



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE SAÚDE PÚBLICA



RAISSA SILVA DE CARVALHO PEREIRA

***LOGÍSTICA REVERSA DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS
ELÉTRICOS E ELETRÔNICOS:
PROPOSTA DE INDICADORES DE MONITORAMENTO PARA
ÓRGÃOS AMBIENTAIS***

**SÃO PAULO
2018**



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE SAÚDE PÚBLICA



RAISSA SILVA DE CARVALHO PEREIRA

*LOGÍSTICA REVERSA DE RESÍDUOS DE
EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS E
ELETRÔNICOS: PROPOSTA DE INDICADORES
DE MONITORAMENTO PARA ÓRGÃOS
AMBIENTAIS*

*Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação Ambiente, Saúde e Sustentabilidade, da
Faculdade de Saúde Pública, da Universidade de
São Paulo, para a obtenção do título de Mestre em
Ciências.*

Orientadores:

Prof.^a Dr.^a Wanda Maria Risso Günther

Dr. Flávio de Miranda Ribeiro

**SÃO PAULO
2018**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na sua forma impressa como eletrônica. Sua reprodução, total ou parcial, é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

**Catálogo na Publicação (CIP)
Biblioteca/CIR da FSP/USP**

Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo

Pereira, Raissa Silva de Carvalho

**Logística Reversa de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos:
Proposta de Indicadores de Monitoramento para Órgãos Ambientais.
Orientadores: Wanda Günther e Flávio Ribeiro – São Paulo – 2018.**

Nº fls. p.: 163.

Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, 2018

PEREIRA, Raissa, Logística Reversa de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos: Proposta de Indicadores de Monitoramento para Órgãos Ambientais - Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

FOLHA DE APROVAÇÃO (DISSERTAÇÃO)

PEREIRA, Raissa Silva de Carvalho

Logística Reversa de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos: Proposta de Indicadores de Monitoramento para Órgãos Ambientais

Dissertação apresentada ao *Programa de Pós-Graduação Ambiente, Saúde e Sustentabilidade, da Faculdade de Saúde Pública, da Universidade de São Paulo*, para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Aprovado em: ____ / ____ / ____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

À Prof^a. Wanda Günther por sua orientação, paciência e dedicação. É um exemplo para nós mulheres.

Ao Flávio Ribeiro, meu co-orientador e referência de profissional e líder, a quem admiro.

À Ângela Rodrigues, por sua ajuda importantíssima e seu apoio.

A todos aqueles que participaram do desenvolvimento da minha pesquisa e me auxiliaram, em especial aos profissionais de órgãos ambientais e de entidades gestoras de logística reversa europeus, aos consultores da JICA e aos respondentes do Delphi.

Ao pessoal da Faculdade de Saúde Pública da USP envolvido no Programa de Pós-Graduação em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade, incluindo professores e funcionários, pelos ensinamentos, atenção e gentileza.

Aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade e do PROCAM-USP, pela convivência, compartilhamento de experiências e por reavivar minha paixão pelas temáticas ambientais.

Aos colegas da CETESB, companheiros no trabalho em prol do meio ambiente saudável e da qualidade de vida de nossa geração e das futuras.

Aos meus pais, Heloisa e Marcos, por sua dedicação, incentivo às atividades intelectuais e por me inspirarem a me superar e a desejar contribuir para a construção de um planeta mais justo, digno e verdadeiramente sustentável.

À minha irmã Renata por sua constante ajuda e por seu exemplo de disciplina, persistência, alegria e fidelidade aos hábitos sustentáveis.

Ao meu marido Gustavo por seu companheirismo, compreensão e por me motivar a trabalhar com seriedade e dedicação e a compartilhar gentileza, carinho e generosidade com todos à minha volta.

RESUMO

PEREIRA, R. S. C. **Logística Reversa de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos: Proposta de Indicadores de Monitoramento para Órgãos Ambientais.** 2018. 163 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, de 2010, representou um novo paradigma para a gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos, responsabilizando fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes pela coleta e destinação adequada desses resíduos por meio de sistemas de logística reversa. Dentro do cenário nacional, o Estado de São Paulo encontra-se em uma posição pioneira frente à implementação da logística reversa. Em âmbito internacional, destacam-se os casos japonês e europeu como referência na gestão de tais resíduos. Nesse contexto, esta dissertação tem o objetivo principal de desenvolver um conjunto de indicadores para avaliação de sistemas de logística reversa de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos, com a finalidade de contribuir para o acompanhamento e avaliação de tais sistemas pelos órgãos ambientais. Foram realizadas revisão bibliográfica e pesquisa documental sobre os modelos de gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos e os sistemas de logística reversa na Europa, no Japão e no Brasil, e sobre indicadores e critérios para avaliação de sistemas de logística reversa desses resíduos. Em seguida, foram aplicados questionários para identificar quais indicadores são utilizados para os sistemas europeus e japoneses, quais são sugeridos por especialistas e pelas entidades gestoras nacionais. Como resultado, foi proposto um conjunto de indicadores para avaliação de sistemas de logística reversa de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos, o qual foi submetido à validação de especialistas por meio da técnica Delphi. O conjunto proposto após a etapa de validação é composto por cinco parâmetros que exprimem uma caracterização básica do sistema e por 31 indicadores, classificados em seis dimensões: i) abrangência, ii) representatividade, iii) parcerias, iv) coleta, v) destinação e disposição final, e vi) custos e investimentos. Por fim, foi proposto um modelo de relatório para tais sistemas, integrado ao conjunto, para fornecer os dados necessários aos indicadores.

Palavras-chave: resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos, logística reversa, indicadores, órgãos ambientais.

ABSTRACT

PEREIRA, R. S. C. **Take-back Systems for Waste Electrical and Electronic Equipment: Proposal of Monitoring Indicators for Environmental Agencies.** 2018. 163 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

The National Solid Waste Policy of 2010 represented a new paradigm for the management of waste electrical and electronic equipment, making manufacturers, importers, distributors and merchants accountable for the collection and proper disposal of these wastes through take-back systems. Within the national scenario, the State of São Paulo is in a pioneering position regarding the implementation of reverse logistics. At the international level, the Japanese and European cases stand out as a reference in the management of such waste. In this context, the research proposed herein has the main objective of developing a set of indicators for the evaluation of waste electrical and electronic equipment take-back systems, with the purpose of contributing to the monitoring and evaluation of such systems by environmental agencies. A bibliographic review and documentary research were carried out on models of waste electrical and electronic equipment management and take-back systems in Europe, Japan and Brazil, and on indicators and criteria for the evaluation of take-back systems of such waste. Questionnaires were then applied to identify which indicators are used for the European and Japanese systems and which are suggested by experts and national producer responsibility organizations. As a result, a set of indicators was proposed for the evaluation of waste electrical and electronic equipment take-back systems, which was submitted to the validation of specialists through the Delphi method. The set proposed after the validation step is composed of five parameters that express a basic characterization of the system and 31 indicators, classified into six dimensions: i) comprehensiveness, ii) representativeness, iii) partnerships, iv) collection, v) recycling and disposal, and vi) costs and investments. Finally, a reporting model for such systems, integrated with the set of indicators, was proposed to provide the necessary data for the indicators.

Keywords: Waste electrical and electronic equipment, take-back systems, indicators, environmental agencies.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

- ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
- ABINEE – Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ABREE – Associação Brasileira de Reciclagem de Eletroeletrônicos e Eletrodomésticos
- ACV – Análise de Ciclo de Vida
- CE – Comissão Europeia
- CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
- CFC – Clorofluorocarboneto
- CRT – Tubo de raios catódicos
- EEE – Equipamentos elétricos e eletrônicos
- ELETROS – Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Eletrônicos
- HCFC – Hidroclorofluorocarboneto
- HFC – Hidrofluorocarbonetos
- JICA – Agência de Cooperação Internacional do Japão
- LCD – Tela de cristal líquido
- LR – Logística Reversa
- MADS – Ministério de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável da Colômbia
- METI – Ministério de Economia, Comércio e Indústria do Japão
- MMA – Ministério do Meio Ambiente
- MOE – Ministério do Meio Ambiente do Japão
- OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
- ORP – Organização de responsabilidade do produtor
- PEV – Ponto de entrega voluntária
- PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos
- POP – Poluente orgânico persistente
- REEE – Resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos
- REP – Responsabilidade Estendida do Produtor
- RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

SIGOR – Sistema Estadual de Gerenciamento Online de Resíduos Sólidos
SINIR – Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos
SLR – Sistema de logística reversa
SMA – Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo
UE – União Europeia

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura da Pesquisa.....	22
Figura 2 - Diagrama de Prisma: estudos identificados e selecionados.....	24
Figura 3 - Coletores do programa Descarte Green.....	71
Figura 4 - Perfil dos respondentes quanto ao setor em que atuam	110
Figura 5 - Perfil dos respondentes quanto à região do país em que atuam.....	111

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Dimensões e variáveis para avaliar SLR de REEE	29
Quadro 2 - Escala de relevância dos indicadores para avaliar SLR de REEE	30
Quadro 3 - Classificação dos REEE de acordo com o Anexo I da Diretiva Europeia ...	34
Quadro 4 - Classificação dos REEE segundo o Anexo III da Diretiva Europeia.....	34
Quadro 5 - Classificação dos REEE usualmente adotada no Brasil	35
Quadro 6 - Substâncias presentes nos REEE e seus efeitos sobre a saúde.....	39
Quadro 7 - Características da logística direta e da reversa.....	48
Quadro 8 - Indicadores para avaliar a efetividade da gestão de REEE na Austrália.....	80
Quadro 9 - Indicadores propostos por Ibanescu et al. (2018).....	83
Quadro 10 - Indicadores propostos por Gossart (2011)	85
Quadro 11 - Indicadores para avaliar o funcionamento e performance dos SLR de REEE	86
Quadro 12 - Indicadores para avaliar SLR de pilhas e baterias.....	89
Quadro 13 - Características dos modelos de reporting na Europa	96
Quadro 14 – Indicadores listados pelos órgãos ambientais e ORP europeus	97
Quadro 15 - Características dos modelos de reporting japoneses	99
Quadro 16 - Indicadores apontados pelos SLR japoneses.....	100
Quadro 17 - Indicadores sugeridos por especialistas europeus	102
Quadro 18 - Indicadores propostos pelas entidades gestoras brasileiras.....	104
Quadro 19 - Proposta inicial de indicadores para avaliação de SLR de REEE.....	109
Quadro 20 – Conjunto de indicadores revisado a partir dos resultados da 1ª rodada...	118
Quadro 21 – Conjunto de indicadores para avaliar SLR de REEE proposto após a 2ª rodada	122
Quadro 22 - Modo de cálculo de cada indicador a partir dos dados provenientes do modelo de relatório	130

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Avaliação da relevância dos indicadores propostos, na 1ª rodada de aplicação da técnica Delphi	111
Tabela 2 – Avaliação, pelos respondentes vinculados a órgãos públicos, da relevância dos indicadores, na 1ª rodada de aplicação da técnica Delphi.....	113

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA.....	14
1.2	OBJETIVOS	20
1.2.1	Objetivo Geral	20
1.2.2	Objetivos Específicos	20
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	20
2	MÉTODOS.....	22
2.1	PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS.....	23
2.1.1	Revisão bibliográfica.....	23
2.1.2	Pesquisa documental e entrevista	25
2.1.3	Aplicação de questionários.....	25
2.2	PROCEDIMENTOS PARA ANÁLISE DOS DADOS	27
2.2.1	Redução e organização dos dados	27
2.2.2	Elaboração do conjunto de indicadores	27
2.2.3	Validação dos indicadores pela Técnica Delphi.....	28
2.2.4	Proposta de integração dos indicadores a um modelo de relatório.....	31
2.3	LIMITAÇÕES DA PESQUISA	31
3	REVISÃO DA LITERATURA.....	33
3.1	RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS E ELETRÔNICOS (REEE) 33	
3.1.1	Conceituação	33
3.1.2	Geração, composição e impactos sobre o ambiente e a saúde.....	36
3.1.3	Gestão de resíduos sólidos.....	43
3.2	RESPONSABILIDADE ESTENDIDA DO PRODUTOR	44
3.2.1	Conceituação e implementação	44
3.2.2	Logística reversa.....	46
3.2.3	Modelo europeu para a gestão de REEE	51
3.2.4	Modelo japonês para gestão de REEE.....	55
3.3	GESTÃO DE REEE NO BRASIL	60
3.3.1	Gerenciamento.....	60

3.3.2	Logística Reversa de REEE no Brasil	62
3.3.3	Logística Reversa de REEE no Estado de São Paulo	65
3.3.4	Sistemas e iniciativas de logística reversa de REEE	68
3.3.5	Modelo brasileiro para sistemas de logística reversa de REEE	74
3.4	INDICADORES	75
3.4.1	Indicadores para sistemas de logística reversa de REEE	77
3.4.2	Técnica Delphi.....	90
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	92
4.1	APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIOS	92
4.1.1	Indicadores utilizados na Europa.....	92
4.1.2	Indicadores utilizados no Japão.....	99
4.1.3	Indicadores propostos por especialistas.....	101
4.1.4	Indicadores propostos pelas entidades gestoras brasileiras	103
4.2	ANÁLISE COMPARATIVA DOS INDICADORES.....	105
4.3	PROPOSTA INICIAL DE INDICADORES PARA AVALIAR SISTEMAS DE LOGÍSTICA REVERSA DE REEE	106
4.4	VALIDAÇÃO DOS INDICADORES.....	110
4.4.1	Primeira rodada da Técnica Delphi	110
4.4.2	Segunda rodada da Técnica Delphi	121
4.5	PROPOSTA DE MODELO DE RELATÓRIO E INTEGRAÇÃO COM OS INDICADORES	126
4.5.1	Modelo de relatório para sistemas de logística reversa de REEE	126
4.5.2	Integração entre relatório e indicadores.....	129
5	CONCLUSÕES.....	133

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo, será apresentado o contexto em que a pesquisa se insere, ou seja, a problemática dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos, bem como os objetivos da pesquisa e uma breve introdução aos métodos empregados.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA

O contínuo crescimento da geração de resíduos sólidos ao longo das últimas décadas e a recente intensificação dos hábitos de consumo, com conseqüente descarte de resíduos pós-consumo, tem confirmado a importância de buscar soluções integradas e modernas para promover a gestão eficiente dos resíduos sólidos e reduzir sua geração. Diversos são os modelos de gestão e gerenciamento adotados, as opções de tratamento e destinação empregadas e as políticas públicas e exigências legais elaboradas, seja em países desenvolvidos, caracterizados por maior grau de investimento e recursos disponíveis, seja em países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil, os quais apresentam carências estruturais, deficiências socioeconômicas e dependência tecnológica que intensificam e amplificam a problemática dos resíduos sólidos (GÜNTHER, 2008).

Dentre as categorias de resíduos sólidos, destacam-se os chamados resíduos especiais que, por suas características, como a periculosidade e o volume, demandam gerenciamento com fluxos de coleta e destinação específicos, tais como os resíduos provenientes de pilhas e baterias, de lâmpadas fluorescentes, de pneus e de produtos elétricos e eletrônicos (GÜNTHER, 2008).

Segundo Carvalho et al (2014), os resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE) podem ser definidos como os produtos, partes ou componentes dos equipamentos eletroeletrônicos pós-consumo. Por sua vez, equipamentos eletroeletrônicos (EEE) são aqueles que funcionam à base de corrente elétrica ou campo eletromagnético.

No Brasil, o setor da indústria elétrica e eletrônica é composto por aproximadamente quatro mil empresas, 80% das quais de pequeno porte, com menos de cem funcionários, englobando uma vasta gama de produtos. Em 2015, o setor representava 2,4% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, apresentando um faturamento de R\$ 142,5 bilhões e empregando quase 250 mil trabalhadores em empregos diretos. Em comparação com os anos anteriores, vê-se uma queda tanto na produção quanto no faturamento, que já chegou a representar 4,0% do PIB do país (ABDI, 2013; MENDES, 2018). Duas principais associações representam as empresas do setor: a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE), com cerca de 650 empresas associadas, instaladas em todo o país e de diversos portes, englobando todos os seguimentos de produtos eletroeletrônicos; e a Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Eletroeletrônicos (ELETROS), que conta com 28 empresas associadas, os

maiores fabricantes de eletroeletrônicos de consumo do país, e engloba os equipamentos de vídeo e áudio e os eletrodomésticos (ABINEE, 2018; ELETROS, 2018).

O crescimento da geração de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos é um fenômeno global e que só tende a se intensificar nos próximos anos, devido a fatores como: i) o rápido desenvolvimento tecnológico, levando, por exemplo, à substituição dos monitores de tubo (CRT) pelos de tela plana, e de dispositivos com uma só funcionalidade por aqueles multifuncionais, tais como *smartphones* e *tablets*; ii) a expansão do mercado e a popularização do uso desses equipamentos, especialmente nos países em desenvolvimento, como o Brasil, e entre a população de baixa renda, para a qual o acesso a esses bens está associado a um melhor padrão de vida; iii) os hábitos de consumo exacerbados, característicos do modo de vida contemporâneo; iv) a tendência de eletrificar objetos, tais como facas e brinquedos; v) o crescimento dos serviços de computação em nuvem e da quantidade de *data centres*; vi) a ausência de peças de reposição e o custo crescente dos serviços de manutenção, cada vez mais escassos, e vii) a tendência de redução do tempo de vida útil desses equipamentos, denominada obsolescência programada (RODRIGUES, 2012; SANT'ANNA, 2014; OLIVEIRA, 2016; BALDÉ et al., 2017).

Os REEE possuem composição diversificada, incluindo substâncias perigosas e materiais de alto valor agregado, o que torna o seu gerenciamento complexo e oneroso tanto do ponto de vista técnico-econômico quanto da saúde do trabalhador. Assim, o gerenciamento inadequado desses resíduos traz riscos à saúde humana e ao ambiente e não contribui para a utilização eficiente dos recursos naturais. A reciclagem de REEE e consequente recuperação dos materiais apresenta, portanto, além do apelo ambiental, motivação econômica (RODRIGUES, 2012; CARVALHO et al, 2014).

Do ponto de vista econômico, devido ao risco de interrupção do suprimento de algumas matérias-primas valiosas, vem ganhando destaque a chamada mineração urbana (*urban mining*), isto é, a extração de metais ou outros materiais a partir de fontes secundárias, tais como os REEE (PROSUM, 2018). Baldé et al. (2017) afirmam que, para obter recursos por meio da mineração urbana, é necessário superar o atual modelo econômico de “extrair-produzir-dispor” e adotar a economia circular, que visa manter o valor dos produtos o maior tempo possível e eliminar o desperdício, além de promover a reutilização e remanufatura antes da reciclagem e o *ecodesign* dos EEE para facilitar a desmontagem e reutilização de componentes e a recuperação de materiais.

Desde 2015, a União Europeia vem adotando planos de ação e propostas de legislação a fim de estimular a transição da Europa para a economia circular. Entre os temas tratados, destacam-se a gestão de resíduos sólidos, as substâncias químicas, as matérias-primas críticas, a reparabilidade dos produtos e a obsolescência programada (CE, 2015; CE, 2018). O conceito de economia circular tem múltiplas origens e suas aplicações práticas ganharam força desde o final da década de 1970. Nasceu do pensamento de que pode ser economicamente vantajoso reutilizar e reciclar recursos o máximo de vezes possível, contrapondo-se à economia linear, que, tradicionalmente,

extrai recursos naturais, produz, utiliza o produto e encaminha o resíduo para disposição final (KARASKI et al., 2016).

