ilustra uma tela desse *software* com a quantidade de material reciclado, e os produtos e materiais mais reciclados, todos referentes ao ano de 2012.

Figura 55 – Identificação das matérias primas recicladas por meio do *Smartwaste*.

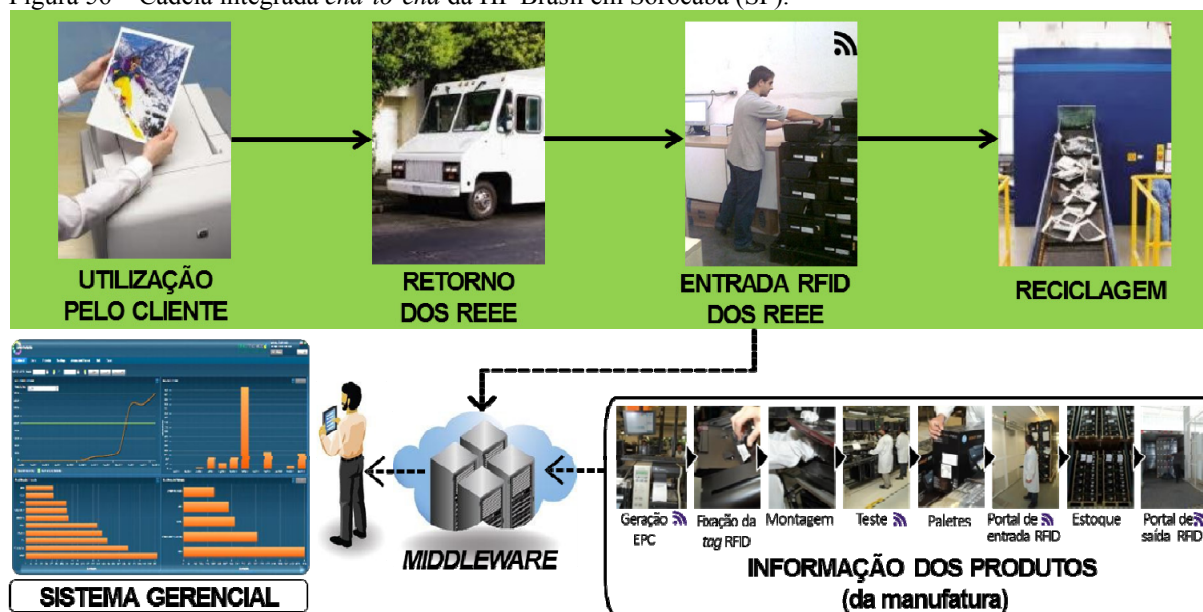


Fonte: Ohde (2013).

Conforme a HP (2015b), o processo de reciclagem dos cartuchos HP no Centro de Reciclagem começa com a separação por cada modelo. O circuito elétrico é removido e enviado para uma empresa que recupera metais preciosos. A tampa com etiqueta é separada e direcionada a indústria que fabrica papel plastificado. A espuma de tinta é retirada e aproveitada na indústria da construção civil para gerar energia na fabricação de cimento. O circuito de impressão é removido e também é destinado à recuperação de metais preciosos. O corpo do cartucho passa por um processo diferenciado de lavagem e secagem, e em seguida é triturado. O material reciclado é misturado com garrafas PET, e a matéria prima usada em até 70% da composição plástica de novos cartuchos. Em seu Centro de Reciclagem, a HP Brasil também recicla modelos de cartuchos de tinta, utilizados em impressoras de grandes formatos, que imprimem *banners*, livros, revistas e outros materiais. Utiliza-se a matéria prima reciclada dos cartuchos HP na composição de novas impressoras HP produzidas no país.

Com todas as ações discutidas, a HP Brasil foi auxiliada em atingir seu objetivo de integrar a RFID na cadeia *end-to-end*, abrangendo fabricação, distribuição, reparação, logística reversa e reciclagem. Com isso, a empresa garante produtos de fontes confiáveis, oferece controle ao longo da cadeia de valor, melhora a relação com os seus clientes quanto às metas de sustentabilidade e proporciona o fechamento do ciclo do produto. A Figura 56 mostra a cadeia *end-to-end* da HP Brasil.

Figura 56 – Cadeia integrada *end-to-end* da HP Brasil em Sorocaba (SP).



Fonte: Adaptado de Pandini (2012).

Conforme a Figura 56, o produto HP em fim de vida retorna à fábrica e em seguida é realizada a leitura RFID dele. Os dados são ligados com as informações que se tem daquele produto, mostrando o quanto de cada item está retornando ao processo (PANDINI, 2012).

4.3.3 Os resultados da implantação da RFID e do projeto *Smartwaste* da HP

O projeto de implantar a tecnologia RFID na HP é um dos casos mais destacados no mundo em termos de alcance de objetivos (XAVIER et al., 2010). Conforme ADBI (2015a;b), a cadeia de valor da HP Brasil: i) assegurou a integridade física dos conteúdos dos paletes; ii) garantiu o controle individual do produto e a sua rastreabilidade; iii) passou a controlar os tempos de produção e gerar dados para melhoria dos processos; iv) aumentou a eficiência na gestão de estoques, como o controle FIFO (*First in – First out*) e o tempo no estoque de produtos acabados; v) reduziu os erros internos para valores inferiores a 100ppm; vi) automatizou os processos internos de movimentação dos produtos; e vii) permitiu informar previamente aos clientes os dados de embarque de cada produto adquirido.

Desde 2011, quando iniciou o programa *Smartwaste*, a HP: i) investiu mais de R\$17 milhões em pesquisa e desenvolvimento da tecnologia RFID no país (RFID JOURNAL BRASIL, 2015); ii) inseriu *tags* em mais de dez milhões de impressoras; iii) reciclou mais de um milhão e duzentos mil cartuchos (HP, 2011); iv) incrementou 312,76% na coleta e segregação; e v) mais de 43.833 impressoras foram rastreadas, o que equivale a 178,5 toneladas de matérias-primas recicláveis (GS1 BRASIL, 2015). O tempo de leitura de um palete por meio da estrutura metálica com o braço giratório reduziu para 14 segundos, e a fábrica de Sorocaba processa atualmente cerca de cem mil toneladas de produtos em fim de vida por mês, mas há potencial de processar seiscentos mil (RFID JOURNAL, 2015).

Em virtude do *Smartwaste* e do envolvimento de seus parceiros, a HP em Sorocaba (SP) integrou as operações de manufatura com o programa de LR e reciclagem, fechou o ciclo do produto e modelou o seu processo com a abordagem da economia circular. Com isso, inúmeros benefícios são obtidos, como: a geração de empregos locais; a redução da emissão de CO₂ na atmosfera; a economia de água, energia e insumos; a diminuição da pegada de carbono e de combustível fóssil sobre manufatura, transporte e reciclagem, além de milhões de cartuchos ficarem fora de aterros (HP, 2011).

Atualmente, o programa de reciclagem da HP Brasil atende a 100% do seu portfólio de produtos por meio da infraestrutura de LR que é estrategicamente distribuída em todo o Brasil para recolhimento e reciclagem de baterias, computadores e impressoras (HP, 2011). Conforme HP (2015a), por meio de suas iniciativas, a HP Brasil foi considerada uma das empresas mais sustentáveis do país pelo “Guia Exame de Sustentabilidade 2014” no seu setor, e ganhou o prêmio “IstoÉ As Empresas Mais Conscientes”. Em 2013, recebeu o “Prêmio Eco Brasil 2013” por suas práticas em sustentabilidade e venceu o “Top

Sustentabilidade ADVB” por seu programa de reciclagem HP *Planet Partners*. Em 2012, a HP ganhou o “Prêmio *Greenbest*” com seus cartuchos e foi vencedora da categoria “*Green do 10º RFID Journal Awards*”, por apresentar soluções RFID como gestão do ciclo de vida de seus produtos fabricados no Brasil, por meio do Projeto *Smartwaste*.

De acordo com o RFID-CoE (2015), o projeto *Smartwaste* foi reconhecido mundialmente como o projeto mais avançado já realizado, recebendo do líder de mídia, *RFID Journal*, o prêmio *Best RFID Implementation*; foi classificado entre os “TOP 25 Projetos de Inovação Brasileiros”, em pesquisa realizada pelo *Monitor Group* e Revista Exame; e também foi listado entre os top 50 na categoria de *Innovation Mastery* pelo Gerenciamento de Manufatura e *Supply Chain* com RFID.

Segundo Kruglianskas e Cuzziol (2014), até o presente a HP Brasil não precisou reestruturar seus programas para se adequar à PNRS. Dos 15 objetivos estabelecidos pela PNRS, 14 são plenamente atendidos pelo programa HP de reciclagem, ao passo que 8 estão vinculados aos produtos e métodos produtivos (Quadro 24).

Quadro 24 – Objetivos da PNRS atendidos com o programa de reciclagem da HP Brasil.

Objetivos da PNRS	Sistema de gestão de REEE da HP Brasil atende?	Relação direta com o processo produtivo?
i – Qualidade ambiental	Sim	-
ii – Redução, reutilização, reciclagem	Sim	Sim
iii – Padrões de produção sustentáveis	Sim	Sim
iv – Desenvolvimento de tecnologias limpas	Sim	Sim
v – Redução de volume de resíduos perigosos	Sim	Sim
vi – Fomentar uso de recicláveis e reciclados	Sim	Sim
vii – Gestão integrada	Sim	-
viii – Cooperação técnica e financeira	Sim	-
ix – Capacitação em resíduos sólidos	Sim	-
x – Regularidade no manejo de resíduos	Sim	-
xi – Prioridade nas contratações	Viabiliza	-
xii – Integração de catadores de recicláveis	Sim	-
xiii – Ciclo de vida do produto	Sim	Sim
xiv – Melhoria de processos produtivos	Sim	Sim
xv – Rotulagem ambiental	Sim	Sim

Fonte: Adaptado de Ohde (2013).

A HP considera que a PNRS oportuniza o desenvolvimento do setor de eletroeletrônicos no que concerne à sustentabilidade ambiental, e há tempos já se preparava para a necessidade de adequação aos sistemas de GRS. Com seu pioneirismo na gestão de REEE com a utilização da tecnologia RFID, a HP está numa posição vantajosa em relação a seus concorrentes de mercado.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DA PESQUISA

Neste capítulo, os resultados da pesquisa são confrontados com os objetivos propostos. Além disso, discussões acerca da Revisão Sistemática da Literatura e uma abordagem sobre as contribuições do trabalho são expostos. Por fim, são feitas sugestões de pesquisas futuras concernentes à melhoria do desempenho da gestão de REEE no Brasil, no contexto da sustentabilidade ambiental.

5.1 CONCLUSÕES A RESPEITO DOS OBJETIVOS

Analisando os objetivos específicos da presente pesquisa, verifica-se que todos eles foram alcançados, conforme ponderações a seguir:

Objetivo 1 – Identificar o histórico, o panorama e as perspectivas, global e brasileira, para a melhoria do desempenho da gestão de RSU e REEE, no contexto da sustentabilidade ambiental.

Em síntese, evidenciou-se que os fatos globais para a sustentabilidade ambiental, e o desempenho dos sistemas de GRS, especialmente dos países desenvolvidos, estão em constante evolução. Entretanto, a geração de RSU e REEE e a extração de recursos úteis na fabricação de EEE continuam a crescer, ao passo que esses recursos estão cada vez mais escassos. Em razão disso, os países desenvolvidos já estão em outro patamar para o aprimoramento da GRS: a transição da Economia Linear para a Economia Circular, e a busca da concretização das metas da Agenda 2030. O Brasil, por sua vez, ainda dispõe a maior parte dos seus resíduos de forma inadequada, mas avança, vagarosamente, na melhoria dos sistemas de GRS por meio da implementação da PNRS e dos sistemas de LR dos REEE.

A bibliografia relativa ao desempenho da gestão de REEE é escassa, e a academia brasileira carece de uma melhor compreensão sobre seu histórico, panorama e perspectivas. Exatamente por isso, propôs-se preencher uma importante lacuna existente na literatura, ampliando aspectos teóricos sobre o tema. Dessa forma, o desenvolvimento do Capítulo 3 e Seção 4.1 do presente trabalho permitiu o alcance do objetivo proposto, oferecendo informações úteis aos pesquisadores, contribuindo com a academia nacional e internacional.

Objetivo 2 – Identificar boas práticas internacionais em gestão de REEE (países benchmarking) e sugerir melhorias do desempenho da gestão de REEE no Brasil.

Constatou-se que o Brasil possui entraves para a melhoria do desempenho da gestão de REEE, tornando-se necessário indicar elementos para o seu gerenciamento eficaz a longo prazo. Por meio do desenvolvimento da Seção 4.2.1 e 4.2.2, identificou-se a existência de

práticas exitosas em gestão de REEE por diversos países desenvolvidos. Além disso, constatou-se que seus sistemas de GRS dão ênfase nas políticas de responsabilidade estendida do produtor. Um entendimento do arcabouço que envolve o tema permitiu que fossem sugeridos, na Seção 4.2.3, diversos elementos que podem ser determinantes para o aprimoramento do desempenho da gestão dos REEE no Brasil. Dessa forma, o objetivo nº 2 foi alcançado por meio do desenvolvimento da Seção 4.2 do presente trabalho.

Objetivo 3 – Identificar boas práticas de uso das tecnologias de identificação de produtos nos sistemas de LR dos REEE da linha verde no Brasil.

Em termos globais, a aplicação da RFID na sustentabilidade ambiental é incipiente, e o Brasil carece de pesquisas sobre as suas práticas. Apesar da escassez da literatura, foi possível identificar a existência de práticas exitosas da RFID na LR dos REEE da linha verde no Brasil. O Projeto *Smartwaste* da HP Brasil é um dos mais destacados no mundo em termos de alcance de objetivos, e com uma variedade de premiações no que diz respeito à sustentabilidade ambiental. Por meio do *Smartwaste*, pode-se inferir que a RFID constitui uma tecnologia útil e viável nas práticas de LR para os REEE. Dessa forma, o objetivo nº 3 foi alcançado por meio do desenvolvimento da Seção 4.3 do presente trabalho.

Finalmente, observando-se o objetivo geral da pesquisa – [...] *identificar como a gestão de REEE pode contribuir para a melhoria de desempenho da cadeia de suprimentos de produtos Eletroeletrônicos no Brasil, no contexto da sustentabilidade ambiental* – verifica-se que o desenvolvimento do Capítulo 3 e 4 do presente trabalho atinge o que foi proposto.

5.2 CONCLUSÕES A RESPEITO DAS CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO

Durante o desenvolvimento do presente trabalho, constatou-se que há, de fato, poucas pesquisas que abordam os sistemas de gestão de REEE por meio da LR e das tecnologias de identificação de produtos, tanto em âmbito nacional como internacional. Isto se deve ao fato do tema “REEE” ser relativamente novo no meio acadêmico. O interesse em pesquisas nessa área começou a crescer a partir da década de 2000.

Evidenciou-se, também, que a maioria das referências consultadas aborda discussões conceituais e revisões bibliográficas, indicando poucos trabalhos sobre as práticas em gestão de REEE, no contexto da sustentabilidade ambiental. Exatamente por isso, o presente estudo buscou identificar boas práticas relacionadas ao tema, de forma a contribuir para a melhoria da gestão de REEE no Brasil, no contexto da sustentabilidade ambiental.

Finalmente, vale destacar que a gestão ambientalmente adequada do REEE avança lentamente no Brasil. É preciso que a LR ganhe mais espaço nas decisões empresariais e que o controle da tecnologia de identificação de produtos adote instrumentos que garantam eficiência em toda a cadeia reversa dos REEE. Para tanto, são necessários estudos mais aprofundados a respeito da LR do REEE por meio do uso das tecnologias de identificação de produtos, de modo que se identifiquem fatores de sucesso no Brasil. A chave para o sucesso, em termos de gestão de REEE, é desenvolver produtos de concepção ecológica, coletar, recuperar, reciclar e descartar os REEE por meio de métodos e técnicas seguras, proibir a transferência de dispositivos eletrônicos usados para os países em desenvolvimento, e aumentar a conscientização da sociedade sobre o impacto do REEE.

5.3 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Durante o desenvolvimento deste trabalho foi possível identificar outras oportunidades de pesquisas, as quais podem contribuir com a melhoria do desempenho da gestão de REEE no Brasil, tais como:

- i) Identificar boas práticas de fabricação de EEE com *design* ecológico nos países *benchmarking*, com a finalidade de analisar a sua viabilidade técnica e econômica e propor uma modelagem para o setor de eletroeletrônicos brasileiro;
- ii) Identificar boas práticas de reciclagem dos REEE nos países *benchmarking*, com a finalidade de analisar a sua viabilidade técnica e econômica e propor uma modelagem para o setor de eletroeletrônicos brasileiro;
- iii) Identificar os desafios, entraves e oportunidades para a transição da economia linear para a economia circular no setor eletroeletrônico brasileiro;
- iv) Mapear, a partir de um estudo de caso, os problemas mais complexos que ocorrem nas entradas, processamento e saídas em um sistema de manufatura reversa de REEE, e recomendar melhores alternativas para a sua gestão;
- v) Desenvolver um modelo de gerenciamento da LR dos REEE, de forma que possibilite avaliar a eficiência dos sistemas do ponto de vista estratégico, mediante a inclusão de indicadores de desempenho que contemplem as dimensões econômica, social e ambiental (*Triple Bottom Line*);
- vi) Identificar outras boas práticas do uso das tecnologias de identificação de produtos nos sistemas de LR dos REEE. Algumas em potencial são o: i) Projeto *WEEE Trace* (financiado pela comissão europeia e coordenado pela *Ecolec Fundación*); ii) Projeto

Trash Track (coordenado pelo laboratório *SENSEable Cities do Massachusetts Institute of Technology* nos Estados Unidos); iii) Sistema de coleta urbana de resíduos praticada pela empresa *Avfall Sør Husholdning AS*, na cidade de Kristiansand – Noruega; e iv) Projeto *Multi Life Cycle Center for electric and electronic equipment* (financiado pela comissão europeia).

REFERÊNCIAS

ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Logística reversa de equipamentos** Eletroeletrônicos – **análise de viabilidade técnica e econômica**. Brasília, novembro de 2013.

_____. **Estudo para o Fomento do Uso de Etiquetas Inteligentes nos Setores de Comércio e Serviços Logísticos**. V. 1 – Análise comparativa sobre experiências internacionais. Brasília, 2015a.

_____. **Estudo para o Fomento do Uso de Etiquetas Inteligentes nos Setores de Comércio e Serviços Logísticos**. V. 2 - Experiências brasileiras. Brasília, 2015b.

ABINEE - Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica. **A indústria elétrica e eletrônica impulsionando a economia verde e a sustentabilidade**. São Paulo: Abinee. Junho de 2012.

_____. **Publicação bimestral da Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica – Abinee**. São Paulo. Ano XV – nº 75 – março de 2014.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 16156:2013: Resíduos de equipamentos** Eletroeletrônicos – **Requisitos para atividade de manufatura reversa**. ABNT: Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 10004/2004: Resíduos sólidos – classificação**. ABNT: Rio de Janeiro, 2004.

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil – 2014**. São Paulo, 2015a.

_____. **Estimativas dos custos para viabilizar a universalização da destinação adequada de resíduos sólidos no Brasil**. São Paulo, 2015b.

ACCR – The Association of Cities and Regions for Recycling. **The management of weee: a guide for local and regional authorities**. With the funding of the European Commission – DG Environment. Brussels, Belgium, 2003.

ADHIARNA, N. HWANG, Y. M.; RHO, J. J. A Two-Dimensional Framework for RFID Adoption and Diffusion: Strategic Implications for Developing Countries. **Journal of Technology Management & Innovation**. Vol. 6. Issue 2. p. 189-201. Jun, 2011.

AGRAWAL, S.; SINGH, R. K.; MURTAZA, Q. A literature review and perspectives in reverse logistics. **Resources, Conservation and Recycling**. V. 97. p. 76–92, 2015.

AHSAN, K.; SHAH, H. e KINGSTON, P. RFID Applications: An Introductory and Exploratory Study. **International Journal of Computer Science Issues**, Vol. 7, Issue 1, n. 3, p. 1 – 7 . Jan, 2010.

AHSAN, K. RFID Components, Applications and System Integration with Healthcare Perspective. **Electrical and Electronic Engineering**. Deploying RFID – Challenges, Solutions, and Open Issues. Aug, 2011.

AIZAWA, H.; YOSHIDA, H.; SAKAY, S. Current results and future perspectives for Japanese recycling of home electrical appliances. **Resources, Conservation and Recycling**. V. 52, Issue 12, P. 1399–1410. October, 2008.

ANDRADE, R. O. B.; TACHIZAWA, T.; CARVALHO, A. B. **Gestão ambiental: enfoque estratégico aplicado ao desenvolvimento sustentável**. 2ª edição. São Paulo: Pearson Education, 2002.

ANGELES, R. Using the Technology-Organization-Environment Framework and Zuboff's Concepts for Understanding Environmental Sustainability and RFID: Two Case Studies. **International Journal of Social, Behavioral, Educational, Economic and Management Engineering** V. 7, n. 11, 2013.

ARAÚJO, A. C. et al. Logística reversa no comércio eletrônico: um estudo de caso. **Gestão e Produção**, São Carlos, v. 20, n. 2, p. 303-320, 2013a.

ARAÚJO, J. G. **Análise do gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos residenciais em Manaus-AM**. Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade da Amazônia, da Universidade Federal do Amazonas, 2013.

ARAVENDAN, M.; PANNEERSELVAM, R. Literature Review on Network Design Problems in Closed Loop and Reverse Supply Chains. **Intelligent Information Management**, 6, 104-117, 2014.

ARIZON PRID TECHNOLOGY (YANGZHOU) CO.,LTD. **Worldwide RFID UHF Map**. Disponível em www.ydrfid.com. Acesso em 7 de agosto de 2014.

ATASU, A.; WASSENHOVE, L. N. V. An Operations Perspective on Product Take-Back Legislation for E-Waste: Theory, Practice, and Research Needs. **Production and Operations Management**. Volume 21, Issue 3, pages 407–422, May-June, 2012.

AUGUSTO, E. E. F.; DEMAJOROVIC, J.; SOUZA, M. T. S. Logística reversa de resíduos de equipamento de eletroeletrônico - REEE: fatores determinantes para sua implantação no Brasil. **XVIII Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais – SIMPOI-2015**. São Paulo, 24 e 25 de agosto, 2015.

BABU, B. R.; PARANDE, A. K; BASHA, C. A. Electrical and electronic waste: a global environmental problem. **Waste Management & Research**. v. 25 n. 4. p. 307-318, 2007.

BACHU, V. K.; SARAM, S.; KUMAS, N. V. S. S. A Review of RFID Technology. **International Journal of Engineering Sciences & Research Technology**. October, 2013.

BALLAM, M. **Políticas de Resíduos sólidos no Brasil - cenários para tratamento da REEE: Europa, Japão e Estados Unidos**. 2º GT Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos. Conama, Processo: 02000.002055/2009-26: atos do CONAMA. Brasília, 28 de janeiro de 2010.

BALDÉ, K. et al. **The global e-waste monitor – 2014**. United Nations University, IAS-SCYCLE, Bonn, Germany, 2015a.

_____. **E-waste statistics: guidelines on classifications, reporting and indicators**. United Nations University, IAS - SCYCLE, Bonn, Germany, 2015b.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. 5ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BANZATO, E. **Tecnologia da informação aplicada à logística**. São Paulo: IMAM, 2005.

BARBOZA, M. R.; GONÇALVES, R. F. **Logística Reversa de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos: Uma Avaliação Comparativa de Instrumentos Regulatórios. Cleaner Production Towards a Sustainable Transition**. São Paulo – Brazil – May, 2015.

BARTHOLOMEU, D. B. e CAIXETA-FILHO, J. V. **Logística ambiental de resíduos sólidos**. São Paulo: Atlas, 2011.

BARTL, A. Moving from recycling to waste prevention: a review of barriers and enables. **Waste Management & Research**, Vol. 32(9) Supplement 3–18, 2014.

BATOCCHIO, A. Uma visão geral sobre RFID e áreas de aplicações. **X SBAI – Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente**. São João Del Rei – MG. 18 a 21 de set, 2011.

BERZ, E. L. **Predição do funcionamento de sistemas RFID aplicado a crachás inteligentes**. Porto Alegre: PUCRS, 2011, 96p. Dissertação de Mestrado apresentado a Faculdade de Informática, 2011

BHUPTANI, M.; MORADPOUR, S. **RFID: implementando o sistema de identificação por radiofrequência**. São Paulo: IMAM, 2005.