Quanto ao desenvolvimento de regulamentos relativos à gestão dos REEE, destaca-se, desde a década de 1990, a atuação pioneira de países membros da União Europeia (UE), entre os quais a Alemanha, Suécia e Noruega, assim como da Suíça e do Japão (OLIVEIRA, 2016; LINDHQUIST, 2000). A partir dos anos 2000, a UE estabeleceu uma série de diretivas sobre esse tema, sendo sua experiência de sucesso considerada, atualmente, como referência na formulação e implementação de políticas para o avanço da gestão de REEE, inclusive na implementação da logística reversa desses resíduos, para diversos países (ONGONDO et al., 2011, OLIVEIRA, 2016, SANT'ANNA, 2014). Na mesma época, o Japão adotou uma regulamentação para a gestão de REEE de grande porte, apresentando, atualmente, expressivas quantidades coletadas e significativos percentuais de reciclagem, o que também o torna referência nesse setor (RASMAN et al., 2016).

Entretanto, apesar da normativa específica, ainda somente cerca de 37% dos REEE gerados na UE é coletado formalmente e contabilizado de acordo com as Diretivas, sendo boa parte descartada junto com os resíduos sólidos urbanos, exportada ou reciclada informalmente (BALDÉ et al., 2017). Da mesma forma, o sistema japonês de gestão de REEE de grande porte abrange uma quantidade restrita de equipamentos e os resultados do sistema para REEE de pequeno e médio porte ainda são limitados em relação ao volume de REEE gerados (RASMAN et al., 2016). Além disso, permanece a exportação ilegal de REEE de países europeus e do Japão para países em desenvolvimento como prática comum (ONGONDO et al., 2011; BALDÉ et al., 2017).

Apesar de esforços por parte da União Europeia e do governo japonês para deixar as regras quanto à exportação de EEE usados e de REEE mais rígidas e da ratificação da Convenção da Basileia por diversos países, um dos principais problemas internacionais relativos aos REEE continua sendo o comércio ilegal entre países e a exportação desses resíduos, misturados a equipamentos eletroeletrônicos usados, mas em condições de funcionamento, de países desenvolvidos para países em desenvolvimento, da África, Ásia e o Brasil, gerando contaminação ambiental e problemas de saúde pública nesses países (OLIVEIRA, 2016; ROBINSON, 2009).

Outro problema que se verifica em todo o mundo é a deficiência de dados e estatísticas confiáveis quanto ao gerenciamento dos REEE. Segundo Baldé et al. (2017), mensurar como anda a gestão dos REEE é um passo importante para enfrentar o desafio dos REEE, pois as estatísticas ajudam a definir e avaliar metas e identificar as melhores práticas a serem adotadas. Adicionalmente, Gu et al. (2017) ressaltam que a insuficiência de dados sobre os REEE afeta negativamente a performance dos sistemas formais de coleta e destinação (ou sistemas de logística reversa) e pode contribuir para o gerenciamento informal e o tráfico internacional de REEE. Além disso, avaliam que a grande massa de dados gerada durante a produção, consumo e descarte de EEE se ajusta às características do *Big Data*, e propõem a utilização conjunta do *Big Data* e *Internet of*

Things para derivar dados relacionados aos REEE a partir daqueles referentes ao ciclo de vida dos EEE e apoiar a tomada de decisão na gestão de REEE.

Baldé et al. (2017) distinguem quatro cenários de gestão de REEE que coexistem, em maior ou menor escala. O primeiro é o sistema formal de coleta e destinação, que pode ser chamado de sistema de logística reversa, no qual os REEE são coletados por organizações designadas pelos produtores ou pelo governo e destinados a instalações que realizam o seu tratamento e a recuperação dos seus materiais valiosos de maneira ambientalmente adequada. Representa a solução ideal, que é almejada pela legislação, reduz o impacto ambiental da gestão dos REEE e facilita a obtenção de dados referentes à coleta e reciclagem.

No segundo cenário, os consumidores descartam os REEE, de modo indiferenciado, com os resíduos sólidos urbanos (RSU), por meio da coleta municipal regular. Há uma pequena probabilidade de os REEE serem segregados do fluxo de RSU. Na maioria das vezes, são dispostos em aterro ou incinerados junto com os RSU. Esse cenário não é o ideal, pois desperdiça os materiais contidos nos REEE e pode impactar negativamente o ambiente, devido à liberação de substâncias perigosas contidas nos REEE. O terceiro e o quarto cenário referem-se ao gerenciamento dos REEE fora do sistema formal. No terceiro cenário, os REEE são coletados por indivíduos ou empresas e, depois, negociados por vários canais, tendo como possíveis destinos a reciclagem de metal e de plástico, a reciclagem especializada em REEE e a exportação. Já no quarto cenário, os REEE são, geralmente, coletados por indivíduos ou entidades informais e, caso não apresentem potencial de reutilização, são reciclados de modo informal, podendo causar sérios danos ao ambiente e à saúde humana (BALDÉ et al., 2017).

Em escala global, a gestão de REEE apresenta deficiências e grandes desafios, especialmente em países em desenvolvimento. Nos países africanos, sistemas de coleta específicos para REEE e infraestrutura oficial de tratamento e reciclagem são praticamente inexistentes, assim como a legislação relativa ao tema, prevalecendo o gerenciamento informal dos REEE. No continente asiático, existem realidades distintas: diversos países carecem de sistemas de coleta formais e, em alguns países, como Coreia do Sul e Japão, há regulação e sistemas de coleta e reciclagem consolidados. Já na China e Índia, a gestão de REEE está regulamentada e o setor de reciclagem formal encontra-se em expansão, mas ainda predomina o gerenciamento informal dos REEE (BALDÉ et al., 2017).

Na América do Norte, ainda não há legislação nacional sobre a gestão de REEE, mas há regulação em alguns Estados. Existem diferentes iniciativas para coleta e reciclagem dos REEE, muitas vezes promovidas pelo poder público em parceria com fabricantes e importadores. Entretanto, a maioria dos REEE continua sem ter uma destinação adequada e boa parte é exportada a países em desenvolvimento. Na América Latina, o consumo de EEE e a conseqüente geração de REEE vêm crescendo rapidamente; apesar de a maioria dos países não possuir legislação, vários já estão em

processo de elaboração de normativa e formulação de políticas públicas, mas a reciclagem formal ainda é incipiente (BALDÉ et al., 2017).

O Brasil foi um dos primeiros países da América Latina a estabelecer um marco regulatório abrangente em âmbito federal para embasar a regulamentação da gestão de REEE. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), de 2010, representou um novo paradigma para a gestão de REEE, estabelecendo importantes instrumentos, com destaque para a logística reversa pós-consumo (LR). Na PNRS, a logística reversa é definida como:

Instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado pelo 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 (Artigo 3º, inc. XVII da Lei Federal 12.305/2010).

Para implementar a LR, são definidos três instrumentos na PNRS: regulamentação direta, Acordo Setorial e termo de compromisso, sendo os últimos dois pactuados entre o governo e o setor privado. O instrumento adotado em âmbito federal foi o Acordo Setorial, mas, para os REEE, até a data de conclusão deste texto, ainda não havia sido assinado um acordo, nem implantado um sistema nacional de logística reversa operando em larga escala (SINIR, 2018).

Tanto pela complexidade e diversidade dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos quanto pelas dificuldades e limitações observadas na própria PNRS e nos seus instrumentos, a gestão dos REEE no país ainda é deficiente, e seu gerenciamento é, em geral, praticado de modo informal. Entre os desafios para a gestão dos REEE no Brasil, pode-se citar: a dificuldade de coletar os REEE seletivamente, a falta de tecnologia para reciclar componentes mais complexos, tais como placas de circuito integrado e tubos de raios catódicos, a necessidade de promover a educação ambiental da população em geral, a urgência de envolvimento dos produtores de EEE, a dificuldade do poder público em fazer cumprir a lei, a deficiência nos incentivos governamentais para a LR e a necessidade de adoção de tecnologias que ajudam no controle do fluxo de REEE. Estima-se que, no Brasil, recicla-se menos de 1% dos REEE gerados, a despeito de seu potencial de reciclagem e de recuperação de matérias-primas valiosas (OLIVEIRA, 2016; DIAS et al., 2018).

Dentro do cenário nacional, o Estado de São Paulo assume uma posição pioneira frente à implementação da logística reversa e regulação da gestão de REEE no país. Em atendimento à PNRS, desde 2010, vem sendo publicada uma série de resoluções para definição das regras e requisitos para a implementação da logística reversa em âmbito estadual, cujo resultado mais evidente foi a assinatura de Termos de Compromisso (TC) entre representantes do setor privado, a Secretaria de Estado do Meio Ambiente e a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), formalizando sistemas de logística reversa (SLR), na maioria das vezes em escala piloto, e estabelecendo metas e responsabilidades para os signatários de tais documentos (RIBEIRO, 2015). Esse processo culminou, na publicação da Decisão de Diretoria nº

076/2018/C pela CETESB em abril de 2018, a qual estabelece regras para o acompanhamento e a comprovação do cumprimento da LR no estado, vinculando, gradualmente, esse cumprimento à obtenção de licenças ambientais. Os produtores de EEE deverão prestar informações sobre os SLR dos quais fazem parte por meio da plataforma *online* disponibilizada pela CETESB, o “Sistema Estadual de Gerenciamento Online de Resíduos Sólidos” (SIGOR) – Módulo Logística Reversa (CETESB, 2018b).

O SIGOR consiste em uma plataforma virtual disponibilizada no portal da CETESB para monitoramento do gerenciamento de resíduos sólidos. Foi estabelecido pelo Decreto Estadual nº 60.520/2014 e dividido em módulos de acordo com as categorias de resíduos sólidos definidas na Lei Estadual nº 12.300/2006, denominada Política Estadual de Resíduos Sólidos. Até a finalização deste texto, estavam disponíveis os módulos referentes a resíduos de construção civil e cooperativas de catadores de resíduos sólidos (CETESB, 2017).

O acompanhamento e a avaliação dos resultados dos sistemas de logística reversa de REEE pelos órgãos públicos responsáveis, em especial a CETESB, em São Paulo, colocam a questão de quais critérios e indicadores devem ser adotados. Uma possível definição de indicador é: parâmetro ou valor derivado de parâmetros que aponta, fornece informações ou descreve o estado de um fenômeno, ambiente ou sistema, cujo significado excede aquele diretamente associado ao seu valor (OCDE, 1993). Os indicadores possuem a função de síntese e são desenvolvidos para propósitos específicos. Para sua efetividade, devem ser simples, alimentados com dados disponíveis e que permitam uma rápida avaliação (BESEN, 2011).

Os indicadores de avaliação de sistemas de logística reversa podem ser utilizados para indicar se os sistemas atendem à legislação, se seu desempenho está dentro do esperado para promover a adequada gestão dos resíduos, em quais aspectos precisam ser melhorados, se são capazes de incentivar mudanças nos produtos de modo a reduzir aspectos negativos de seu ciclo de vida e facilitar sua revalorização pós-consumo, entre outras questões. Possuem o potencial de facilitar a divulgação das informações sobre os sistemas, de fornecer meios para aperfeiçoamento dos mesmos, assim como de alcançar, integrar e engajar diferentes atores envolvidos na governança dos sistemas, tanto públicos quanto privados (GOSSART, 2011; FAVOT; VEIT; MASSARUTTO, 2016; IBANESCU et al., 2018).

Alguns exemplos de indicadores empregados internacionalmente para avaliar sistemas de LR de REEE são relativos ao desempenho dos sistemas, tais como o percentual de coleta em relação à quantidade de produto colocada no mercado e o percentual reciclado ou recuperado em relação à quantidade de REEE coletada. Outros fazem referência ao custo-benefício dos sistemas, tais como o valor total de taxas pagas pelos produtores por tonelada de REEE reciclada e o custo de operação do sistema por unidade de REEE coletada (CE, 2014).

Tais indicadores são ainda pouco utilizados e estudados no país e internacionalmente. A partir dessa constatação, ressalta-se a importância de conduzir

pesquisas relacionadas à concepção e utilização desses indicadores, de modo a contribuir para o desenvolvimento de ferramentas para a governança da logística reversa de REEE. Com a expectativa de avanço da implementação da LR de REEE, tanto em âmbito nacional, com a possível assinatura do Acordo Setorial, quanto no Estado de São Paulo, com os recentes avanços regulatórios, o desenvolvimento de indicadores para avaliação dos SLR de REEE adquire relevância ainda maior.

1.2 OBJETIVOS

Os objetivos a serem alcançados por meio desta pesquisa são descritos a seguir.

1.2.1 Objetivo Geral

Esta pesquisa se propõe a desenvolver indicadores para avaliação de sistemas de logística reversa de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos, com a finalidade de contribuir para o monitoramento desses sistemas pelos órgãos ambientais.

1.2.2 Objetivos Específicos

A pesquisa pretende alcançar os seguintes objetivos específicos:

- 1) Identificar as iniciativas e sistemas de logística reversa de REEE em operação no país e no Estado de São Paulo;
- 2) Identificar, na literatura científica e em outras fontes, propostas de critérios e indicadores para avaliação dos sistemas de logística reversa de REEE;
- 3) Verificar quais os indicadores utilizados, no Japão e na Europa, pelos órgãos ambientais e gestores de sistemas de logística reversa de REEE para avaliar tais sistemas;
- 4) Propor um conjunto de indicadores para avaliação de sistemas de logística reversa de REEE;
- 5) Propor um modelo de relatório que forneça os dados necessários ao cálculo dos indicadores propostos, tomando como referência a plataforma online SIGOR – Módulo Logística Reversa.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação está estruturada em cinco capítulos, cujos conteúdos são resumidos a seguir. Neste primeiro capítulo, procura-se trazer uma contextualização do tema da LR de REEE, destacar a relevância do problema estudado, isto é, os indicadores para avaliar SLR de REEE, e expor os objetivos da pesquisa. No segundo capítulo, são descritos os métodos adotados para a condução da pesquisa. No terceiro, é apresentada a revisão da literatura, com os principais conceitos e fundamentos adotados, os quais forneceram embasamento teórico para a elaboração dos indicadores. No quarto, são apresentados indicadores usados na Europa e no Japão, sugeridos por especialistas e pelas entidades gestoras nacionais, obtidos por meio da aplicação de questionários; é

realizada uma análise dos indicadores identificados considerando o panorama brasileiro da LR de REEE e, como resultado, propõe-se um conjunto de indicadores para avaliação de SLR de REEE por órgãos ambientais brasileiros. Os indicadores propostos são submetidos à validação de especialistas por meio do emprego da técnica Delphi. Por fim, propõe-se a integração do conjunto de indicadores a um modelo de relatório, baseado no caso do Estado de São Paulo. No quinto capítulo, são traçadas as conclusões da pesquisa e recomendações.

2 MÉTODOS

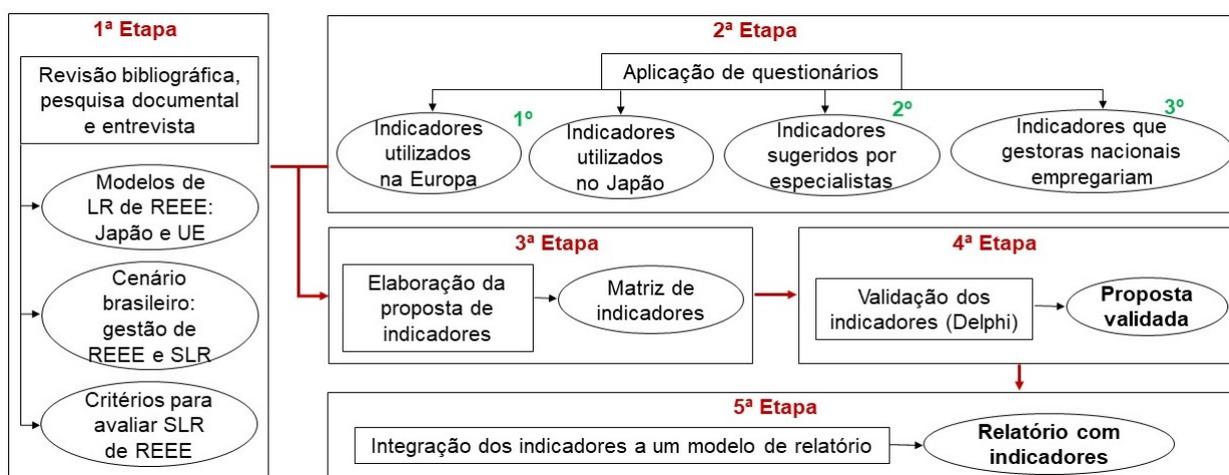
Esta pesquisa pode ser classificada, segundo sua abordagem, como qualitativa, pois não se preocupa com representatividade numérica, mas em compreender um fenômeno, valendo-se de diferentes procedimentos e fontes de dados (SILVEIRA; CÓRDOVA, 2009). Quanto às suas finalidades, pode ser categorizada como aplicada, visto que há o interesse na utilização e consequências práticas dos conhecimentos desenvolvidos. Ademais, possui caráter majoritariamente exploratório, uma vez que as pesquisas exploratórias buscam desenvolver, esclarecer ou modificar ideias, proporcionando uma visão geral acerca de determinado fato, e são realizadas quando o tema estudado é pouco explorado, sendo difícil formular hipóteses precisas e operacionalizáveis. Em geral, envolvem levantamento bibliográfico e documental, entrevistas e estudos de caso (GIL, 2008).

Em linhas gerais, a pesquisa foi desenvolvida em cinco etapas:

- 1) Revisão bibliográfica, pesquisa documental e entrevista;
- 2) Aplicação de questionários aos sistemas de logística reversa e órgãos públicos europeus e japoneses, bem como a especialistas europeus e entidades gestoras brasileiras;
- 3) Proposição de um conjunto de indicadores para avaliação de sistemas de logística reversa de REEE;
- 4) Validação dos indicadores por um grupo de especialistas, empregando a técnica Delphi;
- 5) Integração do conjunto de indicadores a um modelo de relatório para monitoramento dos sistemas de logística reversa pelos órgãos ambientais.

Na Figura 1, apresenta-se um esquema simplificado da estrutura da pesquisa.

Figura 1 - Estrutura da Pesquisa



2.1 PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS

Para coleta de dados, foram empregadas quatro estratégias: revisão bibliográfica, pesquisa documental e entrevista, que compuseram a primeira etapa da pesquisa, e a aplicação de questionários, considerada como segunda etapa.

2.1.1 Revisão bibliográfica

Com a revisão bibliográfica, buscou-se, primeiramente, compreender melhor o contexto da gestão de REEE, fornecendo subsídios para o desenvolvimento do restante da pesquisa. Com isso, foram identificados modelos de sucesso de logística reversa de REEE no mundo, em especial, o japonês e o europeu. Assim, deu-se prosseguimento à revisão bibliográfica com foco nos modelos de logística reversa de REEE do Japão e da Europa, e no cenário brasileiro quanto à gestão de REEE. Dentro do cenário brasileiro, foi dada maior ênfase ao caso do Estado de São Paulo, onde a implementação da logística reversa encontra-se em estágio mais avançado em relação ao restante do país. Para realizar a revisão, foram conduzidas consultas a artigos de periódicos científicos, livros, teses e dissertações, entre outras publicações. Em seguida, a revisão foi focada em indicadores e, mais especificamente, no tema dos critérios e indicadores para avaliação de SLR de REEE, para o qual foi realizada uma revisão sistematizada.

Para realizar a busca, no âmbito da revisão sistematizada, foram selecionadas bases de dados relacionadas à temática estudada, isto é, bases de caráter multidisciplinar, e reconhecidas internacionalmente: *Web of Science*, *Scopus* e *Science Direct*. Além disso, foram definidos os descritores a serem utilizados. O primeiro termo de busca definido foi *indicator*. Visto que há muitas expressões para se referir aos REEE, optou-se pelas três mais usadas na literatura que já havia sido consultada no âmbito da pesquisa: *e-waste*, *electronic waste* e *WEEE*. Para se referir a “sistemas de logística reversa”, há de se ressaltar uma gama ainda maior de expressões em inglês, tais como *extended producer responsibility (EPR) systems*, *EPR programmes*, *EPR schemes*, *compliance schemes*, *take-back systems*, *recycling systems* e *management systems*. Assim, optou-se por empregar *system* como um dos termos. A *string* de busca resultante foi: *indicator AND (e-waste OR electronic waste OR WEEE) AND system*.

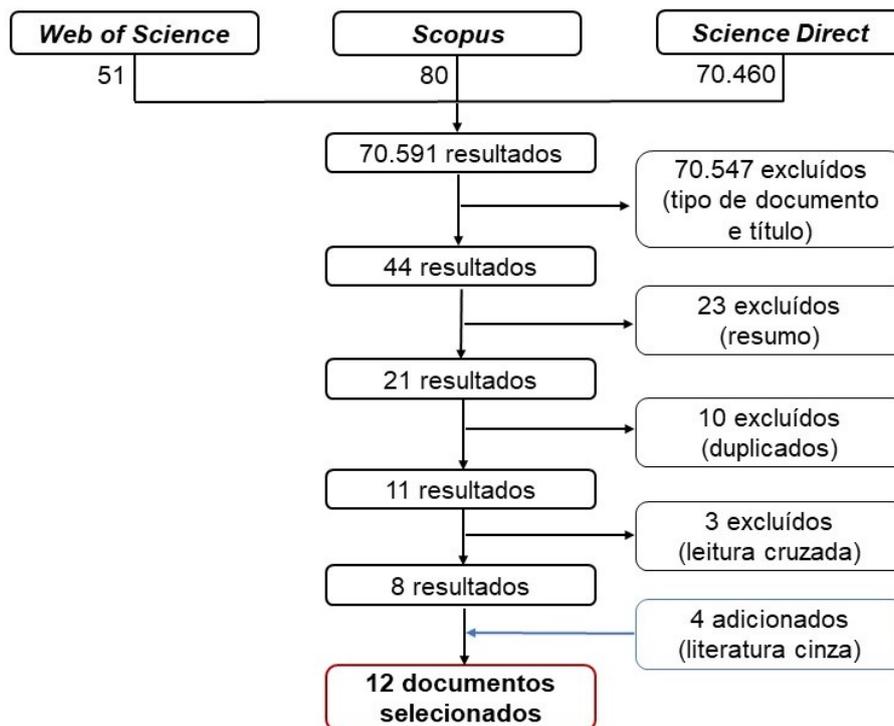
Uma vez concluída a busca por tópicos (título, palavras-chave e resumo) em cada uma das três bases de dados, os resultados foram refinados a partir da leitura do título e do resumo de cada artigo, com base nos seguintes critérios de exclusão: resultados duplicados; título não relacionado ao tema; resumo indicando que o artigo não está relacionado ao tema, e leitura cruzada (resumo, métodos e conclusões) indicando que o artigo não se refere ao tema central da revisão.

Adicionalmente, foi utilizada a ferramenta de busca do *Google* para procurar publicações relacionadas ao tema e foi realizada uma busca na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD). Segundo Pereira e Galvão (2014), recomenda-se incluir nas revisões sistematizadas a busca na chamada literatura

cinzenta, isto é, aquela não controlada por editores científicos ou comerciais, tais como teses, dissertações, normas, documentos e outras publicações.

A estratégia de busca, critérios de exclusão e resultados encontrados foram esquematizados na forma de Diagrama PRISMA – *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (MOHER et al., 2009), para facilitar a visualização das etapas da revisão sistematizada, o qual é apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Diagrama de Prisma: estudos identificados e selecionados



Resultaram 51 artigos da busca realizada na *Web of Science* e 80 da *Scopus*, quantidades que se mostram pouco numerosas quando comparadas aos resultados de buscas menos específicas, como os encontrados por Sant’anna (2014). Já na busca feita na *Science Direct*, foi obtido um número elevado de resultados: 79.460, pois os resultados incluíam livros, capítulos, notícias, resumos de conferências, entre outros. Nesse caso, foi empregado, primeiramente, um critério de exclusão referente ao tipo de documento.

O processo de refinamento permitiu a exclusão de artigos que não estavam relacionados com a temática ou que possuíam uma relação indireta, tais como análises de ciclo de vida de EEE ou avaliações relativas ao processo de reciclagem de REEE. É interessante observar que não foi adotada como critério de exclusão a data de publicação do artigo, visto que a maioria foi publicada há menos de cinco anos. Dos artigos selecionados, somente dois foram publicados antes de 2010, um em 2008 e o

outro em 2009. Ao final do processo de exclusão, foram selecionados para leitura e revisão oito artigos científicos, três publicações e uma regulamentação.

Após a filtragem, os estudos selecionados foram lidos e analisados buscando-se responder às seguintes questões:

- Quais os indicadores propostos?
- Para que servem os indicadores?
- Como foram desenvolvidos os indicadores?
- Os indicadores foram testados, aplicados a casos concretos ou validados?

O resultado da análise dos documentos selecionados, isto é, um breve resumo de cada documento, é apresentado no Capítulo 3.

2.1.2 Pesquisa documental e entrevista

Ao realizar a pesquisa documental, buscou-se complementar as informações obtidas na revisão bibliográfica com relação a três assuntos:

- 1) Requisitos e regulações referentes à LR de REEE, em âmbito federal e no Estado de São Paulo;
- 2) Sistemas de LR de REEE, em âmbito federal e no Estado de São Paulo;
- 3) Indicadores e critérios para avaliação de SLR utilizados internacionalmente.

O levantamento de dados documentais referentes ao primeiro assunto foi realizado por meio de consulta a leis, decretos, resoluções, entre outras normas, além de páginas da internet de órgãos ambientais, como o Ministério do Meio Ambiente (MMA) e a CETESB. Já a pesquisa referente aos SLR incluiu consultas a páginas da internet de órgãos ambientais, entidades gestoras, associações, sindicatos e empresas do setor de eletroeletrônicos e relatórios de projetos-piloto de LR de REEE. Por fim, a pesquisa referente aos critérios e indicadores baseou-se, majoritariamente, na consulta a páginas na internet de entidades gestoras de REEE europeias e documentos publicados por organizações internacionais.

Devido à relativa escassez de informações em língua inglesa ou portuguesa sobre alguns detalhes do funcionamento da logística reversa de REEE no Japão, foi realizada entrevista, em agosto de 2017, com um especialista japonês, consultor chefe no “Descarte ON”, projeto-piloto de LR de REEE promovido pela Agência de Cooperação Internacional do Japão (JICA) em parceria com o governo brasileiro, realizado na subprefeitura da Lapa, em São Paulo, no período de abril a dezembro de 2016, descrito no Capítulo 3. O roteiro da entrevista é apresentado no Apêndice A.

2.1.3 Aplicação de questionários

Os conhecimentos adquiridos na primeira etapa de pesquisa (revisão bibliográfica, pesquisa documental e entrevista) serviram como subsídio para a elaboração dos questionários. Os principais objetivos que nortearam a aplicação dos questionários foram:

- Complementar as informações já obtidas quantos aos SLR europeus, japoneses e brasileiros;
- Identificar como é o modelo de reporte oficial de dados sobre o gerenciamento dos REEE aos órgãos ambientais e quais indicadores são utilizados, na prática, para avaliar SLR de REEE na Europa e no Japão;
- Obter sugestões de especialistas europeus e japoneses sobre quais indicadores deveriam ser utilizados para avaliar SLR de REEE;
- Identificar quais indicadores as entidades gestoras de REEE brasileiras utilizam ou pretendem utilizar para avaliar seus SLR.

Assim, foram elaborados três questionários estruturados, contendo perguntas tanto objetivas quanto discursivas, os quais foram enviados por e-mail. Os modelos dos questionários podem ser encontrados nos Apêndices B, C e D respectivamente. Os questionários foram aplicados entre setembro e outubro de 2017.

As perguntas do primeiro questionário foram organizadas em duas seções. Na primeira, constavam perguntas sobre o reporte de dados referentes a SLR de REEE aos órgãos ambientais que monitoram e fiscalizam os SLR no país; na segunda, sobre os indicadores usados pelos próprios SLR ou pelos órgãos ambientais para avaliar os SLR de REEE. Tal questionário foi endereçado aos órgãos ambientais e entidades gestoras de sistemas de logística reversa de REEE de países europeus e do Japão.

Para obter os contatos das gestoras europeias, foi acessada a página da internet da *WEEE Forum (European Association of Electrical and Electronic Waste Take Back Systems)*, associação internacional que congrega 34 organizações de responsabilidade do produtor (ORP) para REEE, sem fins lucrativos, pertencentes a países europeus, assim como Canadá, Austrália e Nova Zelândia. Foi enviado o questionário a 26 ORP, de 21 países europeus. Os critérios de seleção dos países foram: obter uma amostra elevada de ORP e o porte do país, sendo excluídos aqueles com diminuto território e população, tais como Chipre, Malta e Luxemburgo. Após o envio do questionário às gestoras, foi também enviado aos órgãos ambientais dos mesmos 21 países, por meio dos e-mails de contato presentes nas páginas institucionais dos órgãos ambientais, e dos contatos fornecidos por colegas de trabalho e professores da pesquisadora. Para ter acesso às entidades gestoras de REEE e ao órgão ambiental japonês, recorreu-se ao mesmo consultor japonês já entrevistado na etapa anterior da pesquisa.

O público-alvo do segundo questionário foram especialistas de órgãos ambientais europeus e japoneses. Devido à dificuldade de contatar especialistas de órgãos ambientais japoneses, o questionário acabou sendo direcionado somente aos europeus, cujos contatos foram fornecidos por colegas de trabalho da pesquisadora. O questionário foi enviado a 32 especialistas. Um aspecto comum a esse grupo de especialistas é a participação em programas internacionais relacionados à gestão de REEE. Elaborado com base nas respostas obtidas no primeiro questionário, continha apenas uma pergunta principal: quais indicadores os especialistas acreditam que deveriam ser empregados para monitorar e avaliar SLR de REEE?

Um terceiro questionário foi submetido às duas entidades gestoras de REEE brasileiras via e-mail, dividido em duas partes: na primeira, solicitavam-se informações sobre os SLR geridos por essas entidades e, na segunda, os gestores eram indagados sobre quais indicadores eles utilizariam para avaliar SLR de REEE, visto que os SLR ainda não estão em pleno funcionamento no país.

2.2 PROCEDIMENTOS PARA ANÁLISE DOS DADOS

De acordo com Gil (2008), nas pesquisas qualitativas, não há regras predefinidas para orientar os pesquisadores na análise dos dados, mas, em geral, são seguidas três etapas, que foram empregadas nesta pesquisa: redução, que consiste no processo de seleção e simplificação dos dados; apresentação, na qual os dados selecionados são organizados para possibilitar a análise sistemática de semelhanças, diferenças e seu relacionamento, e conclusão/verificação.

2.2.1 Redução e organização dos dados

Como produtos da revisão da literatura, da pesquisa documental e da entrevista, ações que constituíram a primeira fase da pesquisa, foram elaborados:

- 1) Uma síntese dos modelos europeu, japonês e brasileiro para a LR de REEE;
- 2) O panorama da gestão de REEE no país, com relação aos requisitos para implementação dos SLR de REEE e aos SLR de REEE existentes, com abrangência nacional e no Estado de São Paulo;
- 3) Os principais critérios para avaliação de SLR de REEE propostos na literatura e nos documentos consultados;

Já os resultados da aplicação dos questionários, segunda etapa da pesquisa, foram organizados em quatro grupos de indicadores: os utilizados por sistemas europeus, os do sistema japonês, aqueles recomendados por especialistas e os sugeridos pelas entidades gestoras brasileiras.

A partir das respostas aos questionários e considerando as características da LR de REEE no Japão, na Europa e no Brasil, procedeu-se à análise crítica dos grupos de indicadores.

2.2.2 Elaboração do conjunto de indicadores

A conclusão das primeiras duas etapas forneceu os subsídios necessários à elaboração de indicadores a serem aplicados aos SLR de REEE brasileiros pelos órgãos ambientais, principalmente a compreensão do contexto e requisitos para SLR de REEE no país e o conhecimento sobre os indicadores para avaliação dos SLR de REEE:

- 1) propostos na literatura;
- 2) efetivamente utilizados em países exitosos quanto à implantação da LR de REEE;
- 3) sugeridos por especialistas ou pessoas que operacionalizam tais sistemas.

De acordo com os objetivos da presente pesquisa, a função dos indicadores propostos é fornecer aos órgãos ambientais um diagnóstico da performance dos SLR de REEE e permitir que eles acompanhem sua evolução ao longo do tempo, de modo a:

- 1) Avaliar se os atores responsáveis por operacionalizar tais sistemas, fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de produtos eletroeletrônicos, estão cumprindo de modo adequado e suficiente seu compromisso quanto à logística reversa;

- 2) Identificar quais mudanças nos SLR podem causar melhorias na sua performance.

Entre os critérios que nortearam o desenvolvimento de cada indicador para compor a proposta, vale destacar:

- 1) Quanto à sua função: se o uso do indicador contribui efetivamente para alcançar o objetivo pretendido;
- 2) Quanto à clareza, facilidade de compreensão e síntese: se os usuários dos indicadores, isto é, os órgãos ambientais, assim como os demais interessados, considerariam o método de cálculo do indicador e seus resultados claros, de fácil compreensão e sintéticos;
- 3) Quanto à disponibilidade de dados: se os dados para alimentar os indicadores podem ser facilmente obtidos pelos SLR e fornecidos aos órgãos ambientais.

Para construir o conjunto, em primeiro lugar, foram definidas as dimensões dos SLR de REEE que influenciam sua performance e que, portanto, devem constar na avaliação pelos órgãos ambientais. Tais dimensões representaram as categorias nas quais os indicadores foram agrupados. Ao selecionar os indicadores para compor o conjunto, buscou-se abranger as diversas dimensões dos SLR de REEE, sem repetição entre as informações fornecidas pelos indicadores, mas fornecendo informações complementares.

2.2.3 Validação dos indicadores pela Técnica Delphi

Segundo Bockstaller e Girardin (2003), a metodologia por trás do desenvolvimento de indicadores deve atender a padrões científicos, o que implica em um procedimento de validação. Um indicador estará validado se for concebido cientificamente, se a informação fornecida por ele for relevante e se ele for útil aos seus usuários. Três tipos de validação correspondem a essas condições: a primeira relativa à elaboração do indicador, a segunda, ao seu resultado e, a terceira, ao seu uso. O primeiro tipo de validação pode ser conduzido por meio da apreciação dos indicadores por um painel de especialistas, utilizando a técnica Delphi, por exemplo. A validação baseada no julgamento e no consenso de especialistas pode ser realizada para qualquer tipo de indicador e, portanto, para os autores, deveria ser considerada requisito mínimo para validação de indicadores (BOCKSTALLER; GIRARDIN, 2003).

Visto que o uso dos indicadores propostos nesta pesquisa será de caráter qualitativo e que não cabe comparar os resultados dos indicadores com eventuais dados mensurados, conclui-se que a validação possível, neste caso, refere-se à concepção dos indicadores. Assim, optou-se por adotar a técnica Delphi para validar os indicadores.

Nesta pesquisa, foram realizadas duas rodadas de aplicação da técnica Delphi. Inicialmente, foram selecionados os especialistas a serem consultados. Wright e Giovinazzo (2000) recomendam que haja um grupo heterogêneo e com uma distribuição equilibrada entre os diversos interessados no tema. Assim, procurou-se refletir na seleção dos especialistas a multiplicidade de atores envolvidos na governança da LR de

REEE no Brasil. Para compor o grupo, foram selecionados gestores públicos envolvidos na implementação da LR em âmbito federal e em alguns estados da federação; funcionários de órgãos municipais envolvidos na gestão de resíduos; representantes de entidades setoriais e das entidades gestoras da LR de REEE; atores envolvidos nos SLR de REEE, incluindo fabricantes, comerciantes e recicladores, e pesquisadores, totalizando 89 pessoas.

Após a seleção dos especialistas, foi elaborado um formulário *online* contendo os 33 indicadores propostos, divididos em nove dimensões dos SLR de REEE, apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Dimensões e variáveis para avaliar SLR de REEE

Dimensão	Variáveis
Geração	1. Quantidade de REEE provenientes dos EEE colocados no mercado pelas empresas participantes do sistema.
Coleta	1. Tipos de coleta; 2. Origem dos REEE coletados; 3. Quantidades coletadas; 4. População atendida pela coleta; 5. Distribuição geográfica da coleta; 6. Metas de coleta.
Destinação	1. Materiais resultantes da manufatura reversa dos REEE; 2. Quantidades reutilizadas; 3. Quantidades recicladas; 4. Quantidades dispostas em aterro ou incineradas sem aproveitamento energético; 5. Quantidades exportadas.
Ambiental	1. Gases CFC provenientes dos REEE destinados adequadamente; 2. Resíduos perigosos provenientes dos REEE destinados adequadamente; 3. Situação das empresas destinadoras quanto ao licenciamento ambiental; 4. Situação das empresas destinadoras quanto à certificação ambiental.
Abrangência	1. Categorias de REEE coletados pelo sistema; 2. Municípios abrangidos pela coleta; 3. Quantidade de pontos de coleta; 4. População atendida pela coleta.
Representatividade	1. Parcela do mercado de EEE que as empresas participantes do sistema representam; 2. Quantidade de fabricantes / importadores / distribuidores / comerciantes participantes do sistema; 3. Quantidade total de fabricantes / importadores / distribuidores / comerciantes atuantes no mercado de EEE.
Estratégia	1. Gestão realizada por entidade gestora específica; 2. Parceria com poder público municipal / estadual / federal.

(continua)

(continuação)

Dimensão	Variáveis
Custos	1. Total de custos do sistema; 2. Custos referentes à destinação; 3. Quantidade de REEE coletados.
Comunicação	1. Investimentos em comunicação; 2. Acessos ao site do sistema; 3. Divulgação dos endereços dos PEV; 4. Canais de comunicação com o consumidor.

As duas primeiras perguntas do formulário tinham o objetivo de identificar a qual região do país o respondente pertencia e em qual setor ele atuava. Nas perguntas subsequentes, solicitava-se que os especialistas avaliassem cada um dos indicadores com relação ao seu grau de relevância para a avaliação de SLR de REEE pelos órgãos ambientais, segundo a escala de relevância apresentada no Quadro 2. Ademais, para cada indicador, havia espaço para que o respondente escrevesse sugestões de alteração ou comentários e, ao final do formulário, o respondente poderia sugerir a inclusão de outros indicadores. No Apêndice E, encontra-se o modelo do formulário completo. O formulário *online* foi enviado por e-mail aos participantes no início de dezembro de 2017, com prazo para resposta até a metade de janeiro de 2018, sendo o prazo de entrega prorrogado uma vez.