BINDER, C. R. et al. Smart Labels for Waste and Resource Management. **Journal of Industrial Ecology**. V. 12, Issue 2, p. 207–228. April, 2008.

BOENI, H. W.; KASSER, U. Conformity Assessment of WEEE Take-Back Schemes - The Case of Switzerland. **Electronics Goes Green**. P. 1-5. September, 2012.

BOSE, I.; YAN, S. The Green Potential of RFID Projects: A Case-Based Analysis. **IT Professional**, p. 41-47, 2011.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, DF, em 02 de setembro de 1981, p. 16509.

_____. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.** República Federativa do Brasil, 2007.

_____. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, e dá outras providências.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, DF, Seção 1. 2010a.

_____. Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010. **Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, p.1, 2010b.

BRESCANSIN, A. **A Logística Reversa dos Equipamentos Elétricos e Eletrônicos e o Acordo Setorial.** Abinee. Polo de Informática de Ilhéus/BA. Set, 2014.

_____. **Política Nacional de Resíduos Sólidos: logística reversa dos equipamentos elétricos e eletrônicos – REEE.** Abinee MG. 2º café temático. Minas Gerais, em 15 de abril de 2015.

CAHILL, R.; GRIMES, S. M.; WILSON, D. C. Extended producer responsibility for packaging wastes and WEEE – a comparison of implementation and the role of local authorities across Europe. **Waste Management & Research.** V. 29(5). p 455–479, 2010.

CAMPOS, H. K. T. Renda e evolução da geração per capita de resíduos sólidos no Brasil. **Revista Engenharia Sanitária Ambiental.** v.17 n.2. p.171-180, 2012.

CASTRO, M.A.S. **Diagnóstico da gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos e proposta de modelo em um contexto de Green Supply Chain Management.** 2014. 326 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

CARVALHO, T. C. M. B.; XAVIER, H. L. **Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos – uma abordagem prática para a sustentabilidade.** 1ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

CAUCHICK MIGUEL, P. A. C. et al. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações.** 2ª edição. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012.

CD – Câmara dos Deputados. **Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (1992: Rio de Janeiro). Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento de acordo com a Resolução n. 44/228 da Assembléia Geral da ONU, de 22-12-89, estabelece uma abordagem equilibrada e integrada das questões relativas a meio ambiente e desenvolvimento: a Agenda 21** - Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 1995.

CELINSKI, T. M. et al. Gestão do lixo eletrônico: desafios e oportunidades. **IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. Salvador/BA – 25 a 28/11/2013.

CEMPRE – Compromisso Empresarial para Reciclagem. Disponível em www.cempre.org.br. Acesso em 03 de junho de 2015.

CHUANG, M-L; SHAW, W. H. RFID: integration stages in supply chain management. **Engineering Management Review**, IEEE, P. 80 – 87. Second Quarter, 2007.

CNI – Confederação Nacional da Indústria. **Visão da Indústria Brasileira sobre a Gestão de Resíduos Sólidos**. Sistema Indústria. Brasília: CNI, 2014a.

_____. **Proposta de Implementação dos Instrumentos Econômicos Previstos na Lei nº 12.305/2010 por meio de Estímulos à Cadeia de Reciclagem e Apoio aos Setores Produtivos Obrigados à Logística Reversa**. Brasília: CNI, 2014b.

CNM – Confederação Nacional de Municípios. **Política Nacional de Resíduos Sólidos: obrigações dos Entes federados, setor empresarial e sociedade**. Brasília: CNM, 2015.

COMPLIANCE AND RISKS. www.complianceandrisk.com Acesso em 25 de setembro de 2015.

CONTI, L. R. S. **Melhoria do sistema de gestão de ferramentais de manutenção aeronáutica utilizando a tecnologia de identificação automática de dados**. Itajubá: UNIFEI, 2011, 153p. Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Itajubá, 2011.

CSCMP – Council of Supply Chain Management Professionals. **Supply Chain Management Terms and Glossary**. August, 2013.

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

CUI, J.; ZHANG, L. Metallurgical recovery of metals from electronic waste: A review. **Journal of Hazardous Materials**. V. 158, P. 228–256, 2008.

CUMMINGS, J. C.; HOLTZ, W. B.; RIDDLE, M.; ULLMAN, D. Modeling and simulation to support risk management in complex environments. **Critical Infrastructure Symposium**, 2014.

CWIT – Countering WEEE Illegal Trade – www.cwitproject.eu. Acesso em 23 de dezembro de 2015.

DELAVELLE, C. **Etude Sur La Mise En Oeuvre Des Directives Deee Et Rohs En Europe (27 Pays Membres)**. Volume 1a: Panorama multi-pays Révision 5. ADEME – Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME). France, Février 2009.

_____ **Study on the implementation of directives weee and rohs in europe (25 member states) – synthesizing report. volume 1: multi-country overview**. ADEME – Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ademe). France, march, 2007.

DEPA - Danish Environmental Protection Agency. **The potential of RFID-technology to secure information flow between producers of electronics and waste processors**. Strandgade 29 DK-1401 Copenhagen K Denmark, 2015.

D-WASTE. www.atlas.d-waste.com. Acesso em 25 de setembro de 2015.

_____ **Waste Atlas 2013 Report**. D-Waste Environmental Consultants Ltd., 2013.

EC – European Comission. **Directive 75/442/CEE of 15 july 1975 on waste**. EUR-Lex – Access to European Union law, Brussels, Belgium, 1975.

_____ **Directive 91/156/CEE of 18 march 1991 on waste**. EUR-Lex – Access to European Union law, Brussels, Belgium, 1991.

_____ **Directive 2002/96/CE of 27 january 2003 on weee**. EUR-Lex – Access to European Union law, Brussels, Belgium, 2002.

_____ **Directive 2008/98/CE of 19 november 2008 on waste**. EUR-Lex – Access to European Union law, Brussels, Belgium, 2008a.

_____ **Directive 2012/19/UE of 04 july 2012 on weee**. EUR-Lex - Access to European Union law, Brussels, Belgium, 2012.

_____ **Case study: Hewlett-Packard (Brazil)**. The Sectorial E-business Watch. Oxfordstr, Bonn, Germany, october, 2008b.

_____ <http://ec.europa.eu>. Acesso em 15 de março de 2015a.

_____ **Development of Guidance on Extended Producer Responsibility (EPR): Final Report**. BIO Intelligence Service; in collaboration with Arcadis, Ecologic, Institute for European Environmental Policy (IEEP), Umweltbundesamt (UBA), Brussels, Belgium, 2014.

_____ **Communication from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions: Closing**

the loop – An EU action plan for the Circular Economy. COM (2015) 614 final. Brussels, 2.12.2015b.

EEA – European Environment Agency. **Managing municipal solid waste: a review of achievements in 32 European countries.** EEA Report. n. 2/2013. EEA, Denmark, Copenhagen, 2013.

ELETROLAR. Grupo eletrolar. www.eletrolar.com. Acesso em 20 de dezembro de 2015.

ELIAS-TROSTMANN, K. **The need for Brazil to transition to a Circular Economy: a study in electronics.** Tese. Centre for Environmental Policy. Imperial College London, 2012.

EMF – Ellen MacArthur Foundation. **Towards the Circular Economy: Economic and business rationale for an accelerated transition.** Global Partners of the Ellen MacArthur Foundation. Vol 1. United Kingdom, 2013a.

_____. **Towards the Circular Economy: Opportunities for the consumer goods sector.** Global Partners of the Ellen MacArthur Foundation. Vol. 2. United Kingdom, 2013b.

_____. **Towards the Circular Economy: Accelerating the scale-up across global supply chains.** Global Partners of the Ellen MacArthur Foundation. V. 3. United Kingdom, 2014.

EPA – United States Environmental Protection Agency. **Advancing Sustainable Materials Management: 2013 Fact Sheet.** United States. June, 2015.

EPCGLOBAL. Disponível em www.gs1.org/epcglobal Acesso em 10 agosto de 2014.

ERGS – Estado do Rio Grande do Sul. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Sul.** Rio Grande do Sul, 2014.

ERJ – Estado do Rio de Janeiro. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio de Janeiro: relatório síntese.** Rio de Janeiro, 2013.

ERP – European Recycling Platform. **Big Steps Small Footprint – Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) Recycling.** European, 14th february, 2014.

_____. www.erp-recycling.org. Acesso em 22 de dezembro de 2015.

EUR-Lex. **Acesso ao direito da União Europeia.** <http://eur-lex.europa.eu/>. Acesso em 03, de janeiro de 2016.

Euromonitor International. **Consumer Electronics Global Overview: Growth Trends and Analysis.** Global Briefing. Euromonitor International. P. 41. Londres, England, 2015.

EUROSTAT. Your Key to Europe Statistics. <http://ec.europa.eu/eurostat>. Acesso em 31 de agosto de 2015.

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Diagnóstico da Geração de Resíduos Eletroeletrônicos no Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, Junho de 2009.

FERREIRA, M. B.; FERREIRA, A. C. A sociedade da informação e o desafio da sucata eletrônica. **Revista de Ciências Exatas e Tecnologia**. Vol. III, nº. 3, 2008.

FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. **Perguntas frequentes sobre Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)**. Departamento de Meio Ambiente (DMA), São Paulo: FIESP, 2012. 30p.

FRANCO, R. G. F. **Protocolo de referência para gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos domésticos para o município de Belo Horizonte**. Dissertação - Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Engenharia, Programa de Pós Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da UFMG. Belo Horizonte. 2008. 162p.

FRANCO, R. G. F.; LANGE, L. C. Estimativa do fluxo dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos no município de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. **Revista Engenharia Sanitária Ambiental**. v.16, n.1. p. 73-82, jan/mar, 2011.

GALVÃO, T. F.; PEREIRA, M. G. Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração. **Epidemiol. Serv. Saúde**, Brasília, 23(1):183-184, jan-mar, 2014.

GERBASE, A. E.; OLIVEIRA, C. R. Reciclagem do lixo de informática: uma oportunidade para a química. **Quim. Nova**, Vol. 35, No. 7, 1486-1492, 2012.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GHISELLINI, P.; CIALANI, P.; ULGIATI, S. A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. **Journal of Cleaner Production**. xxx. p. 1-22, 2015.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª edição. São Paulo: Atlas, 2002.

_____ **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6ª edição. São Paulo: Atlas, 2008.

GODOY, M. R. B. Dificuldades para aplicar a Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos no Brasil. **Caderno de Geografia**, v.23, n.39, 2013.

GOLDEMBERG, J.; CORTEZ, C. L. **Resíduos sólidos e a logística reversa: o que o empresário do comércio e serviços precisa saber**. FECOMERCIO SP. São Paulo, 2014.

GONÇALVES-DIAS, S. L. F.; LABEGALINI, L. e POLIDÓRIO, G. R. S. Sustentabilidade em Cadeias de Suprimentos: uma perspectiva comparada de publicações nacionais e internacionais. In: **Anais do EnANPAD**, 2009, São Paulo. Encontro da ANPAD, 2009.

GONÇALVES, M. E.; MARINS, F. A. S. Logística reversa numa empresa de laminação de vidros: um estudo de caso. **Gestão e Produção**. v. 13, n.3, p. 397 - 410, set.- dez, 2006.

GREENPEACE. **Guide to Greener Eletronics**. 18th edition. November, 2012.

GSP – Governo do Estado de São Paulo. **Logística Reversa**. Cadernos de educação ambiental. Secretaria do Meio ambiente. São Paulo, 2014.

GS1 BRASIL – Associação Brasileira de Automação. Disponível em: www.gs1br.org Acesso em 14 jul., 2014.

_____. **Primavera tecnológica: soluções de RFID semeiam novas formas de gestão na cadeia de flores e plantas e prometem ganhos ainda mais expressivos**. Associação Brasileira de Automação: revista Brasil em Código. Edição 09. São Paulo, jul/ago/set, 2013.

_____. **Agenda Sustentável**. Associação Brasileira de Automação. Revista Brasil em Código. Edição 16. São Paulo, 2015.

GS1. **Global user manual**. Issue 11, Approved, Mar-2010. Disponível em: www.gs1br.org Acesso em 15 jul 2014.

GS1. Regulatory status for using RFID in the EPC Gen 2 band (860 to 960 MHz) of the UHF spectrum. 31 May 2013. Acesso em 11 de agosto de 2014.

HABIB, M.; MILES, N. J.; HALL, P. Recovering metallic fractions from waste electrical and electronic equipment by a novel vibration system. **Waste Management**. V. 33. P. 722–729, 2013.

HANNAN, M. A. et al. A review on technologies and their usage in solid waste monitoring and management systems: issues and challenges. **Waste management**. v. 43, p. 509-523, september, 2015.

HASHEMI, A.; SARHADDI, A. H.; EMAMI, H. A Review on Chipless RFID Tag Design. **Majlesi Journal of Electrical Engineering**. Vol. 7, No. 2, June 2013.

HAYAT, C. Barcode Integration Delivers Big Efficiencies. **Vision & Sensors**. Vol. 52 Issue s1; pages19-21, Mar, 2013.

HERNÁNDEZ, C. T. **Modelo de gerenciamento da logística reversa integrado às questões estratégicas das organizações**. Guaratinguetá, 2010, 173p. Tese (doutorado) Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2010.

HERAT, S.; AGAMUTHU, P. Hidden dilemma in household e-waste management. **Waste Management & Research**, Vol. 33(6) 497–498, 2015.

HICKLE, G. T. Moving beyond the “patchwork:” a review of strategies to promote consistency for extended producer responsibility policy in the U.S. **Journal of Cleaner Production**. V. 64, p. 266-276, 2014.

HOGG, D. et al. **International Review of Waste Management Policy: Summary Report**. Department of Environment Heritage and Local Government. Eunomia Research & Consulting Ltd. United Kingdom, 29th September 2009.

_____ **International Review of Waste Management Policy: Annexes to Main Report**. Department of Environment Heritage and Local Government. Eunomia Research & Consulting Ltd. United Kingdom, 29th September 2009.

HOTTA, Y.; SANTO, A.; TASAKI, T. **EPR-Based Electronic Home Appliance Recycling System Under Home Appliance Recycling Act Of Japan**. Institute for Global Environmental Strategies. Case study prepared for the OECD. Global Forum on Environment: Promoting Sustainable Materials Management through Extended Producer Responsibility (EPR), 17-19 June, Tokyo, Japan, 2014.

HP - Hewlett-Packard. www8.hp.com/br/pt/. Acesso em 03 de outubro de 2015a.

_____ **Reciclagem de cartuchos de tinta HP originais**. Vídeo disponível em www.hp.com/latam/br/reciclar. Acesso em 06 de outubro de 2015b.

_____ **Radio Frequency Identification (RFID) at HP. White paper**. Hewlett-Packard Development Company, 5982-4290EN, February, 2004.

_____ **Relatório de Sustentabilidade Ambiental HP Brasil, 2011**.

_____ **HP 2014 Living Progress Report, 2014**.

HUISMAN, J. et al. **Countering WEEE Illegal Trade (CWIT) Summary Report: Market Assessment, Legal Analysis, Crime Analysis and Recommendations Roadmap**. (www.cwitproject.eu). Lyon, France, 2015.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000**. Ministério do Planejamento, Orçamento, e Gestão. Rio de Janeiro: IBGE, 2002.

_____ **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. Ministério do Planejamento, Orçamento, e Gestão. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

_____ **Indicadores de desenvolvimento sustentável – Brasil: 2015**. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais E Coordenação de Geografia. – Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

IIGIN, M. A.; GUPTA, S. M. Environmentally conscious manufacturing and product recovery (ECMPRO): A review of the state of the art. **Journal of Environmental Management**. V. 91, Issue 3, January–February 2010, Pages 563–591, 2010.

ILO – International Labour Organization. **The global impact of e-waste: addressing the challenge**. International Labour Office, Programme on Safety and Health at Work and the Environment (SafeWork), Sectoral Activities Department (SECTOR) – Geneva: ILO, 2012.

INSTITUTO ETHOS. **Política Nacional de Resíduos Sólidos: desafios e oportunidades para as empresas**. Grupo de Trabalho de Resíduos Sólidos do Fórum Empresarial de Apoio à Cidade de São Paulo. ETHOS: São Paulo, agosto de 2012.

IPEA – Instituto Pesquisa Economia Aplicada. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos de Logística Reversa Obrigatória**. Brasília, 2012a.

_____ **Diagnóstico de Educação Ambiental em Resíduos Sólidos**. Brasília, 2012b.

_____ **Diagnóstico dos Instrumentos Econômicos e Sistemas de Informação para Gestão de Resíduos Sólidos**. Brasília, 2012c.

ISCANDAR, J. I. **Normas da ABNT comentadas para trabalhos científicos**. 4ª edição. Curitiba: Juruá, 2009.

JANG, Y. C. Waste electrical and electronic equipment (WEEE) management in Korea: generation, collection, and recycling systems. **J Mater Cycles Waste Management**. V. 12: p. 283–294, 2010.

JIN, G. Q. et al. A systematic end-of-life management approach for Waste Electrical and Electronic Equipment, in **Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD)**, 2015 IEEE 19th International Conference. V, no. pp.362-367, 6-8 May, 2015.

JURAS, I. A. G. M. **Legislação sobre resíduos sólidos: comparação da Lei 12.305/2010 com a legislação de países desenvolvidos**. Consultora Legislativa da Área XI – Meio Ambiente e Direito Ambiental, Organização Territorial, Desenvolvimento Urbano e Regional Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados. Brasília, abril de 2012.

KAFFINE D.; O'REILLY, P. **What have we learned about extended producer responsibility in the past decade? A survey of the recent EPR economic literature**. ENV/EPOC/WPRPW(2013)7/FINAL. Environment Directorate. Organisation for Economic Co-operation and Development. Paris, France, 2013.

KHAN, S. S. et al. Challenges of waste of electric and electronic equipment (WEEE): Toward a better management in a global scenario. **Management of Environmental Quality: An International Journal**, Vol. 25 Issue 2 p. 166 – 185, 2014.

KHETRIWAL, D. S. et al. One WEEE, many species: lessons from the European experience. **Waste Management & Research**. V. 29(9), p. 954–962, 2011.

KHETRIWAL, D. S.; LUEPSCHEN, C.; KÜHR, R. **Solving the e-waste problem: an interdisciplinary compilation of international e-waste research**. United Nations University Press. ISBN (online) 978-92-808-8036-6. Tokio, New York and Paris, 2013.

KHETRIWAL, D. S.; KRAEUCHI, P.; WIDMER, R. Producer responsibility for e-waste management: Key issues for consideration e Learning from the Swiss experience. **Journal of Environmental Management**. V. 90, P. 153-165, 2009.

KIDDEE, P.; NAIDU, R.; WONG, M. H. Electronic waste management approaches: An overview. **Waste Management**. V. 33. p. 1237–1250, 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. p. 120–132, 2015.

KIM, M; JANG, Y. C.; LEE, S. Application of delphi-ahp methods to select the priorities of weee for recycling in a waste management decision-making tool. **Journal of environmental management**. Vol: 128. P. 941-948, 2013.

KOBAL, A. B. C. et al. Cadeia de suprimento verde e logística reversa - os desafios com os resíduos Eletroeletrônicos. **Produto & Produção**, vol. 14 n.1, p.55-83, fev. 2013.

KRUGLIANSKAS, I; CUZZIOL, V. **Gestão estratégica da sustentabilidade: experiências brasileiras**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

KUNZ, N. et al. **Extended Producer Responsibility: Stakeholder Concerns and Future Developments**. A report prepared by the INSEAD Social Innovation Centre with the support of European Recycling Platform (ERP). France, 2014.

LAMBERT, S.; RIOPEL, D.; ABDUL-KADER, W. A reverse logistics decisions conceptual framework. **Computers & Industrial Engineering**. v. 61. p. 561–581, 2011.

LAVEZ, N.; DE SOUZA, V. M.; LEITE, P. R. O papel da logística reversa no reaproveitamento do lixo eletrônico – um estudo no setor de computadores. **Revista de Gestão Social e Ambiental - RGSA**, São Paulo, v.5, n.1, p. 15-32, jan/abr, 2011.

LEE, C.K.M; CHAN, T.M. Development of RFID - based Reverse Logistics System. **Expert Systems With Applications**. Vol. 36, Issue 5, p. 9299-9307. Jul. 2009.

LEITE, P. R. **Logística reversa: meio ambiente e competitividade**. 2ª edição. São Paulo: Pearson, 2009.

LEITE, P. R. Logística Reversa e a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Revista Tecnológica**. Edição 178. p. 90-92. São Paulo, nov. 2010.

LEITE, P. R. et al. O impacto da tecnologia de etiqueta inteligente (RFID) na performance de cadeias de suprimentos – um estudo no Brasil. **Revista Jovens Pesquisadores**, Ano V, N. 9, p. 101-118. Jul/Dez 2008.

LEITE, P. R.; ADERITO SILVA, A. Empresas brasileiras adotam políticas de logística reversa relacionadas com o motivo de retorno e os direcionadores estratégicos? **Revista de Gestão Social e Ambiental - RGSA**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 79-92, maio/ago, 2012.

LEITE, P. R. Direcionadores estratégicos em programas de logística reversa no Brasil. **Revista Alcance – Eletrônica**. vol 19 - n. 02, p. 182-201 - abr/jun, 2012.

LI, J. et al. Regional or global WEEE recycling. Where to go? **Waste Management**. V. 33 p. 923–934, 2013.

_____ “Control-alt-delete”: rebooting solutions for the e-waste problem. **Environmental Science and Technology**. V. 49 (12), p. 7095–7108, 2015.

LINDHQVIST, T. **Extended Producer Responsibility in Cleaner Production: Policy Principle to Promote Environmental Improvements of Product Systems**. The International Institute for Industrial Environmental Economics. IIIIEE, Lund University. Doctoral Dissertation. Sweden, may 2000.

MACHADO, B. A. et al. Gestão de resíduos: mecanismo de obtenção de preservação ambiental e do desenvolvimento sustentável. **XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Belo Horizonte – MG, 04 a 07 de outubro de 2011.

MANO, C.; HERZOG, A.L. **Guia Exame 2013 – Sustentabilidade**. São Paulo: Ed. Abril. Novembro, 2013.

MANHART, A. International Cooperation for Metal Recycling From Waste Electrical and Electronic Equipment. **Journal of Industrial Ecology**. Volume 15, p. 13–30, Feb, 2011.

MANSFIELD, K. **Electronic Waste Disposal in the European Union: Avoiding the On-celler’s Dilemma**. Research Thesis. Environmental Studies Program at the University of Vermont. May 8, 2013.

MANSOR, M. T. C. et al. **Resíduos Sólidos**. (Cadernos de Educação Ambiental, v. 6). Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Coordenadoria de Planejamento Ambiental. São Paulo: SMA, 2010.

MARCHESAN, A. M. M.; STEIGLEDER, A. M.; CAPELLI, S. **Direito ambiental**. 5ª edição. Porto Alegre: Verbo Jurídico, 2008.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa**. 6ª edição. São Paulo: Atlas, 2006.

_____ **Fundamentos de metodologia científica**. 5ª edição. São Paulo: Atlas, 2003.

MARQUES, C. A. et al. A tecnologia de identificadores de rádio frequência (RFID) na logística interna industrial: pesquisa exploratória numa empresa de usinados para o setor aeroespacial. **GEPROS - Gestão da Produção, Operações e Sistemas** – Ano 4, nº 2, p. 109-122. Abr-Jun, 2009.

MARSHALL, R. E.; FARAHBAKHS, K. Systems approaches to integrated solid waste management in developing countries. **Waste Management**. V. 33, p. 988–1003, 2013.

MARTINS, L. F. P. et al. Lixo eletrônico: uma questão ambiental. **IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. Salvador/BA – 25 a 28/11/2013.

MASSARUTTO, A. The long and winding road to resource efficiency – An interdisciplinary perspective on extended producer responsibility. **Resources, Conservation and Recycling**. V. 85, p. 11–21, 2014.

MAZOLLI, M. D.; DOMICIANO, G. C.; VIEIRA, R. Lixo tecnológico/eletrônico: um breve histórico do problema a possíveis soluções no caso brasileiro. **IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. Salvador/BA – 25 a 28/11/2013.

MCCANN, D.; WITTMANN, A. **E-waste prevention, take-back system design and policy approaches**. Step Green Paper Series. United Nations University – Institute for the Advanced Study of Sustainability (UNU-IAS). Tokio, Japan, 13 february, 2015.