Quadro 2 - Escala de relevância dos indicadores para avaliar SLR de REEE

Escala	Significado
0	não tenho opinião sobre esse indicador
1	não é relevante
2	baixa relevância
3	média relevância
4	alta relevância

A partir das respostas recebidas, foram calculadas, para cada indicador, as frequências das respostas referentes aos graus de relevância (de 0 a 4). Devido ao caráter muito heterogêneo dos respondentes, para cada indicador, foi considerado como atingido o consenso quando a frequência de algum grau de relevância foi maior que 70%. Adicionalmente, foram calculadas as frequências das respostas daqueles que declararam trabalhar no setor público municipal, estadual ou federal, os quais seriam os usuários dos indicadores. Além disso, foi feita uma análise qualitativa dos comentários e sugestões, levando-os em consideração para realizar modificações na lista de indicadores, inclusive supressões e inclusões.

Na segunda rodada de aplicação da técnica Delphi, foi enviado a todos os especialistas um resumo das respostas da primeira rodada, acompanhado de uma nova lista de indicadores contendo as alterações oriundas das respostas da primeira rodada e

solicitando-se que avaliassem a lista e enviassem eventuais sugestões de alteração ou comentários por e-mail. Considerando as sugestões recebidas na segunda rodada, foi elaborada a proposta final do conjunto de indicadores para avaliação de SLR de REEE por órgãos ambientais.

2.2.4 Proposta de integração dos indicadores a um modelo de relatório

De acordo com a Decisão de Diretoria CETESB nº 076/2018/C, a prestação de informações sobre os SLR à CETESB se dará por meio do cadastro de um plano de logística reversa e de seus resultados operacionais (relatório anual) no SIGOR – Módulo Logística Reversa, plataforma eletrônica que deverá ser disponibilizada pela CETESB. Espera-se que os formulários para prestação de informações sobre os SLR no SIGOR sigam os modelos que constam nos anexos dos Termos de Compromisso de Logística Reversa assinados no Estado de São Paulo.

Assim, na última etapa da pesquisa, foi proposta a integração do conjunto de indicadores ao SIGOR – Módulo Logística Reversa, com dois principais produtos:

- 1) Modelo de relatório (*reporting*) para apresentação dos resultados anuais de SLR de REEE aos órgãos ambientais, elaborado com base nos formulários anexos aos Termos de Compromisso de Logística Reversa assinados no Estado de São Paulo, apresentados no Anexo A, mas adaptado para fornecer os dados necessários aos indicadores propostos nas etapas anteriores;
- 2) Descrição de como serão calculados os indicadores a partir dos dados constantes do modelo de relatório, para subsidiar a integração do conjunto de indicadores à plataforma eletrônica.

2.3 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Uma das limitações desta pesquisa foi o fato de não ter conversado ou explicado pessoalmente os objetivos da aplicação dos questionários, tanto aqueles aplicados aos especialistas, aos gestores de SLR e aos órgãos ambientais europeus e japoneses quanto aqueles aplicados na técnica Delphi, o que pode ter originado dúvidas, visto que algumas respostas transpareceram certa confusão. Assim, poderia ter ajudado na compreensão dos respondentes sobre os objetivos da pesquisa se, em vez de ter submetido os questionários por e-mail, a pesquisadora os tivesse aplicado presencialmente ou por telefone. Contudo, a abrangência geográfica dos sistemas objeto da pesquisa e a heterogeneidade dos especialistas consultados impediram o contato presencial ou mesmo por telefone, mas forneceu um caráter mais amplo e maior representatividade aos resultados obtidos.

Especificamente em relação aos questionários aplicados na segunda etapa da pesquisa, ao analisar as respostas obtidas, infere-se que as dimensões que constavam na pergunta referente a quais indicadores eram utilizados ou sugeridos podem ter influenciado na escolha dos indicadores elencados nas respostas. No caso do

questionário direcionado aos especialistas, os exemplos de indicadores apresentados no próprio questionário também podem ter influenciado nas respostas.

Além disso, a impossibilidade de testar a proposta, aplicando os indicadores a um sistema real, não permitiu a chamada validação de uso dos indicadores (*end-use validation*) proposta por Bockstaller e Girardin (2003). Não foi possível superar tal limitação, pois os sistemas existentes no país ainda operam em escala piloto e a disponibilidade de dados é limitada.

Em relação à técnica Delphi, utilizada para validação dos indicadores, uma possível limitação é que os resultados são influenciados pela seleção dos especialistas, a qual é feita pelo pesquisador, podendo levar à introdução de viés.

Finalmente, por mais que tenha sido empregado um método estruturado para elaboração dos indicadores e os mesmos tenham sido submetidos à validação, uma proposta é sempre influenciada pela visão de seu autor, o que confere certa subjetividade à mesma.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS E ELETRÔNICOS (REEE)

Nesta seção, serão apresentadas as principais questões relacionadas aos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE), tais como sua classificação, geração, composição e gestão, assim como os aspectos ambientais e riscos à saúde humana relacionados ao seu gerenciamento.

3.1.1 Conceituação

A terminologia “resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos”, cuja sigla é REEE, do inglês *waste electrical and electronic equipment* (WEEE), mostra-se como a mais utilizada internacionalmente no meio técnico e científico, sendo utilizada inclusive nas Diretivas da Comunidade Europeia que tratam desse assunto (CE, 2003; CE, 2012).

Outras expressões utilizadas para referir-se a essa tipologia de resíduos sólidos são “lixo eletrônico”, “e-lixo”, do inglês *e-waste* e “resíduos eletroeletrônicos”, sendo a última a mais comumente empregada em publicações nacionais e que consta na Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010).

Os resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos, assim como os próprios equipamentos, pertencem a uma vasta gama de produtos, que se diferenciam por características como tempo de vida útil, volume, composição, valor econômico e potencial de impacto sobre o ambiente e a saúde se gerenciados de forma inadequada. Essas diferenças se refletem nas particularidades de gerenciamento pós-consumo de cada grupo, isto é, nos processos de coleta, logística e reciclagem, assim como nas atitudes dos consumidores no momento do descarte (OLIVEIRA, 2016; BALDÉ et al., 2017).

Uma das classificações mais utilizadas na literatura é estabelecida no Anexo I da Diretiva nº 19 de 2012 da Comunidade Europeia, referente aos REEE, na qual constam 10 categorias de REEE, apresentadas no Quadro 3. Já no Anexo III da mesma diretiva, são propostas as seis categorias listadas no Quadro 4, as quais passarão a valer a partir de 15 de agosto de 2018 (CE, 2012). Baldé et al. (2017) adotam as mesmas categorias propostas no Anexo III da Diretiva, em sua metodologia para elaborar um diagnóstico global do problema dos REEE, pois, segundo tais autores, na prática, elas coincidem com os grupos nos quais os REEE são segregados após a coleta para serem gerenciados.

Quadro 3 - Classificação dos REEE de acordo com o Anexo I da Diretiva Europeia

Categorias de REEE	Exemplos de REEE em cada Categoria
1. Eletrodomésticos de grande porte	Refrigeradores, máquinas de lavar roupa, fogões, aparelhos micro-ondas.
2. Eletrodomésticos de pequeno porte	Aspiradores, torradeiras, secadores de cabelo e máquinas de café.
3. Equipamentos de informática e telecomunicações	Computadores portáteis, impressoras, telefones e telefones celulares.
4. Equipamentos de consumo e painéis fotovoltaicos	Instrumentos musicais, amplificadores de áudio e painéis fotovoltaicos.
5. Equipamentos de iluminação	Lâmpadas e aparelhos de iluminação
6. Ferramentas elétricas e eletrônicas	Serras, máquinas de costura e furadeiras
7. Brinquedos e equipamentos de desporto e lazer	Aparelhos vídeo game, trens e carros elétricos e computadores para ciclismo
8. Aparelhos Médicos	Equipamentos de cardiologia, radioterapia e diálise
9. Instrumentos de monitoramento e controle	Detectores de fumaça, regulador de aquecimento ou esfriamento e termostatos
10. Distribuidores automáticos	Caixas de autoatendimento, como os de bebidas, produtos sólidos e dinheiro

Fonte: Adaptado de CE (2012).

Quadro 4 - Classificação dos REEE segundo o Anexo III da Diretiva Europeia

Categorias de REEE	Exemplos de REEE em cada categoria
Equipamentos de regulação da temperatura	Congeladores; equipamentos de ar condicionado; equipamentos desumidificadores; bombas de calor.
Telas, monitores e equipamentos com tela plana superior a 100 cm²	Telas; aparelhos de televisão; monitores, computadores portáteis.
Lâmpadas	Lâmpadas fluorescentes, tradicionais e compactas; lâmpadas de descarga de alta intensidade; lâmpadas de sódio de baixa pressão; LED.
Equipamentos de grandes dimensões (com qualquer dimensão externa superior a 50 cm)	Máquinas de lavar roupa; secadores de roupa; máquinas de lavar louça; fogões; fornos elétricos; equipamentos informáticos e de telecomunicações; aparelhos de iluminação; equipamento para reproduzir sons ou imagens, equipamento musical; ferramentas elétricas e eletrônicas; brinquedos e equipamento de desporto e lazer; dispositivos médicos; instrumentos de monitorização e controlo; distribuidores automáticos; painéis fotovoltaicos.

(continua)

(continuação)

Categorias de REEE	Exemplos de REEE em cada categoria
Equipamentos de pequenas dimensões (com nenhuma dimensão externa superior a 50 cm)	Equipamento musical; ferramentas elétricas e eletrônicas; brinquedos e equipamento de desporto e lazer; dispositivos médicos; instrumentos de monitorização e controlo; aspiradores; aparelhos utilizados na costura; aparelhos de iluminação; micro-ondas; equipamentos de ventilação; ferros de passar; torradeiras; cafeteiras elétricas; relógios; máquinas de barbear elétricas; aparelhos de rádio; câmaras de vídeo.
Equipamentos informáticos e de telecomunicações de pequenas dimensões (com nenhuma dimensão externa superior a 50 cm).	Aparelhos celulares; GPS; computadores pessoais; impressoras; telefones.

Fonte: Adaptado de CE (2012).

No Brasil, os chamados equipamentos eletroeletrônicos e, por extensão, os resíduos eletroeletrônicos são usualmente agrupados em quatro conjuntos denominados linhas (branca, marrom, azul e verde), apresentados no Quadro 5 (ABDI, 2013).

Quadro 5 - Classificação dos EEE usualmente adotada no Brasil

Linhas de EEE	Exemplos de EEE em cada linha
Branca	Eletrodomésticos volumosos, tais como refrigeradores, fogões, lava-roupas e aparelhos de ar condicionado.
Marrom	Televisores (de tubo, plasma, LCD e LED), aparelhos de DVD, VHS, de áudio e filmadoras.
Azul	Equipamentos como batedeiras, liquidificadores, ferros elétricos, aspiradores de pó e furadeiras.
Verde	Aparelhos de telefonia móvel, computadores (<i>desktops e laptops</i>), <i>tablets</i> , acessórios de informática e impressoras.

Fonte: Adaptado de ABDI (2013).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, regulamento federal para a gestão de resíduos sólidos, cita “produtos eletroeletrônicos”, mas não estabelece, em seu texto ou mesmo no texto do seu decreto regulamentador, uma definição para tais produtos ou seus resíduos, nem define categorias (BRASIL, 2010). No Edital nº 01/2013 do Ministério do Meio Ambiente, de Chamamento para a elaboração de Acordo Setorial, definem-se como objeto da logística reversa os resíduos oriundos de produtos eletroeletrônicos de uso doméstico e seus componentes com tensão nominal não superior a 220 volts (MMA, 2013).

Já no Estudo de Viabilidade Técnico Econômica da Logística Reversa de REEE, os produtos eletroeletrônicos são classificados segundo as linhas de produtos apresentadas no Quadro 5, nas quais concentra-se, majoritariamente, a discussão acerca

da temática dos REEE no país, não abrangendo boa parte das categorias definidas na Diretiva nº 19 de 2012 da Comunidade Europeia (CE, 2012; ABDI, 2013). Nesse sentido, um aspecto que se deve ressaltar é que os resíduos de lâmpadas, no Brasil, não estão incluídos nos resíduos eletroeletrônicos, sendo sua gestão tratada de modo independente nas políticas, instrumentos correlatos e nos próprios sistemas de logística reversa (SINIR, 2018).

3.1.2 Geração, composição e impactos sobre o ambiente e a saúde

A geração de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos possui caráter difuso, mas podem ser identificadas duas principais origens, institucional e domiciliar, cujos fluxos são distintos. O primeiro compreende os REEE provenientes de instituições públicas ou privadas, incluindo empresas de todos os setores econômicos, enquanto que o segundo consiste nos REEE gerados nas residências (RODRIGUES; GUNTHER; BOSCOV, 2015).

Ongondo et al. (2011) observa que há muita divergência entre as estimativas de geração de resíduos apresentadas na literatura, devido à variedade de métodos empregados, categorias de REEE abrangidas no estudo, se foram considerados os REEE armazenados ou somente os descartados, entre outros fatores. Além disso, poucos países coletam dados e publicam estatísticas oficiais sobre REEE (BALDÉ et al., 2017). Baldé et al. (2017) estimam que em torno de 44,7 milhões de toneladas de REEE foram geradas em 2016 no mundo, com média de 6,1 kg/habitante, e que, em 2017, esse número ultrapassará 46 milhões de toneladas. Também calculam que tenham sido geradas 1,5 milhões de toneladas de REEE em 2016 no Brasil, o segundo maior gerador de REEE do continente americano, perdendo somente para os Estados Unidos.

Quanto às taxas de crescimento da geração de REEE, observa-se maior convergência entre os autores. A geração de REEE cresce, em todo o mundo e, especialmente nos países da América Latina, a taxas bastante elevadas quando comparadas a outras tipologias de resíduos. Fala-se em taxas da ordem de 3 a 5%, quase três vezes maiores que as taxas de crescimento da geração de resíduos sólidos urbanos (ROBINSON, 2009; BALDÉ et al., 2017; GU et al., 2017).

Segundo estudo de viabilidade apresentado pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), estima-se que, em 2016, foram gerados, no país, 1,376 milhões de toneladas de REEE, cerca de 57% das linhas Marrom, Azul e Verde e outros 43% da linha Branca, resultando em cerca de 7,2 kg/habitante, grande parte a ser armazenada, não destinada (ABDI, 2013).

Para a geração de REEE de origem domiciliar no município de São Paulo, Rodrigues, Gunther e Boscov (2015) trazem a estimativa de que foram gerados, entre 2006 e 2010, uma média de 3,1 kg/hab/ano, ou 34.581 toneladas/ano, no cenário mais provável e indicam um potencial de geração de 6,0 kg/hab/ano a partir dos EEE fora de uso armazenados nos domicílios.

Os REEE são constituídos por uma mistura complexa de resíduos perigosos, não perigosos e de alto valor (SANT'ANNA, 2014; OLIVEIRA, 2016). A vasta gama de materiais presentes nos REEE dificulta o estabelecimento de uma composição única para o conjunto dos REEE. No entanto, identificam-se, em geral, cinco tipologias de materiais nos REEE: metais ferrosos, que representam aproximadamente 50% em peso, plásticos, em torno de 21%, metais não-ferrosos, incluindo preciosos, perto de 13% em peso, vidro e outros materiais (ONGONDO; WILLIAMS; CHERRETT, 2011). Tais materiais encontram-se em diversas concentrações, soldados ou colados, cobertos por substâncias químicas que os protegem da corrosão e retardam ou eliminam a propagação de chamas (ABDI, 2013). Sua composição tem mudado devido ao desenvolvimento tecnológico e a pressão dos governos e da sociedade para ter equipamentos mais sustentáveis (ROBINSON, 2009).

As substâncias presentes nos REEE que possuem elevado potencial de causar impactos negativos à saúde humana e ao ambiente são: os metais pesados, como o mercúrio, o chumbo e o arsênio, substâncias destruidoras da camada de ozônio (CFC, HCFC), as quais também causam efeito estufa, poluentes orgânicos persistentes (POP), entre outros (CARVALHO et al, 2014). Os componentes de REEE que contêm a maior parte das substâncias perigosas são: as placas de circuito integrado (PCI); os tubos de raios catódicos (CTR), com o vidro contendo chumbo; as lâmpadas de descarga; as baterias; os sistemas de refrigeração, que contêm CFC ou HCFC, e os diversos tipos de plásticos contendo retardantes de chamas a base de compostos halogenados, isto é, contendo POP (RODRIGUES, 2012; MENDES, 2017; IBANESCU et al., 2018).

A Diretiva 2002/95/CE, da União Europeia, denominada Diretiva RoHS (do inglês *Restriction of Hazardous Substances*), entrou em vigor efetivamente em 2006. Consistiu, basicamente, em determinar a restrição de uso das seguintes substâncias perigosas na fabricação dos EEE: cádmio, chumbo, mercúrio, cromo hexavalente e os retardantes de chama constituídos por bifenilas polibromadas (PBB) e por éteres difenílicos polibromados (PBDE). Os principais objetivos da publicação dessa Diretiva foram: facilitar o descarte adequado e a reciclagem dos REEE e harmonizar as legislações dos países membros da Comunidade Europeia com relação à restrição de substâncias perigosas nos EEE, minimizando barreiras comerciais e distorções da concorrência entre esses países e contribuindo para a proteção da saúde humana e para a recuperação dos REEE. Em 2011, publicou-se uma revisão da diretiva RoHS, a Diretiva 2011/65/CE, conhecida como “nova RoHS”, a qual entrou em vigor em 2013. Sua principal função foi ampliar o escopo dos produtos abrangidos, principalmente no setor médico e industrial (de monitoramento e controle), mas não foi alterada a lista de substâncias sujeitas à restrição (BRESCANSIN, 2014).

Em relação aos POP, a Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Orgânicos Persistentes é um tratado internacional assinado em 2001 que visa à eliminação e/ou restrição da produção, uso e emissão não intencional dos POP. Entrou em vigor em 2004, após 50 países a ratificarem, incluindo o Brasil. Atualmente, 164 países integram a Convenção. Os POP são listados em três anexos da Convenção: Anexo A –

substâncias a serem eliminadas; Anexo B – substâncias com usos restritos, com a perspectiva de serem eliminadas, e Anexo C – POP produzidos não intencionalmente. Os poluentes orgânicos persistentes presentes nos REEE, tais como as bifenilas policloradas (PCB), encontram-se no Anexo A da referida Convenção (MMA, 2017).

Já em relação ao mercúrio, a Convenção de Minamata sobre Mercúrio foi assinada em 2013 com o objetivo de promover o controle do uso de mercúrio para proteger a saúde humana e o ambiente. Entrou em vigor em 2017, após sua ratificação por diversos países, incluindo o Brasil (MMA, 2017).

O gerenciamento inadequado dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos pode ocasionar a contaminação direta dos trabalhadores que manipulam tais resíduos e a contaminação indireta da população do entorno, bem como a poluição do ar, do solo, dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos e da cadeia alimentar, gerando impactos à saúde humana e ao ambiente (ROBINSON, 2009; RODRIGUES, 2012; CARVALHO et al, 2014). O Quadro 6 apresenta uma relação das substâncias presentes nos REEE, em que componentes dos EEE são aplicadas e quais os potenciais danos à saúde humana que elas podem causar (MENDES, 2017).

Além dos potenciais danos que cada substância presente nos REEE pode causar à saúde humana, listados no Quadro 6, Grant et al. (2013), em uma revisão sistemática das consequências da exposição aos REEE sobre a saúde humana, afirmam que a exposição aos REEE é um processo complexo em que as várias rotas, fontes e períodos de exposição, e os possíveis efeitos inibitórios, sinérgicos ou aditivos das substâncias químicas são variáveis importantes. Há três fontes de exposição aos REEE: i) reciclagem informal (ou gerenciamento inadequado); ii) reciclagem formal e iii) exposição a compostos perigosos dos REEE que contaminaram o ambiente (exposição ambiental).

A reciclagem informal inclui a desmontagem dos REEE para recuperar os materiais valiosos com técnicas precárias, que permitem a emissão de substâncias perigosas, e sem o emprego de tecnologias para minimizar a exposição ou de equipamentos de proteção individual (EPI). Os processos informais de reciclagem geralmente incluem etapas de desmontagem manual, lixiviação ácida de metais preciosos, queima ao ar livre, fusão desprotegida de plásticos e aterramento direto, em aterros sanitários propriamente ditos ou mesmo a céu aberto (WITTSIEPE et al., 2015; BALDÉ et al., 2017).

Em geral, a reciclagem formal inicia-se com uma desmontagem mecânica dos componentes, que pode ser automatizada ou manual. Em seguida, os diversos materiais são encaminhados ao tratamento ou reciclagem, incluindo a incineração ou reciclagem dos plásticos, a depender da concentração de substâncias perigosas presentes nos plásticos, os processos piro-hidro-bio-metalúrgicos para recuperar os metais valiosos, entre outros. Nas instalações de reciclagem formais, são utilizados equipamentos para remover com segurança os materiais recuperáveis dos REEE, protegendo os trabalhadores de efeitos adversos para a saúde. Contudo, mesmo nas usinas de reciclagem formais, os trabalhadores correm o risco de exposição a baixas doses, a

dependem das normas e padrões nacionais de saúde e segurança ocupacional (GRANT et al., 2013; WITTSIEPE et al., 2015; BALDÉ et al., 2017).

Devido à contaminação do solo, água, ar, poeira e da própria cadeia alimentar, a população que vive a certa distância das áreas de reciclagem também corre o risco de exposição, embora em níveis mais baixos que os da exposição ocupacional. Entre os efeitos adversos decorrentes da exposição aos REEE registrados na literatura, podem ser citados: mudanças na função tireoidiana, bem como na expressão e função celular, efeitos neonatais adversos, mudanças no temperamento e comportamento e diminuição da função pulmonar, maior quantidade de abortos espontâneos, nascimentos mortos e nascimentos prematuros (GRANT et al., 2013; WITTSIEPE et al., 2015; BALDÉ et al., 2017).

Quadro 6 - Substâncias presentes nos REEE e seus efeitos sobre a saúde

Substância	Aplicação no EEE	Danos à Saúde Humana
Antimônio (Sb)	Agente de derretimento no vidro CRT, caixas de computador de plástico e uma liga de solda em cabeamento.	O Antimônio foi classificado como carcinogênico (IARC 2B). Em casos de exposição crônica à esta substância, pode causar dor de estômago, vômitos, diarreia e úlceras de estômago.
Arsênio (Ar)	Arseneto de gálio é usado em diodos emissores de luz.	Tem efeitos crônicos que causam doenças de pele e câncer de pulmão, além de prejuízos das sinapses nervosas.
Bário (Ba)	Velas de ignição, lâmpadas fluorescentes e interiores de CRT em tubos de vácuo.	Provoca edema cerebral, fraqueza muscular, danos no coração, fígado e baço, mesmo em exposição de curto prazo.
Berílio (Be)	Caixas de alimentação, placas-mãe e presilhas.	A exposição ao berílio pode levar a beriliose, câncer do pulmão e doenças da pele. Berílio é uma substância cancerígena (IARC 1).
BFR; PBB; PBDE; TBBPA¹	BFR são usados para reduzir a inflamabilidade em placas de circuito impresso, plástico, teclados e isolamento do cabo.	Estas substâncias são classificadas como interferentes endócrinos. Durante sua combustão, placas de circuito impresso e caixas de plástico emitem vapores tóxicos, conhecidos por causar distúrbios hormonais.
Cádmio (Cd)	As baterias recarregáveis de NiCd, chips semicondutores, detectores de infravermelho, tintas de impressora e toners.	Os compostos de cádmio representam um risco de danos irreversíveis à saúde humana, particularmente os rins.

(continua)

(continuação)

Substância	Aplicação no EEE	Danos à Saúde Humana
Clorofluorcarbonos (CFCs)	Unidades de refrigeração e espuma de isolamento.	Estas substâncias impactam a camada de ozônio, o que pode levar a uma maior incidência de câncer da pele.
Cromo Hexavalente (Cr VI)	Invólucro plástico, cabos, discos rígidos e como corante em pigmentos.	É extremamente tóxico no ambiente, causando danos ao DNA e danos irreversíveis nos olhos.
Chumbo (Pb)	Solda, baterias de chumbo-ácido, tubos de raios catódicos, cabos, placas de circuito impresso e lâmpadas fluorescentes.	Pode danificar o cérebro, sistema nervoso, rins e sistema reprodutivo e causar doenças do sangue. O acúmulo de chumbo no ambiente resulta em ambos os efeitos, agudos e crônicos, na saúde humana.
Mercúrio (Hg)	Baterias, bulbos de luz de fundo ou lâmpadas, monitores de tela plana, interruptores e termostatos.	O mercúrio pode danificar o cérebro, rins e fetos.
Níquel (Ni)	Baterias, invólucro do computador, tubo de raios catódicos e placas de circuito impresso.	Pode provocar reações alérgicas, bronquite e redução da função pulmonar e câncer de pulmão.
Bifenilas Policloradas (PCB)	Condensadores, transformadores e fluidos de transferência de calor.	PCB pode causar câncer em animais e pode conduzir a danos no fígado de seres humanos.
Policloreto de Vinila (PVC)	Monitores, teclados, cabos e invólucro plástico do computador.	O PVC tem o potencial de ser uma substância perigosa e contaminante tóxico do ar. A combustão incompleta de PVC libera o gás cloreto de hidrogênio, que forma o ácido clorídrico. O ácido clorídrico pode causar problemas respiratórios.
Selênio	Cilindros usados em fotocopiadoras.	Elevadas concentrações (5E-3 mg/kg/dia) podem causar selenose.

Fonte: Mendes (2017).

Nota: ¹ Retardantes de Chama a base de Brometos (BFR); Bifenilas Polibromadas (PBB); Éter Difênil Polibromado (PBDE); Tetrabromobisfenol (TBBPA).

Devido à variada composição dos REEE, seu gerenciamento torna-se oneroso tanto do ponto de vista ocupacional quanto técnico-econômico. O alto custo do tratamento e reciclagem formal dos REEE acaba acarretando movimentação internacional desses resíduos de países desenvolvidos, na Europa e América do Norte, em direção a países em desenvolvimento, especialmente na Ásia e África, onde são desmontados e reciclados de modo informal (RODRIGUES, 2012; BALDÉ et al., 2017).

A Convenção de Basileia sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito, que entrou em vigor em 1992, após ser ratificada por 159 países, inclusive o Brasil, é o principal instrumento para disciplinar a movimentação de resíduos perigosos, incluindo os REEE, entre os países e evitar que sejam exportados a países sem a adequada estrutura técnica, legal e administrativa para recepção, tratamento e utilização desses resíduos. Estabelece mecanismos internacionais de controle desses movimentos, baseados no princípio do consentimento prévio e explícito para a importação, exportação e o trânsito de resíduos perigosos (MMA, 2017).

Apesar de a Convenção de Basileia estabelecer restrições à exportação de REEE, é difícil diferenciar os REEE dos EEE pós-consumo a serem destinados ao reuso. Essa diferenciação está relacionada não somente às condições técnicas dos equipamentos, mas também se há mercado para aqueles equipamentos no país importador (BALDÉ et al., 2017). Segundo Robinson (2009), nos países europeus e da América do Norte, o EEE antigo e funcional frequentemente é enviado aos países em desenvolvimento para ser reutilizado, de modo a aumentar o seu tempo de vida útil. Entretanto, tais equipamentos são misturados ilegalmente a REEE sem condições de funcionamento, os quais não podem mais ser reutilizados, e exportam esse conjunto a países em desenvolvimento. A maior parte desse material acaba em aterros e lixões na China, Índia, Paquistão, Vietnã, Filipinas, Malásia, Nigéria e Gana, gerando áreas contaminadas, grandes passivos ambientais e contaminação da população (ROBINSON, 2009).

Por outro lado, os REEE são constituídos por componentes que possuem alto valor agregado: metais preciosos como ouro, prata e cobre, e aqueles materiais cujas reservas naturais já apresentam sinais de esgotamento, tais como paládio, platina, gálio, índio, tungstênio e terras raras; metais volumosos valiosos, como alumínio e ferro, bem como alguns tipos de plásticos recicláveis (OLIVEIRA, 2016; BALDÉ et al., 2017). Alguns dos materiais contidos nos EEE e, por consequência, nos REEE, podem ser classificados como matérias-primas críticas. A reciclagem de REEE e consequente recuperação desses metais apresentam, portanto, além do apelo ambiental, motivação econômica.

Desde 2011, a União Europeia divulga uma lista das chamadas matérias-primas críticas, selecionadas em função de sua importância econômica e do risco de fornecimento, o qual, por sua vez, está relacionado ao esgotamento das reservas naturais e sua monopolização por certos países. São particularmente importantes para a produção de EEE, entre outros produtos de alta tecnologia e inovações. Alguns exemplos desses materiais são: gálio, germânio, índio, silicone, antimônio e berílio. A reciclagem das matérias-primas críticas contidas nos EEE depende do tipo de aplicação e do valor das matérias-primas. Por exemplo, a separação e reciclagem de metais preciosos em eletrônica, como os presentes nas placas de circuito impresso, já é frequentemente realizada por ser economicamente viável. Por outro lado, a reciclagem de materiais

como o gálio, o germânio, o índio, o metal de silício e as terras raras é mais desafiadora devido à sua dispersão nos produtos (CE, 2018).

Baldé et al. (2017) estimam que, em 2016, as matérias-primas secundárias provenientes dos REEE valiam 55 bilhões de euros (sem considerar os custos do gerenciamento e da reciclagem dos REEE), valor maior que o produto interno bruto (PIB) de muitos países. Ademais, os autores defendem que o desenvolvimento da cadeia de reciclagem dos REEE pode trazer benefícios econômicos adicionais pela criação de novos negócios e postos de trabalho. Ainda argumentam que, se as metas de reciclagem se referissem ao valor dos materiais, incentivando a recuperação dos materiais valiosos e preciosos incorporados nos REEE, poderia ser desencadeado um mecanismo de mercado que melhoraria a gestão mundial dos REEE.

Dentre os benefícios ambientais e econômicos relacionados à reciclagem dos REEE, podem ser citados (SEPULVEDA et al., 2010; MENIKPURA; SANTO; HOTTA, 2014; FAVOT; VEIT; MASSARUTTO, 2016; PARAJULY; WENZEL, 2017):

- Economia de recursos naturais ou matérias-primas virgens, inclusive aqueles cujas reservas naturais estão em vias de esgotamento, e o fato de evitar os impactos ambientais derivados da extração e produção dessas matérias-primas;
- Economia de energia em alguns casos;
- Impactos ambientais relativos à disposição inadequada evitados;
- Redução da emissão de gases de efeito estufa;
- Riscos e gastos com a saúde evitados;
- Receitas com a venda de materiais reciclados e de produtos remanufaturados;
- Geração de empregos e novos negócios com a cadeia reversa.

Em relação aos custos ambientais e econômicos da reciclagem dos REEE, pode-se elencar (WÄGER; HISCHIER; EUGSTER, 2011; BAXTER et al., 2016):

- Emissão de poluentes e consumo de recursos naturais devido ao transporte, consumo de energia e demais operações necessárias ao gerenciamento dos resíduos,
- Custos de capital, com as instalações, equipamentos, entre outros,
- Custos operacionais das etapas de gerenciamento dos resíduos.

Um fator que influencia a performance ambiental dos sistemas de reciclagem dos REEE é o grau de informalidade: quanto maior, mais impactos ambientais, riscos à saúde dos trabalhadores e menores os custos operacionais, gerando competição desleal entre os atores formais da cadeia de logística reversa e os informais, o que pode ser observado em países em desenvolvimento (PARAJULY; WENZEL, 2017). Outros fatores são as distâncias em que os REEE são transportados e os meios de transporte utilizados, devidos aos impactos da combustão de combustíveis fósseis. No entanto, a

reciclagem tende a ter menor impacto ambiental total do que a disposição em aterro ou a incineração dos REEE (WÄGER; HISCHIER; EUGSTER, 2011).

3.1.3 Gestão de resíduos sólidos

Günther (2008) reconhece a necessidade de diferenciar os conceitos de gerenciamento e de gestão de resíduos sólidos. Por gerenciamento, entende-se a sequência de etapas operacionais que vão desde a geração até a disposição final dos resíduos sólidos, envolvendo o acondicionamento, coleta, transporte, transbordo, tratamento (processamento ou transformação) e disposição final (colocação no solo). Já o conceito de gestão integrada de resíduos sólidos, que representa um novo paradigma para a temática dos resíduos sólidos, pode ser definido como o conjunto articulado e inter-relacionado de ações normativas, operativas, financeiras, de planejamento, administrativas, sociais, educativas, de monitoramento, supervisão e avaliação para o gerenciamento dos resíduos, com o objetivo de obter benefícios ambientais, otimização econômica e aceitação social, respondendo às necessidades e circunstâncias de cada localidade ou região.

Rodrigues (2012) ressalta que o conceito de gestão compreende a dimensão política e todas as ações decorrentes e necessárias ao atendimento dos objetivos de prevenção da geração e o gerenciamento dos resíduos, com a utilização de instrumentos adequados e o estabelecimento de objetivos e metas. Fazem parte da dimensão política o marco regulatório, as diretrizes, os planos, programas, projetos, metas e sistemas.

Tojo et al. (2008) classificam os instrumentos de política de resíduos em administrativos, econômicos e informativos. Cada categoria de instrumento atende a objetivos e públicos-alvo distintos e a maioria não é empregada isoladamente, pois uma política pública, em geral, integra vários instrumentos. Além disso, a efetividade de um determinado instrumento é o resultado da combinação entre seu modelo teórico e sua implementação.

Segundo Rodrigues (2012), a regulação, modelo de comando e controle e instrumentos mandatários se referem aos instrumentos administrativos. Tal categoria de instrumentos abrange a restrição do uso de determinadas substâncias, a separação na fonte, o retorno dos produtos pós-consumo aos produtores, as metas de coleta, reutilização e reciclagem, o conteúdo mínimo de material reciclado nos produtos, os padrões de destinação ambientalmente adequada e a proibição ou metas de redução à disposição dos resíduos em aterros (TOJO et al., 2008).

Os instrumentos econômicos baseiam-se em incentivos e desincentivos. Alguns exemplos desses instrumentos são: taxas para disposição de resíduos em aterro, créditos de reciclagem, subsídios para matérias-primas secundárias, sistemas de depósito e reembolso e sistemas de taxa sobre o descarte de resíduos (TOJO et al., 2008).

Os instrumentos informativos, embora menos empregados, são de grande importância para o sucesso das políticas de resíduos. Exemplos são: sistemas de

rotulagem ambiental, guias de compras sustentáveis, campanhas informativas para os consumidores, entre outros (LINDHQVIST, 2000).

Um importante princípio adotado para embasar a gestão de resíduos, que ganhou importância nas últimas décadas em todo o mundo é a Responsabilidade Estendida do Produtor, discutida na próxima seção.

3.2 RESPONSABILIDADE ESTENDIDA DO PRODUTOR

A seguir, serão apresentados o princípio de “Responsabilidade Estendida do Produtor” (REP), o conceito de “logística reversa” e os dois principais casos de sucesso de aplicação da REP no mundo: o caso europeu e o japonês, nos quais existem SLR consolidados e com altas taxas de coleta e reciclagem de REEE.

3.2.1 Conceituação e implementação

A Responsabilidade Estendida do Produtor, do inglês *Extended Producer Responsibility (EPR)*, é definida pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2001) como “*o instrumento de política ambiental no qual a responsabilidade, física ou financeira, do produtor por seu produto é estendida ao estágio pós-consumo de seu ciclo de vida*”. Esse tipo de instrumento é um exemplo das políticas ambientais de segunda geração, caracterizadas pela tendência a reorientar o sistema produtivo e de consumo para os objetivos da sustentabilidade, com uma abordagem mais sistêmica e projetual, levando em conta o ciclo de vida dos produtos, em contraposição às políticas ambientais mais antigas, chamadas de primeira geração, que se concentravam em corrigir problemas ambientais colocados pelo sistema de produção-consumo, com uma abordagem *end-of-pipe* (fim da linha), orientada aos processos produtivos (MANZINI; VEZZOLI, 2008).

Tal conceito foi adotado pela primeira vez em meados da década de 1980 em alguns países europeus, especialmente para as embalagens pós-consumo e, desde então, tem se espalhado, atingindo diversos países europeus e fora da Europa (LINDHQVIST, 2000).

A Responsabilidade Estendida ao Produtor tem como objetivos a internalização de externalidades pelos produtores, bem como incentivá-los a levar em conta a questão ambiental ao longo de todo o ciclo de vida de seus produtos, inclusive a adotar medidas para reprojeter seus produtos de forma a minimizar ou evitar os impactos ambientais na etapa pós-consumo (CE, 2014). Por outro lado, pode ser visto como um instrumento de gestão de resíduos sólidos que implica na transferência de custos ambientais do setor público para o privado e, indiretamente, para os consumidores pela incorporação no preço do produto, reforçando o princípio do poluidor pagador (GÜNTHER; RODRIGUES, 2014).

Podem ser identificados quatro principais grupos de atores envolvidos na operacionalização da responsabilidade estendida do produtor (LINDHQVIST, 2000):

- Produtores, isto é, atores do ciclo de vida do produto desde a extração da matéria prima até a montagem e distribuição ou comercialização do produto, incluindo distribuidores, importadores e comerciantes.
- Consumidores, que podem ser empresas ou cidadãos comuns.
- Gestores de resíduos sólidos, tais como os responsáveis pela coleta, segregação, tratamento, reciclagem e reutilização de resíduos.
- Autoridades, ou seja, os vários níveis governamentais envolvidos na regulação, supervisão e, em alguns casos, gestão dos sistemas que operacionalizam a REP.

As autoridades regulam e estabelecem requisitos e restrições para as atividades dos demais atores, especialmente os gestores de resíduos sólidos e os produtores. Sua influência sobre o comportamento dos consumidores é, entretanto, mais limitada (LINDHQVIST, 2000). De modo geral, as autoridades regionais e nacionais envolvem-se nas ações de monitoramento, aplicação das leis e governança, para garantir o sucesso da operacionalização da REP, e as autoridades locais estão envolvidas no gerenciamento, realizando parte da coleta, por exemplo (OCDE, 2016).

A governança refere-se à organização dos sistemas baseados na REP e aos papéis e responsabilidades das partes interessadas. Os mecanismos de governança para um sistema devem ser determinados em função dos objetivos, cobertura do sistema, instrumentos utilizados e contexto. Além disso, a alocação das responsabilidades entre os diversos atores na governança da REP deve ser realizada tendo em vista os objetivos da política de REP, as características do produto, as dinâmicas do mercado, os atores na cadeia de produção e os recursos necessários para implementar a REP (OCDE, 2016).

Lindhqvist (2000) argumenta que, ao propor a REP, é essencial que sejam claramente atribuídas as responsabilidades econômicas e físicas aos atores mais influentes dentro do grupo de produtores, e definidos os principais objetivos a serem atingidos: metas de coleta, de reciclagem e a promoção do *ecodesign* do produto, para que se obtenham os incentivos necessários ao avanço do sistema produtivo.