MENAD, N.; GUIGNOT, S.; HOUWELINGEN, J. V. New characterisation method of electrical and electronic equipment wastes (WEEE). **Waste Management**. V. 33, Issue 3, P. 706–71, march, 2013.

MENDES, J. M. A. **Responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto na cadeia de resíduos Eletroeletrônicos**. Dissertação apresentada à Banca Examinadora do Programa de Pós-Graduação em Direito, da Faculdade de Direito da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2015.

MIGUEZ, E. C. **Logística reversa como solução para o problema do lixo eletrônico: benefícios ambientais e financeiros**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2012.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Planos de gestão de resíduos sólidos: manual de orientação. Apoiando a implementação da política nacional de resíduos sólidos: do nacional ao local**. Brasília, 2012a.

_____ **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, 2012b.

_____ **Edital nº 01/2013 - Chamamento para a Elaboração de Acordo Setorial para a Implantação de Sistema de Logística Reversa de Produtos Eletroeletrônicos e Seus Componentes**. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. Brasília, 2013.

_____. www.mma.gov.br Acesso em 10 de março de 2015.

MRE – Ministério das Relações Exteriores. www.itamaraty.gov.br. Acesso em 15 de dezembro de 2015.

MUDGAL, S. et al. **Equivalent conditions for waste electrical and electronic equipment (WEEE) recycling operations taking place outside the European Union, Final Report**. BIO Intelligence Service. European Commission – DG Environment. 15, October, 2013.

MUNIZ JÚNIOR, J.; MAIA, F. G. M.; VIOLA, G. Os principais trabalhos na teoria do conhecimento tácito: pesquisa bibliométrica 2000-2011. **XIV Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais – SIMPOI**. 24-26 de Agosto de 2011.

NASCIMENTO, E. P. Trajetória da sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico. **Revista Estudos Avançados**. vol 26, n. 74, p. 51 - 64. São Paulo, 2012.

NATUME, R. Y.; SANT'ANNA, F. S. P. Resíduos Eletroeletrônicos: um desafio para o desenvolvimento sustentável e a nova lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos. **3rd International Workshop | Advances in Cleaner Production**. São Paulo – Brazil – May 18th - 20ndth - 2011.

NIKOLAOU, I. E.; EVANGELINOS, K. I.; ALLAN, S. A reverse logistics social responsibility evaluation framework based on the triple bottom line approach. **Journal of Cleaner Production**, vol 56. p. 173-184, 2013.

NNOROM, I. C.; OSIBANJO, O. Overview of electronic waste (e-waste) management practices and legislations, and their poor applications in the developing countries. **Resources, Conservation and Recycling**. Vol 52 (2008), p. 843–858, 2008.

OECD – Organization for Economic Co-Operation and Development. **Extended Producer Responsibility: A Guidance Manual for Governments**. OECD Publications Service. Paris, France, 2001.

_____. **Guidance Manual for the Implementation of the OECD Recommendation C(2004)100 on Environmentally Sound Management (ESM) of Waste**. OECD Publications Service. Paris, France, 2007.

_____. **Environment at a Glance 2013: OECD Indicators**. OECD Publishing Service. Paris, France, 2013.

_____. **The State of Play on Extended Producer Responsibility (EPR): Opportunities and Challenges. Global Forum on Environment: Promoting Sustainable Materials Management through Extended Producer Responsibility (EPR)**. Tokio, Japan, 2014.

OFFENHUBER, D.; WOLF, M. I.; RATTI, C. Trash track – active location sensing for evaluating e-waste transportation. **Waste Management & Research**. 31(2) 150–159, 2013.

OHDE, C. Colaboração em logística reversa e reciclagem na indústria elétrica e eletrônica. **Fórum Abineetec**, 1 a 5 de abril de 2013. Sinctronics, 2013.

OLIVEIRA, B. M. C.; EL-DEIR, S. G. Gestão do lixo eletrônico na Universidade Federal Rural de Pernambuco. **II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. - Campus Piza - Unopar - Londrina/PR, 06 a 09 de novembro de 2011.

OLIVEIRA, C. R.; BERNARDES, A. M.; GERBASE, A. E. Collection and recycling of electronic scrap: A worldwide overview and comparison with the Brazilian situation. **Waste Management**. V. 32, Issue 8, P. 1592–1610, August 2012.

OLIVEIRA, U. R. **Tomada de decisão em flexibilidade de manufatura para gerenciamento de riscos operacionais no processo produtivo industrial**. São Paulo: Blucher Acadêmico, 2010.

OLIVEIRA, U. R.; MARINS, F. A. S.; MUNIZ JÚNIOR, J. Perspectivas sobre a tecnologia de identificação de produtos e a logística reversa na cadeia de Eletroeletrônicos. **XXI Simpep – Simpósio de Engenharia de Produção**, Baurú, SP. 10 a 12 de novembro, 2014.

ONGONDO, F. O.; WILLIAMS, I. D. Are WEEE in Control? Rethinking Strategies for Managing Waste Electrical and Electronic Equipment. **Integrated Waste Management - Volume II**, book edited by Sunil Kumar, ISBN 978-953-307-447-4, August 23, 2011.

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. p. 714–730, 2011.

ONU – Organização das Nações Unidas. www.nacoesunidas.org. Acesso em 28 de dezembro de 2015.

ORTIGOZA, S. A. G.; CORTEZ, A. T. C. **Da produção ao consumo: impactos socioambientais no espaço Urbano**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009.

PANDINI, M. **Smartwaste: Tracking e-waste through RFID-enabled system**. RFID Journal Live! Brasil. Espaço APAS – São Paulo, Brazil, 29 e 30 de novembro de 2012.

PANT, D. E-waste projection using life-span and population statistics. **The international journal of life cycle assessment**. vol:18 iss:8 p.1465, 2013.

PARK, K. S.; KOH, C. E.; NAM, K. Perceptions of RFID technology: a cross-national study. **Industrial Management & Data Systems**. Vol. 110 Iss:5 p.682-700, 2010.

PEDROSO, M. C.; ZWICKER, R.; SOUZA, C. A. Adoção de RFID no Brasil: Um estudo exploratório. **Revista de Administração Mackenzie**. Vol 10. p.12-36, 2009.

PERCHARDS. **WEEE legislation and compliance in the 27 EU Member States**. Selected aspects summarized from Perchards online WEEE Information Service. United Kingdom. February, 2007.

PEREIRA, A. L. et al. **Logística reversa e sustentabilidade**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

PÉREZ-BELIS, V.; BOVEA, M. D.; IBÁÑEZ-FORÉS, V. An in-depth literature review of the waste electrical and electronic equipment context: Trends and evolution. **Waste Management & Research**. Vol. 33(1) 3–29, 2015.

POKHAREL, S.; MUTHA, S. Perspectives in reverse logistics: A review. **Resources, Conservation and Recycling**. V. 53, Issue 4, P. 175–182, February, 2009.

POLÁK, M. **Materiálové toky a environmentální dopady malého elektroodpadu**. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Fakulta humanitních studií, Centrum pro otázky životního prostředí, 2015. 167s. Vedoucí dizertační práce PaedDr. Tomáš Hak, Ph.D, Praha, 2015.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2º ed. – Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

PSP – Prefeitura da Cidade de São Paulo. **Plano de gestão integrada de resíduos sólidos da cidade de São Paulo**. São Paulo, 2014.

QIAOLUN, G.; TIEGANG, G. Impacts of RFID/EPC on optimal decisions of reverse supply chain. **Business computing and global informatization (BCGIN), 2011 international conference** on issue date: 29-31 july 2011.

QUINTANILHA, L. A. Gestão sustentável de resíduo eletroeletrônico. **Revista Meio Ambiente Industrial**, p. 24-39. Setembro/Outubro de 2009.

RAMANATHAN, R.; BENTLEY, Y.; KO, L. W. L. Investigation of the status of RFID applications in the UK logistics sector. **Journal Logistics & Transport Focus**. Nov., 2012.

RAMOS, A. W. **CEP para processos contínuos e em bateladas**. São Paulo: Editora Blucher, 2000.

REI, A. J. L. **RFID versus Código de Barras: da produção à grande distribuição**. Portugal. Dissertação realizada no âmbito do Mestrado integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, julho-2010.

REUTER, M. et al. **Metal Recycling – Opportunities, Limits, Infrastructure**. United Nations Environment Programme. A Report of the Working Group on the Global Metal Flows to the International Resource Panel, 2013.

RFID-CoE. Centro de Excelência RFID. www.rfid-coe.com. Acesso em 02 outubro de 2015.

RFID JOURNAL. <http://rfidjournal.com/>. Acesso em 01 de outubro de 2015.

RFID JOURNAL BRASIL. <http://brasil.rfidjournal.com/>. Acesso em 03 de outubro de 2015.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. São Paulo: Atlas, 1999.

ROBINSON, B. H. E-waste: An assessment of global production and environmental impacts. **Science of The Total Environment**. v. 408, Issue 2, 20, P. 183–191. December, 2009.

RODRIGUES, A. C. **Impactos socioambientais dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos: estudo da cadeia pós-consumo no Brasil**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Metodista de Piracicaba. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Santa Bárbara d'Oeste, SP, 2007.

RODRIGUES, M. V. C. **Ações para a qualidade: gestão estratégica e integrada para a melhoria dos processos na busca da qualidade e competitividade**. 3^a ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2010.

RODRIGUES, P. R. A. **Introdução aos sistemas de transporte no Brasil e à logística internacional**. São Paulo: Aduaneiras, 2006.

RODRIGUES, W. L.; SANTIN, N. J. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos. **Revista Integração Ensino Pesquisa Extensão**, p. 97-102. Abr/mai/jun, 2004.

ROSSEM, C. V. **Individual Producer Responsibility in the WEEE Directive: From Theory to Practice?** Doctoral dissertation. the international institute for industrial environmental economics. Lund University, Sweden, December, 2008.

ROSSEM, C. V.; TOJO, N.; LINDHQUIST, T. **Lost in transposition? A study of the implementation of Individual Producer Responsibility in the WEEE Directive**. Report commissioned by Greenpeace International, Friends of the Earth and the European Environmental Bureau (EEB). September, 2006.

RUBIO, S.; JIMÉNEZ-PARRA, B. Reverse Logistics: Overview and Challenges for Supply Chain Management. **International Journal of Engineering Business Management**. Challenges for Supply Chain Management. p. 6:12, 2014.

RUIZ, M. S. et al. **O setor de Eletroeletrônicos: aspectos técnicos, econômicos, regulatórios e ambientais**. São Paulo: Uninove, 2014.

SAKAI, S. et al. International comparative study of 3R and waste management policy developments. 3R International, Kyoto Workshop on 3R and Waste Management. **J Mater Cycles Waste Management**. Vol13, p. 86–102, 2011.

SALHOFER, S. et al. WEEE management in Europe and China – A comparison. **Waste Management** (2015). <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman>. 14 de novembro, 2015.

SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Revista Brasileira de Fisioterapia**. São Carlos, v. 11, n. 1, p. 83-89, jan./fev. 2007.

SANDER, K. et al. **The Producer Responsibility Principle of the WEEE Directive - Final Report**. European Commission: DG ENV. Study Contract n° 07010401/2006/449269/MAR/G4. Ökopol GmbH Institute for Environmental Strategies (Germany); The International Institute for Industrial Environmental Economics Lund University (Sweden); Risk & Policy Analysts (United Kingdom). Brussels, Belgium, August 19th, 2007.

SANT'ANNA, L. T. **A gestão dos resíduos Eletroeletrônicos no brasil e no mundo: legislações, práticas e formas de cooperação interorganizacionais**. Pós-Graduação em Administração Pública. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2014.

SANTINI, A. G. **RFID - Radio Frequency Identification: conceitos, aplicabilidades e impactos**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.

SANTOS, I. E. **Textos selecionados de métodos e técnicas de pesquisa científica**. 4ª edição. Rio de Janeiro: Impetus, 2003.

SANTOS, R. F. **Proposta de um modelo de gestão integrada da Cadeia de suprimentos: aplicação no segmento de eletrodomésticos**. 2010. 202f. Tese de Doutorado – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2010.

SARAIVA, A. L. Construindo a sustentabilidade a partir da logística reversa dos resíduos de equipamentos Eletroeletrônicos – REEE's e o impacto socioambiental desta ação. **II Seminário internacional sobre resíduos de equipamentos Eletroeletrônicos – SIREE**. Recife, Pernambuco. 14 a 16 de fevereiro, 2012.

_____. **REEE: Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos**. Senado Federal Brasileiro. Audiência Pública para subsidiar as atividades do Grupo de Trabalho sobre Política Tributária e Sustentabilidade, criado pela Comissão de Assuntos Econômicos. CAE - Comissão de Assuntos Econômicos (23ª reunião). Brasil, 04 de junho de 2014.

SARTORI, S., LATRÔNICO, F., CAMPOS, L. M. S. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: uma taxonomia no campo da literatura. **Revista Ambiente & Sociedade** - São Paulo v. XVII, n. 1 p.1-22 jan-mar, 2014.

SASAKI, K. **Examining the Waste from Electrical and Electronic Equipment Management Systems in Japan and Sweden**. LUMES, Lund University Master's Programme in Environmental Science. LUMES Master's Thesis. Lund, Sweden, 2004.

SASAKI, Y. RFID e a logística reversa. **RFID Journal Brasil**, 2013. Disponível em <http://brasil.rfidjournal.com> Acesso em 10 de maio de 2014.

SAVAGE, M. **Implementation of Waste Electric and Electronic Equipment Directive in EU 25**. Technical Report Series. European Commission Directorate-General Joint Research Centre. Institute for Prospective Technological Studies. EUR 22231 EN. ISBN 92-79-01926-0. Luxembourg, 2006

SAWHNEY, P. et al. **Best practices for E-waste Management in Developed Countries**. Adelphi Research - Austria Recycling – European Commission. August, 2008.

SCARTEZINI, V. **E-waste policy & strategy in brazil**. World Bank/InfoDev & Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) –SEPIN. AbineeTec, 2011. Pavilhão de Exposições do Anhembi. São Paulo – Brasil. 1º de abril - 6ª feira – Manhã: Sustentabilidade - Meio Ambiente, 2011.

SCHEIJGROND, J. W. Extending producer responsibility up and down the supply chain, challenges and limitation. **Waste Management & Research**. Vol 29(9). p. 911–918, 2011.

SCHLUEP, M. et al. **Recycling – from e-waste to resources**. UNEP – United Nations Environment Programme & UNU – United Nations University, final report, jul, 2009.

SEO, E. S. M.; FINGERMAN, N. N. Sustentabilidade na Gestão de Resíduos Sólidos: Panorama do Segmento EletroEletrônico. **InterfaceHS - Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**, Vol 6, nº 3, 2011.

SEQUEIRA, R. C. F. S. **Automatismo no Processo de Identificação do Produto: RFID vs Código de Barras**. Portugal. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. 92p. Julho, 2010.

SERI– Sustainable Europe Research Institute; WU Vienna – Vienna University of Economics and Business. Vienna, Austria. www.materialflows.net/visualisation-tools/mfa-map/. Acesso em 28 de dezembro de 2015.

SINCTRONICS. www.sinctronics.com.br. Acesso em 20 de outubro de 2015a.

_____. Transformando resíduos Eletroeletrônicos em peças para novos produtos. **Fórum Abineetec**, 23 a 27 de março de 2015. Sinctronics, 2015b.

SINIR – **Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos**. Ministério do Meio Ambiente. www.sinir.gov.br Acesso em 20 de Agosto de 2015.

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2013**. Brasília: Ministério das Cidades, 2015.

SONG, Q.; LI, J.; ZENG, X. Minimizing the increasing solid waste through zero waste strategy. **Journal of Cleaner Production**. V. 104, Pages 199–210, 01 October 2015.

STEP – **Solving The E-waste Problem**. United Nations University – Institute for the Advanced Study of Sustainability (UNU-IAS SCYCLE). www.step-initiative.org. Acesso em 26 de dezembro de 2015.

STHIANNOPKAO, S., WONG, M. H. Handling e-waste in developed and developing countries: Initiatives, practices and consequences. **Science of the Total Environment**. V. 463–464, p. 1147–1153, 2013.

STREICHER-PORTE, M. SWICO/S.EN.S, the Swiss WEEE recycling systems and best practices from other European systems. **Electronics and the Environment**. Proceedings of the 2006 IEEE International Symposium. p.281-287, 8-11 May, 2006.

TANSKANEN, P. Management and recycling of electronic waste. Published by Elsevier Ltd. **Acta Materialia**, v. 61 (2013). P. 1001–1011, 2013.

TAVARES, A. S.; FERREIRA, F. P. A. Design e lixo eletrônico: possibilidade de aproveitamento de componentes eletrônicos. **Anais do 2º Simpósio Brasileiro de Design Sustentável (II SBDS)**. Rede Brasil de Design Sustentável – RBDS. São Paulo, 2009.

TAVARES, D. M.; BACHEGA, S. J.; CAURIN, G. A. P. Architecture proposal for the use of QR code in supply chain management; **Revista Produção Online**. Florianópolis, SC, v.12, n. 1, p. 73-90, jan/mar. 2012.

TSIARTA, C; BROWN, M. **Report on the implementation of the EU waste legislation covering - Directive 2008/98/EC on waste. Directive 2002/96/EC on waste electrical and electronic equipment (WEEE). Directive 1999/31/EC on the landfill of waste. Directive 94/62/EC on packaging and packaging waste. Directive 86/278/EEC on sewage sludge. Directive 2006/66/EC on batteries and accumulators - for the period 2010-2012**. Eunomia Research & Consulting Ltd. Report for DG Environment, European Commission. United Kingdom, 24 July, 2015.

TSYDENOVA, O.; BENGTSSON, M. Chemical hazards associated with treatment of waste electrical and electronic equipment. **Waste Management**. Vol 31, p. 45–58, 2011.

TRIGO, A. G. M.; BALTER, R. S. Uma visão sustentável dos resíduos Eletroeletrônicos de aparelhos de celular. **IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. Salvador/BA – 25 a 28/11/2013.

UN – United Nations. **Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015: Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development**. A/RES/70/1. General Assembly. Seventieth session. New York, EUA. October, 2015.

UNEP - United Nations Environmental Programme. **Developing Integrated Solid Waste Management Plan Training Manual**. V. 3. United Nations Environmental Programme. Division of Technology, Industry and Economics International Environmental Technology Centre Osaka/Shiga, Japan, 2009.

_____**E-Waste Volume II: E-waste Management Manual.** Division of Technology, Industry and Economics International Environmental Technology Centre. Osaka, Japan, 2007.

_____**E-Waste Volume III: E-waste "Take-back system".** Division of Technology, Industry and Economics International Environmental Technology Centre. Osaka, Japan, 2012.

_____**Waste: investing in energy and resource efficiency.** Towards a green economy. Osaka, Japan, 2011.

_____**Global Waste Management Outlook.** United Nations Environmental Programme. Division of Technology, Industry and Economics International Environmental Technology Centre Osaka/Shiga, Japan, 2015.

USHIZIMA, M. M.; MARINS, F. A. S.; MUNIZ JÚNIOR, J. Política Nacional de Resíduos Sólidos: cenário da legislação brasileira com foco nos resíduos Eletroeletrônicos. **XI SeGET – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia – AEDB.** Resende, RJ, 2014.

VALLE, R.; SOUZA, R. G. **Logística reversa: processo a processo.** São Paulo: Atlas, 2014.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração.** 7ª edição. São Paulo: Atlas, 2008.

VICENTE, S. C. S.; FERREIRA, G. T. C. Logística reversa de resíduos sólidos: uma análise crítica dos desafios impostos pela Lei 12.305/10. **XIV Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais,** 2011.

VINÍCIUS, M. et al. Cost assessment and benefits of using RFID in reverse logistics of waste electrical & electronic equipment. **Procedia Computer Science.** Vol 55, p. 688–697, 2015.

WANG, R.; XU, Z. Recycling of non-metallic fractions from waste electrical and electronic equipment (WEEE): A review. **Waste Management.** Vol 34. P. 1455–1469, 2014.

WANT, R. An Introduction to RFID Technology. **IEEE Pervasive Computing.** Vol 5 iss:1 p. 25-33. 2006.

WATKINS, E. et al. **Use of economic instruments and waste management performances. Final report.** European Commission [DG ENV – unit c2. contract ENV.G.4/FRA/2008/0112. Bio Intelligence service. France, april, 2012.

WERKEMA, C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos.** 1ª ed. Belo Horizonte – MG: Werkema Editora, 2006.

WETERINGS, R. et al. **Resources for our Future: Key Issues and Best Practices in Resource Efficiency.** The Hague Centre for Strategic Studies (HCSS) and TNO. Amsterdam University Press, Netherlands , 2013.

WIDMER, R. et al. Global perspectives on e-waste. **Environmental Impact Assessment Review**. V. 25, p. 436–458, 2005.

WORLD BANK. **What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management**. Urban Development Series Knowledge Papers. World Bank. Washington, DC, EUA, 2012.

WWF – World Wildlife Foundation. **Living Planet Report 2014 – Species and spaces, people and places**. Washington DC, EUA, 2015.

XAVIER, F. et al. A view about RFID technology in Brazil. **Technology Management for Global Economic Growth**, vol. n, p.1-9, 18-22 July, 2010.

XAVIER, L. H. S. M. **Sistemas Logísticos e a Gestão Ambiental no gerenciamento do ciclo de vida de embalagens plásticas**. Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. XII, 250 (COPPE/UFRJ, D.Sc., Engenharia da Produção). Rio de Janeiro, 2005.

XAVIER, L. H. et al. Gestão de resíduos Eletroeletrônicos: mapeamento da logística reversa de computadores e componentes no Brasil. **3º Simpósio Iberoamericano de Ingeniería de Resíduos**. 2º Seminário da Região Nordeste sobre Resíduos Sólidos, 2010.

_____. **Aspectos socioambientais e técnicos da gestão de resíduos de equipamentos Eletroeletrônicos**. São Paulo: IEE-USP: CEDIR, 2012.

XAVIER, L. H.; CORRÊA, H. L. **Sistemas de logística reversa – criando cadeias de suprimento sustentáveis**. São Paulo: Atlas, 2013.

YLÄ-MELLA, J. et al. Overview of the WEEE Directive and Its Implementation in the Nordic Countries: National Realisations and Best Practices. Hindawi Publishing Corporation. **Journal of Waste Management**. Volume 2014, Article ID 457372, 18 pages, 2014.

YURA, E. T. F. **Processo de implantação dos sistemas de logística reversa de equipamentos Eletroeletrônicos previstos na Política Nacional de Resíduos Sólidos: uma visão dos gestores**. Universidade de São Paulo. Faculdade de Saúde Pública. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública para obtenção do título de Mestre em Ciências. São Paulo, 2014.

ZHU, X.; MUKHOPADHYAY, S. K. e KURATA, H. A review of RFID technology and its managerial applications in different industries. **Journal of Engineering and Technology Management**, V. 29, Issue 1, p. 15–167. Jan-Mar, 2012.

ZOETEMAN, B. C. J.; KRIKKE, H. R.; VENCELAAR, J. Handling WEEE waste flows: on the effectiveness of producer responsibility in a globalizing world. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**. V. 47. P. 415–436, 2010.

ANEXO A – Países integrantes das regiões listadas na Tabela 1.

África (AFR)	Leste Asiático e Pacífico (EAP)	Oriental e Ásia Central (ECA)	América Latina e Caribe (LAC)	Oriente Médio e Norte da África (MENA)	Organização Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE)	Sul da Ásia (SAR)
Angola	Brunei Darussalam	Albânia	Antígua e Barbuda	Argélia	Andorra	Bangladesh
Benin	Camboja	Armênia	Argentina	Bahrain	Austrália	Butão
Botswana	China	Belarus	Bahamas	Egito	Áustria	Índia
Burkina Faso	Fiji	Bulgária	Barbados	Irã	Bélgica	Maldivas
Burundi	Hong Kong	Croácia	Belize	Iraque	Canadá	Nepal
Camarões	Indonésia	Chipre	Bolívia	Israel	Rep. Checa	Paquistão
Cabo Verde	Lao PDR	Estônia	Brasil	Jordânia	Dinamarca	Sri Lanka
Rep. Africana	Macau, China	Geórgia	Chile	Kuwait	Finlândia	
Chade	Malásia	Letônia	Colômbia	Líbano	França	
Comores	Ilhas Marshall	Lituânia	Costa Rica	Malta	Alemanha	
Congo, Dem.	Mongólia	Macedônia	Cuba	Marrocos	Grécia	
Congo, Rep.	Myanmar	Polônia	Dominica	Omã	Hungria	
Costa do Marfim	Filipinas	Romênia	República Dominicana	Catar	Islândia	
Eritreia	Cingapura	Rússia	Equador	Arábia Saudita	Irlanda	
Etiópia	Ilhas Salomão	Sérvia	El Salvador	Síria	Itália	
Gabão	Tailândia	Eslovênia	Grenada	Tunísia	Japão	
Gâmbia	Tonga	Tajiquistão	Guatemala	Emirados Árabes	Coréia do Sul	
Gana	Vanuatu	Peru	Guiana	Ocid. Bank/Gaza	Luxemburgo	
Guiné	Vietnã	Turquemenistão	Haiti		Mônaco	
Quênia			Honduras		Holanda	
Lesoto			Jamaica		Nova Zelândia	
Libéria			México		Noruega	
Madagascar			Nicarágua		Portugal	
Malawi			Panamá		Eslováquia	
Mali			Paraguai		Espanha	
Mauritânia			Peru		Suécia	
Mauritius			St. Kitts e Nevis		Suíça	
Moçambique			St. Lucia		Reino Unido	
Namíbia			St. Vincent e Granadinas		Estados Unidos	
Níger			Suriname			
Nigéria			Trinidad e Tobago			
São Tomé e Príncipe			Uruguai			
Senegal			Venezuela			
Seychelles						
Serra Leoa						
África do Sul						
Sudão						
Suazilândia						
Tanzânia						
Togo						
Uganda						
Zâmbia						
Zimbábue						

Fonte: Adaptado de World Bank (2012).

ANEXO B – Evolução das atividades para o desenvolvimento sustentável.

Ano	Evento	Origem	Síntese
1273	Legislação sobre o fumo.	Reino Unido.	Redução do fumo.
1808	Criação do primeiro jardim botânico do Brasil.	Rio de Janeiro.	Melhoria das condições de vida da população do Rio de Janeiro.
1838	Criação de reserva indígena por <i>George Catlin</i> .	Estados Unidos.	Preservação da vida natural.
1863	Publicação da obra <i>Homem e natureza</i> , de <i>George P. Marsh</i> .	Estados Unidos.	Preservação da natureza; primeiro livro sobre conservação ambiental.
1869	O biólogo <i>Ernst Haeckel</i> propõe o termo 'ecologia'.	Alemanha.	Conscientização da sociedade sobre a preservação do meio ambiente.
1872	Criação dos primeiros parques nacionais do mundo: Vale do <i>Yosemite</i> e <i>Wyoming</i> .	Califórnia, Estados Unidos.	Preservação da natureza; os governos estadual e nacional passam a assumir funções de preservação de áreas naturais.
1928	Primeiro serviço municipal de limpeza no Brasil.	Rio de Janeiro.	Serviço de coleta de lixo urbano.
1937	Criação do Parque Nacional do Itatiaia.	Rio de Janeiro.	Preservação da natureza.
1950	Contaminação por mercúrio da Baía de Minamata.	Minamata, Japão.	Contaminação por mercúrio das águas, peixes e população de Minamata gerado por uma empresa química.
1962	Publicação da obra <i>Silent Spring</i> – Primavera Silenciosa – de <i>Rachel Carson</i> .	Estados Unidos.	Alerta sobre riscos de pesticidas para o meio ambiente.
1968	Fundação do Clube de Roma.	Roma, Itália.	Organização internacional formada por líderes mundiais para atuar como catalisadora de mudanças globais.
1972	Publicação do relatório <i>Limits to growth</i> para o Clube de Roma. Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente.	Mli Cambridge, MA – EUA. Estocolmo, Suécia.	Diagnósticos sobre os recursos terrestres e o processo de degradação ambiental. Desenvolvimento do conceito eco-desenvolvimentista e início da estruturação de órgãos ambientais por diversas nações: poluir passa a ser crime.
1973	Criação da Secretaria Especial do Meio Ambiente (Sema). Crise energética - choque do petróleo.	Brasília, Brasil. Golfo Pérsico.	Subordinada ao Ministério do Interior, passa a cuidar da preservação da natureza. Tornou-se necessário buscar novas fontes de energia e combustíveis.
1975	Cartada Belgrado.	Iugoslávia.	Estabeleceu metas para a educação Ambiental.
1977	Conferência de Tbilisi.	Tbilisi, Geórgia.	Declaração sobre educação ambiental, princípios e orientações.
1981	Lei n. 6.938, de 31/08/1981.	Brasília, Brasil.	Política Nacional de Meio Ambiente.
1983	A ONU cria a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Comissão <i>Brundtland</i>). Convênio de Viena.	Estados Unidos. Viena, Áustria.	Propostas de novas formas de cooperação internacional e reformulação de questões críticas alusivas ao meio ambiente. Propostas para ações de preservação da camada de ozônio.
1986	Primeira resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama).	Brasília, Brasil.	Estabelece padrões para os estudos de impacto ambiental no país.
1987	Relatório final da Comissão <i>Brundtland</i> "Nosso futuro comum". Protocolo de Montreal.	Estados Unidos. Montreal, Canadá.	Diagnóstico dos problemas ambientais globais com propostas de desenvolvimento econômico integrado às questões ambientais. Interrompeu a fabricação e a utilização de CFC (clorofluorcarbono), estabelecendo-se prazos para a sua substituição.

Ano	Evento	Origem	Síntese
1989	Convenção da Basileia.	Basileia, Suíça.	Estabelece regras para deslocamento transfronteiriço de resíduos, ou seja, controle de operações de importação e exportação proibindo envios de resíduos a países sem estrutura técnica, legal e administrativa para recepção, tratamento e utilização.
1992	Normas BS7750.	Londres, Inglaterra.	Criação de bases e padrões para as normas ISO 14.000.
	RIO-92 (Cúpula da Terra) — Conferência sobre meio ambiente e desenvolvimento.	Rio de Janeiro, Brasil.	Reunião de 120 chefes de Estado de mais de 170 países, resultou na criação da “Agenda 21” e do Tratado de Educação Ambiental para Sociedades Sustentáveis para discussão das questões ambientais.
1995	Conferência para o Desenvolvimento Social.	Copenhague, Dinamarca.	Criação de ambiente econômico, político, social, cultural e jurídico que possibilite o desenvolvimento social. -----
	Conferência Mundial do Clima.	Berlim, Alemanha.	
1997	Terceira Conferência sobre Mudanças Climáticas.	Kyoto, Japão.	Protocolo de Kyoto.
1998	Lei n. 9.605/1998 — Lei sobre Crimes Ambientais.	Brasília, Brasil.	Sanções penais e administrativas de práticas e atividades lesivas ao meio ambiente.
2002	Decreto n. 4.074/2002— Lei de descarte de embalagens de agrotóxicos.	Brasília, Brasil.	Disposição final de embalagens de produtos agrotóxicos.
	Rio +10 (Cúpula da Terra) — Conferência sobre meio ambiente e desenvolvimento.	Joanesburgo, África do sul.	Encontro de alto nível, reunindo líderes mundiais, para avaliar a mudança global desde a histórica Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento de 1992 (Rio-92).
2010	Lei 12.305, de 02/08/2010.	Brasília, Brasil.	Política Nacional de Resíduos Sólidos.
2015	Agenda 2030, um dos maiores desafios da ONU.	New York, EUA.	Documento que propõe 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável e 169 metas.

Fonte: Adaptado de Pereira et al. (2013); Ministério das Relações Exteriores (MRE) (2015); UN (2015).

ANEXO C – Atos Multilaterais relativos ao meio ambiente vigentes no Brasil.

Identificação dos Atos Multilaterais	Data da entrada em vigor no Brasil
Memorando de Entendimento entre o Governo da República Federativa do Brasil e o Instituto Interamericano de Cooperação para Agricultura (IICA), o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente.	25/10/2005
Protocolo de Quioto à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.	13/05/2005
Emendas ao Protocolo de Montreal sobre Substâncias que destroem a Camada de Ozônio, aprovadas em Montreal, em 17 de setembro de 1997, ao término da Nona Reunião das Partes, e, em Pequim, em 3 de dezembro de 1999, por ocasião da Décima Reunião das Partes.	28/09/2004
Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs).	14/09/2004
Convenção de Roterdã sobre o Procedimento de Consentimento Prévio Informado para o Comércio Internacional de Certas Substâncias Químicas, e Agrotóxicos Perigosos (PIC).	14/09/2004
Protocolo de Cartagena sobre Biossegurança da Convenção sobre a Diversidade Biológica.	22/02/2004
Convenção Interamericana para a Proteção e Conservação das Tartarugas Marinhas.	02/05/2001
Emenda ao Anexo I e dois Novos Anexos VIII e IX à Convenção de Basileia sobre o Controle do Movimento Transfronteiriço de Resíduos Perigosos e seu Depósito, adotados na IV Reunião da Conferência das Partes.	27/08/1998
Emendas ao Protocolo de Montreal sobre Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio.	23/09/1997
Convenção sobre Diversidade Biológica.	29/05/1994
Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.	21/03/1994
Protocolo de Emendas à Convenção Relativa às Zonas Úmidas de Importância Internacional, Particularmente como "Habitats" das Aves Aquáticas.	24/09/1993
Convenção Relativa às Zonas Úmidas de Importância Internacional, particularmente como "Habitats" das Aves Aquáticas.	24/09/1993
Acordo Constitutivo do Instituto Interamericano para Pesquisa em Mudanças Globais (Ata de Montevideú).	23/06/1993
Emenda ao Protocolo de Montreal sobre Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio.	30/12/1992
Convenção da Basileia sobre Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito.	30/12/1992
Ajuste ao Protocolo de Montreal sobre Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio.	07/03/1991
Protocolo sobre Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio.	17/06/1990
Protocolo Adicional à Convenção Internacional para Conservação do Atum e Afins do Atlântico (CICAA).	04/04/1989
Emenda ao Artigo XI da Convenção sobre Comércio Internacional das Espécies da Flora e Fauna Selvagens em Perigo de Extinção.	13/04/1987
Emenda ao Artigo XXI da Convenção sobre o Comércio Internacional das Espécies da Fauna e Flora Selvagens em Extinção.	04/02/1986
Convenção para o Comércio Internacional das Espécies da Flora e Fauna Selvagens em Perigo de Extinção (CITES).	04/11/1975
Convenção Internacional para a Conservação do Atum do Atlântico.	01/04/1969
Convenção para a Proteção da Flora, da Fauna e das Belezas Cênicas Naturais dos Países da América.	26/11/1965

Fonte: Adaptado de IBGE (2015).

APÊNDICE A – Legislações sobre resíduos sólidos objetos obrigatórios de LR.

Projetos de lei/Regulamentos e outros documentos de abrangência nacional	
Documento	Descrição
Projeto de Lei n. 2.940/2015	Institui normas para o gerenciamento e destinação final do lixo eletrônico.
Projeto de Lei n. 2.426/2015	Dispõe sobre diretrizes para a instituição do Programa de Coleta Seletiva Contínua de Resíduos Eletrônicos e Tecnológicos, e dá outras providências.
Projeto de Lei n. 3.732/2015	Obriga os fornecedores de produtos eletrônicos a oferecer descontos aos consumidores que restituírem produtos similares usados.
Projeto de Lei n. 3.472/2012	Torna obrigatória a utilização de materiais reciclados em produtos Eletroeletrônicos e eletrodomésticos
Projeto de Lei n. 2.045/2011	Dispõe sobre a coleta e a destinação adequada de resíduos tecnológicos.
Edital n. 01/2013 do MMA	Chamamento para a Elaboração de Acordo Setorial para a Implantação de Sistema de LR de Produtos Eletroeletrônicos e seus Componentes.
Decreto nº 7.619/2011	Regulamenta a concessão de crédito presumido do Imposto sobre Produtos Industrializados - IPI na aquisição de resíduos sólidos.
Decreto n. 7.405/2010	Institui o Programa Pró-Catador, denomina Comitê Interministerial para Inclusão Social e Econômica dos Catadores de Materiais Reutilizáveis e Recicláveis, o Comitê Interministerial da Inclusão Social de Catadores de Lixo criado pelo Decreto de 11 de setembro de 2003, dispõe sobre sua organização e funcionamento, e dá outras providências.
Decreto n. 7.404/2010	Regulamenta a Lei 12.305/2010 (PNRS), cria o Comitê Interministerial da PNRS e o Comitê Orientador para a implantação dos Sistemas de LR.
Lei n. 12.305/2010	Institui a PNRS e altera a Lei n. 9.605/1998.
Resolução Conama n. 416/2009	Dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e sua destinação ambientalmente adequada.
Resolução da ANP n. 20/2009	Estabelece os requisitos necessários à autorização para o exercício da atividade de coleta de óleo lubrificante usado ou contaminado.
Resolução da ANP n. 19/2009	Estabelece os requisitos necessários à autorização para o exercício da atividade de rerrefino de óleo lubrificante usado ou contaminado.
Portaria Inmetro n. 101/2009	Aprova a nova Lista de Grupos de Produtos Perigosos e o novo Anexo E.
Resolução Conama n. 404/2008	Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos.
Resolução Conama n. 401/2008	Estabelece limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios para o seu gerenciamento adequado. Revoga a Resolução Conama n. 257/1999.
Portaria interministerial MME/ MMA n. 464/2007	Dispõe que os produtores e os importadores de óleo lubrificante acabado são responsáveis pela coleta de todo óleo lubrificante usado ou contaminado, ou alternativamente, pelo correspondente custeio da coleta efetivamente realizada, bem como sua destinação final de forma adequada.
Portaria do MMA n. 31/2007	Institui Grupo de Monitoramento Permanente para o acompanhamento da Resolução do Conama n. 362/2005, que dispõe sobre o recolhimento, a coleta e a destinação final de óleo lubrificante usado ou contaminado.
Lei n. 11.445/2007	Política Nacional de Saneamento Básico. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, altera as Leis 6.766/1979, 8.036/1990, 8.666/1993 e 8.987/1995, e revoga a Lei 6.528/1978.
Decreto n. 5.940/2006	Institui a separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da administração pública federal direta e indireta, na fonte geradora, e a sua destinação às associações e cooperativas dos catadores de materiais recicláveis, e dá outras providências.
Resolução Conama n. 362/2005	Dispõe sobre o recolhimento, coleta e destinação final de óleo lubrificante usado ou contaminado.
Decreto n. 4.871/2003	Dispõe sobre a instituição dos planos de áreas para o combate à poluição por óleo em águas sob jurisdição nacional, e dá outras providências.
Lei n. 10.257/2001	Estatuto das Cidades. Estabelece diretrizes gerais da política urbana.
Lei n. 9.966/2000	Dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas em águas.
Decreto n. 4.281/2002	Regulamenta a Lei nº 9.795/1999, que institui a Política Nacional de Educação Ambiental.

Lei n. 9.795/1999	Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências.
Portaria da ANP n. 130/1999	Dispõe sobre a comercialização dos óleos lubrificantes rerrefinados.
Portaria da ANP n. 128/1999	Regulamenta a atividade industrial de rerrefino de óleo lubrificante usado ou contaminado a ser exercida por pessoa jurídica sediada no país, organizada de acordo com as leis brasileiras.
Portaria da ANP n. 127/1999	Regulamenta a atividade de coleta de óleo lubrificante usado ou contaminado a ser exercida por pessoa jurídica sediada no país.
Portaria da ANP n. 125/1999	Regulamenta a atividade de recolhimento, coleta e destinação final do óleo lubrificante usado ou contaminado.
Portaria da ANP n. 81/1999	Dispõe sobre o rerrefino de óleos lubrificantes usados ou contaminados.
Portaria da ANP n. 159/1998	Determina que o exercício da atividade de rerrefino de óleos lubrificantes usados ou contaminados depende de registro prévio junto à ANP.
Lei n. 9.605/1998	Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente.
Portaria do Ibama n. 32/1995	Obriga ao cadastramento no Ibama as pessoas físicas e jurídicas que importem, produzam ou comercializem a substância mercúrio metálico.
Portaria do Minfra n. 727/1990	Autoriza que pessoas jurídicas exerçam atividade de rerrefino de óleos lubrificantes minerais usados ou contaminados.
Decreto n. 97.634/1989	Dispõe sobre o controle da produção e da comercialização de substância que comporta risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente.
Lei n. 6.938/1981	Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente.
Normas técnicas brasileiras relacionadas aos resíduos sólidos objetos dos sistemas de LR	
Norma	Descrição
ABNT/NBR 16156:2013	Estabelece requisitos para proteção ao meio ambiente e para o controle dos riscos de segurança e saúde no trabalho na atividade de manufatura reversa de resíduos Eletroeletrônicos.
ABNT/NBR 10.004/2004	Resíduos sólidos – classificação.
ABNT/NBR 10.007/2004	Amostragem de resíduos sólidos.
ABNT/NBR 17.505-5/2006	Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis – operações.
ABNT/NBR 12.235/1992	Armazenamento de resíduos sólidos perigosos.
ABNT/NBR 13.463/1995	Coleta de resíduos sólidos.
ABNT/NBR 7.503/2005	Ficha de emergência para o transporte terrestre de produtos perigosos.
ABNT/NBR 9.735/2005	Equipamentos de emergências no transporte terrestre de produtos perigosos.
ABNT/NBR 13.221/2007	Transporte terrestre de resíduos.
Portaria da ANP n. 20/2009	Estabelece requisitos necessários à autorização para o exercício da atividade de coleta de óleo lubrificante usado ou contaminado.
Portaria da ANP n. 19/2009	Estabelece requisitos necessários à autorização para o exercício da atividade de rerrefino de óleo lubrificante usado ou contaminado.
Instrução Normativa do Ibama n. 3/2010	Institui procedimentos complementares relativos ao controle, fiscalização, laudos físico-químicos e análises, necessários ao cumprimento da Resolução do Conama n. 401/2008. Relativo a pilhas e baterias.
Instrução Normativa do Ibama n. 1/2010	Institui procedimentos necessários ao cumprimento da Resolução do Conama n. 416/2009, pelos fabricantes e importadores de pneus novos, sobre coleta e destinação final de pneus inservíveis.
Estados com Política Estadual de Resíduos Sólidos.	
Estado	Regulamentação
Ceará	Lei 13.103/2001.
Mato Grosso	Lei 7.862/2002.
Minas Gerais	Lei 18.031/2009.
Paraná	Lei 13.557/2005.
Pernambuco	Lei 12.008/2001 (antiga) / Lei 14.236/2010 (nova).
Rio de Janeiro	Lei 4.191/2003.
Santa Catarina	Lei 13.557/2003.
São Paulo	Lei 12.300/2006.
Bahia	Lei 12.932/2014.

Instrumentos legais relativos aos resíduos do sistema da LR e os respectivos estados		
Estado	Documento	Regulamentação
Amazonas	Lei 247/2015	Institui normas e procedimentos para a reciclagem, gerenciamento e destinação final de lixo tecnológico.
Maranhão	Lei 9291/2010	Dispõe sobre o descarte de lâmpadas, pilhas, equipamentos de informática, baterias e outros tipos de acumuladores de energia.
Mato Grosso	Lei 8.876/2008	Dispõe sobre coleta, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final do lixo tecnológico.
Minas Gerais	Deliberação Normativa 188/2013	Estabelece diretrizes gerais e prazos para publicação dos editais de chamamento público de propostas de modelagem de sistemas de logística reversa no Estado de Minas Gerais.
	Lei 13.766/2000	Atribui ao Conselho Estadual de Política Ambiental (Copam) a competência de estabelecer normas para o recolhimento, reutilização e reciclagem de resíduos especiais.
Paraná	Lei 12.493/1999	Estabelece princípios para a gestão de resíduos sólidos no estado.
	Lei 15.851/2008	Obriga empresas produtoras e distribuidoras, que comercializam equipamentos de informática, a criarem programas de coleta, reciclagem e destruição desses equipamentos, sem causar poluição ambiental.
Pernambuco	Decreto 23941/2002	Regulamenta a Lei n. 12.008/2001 e menciona o lixo tecnológico.
Rio de Janeiro	Lei 5.131/2007	Obriga estabelecimentos situados no estado do Rio de Janeiro que comercializem lâmpadas fluorescentes coloquem à disposição dos consumidores lixeira para sua coleta quando descartadas ou inutilizadas.
	Lei 2.011/1992	Obriga a implementação de programa de redução de resíduos.
Santa Catarina	Lei 11.347/2000	Regulamenta sobre a coleta, o recolhimento e o destino final de resíduos sólidos potencialmente perigosos.
Espírito Santo	Lei 6.834/2001	Dispõe sobre a responsabilidade da destinação de lâmpadas usadas, no estado do Espírito Santo.
	Lei 14.364/2008	Responsabilização pós-consumo do fabricante, importador e empresas que comercializem produtos e embalagens ofertadas ao consumidor.
	Lei 9.941/2012	Dispõe sobre normas e procedimentos para a coleta seletiva, o gerenciamento e a destinação final do “lixo tecnológico” no Estado, instituindo inclusive a obrigatoriedade de pontos de coleta seletiva para produtos e componentes Eletroeletrônicos, em todos os estabelecimentos comerciais que comercializam, representam ou fabricam produtos Eletroeletrônicos no âmbito estadual.
São Paulo	Resolução SMA n. 45, 2015	Define as diretrizes para implementação e operacionalização da responsabilidade pós-consumo no Estado de São Paulo, e dá providências correlatas.
	Lei 10.888/2001	Dispõe sobre o descarte final de produtos perigosos do resíduo urbano que contenham metais pesados. Lixo tóxico (Lei Estadual n. 13.576/2009).
	Portaria CAT n. 60, de 04/2000	Altera a Portaria CAT n. 81/1999, que disciplina o procedimento de coleta, transporte e recebimento de óleo lubrificante usado ou contaminado.
	Lei 13.576/2009	Institui normas e procedimentos para a reciclagem, gerenciamento e destinação final de lixo tecnológico.
	Resolução SMA n. 24/2010	Estabelece a relação de produtos geradores de resíduos de significativo impacto ambiental, para fins do disposto no Artigo 19, do Decreto Estadual n. 54.645/2009, que regulamenta a Lei Estadual n. 12.300/2006.
	Resolução, SMA n. 131/2010	Altera Resolução da SMA n. 24/2010, que estabelece a relação de produtos geradores de resíduos de significativo impacto ambiental no estado de São Paulo.
Rio Grande do Sul	Lei 11.187/1998	Estabelece normas para o descarte de pilhas, baterias e lâmpadas fluorescentes que contenham mercúrio, proibindo a disposição em depósitos públicos de resíduos sólidos e sua incineração.