Sobre a definição de quem são os chamados “produtores”, o autor defende que não se trata de uma questão semântica ou moral, mas trata-se de uma questão prática sobre como promover a criação de um sistema controlável que possua os desejáveis ciclos de respostas positivas (*feedback loops*). Ele exemplifica que os “produtores” podem ser os distribuidores, como no caso das embalagens na Alemanha. Assim, para cada produto, deve-se estudar o sistema produtivo para identificar os atores que são capazes de efetivamente contribuir para a mudança em direção a produtos e sistemas produtivos mais avançados. Para tais atores, deverão ser atribuídas as devidas responsabilidades. O autor frisa, ainda, que, apesar de ser atraente a ideia de “responsabilidade compartilhada”, visto que todos os atores do ciclo de vida de um produto contribuem para seus impactos ambientais, nem todos os atores são capazes de influenciar decisivamente a criação de novos produtos e sistemas produtivos. Normalmente, os fabricantes e importadores estão diretamente envolvidos nesse processo, sendo o principal alvo da REP (LINDHQVIST, 2000).

A implementação da REP implica que os produtores, em geral fabricantes e importadores, ficam responsáveis pelos resíduos gerados pelo uso e descarte de seus produtos e respectivas embalagens. Outros atores envolvidos nas cadeias produtivas e na gestão dos resíduos pós-consumo, como os distribuidores, o comércio, recicladores, autoridades municipais e usuários, podem ser incluídos nos sistemas baseados na REP, com atribuições claras para cada um deles, mas a responsabilidade legal sobre tais programas é dos produtores (OCDE, 2001). A implementação da REP pode ser baseada em regulamentação governamental, como se deu na União Europeia, ou em iniciativas voluntárias, como na Suíça. Pode envolver uma grande variedade de instrumentos, tais como programas informativos, sistemas de coleta e destinação, contribuição financeira e *ecodesign* (LINDHQVIST, 2000; OCDE, 2016).

Desde que a REP foi formulada pela primeira vez, o número de sistemas em operação baseados nesse princípio tem crescido, a maioria deles na Europa e nos Estados Unidos, em âmbito nacional ou subnacional, frequentemente em resposta a requisitos legais. Em termos do tipo de produto coberto pela REP, os EEE representaram 35% dos sistemas em 2013, pneus, 18%, embalagens, 17%, veículos ou baterias automotivas, 12%, e outros, 18%, prevalecendo, portanto, os EEE. Quanto aos instrumentos adotados, o mais comum são os requisitos de coleta dos produtos pós-consumo, presente em 72% dos sistemas em 2013. Entre os resultados da implementação da REP, pode-se citar o desenvolvimento de uma indústria de gerenciamento de resíduos e reciclagem multibilionária. Há um consenso de que, apesar de a REP ter contribuído para o *ecodesign* em alguns países ou setores, ela raramente é suficiente para desencadeá-lo (OCDE, 2016).

Muitos países em desenvolvimento têm buscado implantar ou expandir sistemas baseados na REP, mas encontram alguns desafios em comum: a falta de participação de atores importantes, como os produtores e os recicladores; a ausência de uma estrutura de gestão de resíduos consolidada, e a conseqüente existência de um setor informal que gerencia uma parcela considerável dos resíduos sólidos e que pode acabar interferindo ou competindo com os sistemas baseados na REP. Uma das possíveis abordagens para a questão da informalidade é a inclusão do setor nos próprios sistemas baseados na REP (OCDE, 2016).

3.2.2 Logística reversa

O fluxo reverso de produtos e materiais é objeto de estudo desde a década de 1970 e passou a ser explorado de forma mais intensa nas décadas de 1980 e 1990, com o surgimento de diversas concepções de “logística reversa” (VALLE et al., 2014).

Uma das definições do conceito de logística reversa mais citadas na literatura consultada é a apresentada por Rogers e Tibben-Lembke (1998) como o processo, eficiente e de baixo custo, de planejamento e implantação do controle dos fluxos de materiais, de produtos acabados e de informações relacionadas, do ponto de consumo ao

ponto de origem, para recuperar o valor ou fazer o descarte de forma apropriada (SRIVASTAVA, 2007; VALLE et al., 2014; DEMAJOROVIC et al., 2016).

Portanto, a logística reversa objetiva tornar possível e viável o retorno dos bens ou de seus materiais constituintes ao ciclo produtivo ou de negócios, após terem sido descartados como produtos de pós-venda ou de pós-consumo. Tal definição transparece a existência de algumas categorias de logística reversa, divididas segundo a fase da cadeia de produção e consumo da qual provem os resíduos a serem submetidos ao fluxo reverso: logística reversa de pré-venda (ou resíduos industriais), logística reversa de pós-venda e logística reversa de pós-consumo (VALLE et al., 2014). Na pesquisa que se pretende desenvolver, será abordada somente a logística reversa de pós-consumo, entendida como instrumento de gestão de REEE.

Sob a ótica do poder público, similarmente à REP, a logística reversa pós-consumo mostra-se como instrumento que pretende promover a correta destinação, o reuso e a reciclagem, colaborando para a redução da necessidade de novas instalações de disposição final; transferir parte da responsabilidade da gestão, inclusive financeiramente, dos municípios ao setor privado, repassando aos consumidores o custo de gestão dos resíduos pós-consumo, de modo proporcional, e não a todos os contribuintes; aumentar a eficiência no uso dos recursos naturais pela sociedade; e ampliar a oferta de produtos ambientalmente amigáveis, priorizando o *ecodesign* (RIBEIRO, 2014).

Leite (2003) destaca, ainda, como objetivo da logística reversa a agregação de valor de diversas naturezas, como ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, entre outros.

A logística reversa também pode ser interpretada como uma das operações que compõem a chamada gestão sustentável da cadeia de suprimentos. De acordo com Srivastava (2007), a definição e o escopo da gestão sustentável da cadeia de suprimentos é ampla e variada, mas traz uma definição baseada na integração do pensamento ambiental no gerenciamento da cadeia de suprimentos, incluindo o design do produto, a seleção e o abastecimento de materiais, os processos de fabricação, a entrega do produto final aos consumidores, assim como o gerenciamento de fim de vida do produto após sua vida útil. Empresas que praticam essa gestão devem lidar com objetivos diversos e, até mesmo, conflitantes: por um lado, maximizar os lucros, o que, geralmente, implica em reduzir os custos e, por outro, minimizar os impactos ambientais e maximizar o bem-estar social, o que, em geral, acarreta aumento de custos. Ademais, praticar essa gestão envolve outro desafio: lidar com múltiplos tomadores de decisão (HASSINI; SURTI; SEARCY, 2012).

Podem ser chamados de sistemas de logística reversa, ou programas de logística reversa, ou, até mesmo, sistemas baseados na REP, em tradução livre a partir da terminologia empregada em inglês, os sistemas compostos por infraestrutura apropriada e processos para realizar o gerenciamento dos resíduos pós-consumo, da coleta à destinação final (CARVALHO et al, 2012; ONGONDO et al., 2011). Para os fins desta pesquisa, será empregada a expressão “sistemas de logística reversa” (SLR).

Os sistemas de logística reversa podem ser do tipo coletivo, que atendem a um conjunto de empresas para promover o retorno e destinação adequada de seus produtos pós-consumo, ou do tipo individual, que atendem a uma só empresa, para gerenciamento de seus próprios produtos pós-consumo (TOJO, 2008; LINDHQUIST, 2000). Quanto à origem dos resíduos inseridos no sistema, pode ser residencial/domiciliar ou de pessoas jurídicas, por exemplo, empresas, entidades e instituições públicas (RODRIGUES, 2012).

Diferentemente da logística tradicional, os sistemas de logística reversa envolvem ações ligadas à coordenação de dois mercados, o mercado consumidor de EEE e, portanto, gerador de REEE, e o mercado consumidor de matérias-primas secundárias produzidas por meio da reciclagem dos REEE ou mesmo de produtos remanufaturados. Além disso, envolvem a gestão das incertezas quanto ao fornecimento dos produtos pós-consumo e decisões sobre as opções de destinação desses materiais (SRIVASTAVA, 2007). No Quadro 7, apresentam-se algumas das principais diferenças entre a logística direta e a reversa, evidenciando as dificuldades intrínsecas à operacionalização da LR (OLIVEIRA, 2016).

Quadro 7 - Características da logística direta e da reversa

Logística direta	Logística reversa
Previsão direta.	Previsão mais difícil.
De um para vários pontos de distribuição.	De muitos para um único ponto (de consolidação/processamento/armazenamento).
Qualidade do produto uniforme.	Qualidade do produto variável.
Embalagem do produto uniforme.	Embalagem do produto geralmente danificada ou inexistente.
Destinações e rotas previsíveis.	Destinações e rotas menos previsíveis.
Preço relativamente uniforme.	Preço depende de vários fatores.
Velocidade é importante.	Velocidade não é prioridade.
Custos previsíveis.	Custos menos previsíveis.
Negociação direta entre as partes envolvidas.	Negociações complexas entre diversos atores.
Métodos de <i>marketing</i> bem conhecidos.	<i>Marketing</i> mais diversificado e complexo.

Fonte: adaptado de Oliveira (2016).

Mendes (2017) lista quatro etapas operacionais comuns aos sistemas de logística reversa:

- 1) Coleta – o primeiro estágio se refere às atividades que resultam na disponibilização do produto no SLR, sendo o papel do consumidor fundamental nessa etapa. A coleta pode ser realizada em locais como lojas, pontos de coleta disponibilizados especificamente para o sistema, pontos de coleta municipais e outros espaços públicos, bem como nas residências dos

consumidores ou nas instalações de empresas consumidoras, caso o sistema atenda pessoas jurídicas.

- 2) Triagem/Pré-processamento – a segunda etapa pode contemplar processos de desmontagem, separação, por tipo de produto e material, trituração, compactação e armazenagem, bem como testes para determinar se o produto apresenta condições de ser reutilizado. A triagem e o pré-tratamento dos materiais recebidos subsidiam a decisão sobre o tipo de destinação a ser adotado e otimiza a logística, devido à redução do volume dos resíduos.
- 3) Reprocessamento – etapa na qual ocorre a transformação do produto em algo que seja utilizável novamente. Essa transformação pode ser feita de diferentes formas, incluindo a reciclagem, mecânica, química ou energética, o reparo e a remanufatura, para possibilitar a reutilização.
- 4) Reinserção – o último estágio refere-se à comercialização dos materiais reciclados, incorporando-os a um novo ciclo produtivo. Os recicladores necessitam de um mercado comprador para as matérias-primas secundárias, enquanto que os compradores finais destes produtos exigem qualidade e um fornecimento contínuo e previsível destes materiais, sendo importante estabelecer boa comunicação entre esses atores.

Mendes (2017) faz a ressalva de que, no caso de materiais para os quais o reprocessamento não é possível devido à sua periculosidade ou por ser economicamente inviável, pode ocorrer a disposição em aterro ou a incineração sem aproveitamento energético. Ainda destaca duas etapas intermediárias, que interligam aquelas já citadas e se repetem ao longo de todo o processo: o transporte e o armazenamento (concentração) dos produtos. A principal função do armazenamento é acumular volumes maiores de produtos pós-consumo ou materiais de modo que sejam atingidas as quantidades que tornam seu transporte economicamente viável. Quanto ao transporte, diferenciam-se dois principais estágios: o transporte primário, dos locais de coleta até o centro de triagem, manufatura reversa ou armazenamento, e o secundário, dos centros de consolidação até as usinas de reciclagem ou demais locais de destinação (ABDI, 2013).

Fredholm, Gregory e Kirchain (2008) categorizam as variáveis de projeto de um SLR da seguinte maneira: escopo dos produtos, métodos de coleta, estrutura de gestão, estrutura financeira, logística de transporte e métodos de processamento dos materiais para reuso, recuperação e reciclagem. Segundo os autores, o projeto de um SLR deve ser realizado considerando o contexto em que será inserido, levando-se em conta fatores como a densidade populacional, a geração de REEE e as regulamentações referentes às atividades envolvidas na LR.

O escopo dos produtos abrangidos por um SLR de REEE pode variar significativamente, considerando a abrangência dos próprios REEE. Logo, pode-se separar as categorias de REEE, tais como equipamentos de informática e telecomunicação e eletrodomésticos de grande porte, em diferentes sistemas. No tocante aos métodos de coleta, eles podem variar de acordo com a origem dos resíduos (provenientes de pessoa física ou jurídica), mas as opções mais comuns são: coleta

realizada junto com a coleta seletiva municipal, em geral por meio da rede municipal de pontos de entrega voluntária (PEV); em pontos de coleta designados pelo sistema; em lojas do varejo que vendem EEE, podendo-se aceitar a coleta de qualquer consumidor ou somente dos que compraram novos produtos nas lojas; na residência dos consumidores, e por meio do envio dos REEE diretamente aos fabricantes originais. Tais opções podem estar combinadas em um mesmo sistema (FREDHOLM; GREGORY; KIRCHAIN, 2008; MENDES, 2017). Segundo Ibanescu et al. (2018), a combinação de pontos de coleta e a coleta nas residências resulta em um sistema eficiente. Qualquer segregação por marca ou classificação dos REEE coletados acrescenta custo ao sistema, mas incentiva o *ecodesign*, responsabilizando os produtores individualmente pelo tratamento de seus produtos no fim de vida (OCDE, 2016).

No que concerne à gestão dos SLR, eles podem ser administrados por produtores, recicladores, uma entidade governamental ou organizações instituídas pelos produtores para esse fim específico, frequentemente chamadas de entidades gestoras. As responsabilidades de gerenciamento do sistema incluem o estabelecimento e cobrança de taxas para cobrir os custos do SLR, a contratação e certificação dos prestadores de serviço de logística e processamento dos REEE, a publicidade do sistema, para que a população o conheça, e a prestação de informações sobre o sistema ao poder público (OCDE, 2016).

No que diz respeito à estrutura financeira do SLR, eles podem ser financiados diretamente pelo governo, pelos consumidores de EEE ou pelos produtores dos EEE. Nos sistemas baseados na REP, geralmente, os produtores são os responsáveis pelo financiamento do SLR. Caso o sistema seja financiado pelos consumidores, pode-se cobrar uma taxa de recuperação antecipada (do inglês *Advance Recovery Fee*) no momento da compra do produto, como acontece na Suíça, ou cobrar uma taxa de reciclagem no momento do descarte do produto pós-consumo, como ocorre no Japão. Já no caso em que os produtores financiam o sistema, há diversos modelos possíveis: eles podem ser cobrados proporcionalmente aos volumes de REEE de cada marca coletados pelo governo; pode ser cobrado de cada produtor um percentual dos custos mais recentes do gerenciamento dos REEE com base no seu *market share*, isto é, no percentual de vendas de cada produtor em relação ao total, ou pode haver uma taxação de cada EEE no momento em que é inserido no mercado do país (OCDE, 2016; MENDES, 2017).

Em vários países, como os europeus, permite-se que a responsabilidade seja compartilhada entre os produtores, constituindo sistemas coletivos, nos quais o conjunto de produtores é responsável pela coleta e destinação de todos os REEE inseridos no sistema. Os sistemas do tipo coletivo podem alcançar maiores economias financeiras de escala do que os fabricantes que operam individualmente (FREDHOLM; GREGORY; KIRCHAIN, 2008; OCDE, 2016; MENDES, 2017).

3.2.3 Modelo europeu para a gestão de REEE

Apesar de alguns países já possuírem sistemas para coleta dos REEE baseados na REP desde o final da década de 1990, um marco do desenvolvimento da gestão de REEE na Europa, e consequente implementação da REP, foi a promulgação, em 2003, da Diretiva 2002/96/CE, que se baseou no conceito de Responsabilidade Estendida do Produtor e teve como objetivo prioritário reduzir o volume de REEE gerado. Em conjunto com essa Diretiva, foram publicadas outras duas: a Diretiva 2002/95/CE (RoHS), que criou restrições quanto ao uso de substâncias químicas nos EEE, visando amenizar seu impacto ambiental ao atingirem o tempo de vida útil, e a Diretiva 2005/32/CE, conhecida como EuP (do inglês *Energy-using products*), que definia requisitos para o ecodesign de produtos que consomem energia (CAHILL; GRIMES; WILSON, 2011; OLIVEIRA, 2016).

A Diretiva 2002/96/CE, que entrou em vigor em 2005, teve o objetivo de promover a prevenção da geração dos REEE, assim como a reutilização, reciclagem e outras formas de valorização desses resíduos, e melhorar o comportamento ambiental de todos os operadores envolvidos no ciclo de vida dos EEE. Determinou a criação de sistemas para coleta e destinação adequada dos REEE, a cargo dos produtores. Posteriormente, em 2012, a Diretiva 2012/19/CE substituiu a Diretiva 2002/96/CE, mantendo o conceito de REP (CE, 2003; CE, 2012).

Na Diretiva 2012/19/CE, definem-se como produtores aqueles que fabricam EEE sob nome ou marca próprios, ou mandem conceber ou fabricar EEE e os comercializem sob nome ou marca próprios; procedam à revenda, sob nome ou marca próprios, de equipamentos produzidos por outros fornecedores; coloquem no mercado EEE provenientes de outro país, ou vendam EEE, por meio de técnicas de comunicação à distância, mas estejam localizados em outro país (CE, 2012).

Definem-se percentuais mínimos de coleta dos REEE, de modo a garantir a aplicação da REP: para 2016, 45% em relação às quantidades de EEE colocadas no mercado nos três anos anteriores e, a partir de 2019, 65%, ou 85% dos REEE gerados no Estado Membro. Para comprovar o atingimento das taxas de coleta, devem ser fornecidas aos governos dos países, no mínimo, os seguintes dados: REEE recebidos nas instalações de coleta e de tratamento, recebidos pelos distribuidores e coletados seletivamente pelos fabricantes/importadores ou por terceiros agindo em nome deles. Também são estabelecidos objetivos mínimos de reciclagem e valorização para cada categoria de REEE abrangida pela Diretiva e, visando a combater a exportação ilegal de REEE, estabelecem-se requisitos mínimos para garantir que sejam exportados a países não-membros EEE usados, mas aptos ao funcionamento, e não resíduos (CE, 2012).

Na referida Diretiva, consta uma distinção entre os REEE de uso doméstico e não-doméstico, prevendo a participação do comércio na coleta dos primeiros. Também há distinção entre os resíduos históricos, provenientes de EEE colocados no mercado antes da Diretiva 2002/96/CE entrar em vigor, e os não-históricos, principalmente quanto às responsabilidades e mecanismos de financiamento. Quanto ao *ecodesign*,

estabelece que os produtores devem promovê-lo, isto é, conceber e produzir os EEE com vista a facilitar a reutilização, desmontagem e valorização dos REEE e prevê o emprego de taxas diferenciadas a serem cobradas dos produtores, em função da reciclabilidade do produto, o que impulsiona o *ecodesign*. Prioriza-se a reutilização, estabelecendo que, para maximizá-la, haja, nos pontos de coleta, a separação dos resíduos a serem enviados para a reutilização. Em relação ao financiamento dos SLR, cada produtor deverá cobrir os custos da gestão dos resíduos provenientes de seus próprios produtos, porém essa responsabilidade pode ser exercida de forma coletiva. Ademais, estabelece que os produtores deverão financiar, no mínimo, a coleta, o tratamento, a valorização e a eliminação dos REEE entregues nas instalações de coleta, sendo que essa responsabilidade pode se estender à etapa de coleta dos REEE a critério do Estado-Membro. Ainda, estabelece a mesma responsabilidade aos fabricantes/importadores quanto aos REEE de uso não domiciliar, mas permite que sejam estabelecidos acordos entre os geradores e os fabricantes/importadores que prevejam outros modos de financiamento (CE, 2012).