Mato Grosso do Sul.	Lei n. 3.970/2010	Institui normas para a reciclagem, gerenciamento e destinação final do lixo tecnológico em Mato Grosso do Sul.
Paraíba	Lei n. 9.129/2010	Institui normas e procedimentos para a reciclagem, gerenciamento e destinação final de lixo tecnológico.
Municípios e instrumentos legais para resíduos do sistema da logística reversa		
Municípios	Instrumento	Descrição
João Pessoa/PB	Lei 12.160/2011	Institui normas, prazos e procedimentos para gerenciamento, coleta, reutilização, reciclagem e destinação final do lixo tecnológico.
Campinas/SP	Lei 11.294/2002	Proíbe a disposição de lâmpadas fluorescentes, que utilizam mercúrio metálico e similares, em aterros sanitários.
Americana/SP	Lei 3.578/2001	Dispõe sobre a responsabilidade da destinação de pilhas, baterias e lâmpadas usadas.
Ibiúna/SP	Lei 685/2001	Dispõe sobre coleta seletiva e reciclagem de lixo.
Barueri/SP	Lei 1417/2004	Dispõe sobre a responsabilidade da destinação de pilhas, baterias e lâmpadas usadas e dá outras providências.
São Paulo/SP	Lei 12.653/1998	Fixa normas para o descarte de lixos como lâmpadas fluorescentes.
	Lei 15.121/2010	Dispõe sobre a destinação de recipientes contendo sobras de tintas, vernizes e solventes.
Ribeirão Preto/SP	Lei 2.347/2009	Autoriza o poder executivo a instituir política pública municipal de gerenciamento e destinação final do lixo tecnológico.
Bauru/SP	Lei 5.961/2010	Dispõe sobre a coleta, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final de lixo tecnológico no município de Bauru.
Guarulhos/SP	Lei 6.663/2010	Dispõe sobre a instituição da Política Pública Municipal de Gerenciamento e destinação final ambientalmente adequada do lixo tecnológico.
Caxias do Sul/RS	Lei 5.873/2002	Disciplina o descarte e o gerenciamento adequado de pilhas, baterias e lâmpadas usadas.
Nova Prata/RS	Lei 4.776/2002	Disciplina o descarte e o gerenciamento adequado de pilhas, baterias, e lâmpadas usadas, e dá outras providências.
Porto Alegre/RS	Lei 11.384/2012	Estabelece regras quanto a destinação final adequada do lixo eletrônico produzido em Porto Alegre.
Foz do Iguaçu/PR	Lei 2.702/2002	Dispõe sobre a coleta, o recolhimento e o destino final de resíduos de sólidos potencialmente perigosos que a lei menciona.
Cascavel/PR	Lei 5.359/2009	Institui normas e procedimentos para a reciclagem, gerenciamento e destinação final de lixo tecnológico e dá outras providências.
Curitiba/PR	Lei 13.509/2010	Dispõe sobre o tratamento e a destinação final diferenciada de resíduos especiais que especificados pela lei.
Tubarão/SC	Lei 3.338/2009	Dispõe sobre a instituição do programa de coleta seletiva contínua de lixo tecnológico, denominado ecoponto digital.
Balneário Camboriú/SC	Lei 3.210/2010	Dispõe sobre a coleta, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final de lixo tecnológico no município.
Nova Friburgo/RJ	Lei 3.172/2002	Cria normas para o serviço de coleta, reciclagem e disposição final de lâmpadas fluorescentes e outros produtos contendo mercúrio.
Niterói/RJ	Lei 2.759/2010	Dispõe sobre a coleta, reciclagem, tratamento e descarte final de lixo tecnológico.
Belo Horizonte /MG	Lei 8.357/2002	Institui o Programa de Coleta Seletiva de Resíduos Controlada por Produtor.
Manaus/AM	Lei 1.705/2012	Dispõe sobre a coleta, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final de lixo tecnológico no município de Manaus.
Florianópolis/SC	Lei 8806/2012	Determina o estabelecimento de normas e procedimentos para o gerenciamento e destinação de lixo tecnológico.
	Decreto 8.747/2011	Cria comitê municipal para gestão de resíduos sólidos com a atribuição de estruturar as políticas nacional, estadual e municipal de resíduos sólidos.
	Lei 398/2010	Institui a política municipal de coleta seletiva de resíduos sólidos, e cria o conselho gestor.

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em IPEA (2012a); Ushizima; Marins; Muniz Júnior (2014); CNI (2014a); MMA (2015); STEP (2015).

ANEXO D – Substâncias presentes nos REEE e seus impactos.

Substância	Fonte em produtos eletrônicos	Principais danos à saúde
Antimônio	CRT e placas de circuito impresso.	Perigoso em caso de ingestão, inalação ou contato com os olhos e pele. Provoca danos para o sangue, rins, pulmões, sistema nervoso, fígado e mucosas.
Arsênio	Usado para fazer transistores.	É extremamente tóxico a sua ingestão, durante um longo período pode levar a intoxicação por arsênico crônico. Os efeitos, que podem levar anos para se desenvolver, incluem lesões de pele, neuropatia periférica, sintomas gastrointestinais, efeitos do sistema renal, diabetes, doenças cardiovasculares e câncer.
Bário	Painel frontal de CRT.	A exposição a curto prazo provoca fraqueza muscular e danos ao coração, fígado e baço. Produz inchaço no cérebro após exposição curta.
Bérblio	Placas-mãe de computadores.	Cancerígeno. A inalação de fumos e poeiras podem causar doença crônica ou <i>berylliosis</i> e doenças de pele, como verrugas.
Cádmio	Chip resistores e semicondutores.	Tem efeitos tóxicos irreversíveis na saúde humana. Acumula-se nos rins e fígado. Tem efeitos tóxicos sobre os rins, sistema esquelético e respiratório. É carcinogênico.
Clorofluorocarbonetos (CFCs)	Geladeiras e refrigeradores.	Destroem a camada de ozônio e é um gás de estufa potente. Exposição direta pode causar inconsciência, dificuldade de respiração e batimento cardíaco irregular. Também pode causar confusão, sonolência, tosse, garganta dolorida, dificuldade em respirar e vermelhidão dos olhos. O contato direto da pele com alguns tipos de CFC pode causar queimaduras.
Cobalto	Baterias recarregáveis e tintas para unidades de disco rígido.	Perigoso em caso de inalação e ingestão. É irritante à pele. Tem efeitos cancerígenos e tóxicos para os pulmões. Repetida ou prolongada exposição pode produzir lesão em diversos órgãos.
Cobre	Usado como condutor.	Perigoso em caso de ingestão, contato com os olhos ou inalação. Um irritante da pele e tóxicos para os pulmões e membranas mucosas. Repetida ou prolongada exposição pode produzir lesão de órgãos-alvo.
Dioxinas	Gerado quando o eletroeletrônico é queimado ao ar livre.	Altamente tóxico. Pode causar problemas reprodutivos e de desenvolvimento, danificar o sistema imunológico, interferir com os hormônios e causar câncer.
Cromo hexavalente	Usado como proteção contra a corrosão das chapas de aço galvanizadas e não tratadas, um decorador ou endurecedor para carcaças de aço.	Danifica os rins, o fígado e o DNA. Bronquite asmática tem sido associada a esta substância. Provoca irritação do sistema respiratório (asma) e da pele, dano no fígado e rim, leucócitos do sangue aumentada ou reduzida, lesões nos olhos. É cancerígeno.
Índio	Telas de LCD.	Pode ser absorvido no corpo por inalação ou ingestão. É irritante para os olhos e vias respiratórias. Pode ter efeitos a longo prazo sobre os rins. Efeitos ambientais não foram investigados e carece de informações sobre seus efeitos na saúde humana.
Chumbo	Solda de placas de circuitos impressos, painéis de vidro e gaxetas em monitor de computador.	Causam danos ao sistema nervoso, sistemas de sangue e rins. Afeta o desenvolvimento do cérebro das crianças. Uma toxicidade cumulativa que afeta vários sistemas do corpo, incluindo os sistemas neurológicos, hematológicos, gastrointestinais, cardiovasculares e renais.
Lítio	Baterias recarregáveis.	Extremamente perigoso em caso de ingestão, que atravessa a placenta. É irritante à pele, olhos ou quando inalado. Pode ser excretado no leite materno.

Substância	Fonte em produtos eletrônicos	Principais danos à saúde
Mercúrio	Relés, interruptores e placas de circuito impresso.	A inalação de vapor de mercúrio pode produzir efeitos nocivos sobre os sistemas nervosos, digestivos e imunológicos, pulmões e rins, podendo ser fatal. Os sais inorgânicos de mercúrio são corrosivos para a pele, olhos e trato gastrointestinal. Pode induzir toxicidade renal, se ingerido.
Níquel	Baterias recarregáveis.	Pouco perigoso em caso de contato com a pele, inalação e ingestão. Pode ser tóxico para os rins, pulmões, fígado e trato respiratório superior. Cancerígeno.
(PFOS/F) <i>Perfluorooctane sulfonato</i>	Revestimentos.	Persistentes, bioacumuláveis e tóxicos para as espécies de mamíferos; ligados a um aumento na incidência de câncer de bexiga.
Phthalates	Usado para amolecer plásticos.	Interrompe o sistema endócrino, reprodução, fertilidade e nascimento, e tem efeitos no desenvolvimento. Tóxico ao órgãos e está ligado ao câncer de fígado. Tem efeitos sobre o cérebro, sistema nervoso e sistema imunológico.
Difenil polibromados (PBDEs) usados em retardadores de chamas bromados (BFRs)	Carcaça plástica de equipamentos eletrônicos e placas de circuito para reduzir a inflamabilidade.	PBDEs são motivo de preocupação devido à sua alta lipofilia e alta resistência aos processos de degradação. Em geral, BFR tem mostrado perturbar as funções do sistema endócrino e pode ter um efeito sobre os níveis de tireóide e causar danos genotóxicos, causando risco elevado de câncer.
Bifenilos policlorados (PCBs)	Material isolante em produtos eletrônicos mais antigos.	Ligada à falha reprodutiva e supressão do sistema imunológico.
Policloreto de vinila (PVC)	Cabeamento e computador habitação plásticos contêm PVC para suas propriedades de retardador de chamas.	Produz dioxinas quando queimado; causa problemas no desenvolvimento reprodutivo, danos no sistema imunológico e interfere com hormonas reguladoras.
Prata	Placas de circuito de fiação.	Perigoso em caso de inalação, ingestão e contato com os olhos. Excesso de exposição pode resultar em morte. Exposição repetida pode produzir deterioração geral da saúde pelo acúmulo de um ou vários órgãos humanos.
Tálio	Baterias, semicondutores.	Perigoso em caso de inalação, ingestão e em caso de contato com pele e olhos. Tóxico para os rins, sistema nervoso, fígado e coração. Pode causar problemas no nascimento. Excesso de exposição pode causar morte.
Estanho	Solda.	Irritante em caso de contato com os olhos, pele e inalação e ingestão. Pode causar distúrbios do trato gastrointestinal, que podem ser de ação irritante ou adstringente no estômago.
Zinco (cromatos)	Material do chapeamento.	O contato com os olhos pode causar irritação. O zinco em pó é altamente inflamável; se inalado, provoca tosse e se ingerido, dor abdominal, diarreia e vômitos.

Fonte: Adaptado de ILO (2012).

APÊNDICE B – Quantidade de REEE gerado – por país – 2014.

Posição (<i>per capita</i>)	País	kg/hab/ano	Quantidade (1000 ton)
1º	Noruega	28,4	146
2º	Suíça	26,3	213
3º	Islândia	26,1	9
4º	Dinamarca	24,0	135
5º	Reino Unido e Irlanda do Norte	23,5	1.511
6º	Holanda	23,4	394
7º	Suécia	22,3	215
8º	França	22,2	1.419
9º	Estados Unidos da América	22,1	7.072
10º	Austria	22,1	188
11º	Alemanha	21,7	1.769
12º	Finlândia	21,5	118
13º	China, Hong Kong Região Administrativa	21,5	157
14º	Bélgica	21,5	242
15º	Luxemburgo	21,0	12
16º	Canadá	20,4	725
17º	Austrália	20,1	468
18º	Irlanda	19,8	92
19º	Cingapura	19,6	110
20º	Nova Zelândia	19,1	86
21º	Bahamas	19,1	7
22º	Taiwan	18,6	438
23º	Brunei Darussalam	18,1	7
24º	Espanha	17,8	817
25º	Itália	17,6	1.077
26º	Japão	17,3	2.200
27º	Emirados Árabes	17,2	101
28º	Israel	17,2	138
29º	Kuwait	17,2	69
30º	Catar	16,4	33
31º	Portugal	16,2	171
32º	República da Coreia	15,9	804
33º	Grécia	15,2	171
34º	Eslovênia	15,0	31
35º	República Checa	14,8	157
36º	Malta	14,6	6
37º	Omã	14,1	46
38º	Estônia	14,1	19
39º	Barbados	13,2	4
40º	Bahrain	12,9	16
41º	Hungria	12,6	125
42º	Arábia Saudita	12,5	379
43º	Antígua e Barbuda	11,6	1
44º	Lituânia	11,5	34
45º	Eslováquia	11,4	62
46º	Seychelles	10,9	1
47º	Croácia	10,8	48
48º	Guiné Equatorial	10,8	8
49º	Bulgária	10,8	77
50º	Letônia	10,7	22
51º	São Cristóvão e Nevis	10,1	1
52º	Polônia	10,0	397
53º	Grenada	10,0	1
54º	Chile	9,9	176
55º	Santa Lúcia	9,9	2
56º	Dominica	9,7	1
57º	São Vicente e Granadinas	9,7	1
58º	Uruguai	9,5	32
59º	Líbano	9,4	39
60º	Mauritius	9,3	12
61º	Romênia	9,3	197

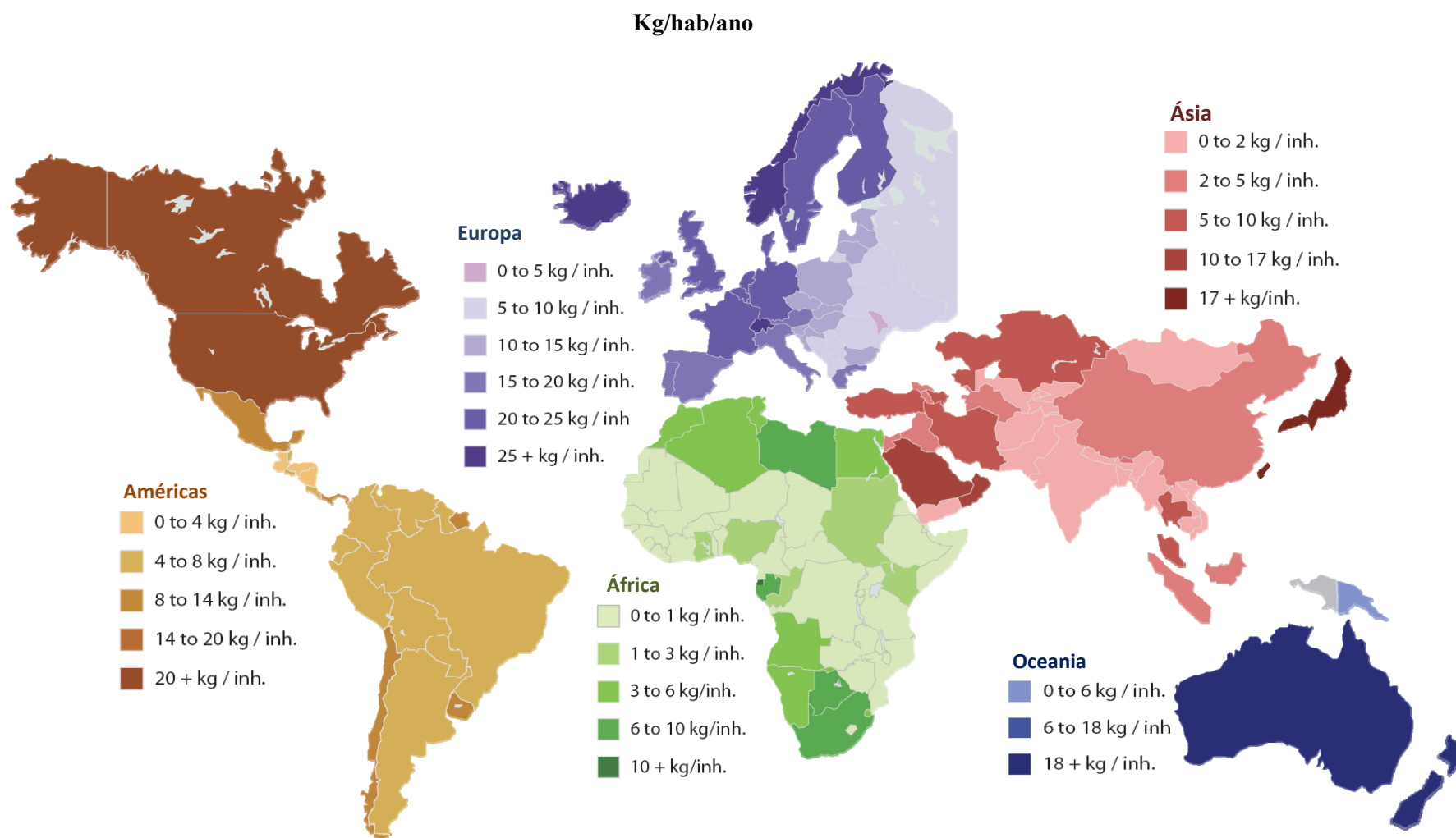
Posição (<i>per capita</i>)	País	kg/hab/ano	Quantidade (1000 ton)
62°	Trinidad e Tobago	9,0	12
63°	Rússia	8,7	1.231
64°	Suriname	8,5	5
65°	Líbia	8,3	55
66°	Botswana	8,3	16
67°	Panamá	8,2	31
68°	México	8,2	958
69°	Belarus	7,7	72
70°	Cazaquistão	7,7	131
71°	Venezuela	7,6	233
72°	Malásia	7,6	232
73°	Gabão	7,6	12
74°	Costa Rica	7,5	36
75°	Irã	7,4	581
76°	Sérvia	7,4	56
77°	Montenegro	7,2	4
78°	Brasil	7,0	1.412
79°	Argentina	7,0	292
80°	África do Sul	6,6	346
81°	Peru	6,6	503
82°	Belize	6,5	2
83°	Tailândia	6,4	419
84°	Antiga República Jugoslava da Macedónia	6,2	13
85°	Albânia	6,1	20
86°	Maldivas	6,1	2
87°	Guiana	6,1	5
88°	Jamaica	5,8	16
89°	Ucrânia	5,7	258
90°	Ilhas Marshall	5,5	0
91°	Tonga	5,5	1
92°	Micronésia	5,5	1
93°	República Dominicana	5,4	58
94°	Bósnia e Herzegovina	5,4	21
95°	Colômbia	5,3	252
96°	Azerbaijão	5,1	48
97°	Tunísia	5,0	56
98°	Namíbia	5,0	11
99°	Paraguai	4,9	34
100°	Argélia	4,9	183
101°	El Salvador	4,8	30
102°	Peru	4,7	148
103°	Equador	4,6	73
104°	Geórgia	4,6	21
105°	Armênia	4,6	16
106°	Jordânia	4,5	30
107°	China	4,4	6.033
108°	Egito	4,3	373
109°	Sri Lanka	4,2	87
110°	Timor-Leste	4,1	5
111°	Samoa	4,1	1
112°	Suazilândia	4,0	4
113°	Bolívia	4,0	45
114°	Kiribati	4,0	0
115°	Turquemenistão	3,9	22
116°	Butão	3,7	3
117°	Marrocos	3,7	121
118°	Guatemala	3,5	55
119°	Fiji	3,3	3
120°	Iraque	3,1	112
121°	Angola	3,0	65
122°	Vanuatu	3,0	1
123°	Indonésia	3,0	745
124°	Congo	2,5	11

Posição (<i>per capita</i>)	País	kg/hab/ano	Quantidade (1000 ton)
125°	Cabo Verde	2,0	1
126°	Honduras	1,8	16
127°	República da Moldávia	1,8	6
128°	Mongólia	1,8	5
129°	Nicarágua	1,7	11
130°	Tuvalu	1,7	0
131°	Ilhas Salomão	1,6	1
132°	Uzbequistão	1,5	45
133°	Gana	1,4	38
134°	Paquistão	1,4	266
135°	Índia	1,3	1.641
136°	Filipinas	1,3	127
137°	Nigéria	1,3	219
138°	Vietnã	1,3	116
139°	Quirguistão	1,2	7
140°	Iémen	1,2	34
141°	Djibouti	1,2	1
142°	Sudão	1,2	43
143°	Laos, República Democrática	1,2	8
144°	São Tomé e Príncipe	1,2	0
145°	Papua Nova Guiné	1,2	8
146°	Gâmbia	1,2	2
147°	Camboja	1,0	16
148°	Quênia	1,0	44
149°	Camarões	0,9	21
150°	Mauritânia	0,9	4
151°	Lesoto	0,9	2
152°	Senegal	0,9	12
153°	Zâmbia	0,9	13
154°	Uganda	0,9	33
155°	Benin	0,9	8
156°	Togo	0,8	5
157°	Tajiquistão	0,8	7
158°	Bangladesh	0,8	126
159°	Costa do Marfim	0,8	20
160°	Guiné	0,8	9
161°	Chade	0,8	9
162°	Comores	0,7	1
163°	Moçambique	0,7	16
164°	Mali	0,6	10
165°	Ruanda	0,6	6
166°	Burkina Faso	0,6	11
167°	Haiti	0,6	6
168°	Tanzânia	0,5	26
169°	Guiné-Bissau	0,5	1
170°	Nepal	0,5	15
171°	Etiópia	0,5	43
172°	Myanmar	0,4	29
173°	Serra Leoa	0,4	2
174°	Zimbábue	0,3	4
175°	Madagáscar	0,3	6
176°	Eritreia	0,3	2
177°	Afeganistão	0,3	9
178°	República Centro-Africana	0,3	1
179°	Malavi	0,2	4
180°	Níger	0,2	4
181°	Burundi	0,2	2
182°	República Democrática do Congo	0,2	17
183°	Libéria	0,2	1

■ Maiores geradores (em quantidade - toneladas).

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em Baldé et al. (2015).

APÊNDICE C – Cartograma de geração *per capita* dos REEE – mundo – 2014.



Fonte: Elaboração pelo autor, com base em Baldé et al. (2015).

ANEXO E – Instrumentos REP implantados em diversos países.

Região	Setor industrial implementado	Tipo de instrumento REP	Implantação
Austrália - Norte	Recipientes de bebidas	Depósito / Reembolso	2011
Austrália - do Sul	Recipientes de bebidas	Depósito / Reembolso	1993
Austrália -Nacional	Oleo Usado	Imposto / Subsídio	2001
Austrália -Nacional	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2012
Austrália -Nacional	Lâmpadas de mercúrio	Sistema de Coleta do Produto	2010
Austrália -Nacional	Embalagem	Sistema de Coleta do Produto	2010
Austrália -Nacional	Químicos	Sistema de Coleta do Produto	1993
Austrália -Nacional	Celulares	Sistema de Coleta do Produto	1999
Austria -Nacional	Baterias	Sistema de Coleta do Produto	2006
Austria -Nacional	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2005
Austria -Nacional	Embalagem	Sistema de Coleta do Produto	1993
Austria -Nacional	Veículos	Sistema de Coleta do Produto	2002
Austria -Nacional	Pneus	Sistema de Coleta do Produto	2002
Austria -Nacional	Oleo Usado	Sistema de Coleta do Produto	-
Austria -Nacional	Medicamento	Sistema de Coleta do Produto	-
Bélgica -Nacional	Baterias	Sistema de Coleta do Produto	2006
Bélgica -Nacional	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2005
Bélgica -Nacional	Embalagem	Sistema de Coleta do Produto	1997
Bélgica -Nacional	Veículos	Sistema de Coleta do Produto	1999
Bélgica -Nacional	Pneus	Sistema de Coleta do Produto	1998
Bélgica -Nacional	Oleo Usado	Sistema de Coleta do Produto	2003
Bélgica -Nacional	Medicamento	Sistema de Coleta do Produto	-
Bélgica -Nacional	Baterias / Capacitores	Sistema de Coleta do Produto	1995
Brasil -Nacional	Pneus	Sistema de Coleta do Produto	2002
Bulgária -Nacional	Baterias	Sistema de Coleta do Produto	2008
Bulgária -Nacional	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2006
Bulgária -Nacional	Embalagem	Sistema de Coleta do Produto	2004
Bulgária -Nacional	Veículos	Sistema de Coleta do Produto	2002
Bulgária -Nacional	Pneus	Sistema de Coleta do Produto	-
Bulgária -Nacional	Oleo Usado	Sistema de Coleta do Produto	2006
Canadá -Nacional	Dispositivos móveis	Sistema de Coleta do Produto	2008
Canadá -Nacional	Baterias recarregáveis	Sistema de Coleta do Produto	2000
Canadá -Nacional	Interruptores <i>Mercury</i> Auto	Sistema de Coleta do Produto	2008
Canadá -Nacional	Embalagem de pesticidas	Sistema de Coleta do Produto	2010
Canadá -Nacional	Embalagem de agrotóxicos	Sistema de Coleta do Produto	1989
Canadá -Nacional	Refrigerantes	Sistema de Coleta do Produto	2000
Canadá -Alberta	Recipientes de bebidas	Depósito / Reembolso	1997
Canadá -Alberta	Eletroeletrônico	ADF	2010
Canadá -Alberta	Pintura	ADF	2008
Canadá -Alberta	Medicamento	Sistema de Coleta do Produto	2011
Canadá -Alberta	Oleo Usado	Depósito / Reembolso	2007
Canadá -Alberta	Pneus	ADF	1992
Canadá -British Columbia	Recipientes de bebidas	Depósito / Reembolso	2004
Canadá -British Columbia	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2007
Canadá -British Columbia	Baterias	Sistema de Coleta do Produto	1991
Canadá -British Columbia	Frascos para leite	Sistema de Coleta do Produto	-
Canadá -British Columbia	Medicamento	Sistema de Coleta do Produto	1999
Canadá -British Columbia	Solventes	Sistema de Coleta do Produto	2004
Canadá -British Columbia	Oleo Usado	Sistema de Coleta do Produto	2003
Canadá -British Columbia	Pneus	Sistema de Coleta do Produto	2007
Canadá -Manitoba	Auto Baterias	Sistema de Coleta do Produto	2011
Canadá -Manitoba	Embalagem	ADF	2008
Canadá -Manitoba	Oleo Usado	Sistema de Coleta do Produto	1997
Canadá -Manitoba	Pneus	Sistema de Coleta do Produto	2006
Canadá -New Brunswick	Recipientes de bebidas	Depósito / Reembolso	1999
Canadá -New Brunswick	Pintura	Sistema de Coleta do Produto	2009
Canadá -New Brunswick	Pneus	Sistema de Coleta do Produto	2008
Canadá -Terra Nova	Recipientes de bebidas	Depósito / Reembolso	1997
Canadá -Terra Nova	Oleo Usado	Sistema de Coleta do Produto	2003
Canadá -Terra Nova	Pneus	ADF	2002
Canadá -North west Terr.	Recipientes de bebidas	Depósito / Reembolso	2005

Região	Setor industrial implementado	Tipo de instrumento REP	Implantação
Canadá -Nova Escócia	Recipientes de bebidas	Depósito / Reembolso	1996
Canadá -Nova Escócia	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2008
Canadá -Nova Escócia	Frascos para leite	Sistema de Coleta do Produto	-
Canadá -Nova Escócia	Pintura	Sistema de Coleta do Produto	2002
Canadá -Nova Escócia	Medicamento	Sistema de Coleta do Produto	1995
Canadá -Nova Escócia	Farelos	Sistema de Coleta do Produto	-
Canadá -Nova Escócia	Óleo Usado	Sistema de Coleta do Produto	1996
Canadá -Nova Escócia	Pneus	ADF	1997
Canadá -Ontario	Recipientes de cerveja	Sistema de Coleta do Produto	2002
Canadá -Ontario	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2009
Canadá -Ontario	Resíduos domésticos perigosos	Sistema de Coleta do Produto	2006
Canadá -Ontario	Lâmpadas de mercúrio	Sistema de Coleta do Produto	2010
Canadá -Ontario	Termostatos	Sistema de Coleta do Produto	2006
Canadá -Ontario	Embalagem	ADF	2002
Canadá -Ontario	Pneus	Sistema de Coleta do Produto	2009
Canadá -Prince Edward I.	Recipientes de bebidas	Depósito / Reembolso	2008
Canadá -Prince Edward I.	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2010
Canadá -Prince Edward I.	Baterias	Depósito / Reembolso	2009
Canadá -Prince Edward I.	Medicamento	Sistema de Coleta do Produto	2004
Canadá -Prince Edward I.	Óleo Usado	Sistema de Coleta do Produto	-
Canadá -Prince Edward I.	Pneus	ADF	1991
Canadá -Quebec	Recipientes de bebidas	Depósito / Reembolso	1984
Canadá -Quebec	Embalagem	Sistema de Coleta do Produto	2010
Canadá -Quebec	Pintura	Sistema de Coleta do Produto	2001
Canadá -Quebec	Medicamento	Sistema de Coleta do Produto	
Canadá -Quebec	Óleo Usado	Sistema de Coleta do Produto	2004
Canadá -Quebec	Pneus	ADF	2009
Canadá -Saskatchewan	Recipientes de bebidas	Depósito / Reembolso	1973
Canadá -Saskatchewan	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2007
Canadá -Saskatchewan	Frascos para leite	Sistema de Coleta do Produto	-
Canadá -Saskatchewan	Pintura	Sistema de Coleta do Produto	-
Canadá -Saskatchewan	Medicamento	Sistema de Coleta do Produto	1997
Canadá -Saskatchewan	Óleo Usado	Sistema de Coleta do Produto	1996
Canadá -Saskatchewan	Pneus	Sistema de Coleta do Produto	1998
Canadá -Yukon	Recipientes de bebidas	Depósito / Reembolso	1992
Canadá -Yukon	Pneus	ADF	2003
Chile -Nacional	Recipientes de bebidas	Depósito / Reembolso	1998
Chile -Regional	Pneus	Sistema de Coleta do Produto	2004
Chile -Nacional	Óleo Usado	Sistema de Coleta do Produto	2007
Chile -Regional	Baterias	Sistema de Coleta do Produto	2013
Chile -Nacional	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2008
Chile -Nacional	Embalagem de pesticidas	Sistema de Coleta do Produto	2001
China - Nacional	Grandes aparelhos	Imposto/Subsídio	2012
Colômbia -Nacional	Baterias	Sistema de Coleta do Produto	2010
Colômbia -Nacional	Recipientes de bebidas	Depósito / Reembolso	1998
Colômbia -Nacional	Computadores	Sistema de Coleta do Produto	2010
Colômbia -Nacional	Lâmpadas fluorescentes	Sistema de Coleta do Produto	2010
Colômbia -Nacional	Medicamento	Sistema de Coleta do Produto	2010
Colômbia -Nacional	Recipientes de pesticidas	Sistema de Coleta do Produto	2007
Colômbia -Nacional	Pneus	Sistema de Coleta do Produto	2010
Cipreste -Nacional	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2003
Cipreste -Nacional	Baterias	Sistema de Coleta do Produto	2003
Cipreste -Nacional	Embalagem	Sistema de Coleta do Produto	2006
Cipreste -Nacional	Veículos	Sistema de Coleta do Produto	-
Cipreste -Nacional	Pneus	Sistema de Coleta do Produto	-
Cipreste -Nacional	Óleo Usado	Sistema de Coleta do Produto	-
Rep. Checa -Nacional	Baterias	Sistema de Coleta do Produto	2006
Rep. Checa -Nacional	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2005
Rep. Checa -Nacional	Embalagem	Sistema de Coleta do Produto	2002
Rep. Checa -Nacional	Veículos	ADF	2003
Dinamarca -Nacional	Baterias	Sistema de Coleta do Produto	2006
Dinamarca -Nacional	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2005
Dinamarca -Nacional	Embalagem	Depósito / Reembolso	2001

Região	Setor industrial implementado	Tipo de instrumento REP	Implantação
Dinamarca -Nacional	Veículos	ADF	2002
Dinamarca -Nacional	Pneus	ADF	2002
Dinamarca -Nacional	Óleo Usado	Sistema de Coleta do Produto	2000
Estônia -Nacional	Baterias	Sistema de Coleta do Produto	2006
Estônia -Nacional	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2005
Estônia -Nacional	Embalagem	Sistema de Coleta do Produto	2004
Estônia -Nacional	Veículos	Sistema de Coleta do Produto	2005
Estônia -Nacional	Pneus	Sistema de Coleta do Produto	2006
Finlândia -Nacional	Baterias	Sistema de Coleta do Produto	2006
Finlândia -Nacional	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	1993
Finlândia -Nacional	Embalagem	Sistema de Coleta do Produto	1998
Finlândia -Nacional	Veículos	ADF	2005
Finlândia -Nacional	Pneus	Sistema de Coleta do Produto	1995
Finlândia -Nacional	Medicamento	Sistema de Coleta do Produto	-
França -Nacional	Resíduos Ag	Sistema de Coleta do Produto	2001
França -Nacional	Baterias	Sistema de Coleta do Produto	2001
França -Nacional	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2005
França -Nacional	Mobiliário	Sistema de Coleta do Produto	2012
França -Nacional	Garrafas de gás	Sistema de Coleta do Produto	2013
França -Nacional	Papel gráfico	ADF	2006
França -Nacional	Resíduos médicos perigosos	Sistema de Coleta do Produto	2012
França -Nacional	Embalagem	ADF	1993
França -Nacional	Lixo doméstico	Sistema de Coleta do Produto	2012
França -Nacional	Veículos	Sistema de Coleta do Produto	2006
França -Nacional	Têxteis	ADF	2004
França -Nacional	Pneus	Sistema de Coleta do Produto	2004
França -Nacional	Medicamento	Sistema de Coleta do Produto	1993
Alemanha -Nacional	Baterias	Sistema de Coleta do Produto	2006
Alemanha -Nacional	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2005
Alemanha -Nacional	Embalagem	Sistema de Coleta do Produto	1991
Alemanha -Nacional	Veículos	Sistema de Coleta do Produto	1998
Alemanha -Nacional	Óleo Usado	Sistema de Coleta do Produto	1998
Grécia -Nacional	Baterias	Sistema de Coleta do Produto	2006
Grécia -Nacional	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2005
Grécia -Nacional	Embalagem	Sistema de Coleta do Produto	2003
Grécia -Nacional	Veículos	Sistema de Coleta do Produto	2004
Grécia -Nacional	Pneus	Sistema de Coleta do Produto	2004
Grécia -Nacional	Óleo Usado	Sistema de Coleta do Produto	2004
Hungria -Nacional	Baterias	Sistema de Coleta do Produto	2008
Hungria -Nacional	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2005
Hungria -Nacional	Embalagem	ADF	1996
Hungria -Nacional	Veículos	ADF	2005
Hungria -Nacional	Pneus	ADF	2003
Índia -Nacional	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2010
Índia -Nacional	Baterias	Depósito / Reembolso	2001
Irlanda -Nacional	Baterias	Sistema de Coleta do Produto	2006
Irlanda -Nacional	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2005
Irlanda -Nacional	Embalagem	Sistema de Coleta do Produto	2007
Irlanda -Nacional	Veículos	Sistema de Coleta do Produto	2006
Irlanda -Nacional	Pneus	Sistema de Coleta do Produto	2008
Itália -Nacional	Baterias	Sistema de Coleta do Produto	2006
Itália -Nacional	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2005
Itália -Nacional	Embalagem	Sistema de Coleta do Produto	1997
Itália -Nacional	Veículos	Sistema de Coleta do Produto	2003
Itália -Nacional	Pneus	Sistema de Coleta do Produto	2009
Itália -Nacional	Óleo Usado	Sistema de Coleta do Produto	1992
Japão - Nacional	Embalagem	ADF	1997
Japão - Nacional	Computadores	ADF	2001
Japão - Nacional	Grandes aparelhos	Sistema de Coleta do Produto	2001
Japão - Nacional	Veículos	ADF	2005
Japão - Nacional	Baterias	ADF	2001
Letônia -Nacional	Baterias	Sistema de Coleta do Produto	2006
Letônia -Nacional	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2005

Região	Setor industrial implementado	Tipo de instrumento REP	Implantação
Letônia -Nacional	Embalagem	Sistema de Coleta do Produto	2002
Letônia -Nacional	Veículos	Sistema de Coleta do Produto	2001
Letônia - Nacional	Pneus	ADF	2006
Letônia -Nacional	Óleo Usado	Sistema de Coleta do Produto	-
Lituânia -Nacional	Baterias	Sistema de Coleta do Produto	2006
Lituânia -Nacional	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2005
Lituânia -Nacional	Embalagem	Sistema de Coleta do Produto	2002
Lituânia -Nacional	Veículos	Sistema de Coleta do Produto	2004
Lituânia -Nacional	Pneus	Sistema de Coleta do Produto	-
Luxemburgo -Nacional	Baterias	Sistema de Coleta do Produto	2006
Luxemburgo -Nacional	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2005
Luxemburgo -Nacional	Embalagem	Sistema de Coleta do Produto	2000
Luxemburgo -Nacional	Veículos	Sistema de Coleta do Produto	-
Malta -Nacional	Baterias	Sistema de Coleta do Produto	2006
Malta -Nacional	Embalagem	Sistema de Coleta do Produto	2004
Malta -Nacional	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2007
México -Nacional	Baterias	Depósito / Reembolso	1998
Holanda -Nacional	Baterias	Sistema de Coleta do Produto	2006
Holanda -Nacional	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2005
Holanda -Nacional	Embalagem	ADF	2008
Holanda -Nacional	Veículos	ADF	2002
Holanda -Nacional	Pneus	Sistema de Coleta do Produto	2004
Holanda -Nacional	Óleo Usado	Sistema de Coleta do Produto	-
Holanda -Nacional	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	1999
Noruega -Nacional	Embalagem	Sistema de Coleta do Produto	1997
Noruega -Nacional	Pneus	Sistema de Coleta do Produto	1995
Filipinas - Nacional	Produtos Industrializados	Depósito / Reembolso	2000
Polônia -Nacional	Baterias	Sistema de Coleta do Produto	2002
Polônia -Nacional	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2005
Polônia -Nacional	Baterias	Depósito / Reembolso	2002
Polônia -Nacional	Embalagem	Sistema de Coleta do Produto	2002
Polônia -Nacional	Frigoríficos	Sistema de Coleta do Produto	2002
Polônia -Nacional	Veículos	Sistema de Coleta do Produto	2005
Polônia -Nacional	Pneus	Sistema de Coleta do Produto	2002
Polônia -Nacional	Óleo Usado	Sistema de Coleta do Produto	2002
Portugal -Nacional	Baterias	Sistema de Coleta do Produto	2006
Portugal -Nacional	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2005
Portugal -Nacional	Embalagem	Sistema de Coleta do Produto	1996
Portugal -Nacional	Veículos	ADF	2003
Portugal -Nacional	Pneus	ADF	2002
Portugal -Nacional	Óleo Usado	Sistema de Coleta do Produto	-
Portugal -Nacional	Medicamento	Sistema de Coleta do Produto	-
Romênia -Nacional	Baterias	Sistema de Coleta do Produto	2008
Romênia -Nacional	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2005
Romênia -Nacional	Embalagem	Sistema de Coleta do Produto	2005
Romênia -Nacional	Veículos	Sistema de Coleta do Produto	-
Romênia -Nacional	Pneus	Sistema de Coleta do Produto	2004
Singapura - Nacional	Embalagem	Sistema de Coleta do Produto	2007
Singapura - Nacional	Cartuchos de tinta usados	Sistema de Coleta do Produto	2011
Eslováquia -Nacional	Baterias	Sistema de Coleta do Produto	2006
Eslováquia -Nacional	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2005
Eslováquia -Nacional	Embalagem	Sistema de Coleta do Produto	2003
Eslováquia -Nacional	Veículos	ADF	2006
Eslováquia -Nacional	Pneus	ADF	2001
Eslovênia -Nacional	Baterias	Sistema de Coleta do Produto	2006
Eslovênia -Nacional	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2005
Eslovênia -Nacional	Embalagem	Sistema de Coleta do Produto	2003
Eslovênia -Nacional	Veículos	ADF	2003
Eslovênia -Nacional	Pneus	ADF	2003
Eslovênia -Nacional	Óleo Usado	Sistema de Coleta do Produto	-
Eslovênia - Nacional	Medicamento	Sistema de Coleta do Produto	-
Coréia do Sul - Nacional	Lixo sólido	Sistema de Coleta do Produto	2003
Coréia do Sul - Nacional	Eletroeletrônico	Depósito / Reembolso	1992

Região	Setor industrial implementado	Tipo de instrumento REP	Implantação
Espanha -Nacional	Baterias	Sistema de Coleta do Produto	2006
Espanha -Nacional	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2005
Espanha -Nacional	Embalagem	Sistema de Coleta do Produto	1996
Espanha -Nacional	Veículos	Sistema de Coleta do Produto	2004
Espanha -Nacional	Pneus	Sistema de Coleta do Produto	2005
Espanha -Nacional	Óleo Usado	Sistema de Coleta do Produto	2007
Espanha -Nacional	Medicamento	Sistema de Coleta do Produto	-
Suécia -Nacional	Baterias	Sistema de Coleta do Produto	2005
Suécia -Nacional	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2005
Suécia -Nacional	Embalagem	Sistema de Coleta do Produto	1994
Suécia -Nacional	Veículos	Sistema de Coleta do Produto	1998
Suécia -Nacional	Pneus	Sistema de Coleta do Produto	1994
Suécia - Nacional	Medicamento	Sistema de Coleta do Produto	-
Suíça - Nacional	Recipientes de bebidas	Depósito / Reembolso	1990
Tailândia - Nacional	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2011
Peru -Nacional	Embalagem	Sistema de Coleta do Produto	1992
Turquia - Nacional	Pneus	Sistema de Coleta do Produto	2010
Reino Unido - Nacional	Baterias	Sistema de Coleta do Produto	2006
Reino Unido - Nacional	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2006
Reino Unido - Nacional	Embalagem	Sistema de Coleta do Produto	1997
Reino Unido - Nacional	Veículos	Sistema de Coleta do Produto	2005
Reino Unido - Nacional	Pneus	Sistema de Coleta do Produto	2004
Reino Unido - Nacional	Embalagem	ADF	1997
EUA - Arizona	Baterias	Depósito / Reembolso	1990
EUA - Arkansas	Interruptor de automóveis	Sistema de Coleta do Produto	2005
EUA - Arkansas	Baterias	Depósito / Reembolso	1992
EUA - Arkansas	Pneus	ADF	1997
EUA - Califórnia	Tapete	Sistema de Coleta do Produto	2011
EUA - Califórnia	Pintura	Sistema de Coleta do Produto	2012
EUA - Califórnia	Termostatos	Sistema de Coleta do Produto	2009
EUA - Califórnia	Recipientes de pesticidas	Sistema de Coleta do Produto	2006
EUA - Califórnia	Baterias	Sistema de Coleta do Produto	2006
EUA - Califórnia	Celulares	Sistema de Coleta do Produto	2006
EUA - Califórnia	Substâncias tóxicas	Padrões de Conteúdo	2012
EUA - Califórnia	Eletroeletrônico	ADF	2005
EUA - Califórnia	Recipientes de bebidas	Depósito / Reembolso	1987
EUA - Califórnia	Pneus	ADF	1993
EUA - Colorado	Pneus	ADF	1988
EUA - Connecticut	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2011
EUA - Connecticut	Pintura	Sistema de Coleta do Produto	2013
EUA - Connecticut	Termostatos	Sistema de Coleta do Produto	2013
EUA - Connecticut	Recipientes de bebidas	Depósito / Reembolso	1980
EUA - Connecticut	Baterias	Depósito / Reembolso	1990
EUA -Connecticut	Colchões	Sistema de Coleta do Produto	2013
EUA - Delaware	Pneus	ADF	2007
EUA - Flórida	Baterias recarregáveis	Sistema de Coleta do Produto	1989
EUA - Flórida	Pneus	ADF	1988
EUA - Georgia	Pneus	ADF	2005
EUA - Havai	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2010
EUA - Havai	Recipientes de bebidas	Depósito / Reembolso	2005
EUA - Havai	Pneus	ADF	1994
EUA - Idaho	Baterias	Depósito / Reembolso	2001
EUA - Illinois	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2008
EUA - Illinois	Interruptores de automóveis	Sistema de Coleta do Produto	2007
EUA - Illinois	Termostatos	Sistema de Coleta do Produto	2010
EUA - Illinois	Pneus	ADF	1991
EUA - Indiana	Interruptores de automóveis	Sistema de Coleta do Produto	2006
EUA - Indiana	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2007
EUA - Indiana	Pneus	ADF	1990
EUA - Iowa	Termostatos	Sistema de Coleta do Produto	2009
EUA - Iowa	Interruptores de automóveis	Sistema de Coleta do Produto	2006
EUA - Iowa	Baterias	Sistema de Coleta do Produto	1996
EUA - Iowa	Recipientes de bebidas	Depósito / Reembolso	1979

Região	Setor industrial implementado	Tipo de instrumento REP	Implantação
EUA - Kansas	Pneus	ADF	1990
EUA - Kentucky	Pneus	ADF	1998
EUA - Louisiana	Interruptores de automóveis	Sistema de Coleta do Produto	2007
EUA - Louisiana	Pneus	ADF	1992
EUA - Maine	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2006
EUA - Maine	Termostatos	Sistema de Coleta do Produto	2006
EUA - Maine	Interruptores de automóveis	Sistema de Coleta do Produto	2003
EUA - Maine	Baterias	Sistema de Coleta do Produto	1996
EUA - Maine	Lâmpadas fluorescentes	Sistema de Coleta do Produto	2006
EUA - Maine	Recipientes de bebidas	Depósito / Reembolso	1978
EUA - Maine	Baterias	Depósito / Reembolso	1989
EUA - Maine	Pneus	ADF	1990
EUA - Maryland	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2005
EUA - Maryland	Baterias Primárias	Sistema de Coleta do Produto	1994
EUA - Maryland	Baterias recarregáveis	Sistema de Coleta do Produto	1994
EUA - Maryland	Interruptores de automóveis	Sistema de Coleta do Produto	2009
EUA - Maryland	Pneus	ADF	1991
EUA - Massachusetts	Interruptores de automóveis	Sistema de Coleta do Produto	2006
EUA - Massachusetts	Recipientes de bebidas	Depósito / Reembolso	1983
EUA - Michigan	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2008
EUA - Michigan	Recipientes de bebidas	Depósito / Reembolso	1978
EUA - Minnesota	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2008
EUA - Minnesota	Baterias recarregáveis	Sistema de Coleta do Produto	1991
EUA - Minnesota	Baterias	Depósito / Reembolso	1989
EUA - Minnesota	Pintura	Sistema de Coleta do Produto	2013
EUA - Mississippi	Pneus	ADF	1992
EUA - Missouri	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2008
EUA - Missouri	Pneus	ADF	1991
EUA - Montana	Termostatos	Depósito / Reembolso	2009
EUA - Nebraska	Pneus	ADF	1990
EUA - Nevada	Pneus	ADF	2008
EUA - New Hampshire	Termostatos	Sistema de Coleta do Produto	2009
EUA - Nova Jersey	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	1991
EUA - Nova Jersey	Baterias	Sistema de Coleta do Produto	2005
EUA - Nova Jersey	Interruptores de automóveis	Sistema de Coleta do Produto	2005
EUA - Nova Jersey	Pneus	ADF	1987
EUA - Nova Iorque	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2010
EUA - Nova Iorque	Baterias recarregáveis	Sistema de Coleta do Produto	2010
EUA - Nova Iorque	Recipientes de bebidas	Depósito / Reembolso	1983
EUA - Nova Iorque	Auto Baterias	Depósito / Reembolso	1991
EUA - Nova Iorque	Pneus	ADF	2003
EUA - Carolina do Norte	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2007
EUA - Carolina do Norte	Interruptores de automóveis	Sistema de Coleta do Produto	2006
EUA - Carolina do Norte	Pneus	ADF	2002
EUA - Ohio	Pneus	ADF	1999
EUA - Oklahoma	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2008
EUA - Oklahoma	Pneus	ADF	1989
EUA - Oregon	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2009
EUA - Oregon	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2010
EUA - Oregon	Pintura	Sistema de Coleta do Produto	2009
EUA - Oregon	Recipientes de bebidas	Depósito / Reembolso	1972
EUA - Pensilvânia	Termostatos	Sistema de Coleta do Produto	2008
EUA - Pensilvânia	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2010
EUA - Pensilvânia	Pneus	ADF	1997
EUA - Rhode Island	Interruptores de automóveis	Sistema de Coleta do Produto	2005
EUA - Rhode Island	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2009
EUA - Rhode Island	Pintura	Sistema de Coleta do Produto	2012
EUA - Rhode Island	Termostatos	Sistema de Coleta do Produto	2011
EUA - Rhode Island	Pneus	Depósito / Reembolso	1989
EUA - Carolina do Sul	Interruptores de automóveis	Sistema de Coleta do Produto	2006
EUA - Carolina do Sul	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2010
EUA - Carolina do Sul	Baterias	Depósito / Reembolso	1991
EUA - Carolina do Sul	Pneus	ADF	1991

Região	Setor industrial implementado	Tipo de instrumento REP	Implantação
EUA - Tennessee	Pneus	ADF	1994
EUA - Texas	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2008
EUA - Utah	Interruptores de automóveis	ADF	2007
EUA - Utah	Pneus	ADF	1991
EUA - Vermont	Lâmpadas fluorescentes	Sistema de Coleta do Produto	2012
EUA - Vermont	Termostatos	Sistema de Coleta do Produto	2009
EUA - Vermont	Baterias	Sistema de Coleta do Produto	1993
EUA - Vermont	Interruptores de automóveis	Sistema de Coleta do Produto	2006
EUA - Vermont	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2011
EUA - Vermont	Recipientes de bebidas	Depósito / Reembolso	1973
EUA - Vermont	Pintura	Sistema de Coleta do Produto	2013
EUA - Virgínia	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2009
EUA - Virgínia	Interruptores de automóveis	Sistema de Coleta do Produto	2007
EUA - Virgínia	Pneus	ADF	2008
EUA - Washington	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2009
EUA - Washington	Lâmpadas fluorescentes	Sistema de Coleta do Produto	2013
EUA - Washington	Baterias	Depósito / Reembolso	2005
EUA - West Virgínia	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2008
EUA - Wisconsin	Eletroeletrônico	Sistema de Coleta do Produto	2010

Fonte: Adaptado de Kaffine; O'reilly (2013).