Quanto às informações a serem prestadas pelos produtores sobre a LR de REEE, estabelece que deve existir um registro nacional dos produtores (ou seus representantes caso eles não entejam sediados no Estado Membro) e que deve ser dada aos produtores e seus representantes a possibilidade de inserir, em seu registro, os dados referentes ao cumprimento da Diretiva por via eletrônica. Nos relatórios anuais, os produtores ou seus representantes devem informar as quantidades, em peso, e categorias de EEE colocados no mercado e de REEE recolhidos seletivamente, preparados para a reutilização, reciclados, valorizados e eliminados no Estado-Membro e exportados, dentro e fora da UE (CE, 2012).

De modo mais detalhado, a Decisão 2005/369/CE, de 2005, estabelece o formato para comunicação de dados pelos Estados Membros: quantidades de EEE colocados no mercado; de REEE coletados de origem domiciliar, de origem não-domiciliar e total; tratados no próprio país, em outro país e fora da Comunidade Europeia. Todas essas quantidades devem ser informadas em peso (toneladas) e por categoria de produto (dentre as 10 categorias determinadas na Diretiva). Em relação à valorização, reutilização e reciclagem, determina que devem ser informadas as quantidades (em peso) e percentuais (em relação ao total coletado) de: REEE valorizados, reutilizados e reciclados (soma) e reutilizados como equipamento inteiro, dado não obrigatório (CE, 2005).

Cada país membro da UE é responsável por implementar as Diretivas, regulamentando seus aspectos operacionais por meio da legislação nacional ou local. Somam-se a isso as diferenças socioeconômicas e culturais entre os países. Assim, observa-se certa heterogeneidade entre os SLR de REEE que se estabeleceram nos países europeus, havendo discrepâncias quanto à performance técnica e econômica de cada um (CE, 2014). A Espanha, por exemplo, coletou 3,98 kg *per capita* em 2014, enquanto a Noruega, Bélgica, Irlanda e Holanda, coletaram 20,87; 10,38; 9,73 e 8,41, respectivamente (EUROSTAT, 2017).

Entretanto, segundo Baldé et al. (2017) em geral, os percentuais de coleta divulgados pelo Eurostat não se alteraram significativamente desde 2009, permanecendo cerca de 37% (em relação aos EEE colocados no mercado nos anos anteriores). Portanto, avaliam que alcançar as metas definidas na nova Diretiva relativa aos REEE até 2019 será muito desafiador. Nesse sentido, afirmam que uma questão fundamental é capturar as quantidades presentes em múltiplos fluxos complementares, incluindo o descarte com outros resíduos ($\approx 10\%$ dos resíduos), a reciclagem complementar (não relatada) de peças e materiais valiosos ($\approx 40\%$), exportação para reutilização ($\approx 10\%$) e exportações ilegais ($\approx 5\%$). Alguns países, como Holanda, França, Irlanda e Portugal, já tem aplicado essa ideia, adotando um modelo de prestação de dados (*reporting*) baseado em diversos atores da cadeia de gerenciamento dos REEE, tais como sucateiros, assistências técnicas e lojas de equipamentos de segunda-mão, a fim de melhorar os números oficiais divulgados (BALDÉ et al., 2017).

Com relação às tarifas pagas pelos produtores para financiar os SLR, há vários métodos para calculá-las e cobrá-las, com base no tipo de produto, peso, categorias que incluem uma gama de produtos, proporcional ao preço do produto, uma taxa fixa por produto colocado no mercado, ou mesmo pela divisão dos custos reais do sistema entre os produtores com base no *market share*. As tarifas também podem ser determinadas em função de critérios ambientais, tais como o potencial de reutilização do produto, sua reciclabilidade, seu tempo de vida útil e a presença de substâncias químicas perigosas, a exemplo da França. Além disso, não são apresentadas da mesma forma, não permitindo comparação entre os países. Por exemplo, na França, as tarifas estão divididas por subcategorias de EEE e por unidade de EEE, enquanto, na Grécia, são calculadas por categoria e por tonelada de EEE (KHETRIWAL et al., 2011; CE, 2014).

Apesar da heterogeneidade, existem algumas similaridades entre os SLR existentes nos países europeus, entre as quais podem ser citadas (CAHILL; GRIMES; WILSON, 2011; CE, 2014; OCDE, 2016):

- Foram adotados SLR coletivos baseados na REP, sendo que a maior parte desses sistemas foi criada em 2005, a partir da Diretiva 2002/96/CE. Apesar da predominância dos sistemas coletivos, coexistem sistemas individuais, gerenciados diretamente pelos produtores.
- Existem, na grande maioria dos países, mais de uma organização de responsabilidade do produtor (ORP ou, em inglês, *Producer Responsibility Organisation* – PRO), conhecidas também como entidades gestoras, que operacionalizam a REP em nome das empresas aderentes. Suas principais funções são: organizar, contratar, supervisionar a coleta e destinação dos REEE, financiar o sistema, por meio da coleta de taxas e redistribuição dos recursos entre os atores, além de gerenciar dados e informações referentes a essas atividades, inclusive fornecendo-os aos órgãos de controle, e representar as empresas no diálogo com o governo. Elas podem atuar em competição ou não, mas, no caso dos REEE, o fato de haver mais de uma entidade gestora pode não significar que elas atuam em competição, pois

cada uma pode abranger categorias de resíduos distintas. A maioria não possui fins lucrativos. Em geral, elas devem obter autorização dos órgãos ambientais para atuar.

- Nos casos em que há várias entidades gestoras, pode existir a chamada *clearinghouse*, que, em português, poderia ser traduzida livremente como centro de informações. É uma entidade neutra que ajuda a coordenar o trabalho das gestoras, garantindo que a coleta está sendo realizada nos locais previstos e que não há favorecimento de algumas gestoras. Além disso, pode exercer a função de entidade nacional de registro, que possui o papel de registrar os fabricantes e importadores de EEE que atuam em cada país, e coletar dados sobre as quantidades coletadas, recicladas, recuperadas e exportadas e repassá-las às autoridades competentes. Alternativamente, outros atores podem exercer a função de entidade nacional de registro, até mesmo órgãos públicos.
- Para lidar com a questão dos produtos órfãos, ou seja, aquele cujos produtores não podem ser identificados, há a cobrança de taxas aos produtores no momento em que os EEE são colocados no mercado, servindo como garantia financeira. Entretanto, onde há SLR coletivos, o fato de o produtor ser membro da ORP já vale como garantia.
- Há uma distinção entre os REEE históricos, isto é, aqueles colocados no mercado antes da vigência da primeira Diretiva WEEE (13/08/2005), e os novos. Em geral, os custos de gerenciamento dos REEE históricos são divididos por todos os fabricantes e importadores, com base no *market share*.
- Em muitos países, a responsabilidade física pela coleta e destinação dos REEE é compartilhada por fabricantes, importadores, municípios e distribuidores. Já a responsabilidade financeira, que, em geral, compreende todo o processo de gerenciamento dos REEE, da coleta à destinação final, é compartilhada por fabricantes, importadores e, em muitos casos, distribuidores. No entanto, nos casos em que há participação dos municípios na coleta, parte dos custos acabam sendo arcados pelo próprio município, pois os repasses dos produtores não cobrem todos os gastos.
- Quem realiza o monitoramento, fiscalização e aplicação de sanções pelo não cumprimento da REP, geralmente, é o órgão ambiental nacional.
- Quanto à prestação de informações sobre o funcionamento e os resultados do SLR, as ORP ou as empresas que possuem SLR individuais devem enviar um relatório anual aos órgãos ambientais, em geral por meio de um sistema informático. Em alguns casos, isso pode ser feito pela *clearinghouse*.

Apesar de o modelo europeu para SLR ser considerado como exitoso e uma referência para os demais países, muito autores alertam para problemas como a exportação ilegal dos REEE dos países europeus para países pobres da África e Ásia; o desvio, por canais informais, de parte do fluxo de REEE que deveria ser coletado pelos SLR formais, e o descarte dos REEE junto com os resíduos sólidos urbanos

(OLIVEIRA, 2016; BALDÉ et al., 2017). Oliveira (2016) ressalta que as próprias estatísticas formais referentes à coleta e destinação dos REEE na Europa podem estar superestimadas, mascarando tais problemas.

3.2.4 Modelo japonês para gestão de REEE

No Japão, existem dois esquemas de gestão bastante distintos segundo a categoria de REEE. Para quatro categorias de resíduos de grande porte, aparelhos de ar condicionado, televisores (CRT, LCD, plasma), refrigeradores e máquinas de lavar e secar roupa, o marco regulatório é a chamada “Lei de Reciclagem de Grandes Eletrodomésticos”, de 1998, mas que começou a vigorar em 2001. Já para os demais REEE, existe a “Lei de Reciclagem de Eletrodomésticos de Pequeno Porte”, de 2012, em vigor desde 2013 (RASNAN et al., 2016).

a. Eletrodomésticos de grande porte

Segundo a “Lei de Reciclagem de Grandes Eletrodomésticos”, os fabricantes/importadores foram separados em dois grupos, iguais em termos da quantidade de produtos manufaturados/importados e de unidades recicladas. O grupo A teve a função de utilizar e melhorar as plantas de reciclagem já existentes a baixo custo, enquanto o grupo B foi responsável por estabelecer suas próprias empresas de reciclagem de alta tecnologia. Pode-se classificar o SLR como predominantemente coletivo, mas com a coexistência de sistemas individuais. Cada fabricante e importador é responsável, fisicamente, por coletar e prover a destinação adequada aos seus produtos pós-consumo. Diferentemente do caso europeu, a responsabilidade financeira é arcada pelos consumidores. Além disso, devem estabelecer pontos de coleta para receber seus produtos pós-consumo que foram coletados pelos varejistas. Entretanto, existe o papel da chamada “empresa designada”, que realiza a coleta e destinação dos produtos pós-consumo cujos fabricantes e importadores são empresas de pequeno porte ou não existem mais, abrangendo o caso dos produtos órfãos. Os eletrodomésticos de grande porte gerados por pessoas jurídicas são regulados como resíduos industriais. A Lei também estabeleceu metas referentes às taxas de reciclagem a serem alcançadas pelos fabricantes/importadores, variando entre 50 e 60% de acordo com o tipo de equipamento. Ademais, os fabricantes/importadores são obrigados a coletar os CFC, HCFC e HFC contidos em refrigeradores e aparelhos de ar condicionado (AIZAWA; YOSHIDA; SAKAI, 2008).

Quanto à coleta, cada varejista é obrigado a coletar os equipamentos que foram vendidos por ele e aqueles cuja coleta é solicitada pelos consumidores no ato da compra, isto é, o equipamento que está sendo substituído por um novo. O consumidor solicita o serviço de coleta em domicílio e o varejista cobra dele a tarifa de reciclagem, que compreende uma tarifa para cobrir os custos relativos à coleta e ao transporte e outra para cobrir os custos do processamento, reciclagem dos REEE. A tarifa relativa à

coleta e transporte é definida pelos próprios varejistas com base na distância de transporte e no tipo e porte do equipamento. Já a outra tarifa é definida individualmente por cada fabricante/importador e está sujeita a revisões regulares. Os consumidores não são obrigados a descartar, mas, devido à insuficiência de espaço nas residências japonesas, eles, em geral, o fazem voluntariamente. O município também atua na coleta, com o papel de coletar os produtos pós-consumo de uso doméstico cuja obrigação de coleta não pode ser imposta ao varejista, pois a empresa varejista não existe mais ou pelo fato de a transação comercial não configurar aquisição do mesmo tipo de equipamento em substituição do antigo (AIZAWA; YOSHIDA; SAKAI, 2008; YOSHIDA e YOSHIDA, 2014; SOEDA, 2016; OCDE, 2016).

Após a coleta, tanto os varejistas quanto os municípios transferem os resíduos coletados a pontos de coleta estabelecidos coletivamente pelos fabricantes/importadores e pelas empresas designadas. Nesses locais, os produtos são separados, segundo sua marca, nos dois grupos definidos pela Lei e encaminhados à desmontagem e reciclagem, majoritariamente. Uma pequena parcela vai para reutilização. Para garantir que os resíduos sejam entregues aos fabricantes/importadores, foi criado um sistema de manifesto, em papel, não *online*, pelo qual as autoridades e consumidores podem rastrear os REEE e averiguar se foram adequadamente transportados e reciclados (AIZAWA; YOSHIDA; SAKAI, 2008; YOSHIDA e YOSHIDA, 2014; SOEDA, 2016; OCDE, 2016).

O governo do Japão, por meio do Ministério do Meio Ambiente (MOE) e do Ministério de Economia, Comércio e Indústria (METI), é responsável por promover a pesquisa e desenvolvimento, oferecer assistência técnica, promover a educação ambiental e disseminar informações sobre o descarte desses resíduos. Além dessas atribuições, o MOE é responsável pelo controle, inspeção e aplicação de penalidades sobre os fabricantes/importadores e varejistas que não cumprirem a Lei. No site do MOE, são publicados os dados referentes à performance da coleta e reciclagem dos REEE (SOEDA, 2016; OCDE, 2016).

A Lei determinou que o governo deveria avaliar os progressos em sua implementação cinco anos após a data em que começou a vigorar. Assim, o MOE e METI criaram um conselho consultivo ou comitê para auxiliar o governo no processo de avaliação, revisão das regulamentações e políticas e identificação de oportunidades de melhoria do SLR. Tal comitê integra representantes de todas as partes interessadas no SLR: associações de fabricantes e importadores, grupos de consumidores, poder público municipal, recicladores, varejistas, pesquisadores, entre outros. A primeira avaliação foi realizada em 2006-2007 e, a segunda, em 2013, culminando no estabelecimento de uma meta de coleta de, no mínimo, 56% dos resíduos gerados e no aumento das metas relativas a taxas de recuperação (reutilização e reciclagem, excluindo a reciclagem energética) para as categorias de produto abrangidas, com base nas quantidades recuperadas nos anos anteriores e na reciclabilidade dos materiais contidos nos REEE. Para 2015, as metas variaram entre 55% para televisores CRT e 82% para lavadoras de roupa. No entanto, já em 2013 tais metas foram superadas, visto

que a taxa de recuperação foi de 79% para televisores CRT, 88% para lavadoras de roupa e 91% para aparelhos de ar condicionado, em relação às quantidades coletadas naquele ano (YOSHIDA e YOSHIDA, 2014; SOEDA, 2016; OCDE, 2016).

Juntamente com a Lei referente aos eletrodomésticos de grande porte, foi promulgada a chamada “Lei para a Promoção da Utilização Efetiva de Recursos”, cujo principal objetivo é incentivar os produtores a reduzir a geração de resíduos, utilizar materiais reciclados e aumentando a capacidade de reciclagem (reciclabilidade) dos EEE através da adoção do *Design for Environment* ou *ecodesign*. Ela se aplica a REEE e demais resíduos. Em 2006, foram feitas alterações em tal lei, de modo que fabricantes e importadores passaram a ser obrigados a rotular o conteúdo material dos EEE contendo seis substâncias: chumbo, mercúrio, cromo VI, cádmio, PBB e PBDE (RASNAN et al., 2016).

Ainda em relação ao *ecodesign*, o comitê consultivo formado pelo MOE e METI mantém contato com a indústria recicladora para identificar oportunidades de melhorias específicas no *design* dos produtos e aplica periodicamente um questionário para conhecer os procedimentos empregados para a reciclagem dos REEE. Em 2012, esse comitê publicou a terceira edição do “Guia sobre rotulagem e símbolos referentes à reciclagem em componentes plásticos de eletrodomésticos” para orientar o projeto dos produtos de modo a facilitar a desmontagem e reciclagem. Os principais focos são: redução do número de plásticos diferentes e de componentes usados na produção dos EEE, estrutura do produto projetada para a desmontagem, rotulagem dos componentes com os materiais presentes e indicação das posições dos parafusos. Vale ainda destacar que existe uma comunicação estreita entre fabricantes e recicladores, com ações como o treinamento de engenheiros que trabalham na fabricação de EEE em recicladoras de REEE, por meio da realização de estágios ou trabalho de pesquisa (OCDE, 2016).

Segundo Aizawa et al. (2008), a responsabilidade física dos fabricantes/importadores pela destinação dos produtos pós-consumo parece ter estimulado o *ecodesign*. Citam, como evidências de alterações no projeto dos EEE para facilitar a reciclagem, o fato de alguns produtores terem reduzido a quantidade de componentes dos EEE, diminuindo seu tempo de desmontagem, e a variedade de plásticos utilizados, para aumentar o volume de plástico reciclável. Afirmam, ainda, que os recursos obtidos pelos produtores por meio da taxa de reciclagem pode ter permitido o avanço do *ecodesign* e das tecnologias para reciclagem, com investimentos em pesquisa e desenvolvimento, por exemplo.

Entre os problemas enfrentados, podem ser citados o fluxo de REEE fora do SLR e o descarte e a exportação ilegais de REEE. Estima-se que quase metade do fluxo de produtos pós-consumo sujeitos à “Lei de Reciclagem de Grandes Eletrodomésticos” não é direcionada ao SLR formal e que em torno de 30% é comercializado como bens de segunda-mão ou sucata. Uma preocupação é que a taxa de reciclagem cobrada no momento do descarte pode influenciar os consumidores a descartar os REEE ilegalmente. Outra recai sobre os varejistas. Uma fração do fluxo de produtos pós-consumo coletados pelos varejistas é direcionada ao reuso, não ao SLR. Entretanto, já

foi constatada a transferência ilegal de parte desse fluxo a traficantes internacionais de resíduos. Ademais, foram verificados caminhões que deveriam estar transportando os produtos pós-consumo coletados, mas estavam vazios; casos em que o governo japonês aplicou penalidades aos varejistas.

Para combater tais problemas, houve o endurecimento da regulamentação que proíbe o descarte ilegal dos REEE pelos consumidores, o desenvolvimento de critérios para a exportação de EEE com o fim de reutilização, o estabelecimento de parcerias e cooperação entre o governo e o setor de comércio e representantes dos consumidores, e o suporte à implementação da Convenção de Basiléia. Finalmente, alguns autores sugerem que a taxa de reciclagem seja substituída pela taxa do tipo depósito-reembolso, modelo em que o consumidor recebe de volta o valor pago no depósito ao devolver o REEE, de modo a incentivar o descarte correto dos REEE (AIZAWA; YOSHIDA; SAKAI, 2008; OCDE, 2016; RASNAN et al., 2016).

b. Eletrrodomésticos de pequeno porte

O principal foco da “Lei de Reciclagem de Pequenos Eletrodomésticos” foi promover a recuperação de materiais valiosos e perigosos contidos em pequenos eletrodomésticos, tais como telefones celulares, câmeras e consoles de *videogame*. Esses eletrodomésticos diferem dos demais REEE devido ao seu tempo de vida útil mais curto e por conterem mais metais valiosos, tais como as terras raras (RASNAN et al., 2016). São alvo dessa Lei EEE utilizados no dia-a-dia dos consumidores em geral, classificados em 28 grupos, excetuados os quatro grupos englobados pela Lei dos eletrodomésticos de grande porte (SOEDA, 2016).