APÊNDICE D – Visão geral das políticas REP existentes na UE.

Breve histórico de implementação dos regimes REP na UE e alguns países da OECD.									
A maioria dos esquemas REP foi introduzida em 2005, seguindo as diretivas europeias. No entanto, vários sistemas começaram antes desse período, a saber:									
<ul style="list-style-type: none"> • Para o setor de Pilhas e Baterias, os primeiros sistemas começaram em 1990 (Áustria, Bélgica, Alemanha, França e Espanha), mas a maioria foi implementada nos anos 2000. • Para o setor de Eletroeletrônicos, todos os regimes REP foram introduzidos durante a década de 2000, com a maior parte na sequência da adoção da Diretiva 2002/96/EC, em 2002. • Para o setor de Embalagem, foi implementado um número considerável de regimes REP na década de 1990, em ordem cronológica: Alemanha, França, Áustria, Bélgica, Luxemburgo, Espanha, Portugal, Hungria, Finlândia, Irlanda, Reino Unido. Outros esquemas REP foram implementados no início de 2000. • Para o setor de Veículos, o primeiro esquema REP foi introduzido em 1975 (Suécia). Outros esquemas de recuperação foram introduzidos em 1990 (Holanda, Alemanha e Bélgica), e a maioria foi posta em prática em meados de 2000. • Para o setor de Papéis Gráficos, os primeiros sistemas REP foram criados na década de 1990 (Suécia e Finlândia), e os outros regimes existentes foram implementados na década de 2000. • Para o setor de Óleos, o primeiro esquema REP foi introduzido na Itália, em 1982. Os outros regimes existentes foram implementados a partir de 1998 (na Holanda) a 2006. 									
País	Pilhas e Baterias	REEE	Embalagem	Veículos	Pneus	Papel gráfico	Óleo	Resíduos médicos e de medicamentos	Agricultura
Áustria	X	X	X	X	X	X	X	X	NI
Bélgica	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Bulgária	X	X	X	X	X	NI	NI	NI	NI
Chipre	X	X	X	X	X	X	X	NI	NI
Rep. Checa	X	X	X	X	NI	NI	NI	NI	NI
Dinamarca	X	X	Δ	X	X	X	NI	NI	NI
Estônia	X	X	X	O	X	NI	NI	O	NI
Finlândia	X	X	X	X	X	X	NI	X	X
França	X	X	X	X	X	X	NI	X	X
Alemanha	X	X	X	O	NI	NI	X	NI	X
Grécia	X	X	X	X	NI	NI	NI	NI	NI
Hungria	X	X	Δ	X	Δ	NI	NI	NI	NI
Irlanda	X	X	X	X	X	NI	NI	NI	X
Itália	X	X	X	X	X	NI	NI	NI	X
Letônia	X	X	X	X	X	X	X	NI	NI
Lituânia	X	X	X	X	X	X	NI	NI	NI
Luxemburgo	X	X	X	X	NI	NI	NI	NI	NI
Malta	X	X	X	NI	NI	NI	NI	NI	NI
Holanda	X	X	X	X	X	X	NI	NI	NI
Polônia	X	X	X	X	X	NI	X	NI	NI
Portugal	X	X	X	X	X	NI	X	X	NI
Romênia	X	X	X	O	NI	NI	NI	NI	NI
Suécia	X	X	X	X	X	X	NI	X	X
Eslováquia	X	X	X	X	X	X	NI	NI	NI
Eslovênia	X	X	X	X	X	NI	X	X	NI
Espanha	X	X	X	X	X	NI	X	X	X
Reino Unido	X	X	X	X	NI	NI	NI	NI	NI
Croácia	X	X	X	X	X	NI	X	X	NI
Total	28	28	27	27	20	11	10	10	8

Legenda: X – Política REP implantada | O - Obrigação de devolução, mas sem adoção das políticas REP | Δ – Possui legislação para taxa do produto/fundo governamental. NI – Não Implantado.

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em EC (2014).

APÊNDICE E – Comparativo de práticas de GRS por nível de renda.

Atividade	Países de baixa renda	Países de média renda	Países de alta renda
Redução na fonte	Não há programas organizados. No entanto, a reutilização e as baixas taxas de geração de resíduos <i>per capita</i> são comuns.	Algumas discussões de redução na fonte, mas raramente incorporados em um programa organizado.	Programas organizados enfatizam a redução, reutilização e reciclagem. Extensão da responsabilidade do produtor é comum. Foco no <i>design</i> ecológico do produto.
Sistema de Coleta	Esporádico e ineficiente. Serviços limitados em áreas de grande visibilidade. Taxa de coleta inferior a 50% do total gerado.	Coleta em áreas residenciais é comum. Frota de veículos mecanizados. Taxa de coleta varia entre 50 a 80% do total gerado. Estações de coleta estão pouco incorporadas nos sistemas de GRS.	Caminhões compactadores e altamente mecanizados. Estações de recebimento são comuns. Taxa de coleta superior a 90%. Parceria entre produtor e governo para a coleta. Estabelecimento de metas de coleta é comum.
Sistemas de Reciclagem	Reciclagem através do setor informal. Mercados de reciclagem não são regulamentados e incluem um número de intermediários.	Setor informal ainda está envolvido; alguns possuem alta tecnologia de triagem e processamento. Materiais são importados para reciclagem. Os mercados de reciclagem são mais regulados.	Coleta de material reciclável e de alta tecnologia de triagem é comum. Instalação de processamento é regulado. Extensão da responsabilidade do produtor é comum. Estabelecimento metas de reciclagem é comum.
Compostagem	Raramente realizado formalmente, embora o fluxo de resíduos possua elevada porcentagem de material orgânico.	Grandes usinas de compostagem; alguns projetos de compostagem de pequena escala são mais sustentáveis.	Tornando-se mais popular em instalações de grande escala. Fluxo de resíduos tem uma parcela menor de compostagem do que os países de baixa e média renda.
Incineração	Não é comum nem bem sucedido devido ao elevado capital, técnica e custos de operação.	Comum, mas os equipamentos de controle de poluição não são avançados e, muitas vezes, ignorados. Baixo monitoramento de emissões de poluentes.	Muito comum. Há controle ambiental e algum tipo de sistema de recuperação de energia. Governos regulam e monitoram as emissões de poluentes.
Disposição em aterros / lixões	Sites de baixa tecnologia e abertos ao despejo. Recebem resíduos dos países de alta renda. Resíduos regularmente queimados. Impactos significativos para a saúde em moradores e trabalhadores locais.	Alguns aterros controlados e sanitários com alguns controles ambientais. Aberto ao despejo ainda é comum. Projetos de aterros são mais comuns.	Aterros sanitários de alta tecnologia. Resistência dos governos na abertura de novos aterros, pois priorizam o tratamento dos resíduos por meio da LR. Buscam reduzir o número de aterros.
Custos	Despesas de cobrança representam 80 a 90% do orçamento da gestão dos RSU. Taxas de resíduos são reguladas por alguns governos locais, mas o sistema de cobrança é ineficiente. Pequena parte do orçamento é alocada para a eliminação.	Despesas de cobrança representam 50% a 80% do orçamento da gestão dos RSU. Taxas de resíduos são reguladas por alguns governos locais e nacionais. Gastos com mais frotas de coleta mecanizada e disposição são mais altos que nos países de baixa renda.	Despesas de cobrança representam menos de 10% do orçamento da gestão dos RSU. Grandes dotações orçamentais para instalações de tratamento. Participação da comunidade reduz custos e aumenta as opções disponíveis para o lixo planejado (por exemplo, reciclagem e compostagem).

Fonte: Elaborado pelo autor, com adaptações de World Bank (2012).

APÊNDICE F – Síntese da Diretiva Europeia 2012/19/UE, relativa aos REEE.

Considerações sobre a Diretiva		
<ul style="list-style-type: none"> - Complementa a Diretiva 2008/98/EC, legislação geral da UE relativa à gestão de resíduos; - Determina a aplicação do princípio da responsabilidade estendida do produtor (REP); - Objetiva contribuir para uma produção e consumo sustentáveis por meio da prevenção, reutilização, reciclagem e outras formas de valorização dos REEE, de modo a reduzir a quantidade de resíduos na fonte e a contribuir para a utilização eficiente dos recursos e a recuperação de matérias-primas valiosas; - Obriga a previsão de requisitos de concepção ecológica que facilitem a reutilização, o desmantelamento e a valorização dos REEE em conta todo o ciclo de vida do produto; - Busca melhorar o desempenho ambiental de todos os <i>stakeholders</i> no ciclo de vida dos REEE, entre eles, os produtores, distribuidores, consumidores, e os operadores envolvidos na coleta e tratamento dos REEE; - Responsabiliza o produtor pelo financiamento da gestão dos REEE provenientes dos seus próprios produtos; - Responsabiliza o produtor em, ao colocar um produto no mercado, prestar uma garantia financeira a fim de evitar que os custos da gestão de REEE provenientes de produtos órfãos recaiam sobre a sociedade ou sobre os restantes dos produtores; - Responsabiliza o produtor em financiar a coleta, tratamento e eliminação dos REEE; - Determina que os consumidores devolvam os REEE sem encargos. 		
Elemento	Síntese da Diretiva	Responsabilidade
<i>Design</i> do produto		
	Fabricar o EEE com uma concepção ecológica com vistas a facilitar a reutilização, desmantelamento, reciclagem e valorização dos REEE.	Estados-Membros devem incentivar os produtores
Coleta dos REEE		
Gerenciamento	Os países membros da UE devem alcançar um nível elevado de coleta seletiva dos REEE.	Estados-Membros
	A partir de 2016, a taxa de coleta mínima deve ser de 45% calculada com base no peso total dos REEE coletados. A partir de 2019, a taxa de coleta mínima será de 65% do peso médio dos EEE vendidos nos três anos anteriores.	Estados-Membros
	Consumidores e distribuidores devem ter a possibilidade de entregar os REEE gratuitamente nas instalações de coleta disponíveis e acessíveis.	Estados-Membros
	Os distribuidores devem receber os REEE sem encargos, quando um novo produto similar é comprado. Os Estados-Membros podem prever exceções.	Distribuidores
	Os REEE dispostos nos pontos de coleta devem ser entregues aos produtores ou a seus parceiros.	Estados-Membros
Financiamento	Cobertura dos custos de coleta dos REEE, podendo ser incluído o seu transporte até o ponto de coleta, a critério do Estado-Membro.	Produtores
	Produtor deve fornecer uma garantia do financiamento da coleta dos REEE, podendo assumir na forma de participação do produtor em regimes adequados ao financiamento da gestão dos REEE, de um seguro de reciclagem ou de uma conta bancária bloqueada.	Estados-Membros
Tratamento dos REEE		
Gerenciamento	Os países membros da UE devem organizar padrões mínimos de qualidade possível para o tratamento dos REEE.	Estados-Membros
	Alcançar metas de reutilização, reciclagem e recuperação dos REEE.	Produtores
	Organizar os sistemas de forma a usar a melhor técnica disponível para o tratamento e reciclagem dos REEE.	Produtores
	Organizar os sistemas para eliminação adequada dos REEE.	Produtores
Financiamento	Cobertura dos custos de tratamento, valorização e eliminação dos REEE. Assegurar o financiamento dos produtos órfãos.	Produtores
Elaboração de relatórios		
	Registrar nacionalmente todos os produtores.	Estados-Membros
	Prestar informações sobre as quantidades de produtos vendidos, recolhidos, reutilizados, reciclados, recuperados e exportados.	Produtores
	Prestar informações sobre gestão de REEE aos consumidores.	Produtores
	Prestar informações sobre instalações de tratamento dos REEE.	Produtores

Fonte: Elaborado pelo autor. A diretiva completa está disponível em <http://eur-lex.europa.eu/>

País		Variável no sistema de gestão de REEE																				
		Suécia ⁺⁺	Noruega ⁺	Japão ⁺	Suíça ⁺	Dinamarca ⁺	Bulgária ⁺⁺	Bélgica ⁺⁺	Polónia ⁺⁺	Finlândia ⁺⁺	Luxemburgo ⁺⁺	Irlanda ⁺⁺	Lituânia [*]	Áustria ⁺⁺	Alemanha ⁺⁺	Eslováquia ⁺⁺	Rep. Checa ⁺⁺	Hungria ⁺⁺	Croácia [*]	França ⁺⁺	Reino Unido ⁺⁺	
REP	Reciclagem	Responsabilidade financeira	3 23 37 43	47	8	23 37 47	3 37 43	3 37 43	3 37 43	3 37 43	3 37 43	3 37 43	3 37 43	3 37 43	23 37 43	3 37 43	3 37 43	3 37 43	3 37 43	3 37 43	3 37 43	
		Desmantelamento manual	22 30 38 39	22 30 38 39	22 30 38 39	22 30 38 39	22 30 38 39	22 30 38 39	22 30 38 39	22 30 38 39	22 30 38 39	22 30 38 39	22 30 38 39	22 30 38 39	22 30 38 39	22 30 38 39	22 30 38 39	22 30 38 39	22 30 38 39	22 30 38 39	22 30 38 39	
		Separação semi-automática	22 30 38 39	22 30 38 39	22 30 38 39	22 30 38 39	22 30 38 39	22 30 38 39	22 30 38 39	22 30 38 39	22 30 38 39	22 30 38 39	22 30 38 39	22 30 38 39	22 30 38 39	22 30 38 39	22 30 38 39	22 30 38 39	22 30 38 39	22 30 38 39	22 30 38 39	
		Recupera metais em fundições e refinarias.	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	
		Incineração	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	
		Disposição final em aterro sanitário	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	22 38 39	
		Remove substâncias, preparações e componentes dos REEE ¹	3				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
		Trata os componentes nos REEE ²	3				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
		Incentiva o desenvolvimento de tecnologias para reciclagem dos REEE ³	3				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
		Há regulamentos para exportação dos REEE	3	51		49	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)			25	25	3									25						25		
Análise do Fluxo de Materiais (AFM)			25	25 51																		
Introduz medidas legais para o <i>ecodesign</i> .	3				3	3		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		3	3		

* Membro da UE. + Membro da OECD. ¹ Substâncias, preparações e componentes removidos dos REEE: Condensadores com PCB; Componentes contendo mercúrio; Pilhas e baterias; Placas de circuito impresso; Cartuchos de toner; Plásticos contendo retardadores de chama bromados; Resíduos de amianto; Tubos de raios catódicos (CRT); CFC, HCFC; HFC, HC; Lâmpadas de descarga de gás; Ecrãs de cristais líquidos; Cabos elétricos; Componentes contendo fibras cerâmicas refratárias; Componentes contendo substâncias radioativas; Condensadores eletrolíticos. ² Componentes tratados nos REEE: Revestimento fluorescente dos tubos de raios catódicos; REEE contendo gases que afetam a camada de ozônio; Mercúrio das lâmpadas de descarga de gás. ³ Medidas adotadas para incentivar o desenvolvimento de tecnologias para reciclagem dos REEE: Subsídios governamentais; Projetos de investimentos; Pesquisas em novas tecnologias; Campanhas de sensibilização; Redes de conhecimento.

Fonte: Elaboração pelo autor, com base em 1-Khetriwal; Luepschen; Kühr (2013); 2-OECD (2001); 3-Tsiarta; Brown (2015); 4-Mudgal et al. (2013); 5-UNEP (2012); 6-GSP (2014); 7-Sant'anna (2014); 8-ABDI (2013); 9-EC (2014); 10-EC (2012); 11-Polák (2015); 12-STEP (2015); 13-Barboza; Gonçalves (2015); 14-Scartezini (2011); 15-Ballam (2010); 16-Nnorom; Osibanjo (2008); 17-Sander et al. (2007); 18-Tanskanen (2013); 19-Khan et al. (2014); 20-Ongondo; Williams; Cherrett (2011); 21-Li et al. (2013); 22-Oliveira; Bernardes; Gerbase (2012); 23-Li et al. (2015); 24-Pérez-Belis; Bovea; Ibáñez-Forés (2015); 25-Kiddee; Naidu; Wong (2013); 26-Sthiannopkao; Wong (2013); 27-Aizawa; Yoshida; Sakay (2008); 28-Cahill; Grimes; Wilson (2010); 29-Hotta; Santo; Tasaki (2014); 30-Salhofer et al. (2015); 31-Ongondo; Williams (2011); 32-Savage (2006); 32-UNEP (2007); 33-Kaffine; O'reilly (2013); 34-Atasu; Wassenhove (2012); 36-Delavelle (2009); 37-Delavelle (2007); 38-Yura (2014); 39-Tsydenova; Bengtsson (2011); 40-Lambert; Riopel; Abdul-Kader (2011); 41- Binder et al. (2008); 42-Sawhney et al. (2008); 43-Rossem (2008); 44-Hogg (2009); 45-Rossem; Tojo; Lindhqvist (2006); 46-Perchards (2007); 47-ACCR (2003); 48-Ylä-Mella et al. (2014); 49-Khetriwal; Kraeuchi; Widmer (2009); 50-Boeni; Kasser (2012); 51-Streicher-Porte (2006).

APÊNDICE H – Normas sobre gestão de REEE nos vinte países *benchmarking*.

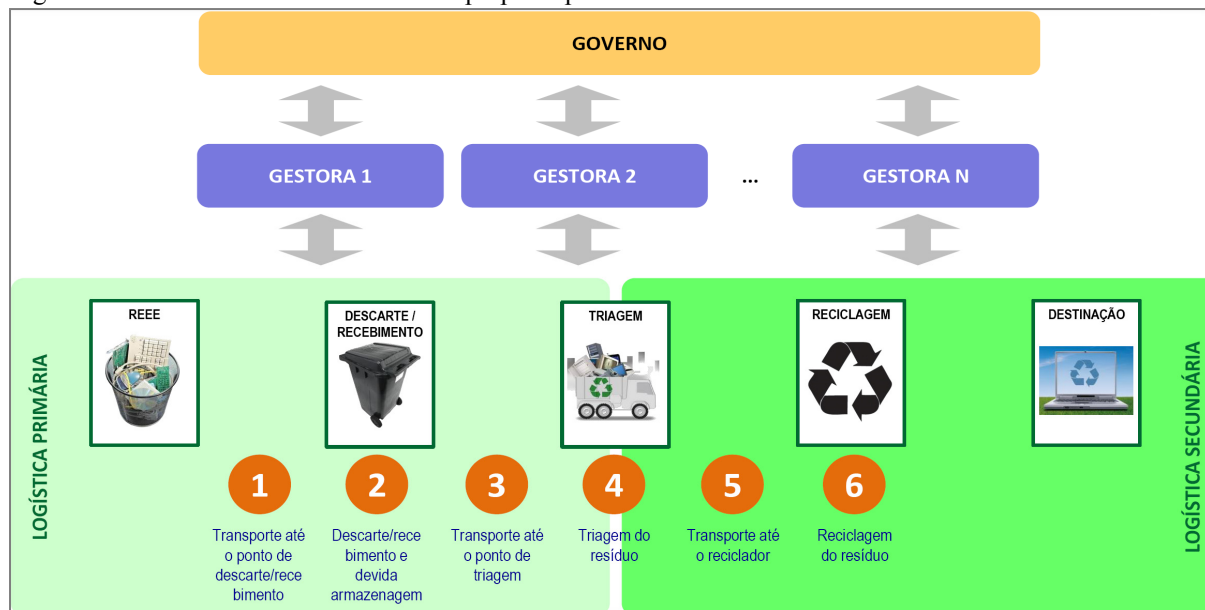
País	Regulamentos sobre gestão de REEE	Entidade Gestora de LR
República Checa	Decreto 352/2005 – Gestão de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos.	Asekol (www.asekol.cz) Elektrowin (www.elektrowin.cz) Retela (www.retela.cz)
Polónia	Regulamento n. 112/2015 – Modelos para Certificado de Verificação de REEE Reciclagem e outros processos. Lei de 2005 – REEE.	ElektroEko (www.elektroeko.pl) European Recycling Platform (www.erp-recycling.org)
Hungria	Decreto 443/2012 – Gestão de REEE.	Electro-Coord (www.electro-coord.hu) Comp-Cord (www.compcord.com) E-Hulladeck (www.e-hulladek.hu) Elektro-Waste (www.elektrowaste.hu) Ökomat (www.okomat.hu) Re-Elektro (www.reelektro.hu)
Suécia	Portaria 2005: 209 - Responsabilidade do produtor para produtos Elétricos e Eletrônicos. Regulamento da EPA, SFS 2005:10 - Pré-tratamento de REEE.	El-Kretsen (www.el-kretsen.se)
Finlândia	Decreto 519/2014 – REEE.	European Recycling Platform (www.erp-recycling.org)
Noruega	Capítulo I do Estatuto dos Resíduos de 2006 – REEE.	El Retur (www.elretur.no)
Lituânia	Resolução 1252 de 2004 - Plano Estratégico de Gestão de Resíduos. Ordem D1-57 de 2006 - Relatórios de obrigações dos produtores e importadores. Resolução n. 18, 2006 - Regras sobre Licenciamento de produtores e importadores. Resolução 61, 2006 - Regras de Garantias Financeiras REEE. Ordem D1-481 de 2004 - Regras de Gestão de Resíduos de REEE. Lei de Gestão de Resíduos n.. VIII-787, 1998.	EPA (www.epa.lt)
Japão	Projeto de Lei, dez/2012 - Promoção da Reciclagem de REEE de pequeno porte. Lei de reciclagem de eletrodomésticos, de 05/0698 (aplicada em 01/04/2001). Portaria n.º 45, 2012 - Promoção da Reciclagem de REEE. Portaria n.º 3, 2013 – Promoção da Reciclagem de REEE.	AEHA (Association for Electric Home Appliances) (www.aeha.or.jp)
Suíça	Portaria Jan/1998 – Retorno, Coleta e Eliminação de REEE. Projeto de Portaria de Junho/2013 – Retorno, Valorização e Eliminação de REEE.	SENS – (www.sens.ch) SWICO (www.swicorecycling.ch)
Alemanha	Lei BGBI 2020, de 2005 - Custos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos. Ato de março/2005 – Implementação da REEE e RoHS.	Autoridades públicas coletam os REEE. Lightcycle (www.lightcycle.de) European Recycling Platform (www.erp-recycling.org)
Bulgária	Decreto 256/2013 – Adotando a portaria sobre REEE. Decreto 76/2011 – Altera legislação sobre resíduos de embalagens, veículos, baterias e REEE.	Ecobultech (www.ecobultex.com) ELTECH (http://eltechresource.com)
Reino Unido	Código de boas práticas para a coleta de REEE provenientes de instalações de recolha, fevereiro de 2007. Coleta de REEE: código de boas práticas - agosto de 2010, última atualização em março de 2014. Regulamento SI 2013/3113 sobre REEE. Regulamento SI 2006/3289 sobre REEE. Regulamentos da Repic Weee, Caso [2009] EWHC 2015 (Admin). Especificação PAS 141: 2011 – reutilização de REEE e Eletroeletrônicos Usados.	WEEE Care (www.wastecare.co.uk/compliance-services/weeecake) Veolia WEEE PCS (www.veoliaenvironmentalservices.co.uk) Lumicom (www.lumicom.co.uk) REPIC (www.repic.co.uk) European Recycling Platform (www.erp-recycling.org)
Irlanda	Regulamentos das Comunidades Europeias (REEE) – SI 355/2011. Regulamentos da União europeia (REEE) – SI 149/2014.	WEEE Ireland (www.weeeireland.ie) European Recycling Platform (www.erp-recycling.org)

País	Regulamentos sobre gestão de REEE	Entidade Gestora de LR
Croácia	Portaria NN 42/2014 – Gestão de REEE.	Environmental Protection and Energy Efficiency Fund (EPEEF).
França	Ordem Ministerial, dezembro de 2014- Procedimentos de aprovação e especificações para Organizações de Gestão de REEE. Ordem, outubro 2014-Distribuidor de Responsabilidade sobre Equipamento Elétrico e Eletrônico nos termos do artigo R. 543-180 do Código Ambiental. Ordem de Dezembro de 2014-Procedimento de Aprovação e especificações dos Organismos de coordenação de sistemas de recolha de lixo doméstico Equipamentos Elétricos e Eletrônicos. Procedimento de Aprovação e especificações para sistemas de recolha individuais de lixo doméstico Equipamentos Elétricos e Eletrônicos - Ordem, dezembro 2014. Responsabilidade do produtor para a coleção ambientalmente correta, tratamento, valorização e eliminação de REEE - Aviso Prévio, novembro 2014. Requisitos para Autorização de Representantes de Produtores de REEE, Ordem, outubro 2014. Credenciamento para Instalações de coleta de REEE – Ordem Ministerial, dezembro de 2005. Requisitos Gerais para as instalações classificadas sujeitas a Declaração – Manipulação de REEE - Ordem Ministerial, dezembro de 2007. Equipamento de iluminação doméstica como REEE - Ordem Ministerial, julho de 2006. Licenças para Gestão de REEE - Ordem Ministerial, Junho 2012. Requisitos Técnicos para tratamento de REEE - Ordem Ministerial, novembro de 2005. Implementação da REEE e RoHS – artigos R543-172 a 206 do Código Ambiental de 2007.	Ecosystemes (www.eco-systemes.com) Ecologic (www.ecologic-france.com) European Recycling Platform (www.erp-recycling.org)
Dinamarca	Ordem n 130/2014 – Gestão de REEE. Ordem Estatutária n. 132/2014 – embarques de REEE.	Elretur (www.elretur.dk) European Recycling Platform (www.erp-recycling.org)
Bélgica	Gestão de Resíduos Equipamentos Eléctricos e Electrónicos, Ordem, 03 de junho de 2004. Responsabilidade do Produtor. Ordem, 18 de julho de 2002. Devolução de REEE. Acordo, fevereiro 2012. Regulamento sobre a Gestão Sustentável dos Ciclos de materiais e resíduos de materiais, Decreto, 17 de fevereiro de 2012. Devolução de certos resíduos incluindo REEE e pilhas, Ordem, 23 de setembro de 2010. Devolução de REEE. Acordo, Maio 2010.	Recupel (www.recupel.be)
Luxemburgo	REEE e RoHS. Regulamento de 18/01/2005.	Ecotrel (www.ecotrel.org)
Áustria	AWG Lei de Gestão de Resíduos, 102/2002. REEE e substâncias perigosas, Portaria 121/2005. Obrigações de tratamento de resíduos, Portaria 459/2004.	UFH (www.ufh.at/) (ERA (www.era-gmbh.at) (EVA (www.eva.co.at) European Recycling Platform (www.erp-recycling.org)
Eslováquia	Lei dos Resíduos – 79/2015. Contribuições para o Fundo de Ordem Reciclagem 359/2005. REEE Recolha e objetivos de valorização - Ordem 388/2005. Gestão de REEE e RoHS Isenções – Decreto ministerial, 315/2010. Lei dos Resíduos – 223/2001.	Autoridade pública coleta os REEE. SEWA (www.sewa.sk) ENVIDOM (http://envidom.sk)

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em Rossem (2008); Watkins et al. (2012); STEP (2015).

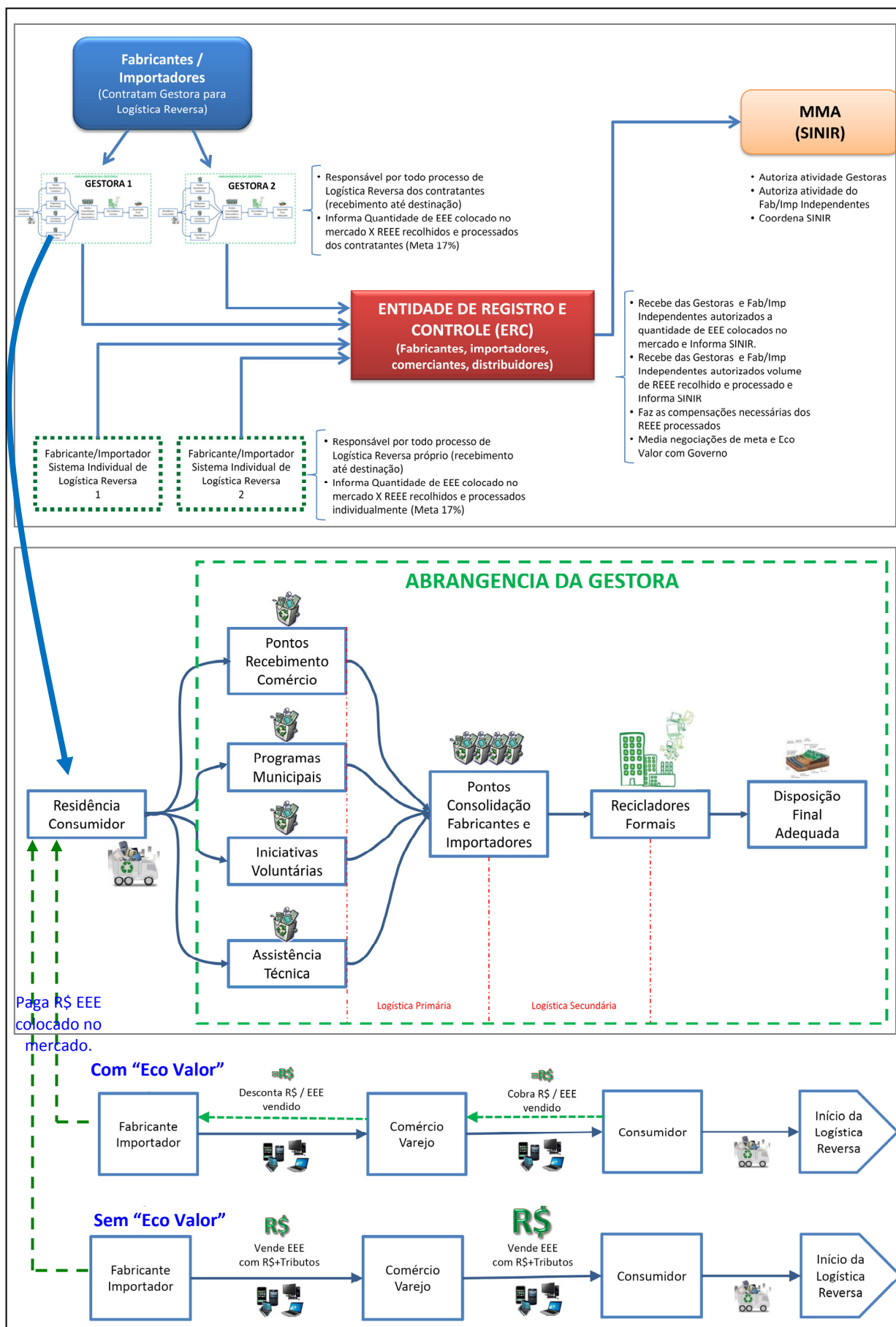
APÊNDICE I – Fluxo físico de LR dos REEE proposto pela ABDI e Abinee/Eletros.

Figura 57 – Fluxo físico de LR dos REEE proposto pela ABDI.



Fonte: ABDI (2013).

Figura 58 – Fluxo físico de LR dos REEE proposto pela Abinee/Eletros.



Fonte: Adaptado de Brescansin (2014; 2015).

APENDICE J – Síntese de algumas publicações analisadas.

Palavras-chave: Logística Reversa (LR) e Lixo Eletrônico.

Autor	Objetivo	Resultados	Limitação	Método	Trabalhos futuros
Trigo; Balter (2013)	Apresentar uma visão sustentável do REEE de aparelhos de celular.	Relatam que são produzidos 50 milhões de toneladas de REEE no planeta. Analisam o ciclo de vida (ACV) de um celular e seus impactos ambientais produzidos.	Celulares.	Pesquisa básica e exploratória.	Recomendam que empresas de celular desenvolvam programas para dar suporte aos consumidores após o tempo de vida útil de seus aparelhos, a fim de se adequar às leis.
Xavier; Corrêa (2013)	Apresentar estratégias de gestão nos sistemas de LR para tornar a cadeia de suprimento ambientalmente sustentável.	Relatam que nos Estados Unidos, em 2009, foram vendidos 438 milhões de EEE e dois milhões de toneladas de EEE chegaram ao final de sua vida útil, estando prontos à destinação. No entanto, somente 25% destes foram coletados para a reciclagem.	Sistemas de LR.	----	----
ABDI (2013)	Elaborar proposta de modelagem para a LR do lixo eletrônico.	Estima que o Brasil tenha gerado, em 2013, cerca de 1.002, 61 milhares de toneladas de resíduos Eletroeletrônicos e acredita que em 2016 serão gerados 1.376,13 milhares de toneladas.	Setor de Eletroeletrônicos.	----	---
Míguez (2012)	Demonstrar os benefícios ambientais e financeiros da logística reversa de produtos eletrônicos.	Destacou que são gerados entre 20 e 50 milhões de toneladas de lixo eletrônico ao ano no mundo. Prova que, além de contribuir com o meio ambiente, a logística reversa é uma atividade lucrativa para as empresas de fabricação de televisores, de equipamentos de informática e de operadores logísticos.	LR dos REEE.	Pesquisa bibliográfica e três estudos de caso.	----
Leite (2009)	Descrever o papel e importância da LR	Mostra que a LR é um instrumento estratégico de competitividade empresarial, quando sua atuação é utilizada sob a forma agregação de valor econômico ou de obediência às legislações ou de esforço de marca e imagem empresarial.	----	Pesquisa bibliográfica e vários estudos de caso.	----
Brasil (2010)	Instituir a PNRS no Brasil, por meio da Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010.	Conceitua LR. Determinou que os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de diversos produtos, inclusive de Eletroeletrônicos, devem estruturar e implementar sistemas de LR, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor.	Resíduos sólidos.	----	----
ABNT (2013)	Estabelecer requisitos para proteção ao meio ambiente e controle dos riscos de segurança no trabalho na atividade de LR de REEE, por meio da NBR 16156:2013	Estruturam regras para a LR do REEE: escopo; termos e definições; política ambiental; planejamento; implementação e operação; e verificação e análise pela administração.	Manufatura reversa dos REEE.	----	----

Autor	Objetivo	Resultados	Limitação	Método	Trabalhos futuros
PSP (2014)	Estabelecer um Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos no estado de São Paulo, visando atender a PNRS.	<p>Aponta geração anual de REEE no Brasil de mais de 700 mil toneladas, o que representa uma geração <i>per capita</i> de 2,8 kg/hab/ano, podendo chegar a 3,4 kg/hab/ano em 2030. Esclarece que há mais de 1,5 milhões de toneladas de REEE no Brasil sem o devido tratamento para recuperação de seus componentes.</p> <p>Identifica deficiências relacionadas a gestão dos REEE no Brasil: i) não há sistema de LR implantado e ofertado aos consumidores; ii) com relação à destinação do lixo eletrônico não existem dados consolidados do setor; iii) não há estimativa de custos para a coleta e reciclagem do lixo eletrônico; iv) apesar de haver iniciativas para recolhimento do lixo eletrônico, estas ainda são muitos incipientes e, por vezes, inadequadas, considerando-se a forma como estão estruturadas e ofertadas; v) há carência de normas reguladoras sobre os procedimentos de descarte e recuperação dos produtos Eletroeletrônicos.</p>	Resíduos sólidos.	----	----
Natume; Sant'anna (2011)	Colaborar com o conhecimento sobre o REEE e possíveis soluções para minimizar seus impactos no meio ambiente.	Estimam que 12 toneladas do REEE cheguem anualmente aos aterros sanitários dos EUA. Descrevem as doenças provenientes dos REEE, seus impactos ambientais e a falta de percepção desse problema por parte dos responsáveis pela geração dos mesmos. Analisam a PNRS e apresentam casos de empresas que gerenciam seus REEE, bem como de outras que não possuem nenhum tipo de gerenciamento dos REEE.	Computadores.	Pesquisa bibliográfica e descritiva. Coleta de dados feita por meio do contato direto com duas empresas de manutenção de computadores da região de Ponta Grossa - Paraná.	Esperam que, com a PNRS, direcionem-se os responsáveis pela geração do lixo eletrônico a uma forma mais adequada de sua minimização e disposição.
Zierhut (2012)	Descrever os problemas da sociedade moderna ocasionados pelo REEE. Lembrar os danos que esse tipo de lixo traz para sociedade.	Verifica que as práticas de descarte consciente do resíduo são conhecidas pela minoria das empresas de TI – Tecnologia de Informação. Concluiu que existem métodos a serem utilizados pelas empresas que trabalham diretamente com <i>hardware</i> para que elas diminuam a quantidade de lixo eletrônico e cooperarem com o meio ambiente.	Computadores.	Pesquisa bibliográfica e exploratória, bem como uma pesquisa nas empresas de TI de Joinville – SC, para descobrir o tratamento dado ao REE na cidade.	----

Autor	Objetivo	Resultados	Limitação	Método	Trabalhos futuros
Martins et al. (2013)	Conscientizar a comunidade acadêmica sobre a geração de lixo eletrônico e sobre a importância de um destino adequado para esses resíduos, devido aos impactos gerados pelos seus componentes, os quais são nocivos à saúde humana e ao meio ambiente.	Evidenciam que a maioria dos entrevistados declara ter o conhecimento sobre os riscos dos REEE, mas não adotam práticas ou não sabem o que fazer quando o equipamento fica obsoleto.	REEE em recinto universitário.	Levantamento bibliográfico Aplicação de questionário para constatar práticas do destino do REEE e quantidade gerada no ambiente familiar. Foram 1.072 respondentes.	Continuar pesquisas que busquem entender os motivos que levariam as pessoas a adotarem práticas adequadas para a destinação correta dos REEE.
Oliveira; El-Deir (2011)	Relatar a situação e as implicações geradas na gestão dos resíduos sólidos eletrônicos da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).	Alertam sobre a geração anual de 20 a 50 milhões de toneladas de REEE no mundo, sendo que no Brasil, esse número chega a 500 mil toneladas/ano. Constatam que 320 novos <i>notebooks</i> adquiridos apresentavam seus descartes em um galpão. Outros lugares (em sua maioria <i>halls</i> de escada) no campus também serviam como depósitos de REEE, permanecendo meses e até anos nesses locais. Notam a necessidade de a edificação ter um laboratório de informática.	REEE em recinto universitário.	Pesquisa bibliográfica e estudo de caso. Realizado inventário fotográfico e registro de pontos críticos na universidade.	Necessário exteriorizar ideias para ampliar medidas adotadas na SEDE (Recife) para as Unidades Acadêmicas de Garanhuns (UAG) e Serra Talhada (UAST).
Lavez; Souza; Leite (2011)	Entender o papel da LR em diferentes elos da cadeia reversa dos eletrônicos.	Identificam os fatores relevantes da LR envolvidos com a eficiência do reaproveitamento de computadores. Concluem que poucas foram as informações acessíveis sobre o retorno do lixo eletrônico encontrados nas empresas analisadas, fabricantes ou recicladoras, bem como nas suas associações setoriais.	Computadores.	Pesquisa exploratória. Estudo de casos em três casos empresariais, e entrevistas com executivos na LR de computadores.	Pesquisas a quantificação retornada; pesquisas com a finalidade de entender o relacionamento entre as empresas nos elos da LR; pesquisas sobre fontes domiciliares de REEE e suas coletas; estudos semelhantes sobre outros EEE que constituem o REEE.

Autor	Objetivo	Resultados	Limitação	Método	Trabalhos futuros
Mazzoli et al. (2013)	Destacar as possíveis soluções do REEE de forma que o mercado produtor seja o elo da cadeia produtiva da reciclagem do REEE com o mercado consumidor, fundamentado na prática da LR.	Relatam o quão prejudicial são os REEE dispostos na natureza, sem tratamento, para a saúde humana e ambiental. Identificaram os benefícios que empresas especializadas no recolhimento de EEE para um posterior reaproveitamento proporcionam ao impedirem que esses elementos tenham a natureza como destino final. É possível perceber as carências que o gerenciamento dos REEE enfrenta ao se deparar com o que foi sancionado na PNRS, e o que ocorre na prática desse gerenciamento.	Setor de eletroeletrônico.	Pesquisa bibliográfica. Realizada visita técnica na Fábrica Verde do Complexo do Alemão – RJ.	----
Araújo et al. (2013)	Descrever e avaliar a evolução do processo de LR de um importante varejista do mercado brasileiro de comércio eletrônico, identificando as mudanças estratégicas realizadas, os problemas e as soluções encontradas, bem como as estatísticas do atual processo de LR e tendências futuras do setor.	Constatam que, apesar de sua importância, a LR do comércio eletrônico é um tema pouco explorado. O conhecimento disponível sobre o fenômeno de interesse é escasso. Apresentam as estatísticas básicas da LR do varejista (como índices de retorno, tipos de produtos que retornam), e as diferentes fases do processo de LR, relatando as principais dificuldades encontradas durante o processo e as vantagens e desvantagens resultantes das diferentes tratativas para recuperação do item avariado. Os diferentes modelos de LR adotados são analisados de forma cruzada.	Comércio eletrônico.	Pesquisa exploratória e estudo de caso incorporado ao tipo descritivo. Análise do processo de LR de um importante representante do mercado brasileiro de comércio eletrônico, no período de janeiro de 1999 a junho de 2012.	Estender a pesquisa a outros varejistas, incluindo aqueles com operações virtuais e mistas. O impacto de outros aspectos da operação de LR, como a transparência da política de retornos, as estratégias de disposição de produtos retornados e a influência das capacidades logísticas no comércio eletrônico, também necessitam de estudos mais aprofundados. Pesquisar o processo de LR na cadeia de suprimento, de forma a melhor entender o impacto das políticas e instrumentos de gestão na cadeia como um todo. Um estudo longitudinal poderia auxiliar nesse entendimento.
Almeida et al. (2012)	Apresentar uma proposta de estruturação da cadeia da LR no REEE com base na PNRS.	Propõem um fluxograma de processamento reverso aplicável ao REEE, que pode ser visualizado na Figura 3 do artigo.	Específico para computadores	Levantamento bibliográfico e estudo exploratório.	----

Palavras-chave: *Radio Frequency Identification* (RFID) e Tecnologia de Identificação de Produtos.

Autor	Objetivo	Resultados	Limitação	Método	Trabalhos futuros
Xavier; Corrêa (2013)	Apresentar estratégias de gestão nos sistemas de LR, de forma a contribuir para tornar a cadeia de suprimento ambientalmente sustentável.	Relatam que o processo de “rastreadabilidade” é uma parte da LR que pode contribuir com a adequação aos preceitos legais de responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto, por meio da coleta e armazenagem de suas informações, aumentando, assim, a confiança do processo como um todo. Defendem que as tecnologias de identificação de produtos, como a RFID e o Código de Barras são importantes aliados para a implementação da LR.	Sistemas de LR.	----	----
Valle; Souza (2014)	Apresentar estratégias para implementação da LR, de processo a processo.	Defendem que a RFID e o Código de Barras são importantes aliados para a implementação da LR.	Sistemas de LR.	----	----
Pedroso; Zwicker; Souza (2009)	Apresentar um quadro de referência para a adoção do RFID pelas empresas, considerando seus motivadores, inibidores, aplicações e benefícios esperados.	Definem a tecnologia RFID e sua usabilidade. Defendem que diversas empresas vêm desenvolvendo iniciativas de RFID com o intuito de identificar as potenciais aplicações dessa tecnologia e mapear os benefícios decorrentes de sua utilização. Entre os principais resultados da pesquisa, destacam-se: i) a importância da área de tecnologia da informação como agente da adoção da inovação, e ii) a pouca relação dos benefícios esperados e dificuldades enfrentadas com o atual grau de adoção da tecnologia. O modelo de iniciativas de RFID verificado na pesquisa sugere que as empresas estão adquirindo conhecimento, entendendo as possibilidades para o seu uso e prospectando estratégias de adoção.	RFID.	Estudo exploratório. Análise em empresas que possuem iniciativa de RFID em andamento ou tenha planejado alguns aspectos relacionados à adoção. Amostragem em 57 empresas.	Sugerem analisar o grau de avanço das iniciativas de RFID ao longo do tempo. Pesquisas futuras podem incorporar algumas questões que não foram consideradas de maneira explícita, como a influência das diretrizes advindas das matrizes das organizações multinacionais.
Banzato (2005)	Apresentar as tecnologias de informação aplicada à logística.	Relata que é uma questão de tempo para a RFID consolidar sua presença na cadeia logística. Destaca que essa tecnologia já é amplamente usada no varejo.	Tecnologia de informação aplicada a logística.	Pesquisa bibliográfica.	----

Autor	Objetivo	Resultados	Limitação	Método	Trabalhos futuros
Bhuptani; Moradpour (2005)	Estabelecer um guia para o planejamento, projeto e implementação da RFID.	A RFID tem uma vasta aplicação: rastreamento e acompanhamento, integração da cadeia de abastecimento, vigilância, controle de acessos, monitoramento de pessoas e pacientes, detecção e monitoramento ambiental.	RFID	Pesquisa bibliográfica e vários estudos de caso.	----
Santini (2008)	Apresentar os conceitos, aplicações e impactos da RFID.	Defende que a eliminação de lixo industrial pode fazer uso da RFID, devido às necessidades estabelecidas pela legislação ambiental. Inúmeras vantagens podem ser tiradas na reciclagem com o uso dessa tecnologia.	RFID	Pesquisa bibliográfica.	----
Adhiarna; Hwang; Rho (2011)	Apresentar a adoção da RFID em diferentes perspectivas.	Relatam que a adoção de RFID em diversas situações tem sido estudada nos últimos anos por vários pesquisadores, mas poucos fazem uma abordagem referente aos países em desenvolvimento. Há muitas lacunas na pesquisa sobre a adoção de RFID.	RFID	Pesquisa bibliográfica.	Um estudo da adoção de RFID a partir de uma perspectiva da indústria. Estudo de outras tecnologias que estão relacionadas com a RFID (como o código de barras), a fim de adquirir uma melhor compreensão sobre as suas características.
Batocchio (2011)	Apresentar uma visão geral da RFID e as principais áreas potenciais de aplicações dessa tecnologia.	Mostra que a tecnologia RFID aplica-se em inúmeros setores e ramos de atividades, seja no serviço privado (empresas em geral e serviços), seja no serviço público (governos, bibliotecas, hospitais, etc.), permitindo benefícios importantes para as organizações e seus clientes ou usuários.	----	Pesquisa bibliográfica.	----
Sasaki (2013)	Apresentar uma visão da tecnologia RFID e sua aplicação na logística reversa	Sistema de LR baseado na RFID dará ao fabricante informações sobre o momento em que seu produto retorna via consumidor, é transportado a uma recicladora e destinado adequadamente. Necessidade de se pensar na vida útil da <i>tag</i> , considerando o tempo de retorno do produto para que a leitura seja feita adequadamente. Relata a importância de se buscar formas para que a implantação do RFID em toda a cadeia reversa seja economicamente viável.	RFID e LR.	Pesquisa bibliográfica.	Propõe destaque em relação à importância dos profissionais do meio acadêmico e da indústria para o aprimoramento e desenvolvimento de novas tecnologias.

Autor	Objetivo	Resultados	Limitação	Método	Trabalhos futuros
Leite et al. (2008)	Avaliar o impacto do uso do RFID no desempenho da cadeia de suprimentos.	<p>Constatam que a RFID é pouco utilizada. Observam expectativa de que o uso do RFID resulte em um melhor desempenho do gerenciamento da cadeia de suprimentos por melhorar a visibilidade ao longo da cadeia, bem como possibilitar um rastreamento de recursos mais adequado e preciso.</p> <p>Consideram que a principal barreira à implantação do RFID é o seu custo elevado e o seu reflexo nos preços de venda dos produtos. Destacam também a preocupação quanto à padronização das frequências utilizadas para que os produtos possam ser lidos por toda a indústria.</p>	Logística.	Pesquisa descritiva e quantitativa. Os respondentes são profissionais da área de logística, A amostra foi obtida por acessibilidade.	Realizar pesquisas aprofundadas com relação à cadeia de suprimento, para verificar se há algum elo e/ou setor específico que fará melhor uso do RFID; bem como identificar a aceitação dos clientes finais em relação ao uso do RFID no mercado.
Lee; Chan (2009)	Propor um sistema de LR baseada em RFID, demonstrando os benefícios da utilização de uma técnica de inteligência computacional e de RFID para formar um modelo integrado para otimizar a cobertura de produtos. Essa infraestrutura ajuda a controlar a quantidade de produtos devolvidos em cada ponto de coleta, de modo a determinar o transporte econômico a partir de pontos de coleta para os centros de recolha.	Consideram que um dos pontos fortes do sistema RFID é a capacidade de descobrir a cobertura e de minimizar o tempo de retenção e depreciação de valor para os produtos devolvidos ao mesmo tempo. A LR pode desempenhar um papel crucial na gestão logística. A RFID pode tornar um futuro promissor para a combinação e aplicabilidade generalizada na LR.	---	Pesquisa bibliográfica.	----

Fonte: Elaborado pelo autor.