A principal diretriz norteadora do SLR de pequenos eletrodomésticos é a promoção da recuperação (ou reciclagem) dos materiais presentes nos REEE e a cooperação entre os atores envolvidos. Os fabricantes e importadores são responsáveis por melhorar o projeto de seus produtos de modo a reduzir os custos da sua reciclagem e a utilizar matérias-primas recicladas e recicláveis. Mais especificamente, devem utilizar os materiais provenientes da reciclagem de REEE para a fabricação dos EEE, a exemplo da configuração de reciclagem de ciclo fechado. Os varejistas devem cooperar para garantir o descarte adequado pelos consumidores, os quais são responsáveis por fazer o descarte seletivo dos REEE. O governo japonês deve auxiliar tecnicamente os municípios, promover atividades educativas e de publicidade quanto à LR de REEE, a coleta de informações e o desenvolvimento de pesquisas, bem como a definição da Diretriz Básica, que contempla orientações sobre as responsabilidades dos envolvidos, sobre assuntos como a proteção de dados dos consumidores previamente ao descarte, definição da meta referente à coleta de REEE: 140 mil toneladas por ano até 2015 (ano fiscal japonês), que corresponde a 1 kg/ano *per capita*, e medidas para atingimento dessa meta. Já os municípios são responsáveis por coletar seletivamente os REEE, isto é, promover a coleta dos REEE separadamente dos resíduos sólidos urbanos, e entregá-

los às empresas certificadas ou outras empresas que comprovem que podem reciclá-los adequadamente (RASNAN et al., 2016; SOEDA, 2016).

É importante esclarecer o papel da chamada “empresa certificada”. O empreendedor que deseje atuar no ramo de reciclagem de REEE deve elaborar o plano de negócios e submetê-lo à aprovação do MOE e do METI. Caso ele receba a aprovação/certificação dos Ministérios para seu plano de negócios de reciclagem, fica isento de solicitar a licença para coleta e transporte que é concedida pelos municípios. Além de aprovar o plano, o governo deve cobrar relatórios, fiscalizar os empreendimentos que receberam a aprovação, podendo cancelar a certificação caso haja irregularidades (SOEDA, 2016).

Quanto à coleta dos REEE, é realizada primordialmente pelas municipalidades e de três formas diferentes: 1) por meio da instalação de pontos de coleta em locais públicos, em PEV ou em lojas varejistas; 2) juntamente com a fração de resíduos não-incineráveis da coleta seletiva municipal, sendo os REEE triados dentro dessa fração; 3) pela instalação de recipientes de coleta em eventos específicos, tais como jogos de futebol e eventos de conscientização, isto é, por campanhas de coleta. Cada município define quais modos de coleta irá empregar. Não há cobrança de taxa específica dos consumidores para descarte dos REEE. De modo complementar à coleta pelo município, os varejistas também podem participar da coleta por meio da instalação de PEV em suas lojas ou pela coleta no domicílio, aproveitando o mesmo veículo que realiza a entrega de produtos nas residências dos consumidores para coletar os REEE (frete de retorno). Da mesma forma, as próprias empresas certificadas podem providenciar a coleta no domicílio: o consumidor registra pela Internet o REEE que deseja descartar e agenda a sua retirada (SOEDA, 2016).

Em 2013, ano em que a Lei referente aos equipamentos de pequeno porte entrou em vigor, foram coletadas em torno de 24 mil toneladas de REEE de pequeno porte, valor muito abaixo da meta de 140 mil toneladas por ano e das 650 mil toneladas geradas no país anualmente. Desde 2013, a quantidade de municípios engajados na reciclagem de REEE vem aumentando de forma constante, sendo que, em 2015, 60% do total de municípios já estava com a Lei implementada ou se articulando para sua implementação. Estima-se que, para atender à meta, será necessário maior engajamento dos envolvidos, melhorar e potencializar a coleta e haver mais divulgação sobre esse tema (SOEDA, 2016).

Rasnan et al. (2016) afirmam que, com as Leis já mencionadas e consequente implementação dos SLR de REEE, houve significativas vantagens econômicas para a indústria de reciclagem japonesa como um todo, devido à redução dos custos de reciclagem e ao aumento das receitas provenientes da recuperação dos materiais; além de impactos socioambientais positivos.

3.3 GESTÃO DE REEE NO BRASIL

A proposta desta seção é trazer um panorama da gestão dos REEE no Brasil, incluindo o quadro regulatório, as iniciativas relacionadas a sistemas de logística reversa, o modelo de SLR proposto nacionalmente e a experiência do Estado de São Paulo, que se destaca na implementação da LR.

3.3.1 Gerenciamento

Nos países em desenvolvimento e, em especial, no Brasil, o cenário do gerenciamento de REEE caracteriza-se pelos seguintes elementos (ONGONDO et al, 2011; RODRIGUES, 2012):

- Alto grau de reparo e reuso, o que ocasiona a extensão da vida útil dos EEE;
- Grande parcela dos REEE é coletada com os resíduos sólidos urbanos e acaba sendo disposta em aterros;
- Parte dos REEE coletados é exportada para ser processada e reciclada;
- As etapas de coleta, logística, processamento e reciclagem dos REEE apresentam alto grau de informalidade.

Não há informações oficiais ou confiáveis sobre o comércio ilegal de REEE no Brasil. Há indícios de um mercado de reutilização de REEE, mas o tamanho desse mercado não é facilmente mensurável. O reuso de EEE em cascata mostra-se bastante comum, baseado na revenda, como equipamentos de segunda-mão, pela internet ou mesmo em lojas, e na doação desses equipamentos para entidades assistenciais ou diretamente a pessoas de baixa renda, prolongando o tempo de vida útil do produto, mas com grandes variações regionais (OLIVEIRA; BERNARDES; GERBASE, 2012; ABDI, 2013).

Visto que custa caro construir e operar usinas de reciclagem formais, elas acabam sendo raras em países menos desenvolvidos, como o Brasil. Assim, observa-se que, durante o processamento informal dos REEE, retiram-se somente os materiais de maior valor e potencial de venda e descarta-se, muitas vezes inadequadamente, o restante (RODRIGUES, 2012; GRANT et al., 2013).

Quanto à participação dos catadores de materiais recicláveis no gerenciamento de REEE, Demajorovic et al. (2016) ressaltam que os catadores, tradicionalmente habituados a manipular resíduos sólidos urbanos, possuem pouco preparo para lidar com os riscos relativos à saúde, à segurança e ao ambiente relacionados aos REEE. Segundo Dias et al. (2018), a participação de catadores na coleta de REEE no país não é tão representativa quanto no caso de outros materiais, tais como as sucatas metálicas, sendo o método de coleta mais comumente empregado pelos recicladores formais o recebimento dos REEE diretamente das empresas parceiras ou clientes (envio direto).

Dias et al. (2018) identificaram 134 recicladores de REEE atuando no país, a maioria concentrada nas regiões sudeste e sul, principalmente no estado de São Paulo, onde estão 45,5% deles. Reconhecem a existência de recicladores informais, ou seja, que não possuem autorização para realizar a atividade de reciclagem de REEE e que,

em geral, não empregam as devidas medidas de proteção ambiental e da saúde ocupacional, os quais não foram abrangidos pela pesquisa. Alertam, ainda, que os bancos de dados dos órgãos ambientais não distinguem os recicladores de REEE de outros tipos de recicladores, pois não há uma classificação específica para esse tipo de reciclagem, isto é, não há código exclusivo para reciclagem de REEE na CNAE – Classificação Nacional de Atividades Econômicas. Além disso, apesar de ser necessária licença ambiental para realizar esse tipo de atividade, grande parte dos recicladores identificados na pesquisa não constava da lista de empreendimentos licenciados pelos órgãos ambientais estaduais. Concluem que a falta de informação e controle sobre a atividade dos recicladores de REEE é ainda um desafio a ser enfrentado para que se faça cumprir a legislação.

Quanto à cadeia de reciclagem de REEE no país, Dias et al. (2018) observam que ela opera de forma a concentrar os componentes de alto valor agregado e exportá-los. As receitas com a exportação são elevadas, a pontos de manter toda a cadeia, que pode chegar a ter até cinco agentes envolvidos: catadores, empresas de desmontagem, empresas nacionais de reciclagem, exportadores e recicladores no exterior. No Brasil são realizadas somente as etapas iniciais da reciclagem dos REEE, isto é, a triagem, desmontagem e, em alguns casos, a trituração. Os materiais que podem ser separados manualmente de menor valor agregado, tais como alumínio, cobre, ferro, plásticos e vidro, são destinados a recicladores dentro do país, que realizam o processo de reciclagem característico de cada material. Já os materiais ou componentes cuja desmontagem é complexa e que possuem alto valor agregado, pois possuem metais preciosos e escassos, tais como placas de circuito impresso, discos rígidos, memórias e processadores de computadores, bem como refrigeradores, são exportados para serem reciclados em países como Estados Unidos, Singapura, Japão, Bélgica, Holanda e Alemanha.

Os autores ponderam que, apesar de ainda não haver, no país, um sistema de coleta confiável que garanta o suprimento de REEE aos recicladores, por um lado, existe um forte setor industrial de metalurgia primária, que produz boa parte dos metais encontrados em componentes complexos dos REEE, tais como ouro, índio, chumbo, prata e níquel e, por outro, a concentração desses materiais nos REEE é superior à dos próprios minérios e as etapas do processo de recuperação desses materiais são reduzidas se comparadas à metalurgia primária. Concluem, portanto, que é importante avaliar a possibilidade de instalação de recicladores dos componentes mais complexos dos REEE no Brasil (DIAS et al., 2018).

Similarmente, JICA (2017) aponta que a maioria dos recicladores no país possui apenas instalações para a descaracterização de eletroeletrônicos de pequeno e médio porte, como computadores, havendo somente duas unidades que possuem equipamentos para recuperação de gases CFC dos materiais de isolamento térmico de refrigeradores e para trituração de eletrodomésticos de grande porte; e ressalta a necessidade de ampliar a capacidade nacional de reciclagem de modo a poder atender à futura implantação de um SLR plenamente operacional e abrangente.

Estão em vigor no país duas normas técnicas que orientam as atividades relacionadas ao gerenciamento de REEE: a Norma ABNT NBR 15.833, de 2010, que trata da manufatura reversa de aparelhos de refrigeração, que contêm gases CFC, e a NBR 16.156, de 2013, que define requisitos para a manufatura reversa de REEE em geral (ABNT, 2010; ABNT, 2013).

3.3.2 Logística Reversa de REEE no Brasil

Em âmbito federal, não existe uma lei específica que regule a gestão de REEE. Entretanto, a PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº 12.305/2010, regulamentada pelo Decreto nº 7.404/2010, representa um novo paradigma para a gestão de REEE, uma vez que (BRASIL, 2010a; BRASIL, 2010b):

- Institui o conceito de “responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos”, que abrange os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, os consumidores e os titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos e deve ser implementada de forma individualizada e encadeada, diferentemente da Responsabilidade Estendida do Produtor;
- Estabelece que os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes têm responsabilidade que abrange: “(I) investimento no desenvolvimento, na fabricação e na colocação no mercado de produtos: a) que sejam aptos, após o uso pelo consumidor, à reutilização, à reciclagem ou a outra forma de destinação ambientalmente adequada; b) cuja fabricação e uso gerem a menor quantidade de resíduos sólidos possível; (II) divulgação de informações relativas às formas de evitar, reciclar e eliminar os resíduos sólidos associados a seus respectivos produtos”;
- Estabelece a obrigação de “estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos”, aos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de produtos eletroeletrônicos e seus componentes.

Além dos “equipamentos eletroeletrônicos e seus componentes”, a PNRS também estabelece como objeto de sistemas de logística reversa e da responsabilidade compartilhada as “lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista”, “embalagens de agrotóxico”, “óleos lubrificantes e suas embalagens”, “pilhas e baterias”, e “pneus”. Entretanto, para muitos desses resíduos, tais como embalagens de agrotóxicos, óleo lubrificante, pilhas e baterias e pneus, já haviam sido publicados regulamentos a nível federal desde o final das décadas de 1980 e 1990 e início dos anos 2000, os quais ensejaram a criação de quatro sistemas de logística reversa: o de embalagens de agrotóxicos usadas, atualmente o mais antigo em operação no país, o de pneus inservíveis, o de óleo lubrificante usado e contaminado (OLUC) e o de pilhas e baterias (RIBEIRO, 2014).

Para implementar e operacionalizar os sistemas de LR, a PNRS define os seguintes instrumentos: regulamentos, acordos setoriais (AS) e termos de compromisso (TC), os dois últimos a serem firmados entre o poder público e o setor empresarial.

A PNRS determina que os acordos setoriais são “atos de natureza contratual, firmados entre o Poder Público e os fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes, visando à implantação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto”. Já os termos de compromisso podem ser assinados somente nos casos onde não houver Acordo Setorial ou regulamento específico com a mesma abrangência geográfica ou para estabelecer metas e compromissos mais exigentes que os previstos em Acordo Setorial ou regulamento (BRASIL, 2010a; BRASIL, 2010b).

Enquanto as regras e metas definidas em regulamento valem para todas as empresas do setor, o que é pactuado em Acordo Setorial ou termo de compromisso vale somente para as empresas pactuantes, a não ser que haja um regulamento posterior à assinatura do AS ou TC que estabeleça a isonomia para todo o setor. No caso dos AS e TC, cabe a tais instrumentos o detalhamento de requisitos e modelos de operação, o que confere flexibilidade e possibilidade de particularização de cada sistema, mas traz o desafio inerente aos processos de discussão e acordo, agravado pelo conflito de interesses entre o setor privado e a coletividade, representada pelo poder público (RIBEIRO, 2014; GÜNTHER; RODRIGUES, 2014).

Tal desafio pode ser observado no processo de discussão do Acordo Setorial de REEE, instrumento adotado em âmbito federal. O Edital nº 01/2013 do Ministério do Meio Ambiente convocou o setor de eletroeletrônicos a apresentar propostas para a elaboração de Acordo Setorial para a implantação de sistema de LR de REEE, estabelecendo metas geográficas e quantitativas para implantação progressiva do sistema de logística reversa de REEE, mas restringindo-se aos produtos eletroeletrônicos de uso doméstico e de baixa tensão. Em 2013, o setor apresentou propostas para assinatura do AS e, em janeiro de 2014, foi apresentada uma proposta unificada, acompanhada de uma lista de entraves para implantação nacional do SLR (OLIVEIRA, 2016; CARVALHO et al, 2014; MMA, 2013).

Segundo Mendes (2017), os obstáculos à assinatura do Acordo Setorial, listados pelo setor empresarial, foram:

- Revisar marco legal para permitir que os REEE sejam gerenciados como resíduos não perigosos em algumas etapas do processo de logística reversa;
- Rever legislação que impõe a existência de termo de doação no caso da transferência de posse do REEE do consumidor ao SLR;
- Promover a desoneração da cadeia de reciclagem de forma a isentar impostos no transporte de REEE;
- Criar instrumentos de controle para garantir que todos os entes da cadeia produtiva cumpram sua responsabilidade quanto à logística reversa;
- Detalhar as condições para formalização e cadastro das entidades gestoras;
- Realizar análise aprofundada das alternativas de custeio do SLR.

Desde então, tem sido realizadas discussões entre o setor empresarial e o governo federal, buscando solucionar os seis pontos de entrave, dos quais três já foram solucionados: a questão das entidades gestoras, da transferência de posse e do instrumento para garantir a isonomia (MENDES, 2017; BRASIL, 2017). O Decreto nº 9.177 de 2017 visa assegurar a isonomia na fiscalização e no cumprimento das obrigações imputadas aos fabricantes, aos importadores, aos distribuidores e aos comerciantes não signatários de Acordo Setorial firmado com a União, estabelecendo que tais atores são obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, consideradas as mesmas obrigações imputáveis aos signatários e aos aderentes de Acordo Setorial firmado com a União (BRASIL, 2017).

Até a finalização deste texto, o Acordo Setorial de REEE ainda não havia sido assinado. Foram assinados apenas três acordos setoriais: o primeiro no setor de embalagens de óleo lubrificante em 2012; o segundo, de lâmpadas, em 2014, e o terceiro, em 2016, referente a embalagens em geral. Como consequência, foram implantados SLR com abrangência nacional e metas graduais, o primeiro baseado na coleta junto aos geradores (empresas que realizam o serviço de troca de óleo), o segundo com implantação de pontos de coleta de lâmpadas, principalmente em lojas varejistas, e o terceiro com modelo de apoio aos catadores de materiais recicláveis (SINIR, 2018).

Quanto ao chamado *ecodesign*, na PNRS, determina-se que a responsabilidade dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes abrange o investimento no desenvolvimento, na fabricação e na colocação no mercado de produtos que sejam aptos, após o uso pelo consumidor, à reutilização e à reciclagem, e cuja fabricação e uso gerem a menor quantidade de resíduos sólidos possível (BRASIL, 2010).

Até a edição da PNRS, inexistia no país um marco regulatório abrangente, em âmbito federal, que disciplinasse juridicamente a gestão de REEE e propiciasse a regulação específica. Apesar disso, a própria PNRS possui limitações quanto à promoção da efetiva gestão adequada dos REEE, pois não define claramente as categorias de “resíduos eletroeletrônicos”, apenas os diferencia das lâmpadas, diferentemente do que ocorre em outros países; estabelece que a logística reversa de REEE será implementada de modo progressivo e segundo cronograma a ser definido em regulamento, postergando a exigência, e, com o conceito de “responsabilidade compartilhada”, não define claramente as responsabilidades de cada ator dentro da cadeia reversa (CARVALHO et al, 2014; GÜNTHER, RODRIGUES, 2014).

Alguns autores discutem os principais desafios a serem enfrentados para implementar efetivamente a logística reversa de REEE no país, apresentados a seguir. Além das dificuldades logísticas em si, a questão do alto custo da LR é uma das centrais, motivo de resistência do setor industrial para adoção da LR não somente no Brasil como em outros países. Outros desafios são: a atribuição clara dos papéis de cada ator da cadeia de produção, distribuição e venda na LR de REE; as questões fiscais e tributárias da cadeia reversa; a participação dos catadores nos sistemas de LR de REEE; os produtos órfãos, ou seja, aqueles cujos produtores não existem mais ou não podem

ser identificados e a definição de periculosidade do resíduo durante as etapas de seu gerenciamento (DEMAJOROVIC et al, 2016; GUARNIERI et al, 2016; MIGLIANO et al., 2014).

3.3.3 Logística Reversa de REEE no Estado de São Paulo

No âmbito do Estado de São Paulo, mesmo antes da promulgação da PNRS, foram publicadas a Política Estadual de Resíduos Sólidos (PERS), Lei Estadual nº 12.300/2006, regulamentada pelo Decreto Estadual nº 54.645/2009, e a chamada “lei do lixo tecnológico”, Lei Estadual nº 13.576/2009 (SÃO PAULO, 2006, 2009a, 2009b).

A PERS não faz referência ao termo “logística reversa”, mas a “responsabilidade pós-consumo”, determinando que:

Os fabricantes, distribuidores ou importadores de produtos que, por suas características, venham a gerar resíduos sólidos de significativo impacto ambiental, mesmo após o consumo desses produtos, ficam responsáveis [...] pelo atendimento das exigências estabelecidas pelos órgãos ambientais e de saúde, especialmente para fins de eliminação, recolhimento, tratamento e disposição final desses resíduos, bem como para a mitigação dos efeitos nocivos que causem ao meio ambiente ou à saúde pública (Art. 19º do Decreto Estadual nº 54.645/2009).

Na PERS, atribui-se à regulamentação específica, a ser expedida pela Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SMA), a definição da relação desses produtos (São Paulo, 2009a). Segundo Ribeiro (2012), a responsabilidade pós-consumo (RPC) pode ser colocada em prática por meio de quatro tipos de instrumentos, geralmente combinados: programas de logística reversa, regulação direta, práticas voluntárias e instrumentos econômicos. Embora a RPC não se restrinja à logística reversa, é nesta que se concentra a maioria das ações e esforços referentes à RPC.

De modo semelhante à PNRS, a Lei nº 13.576/2009 estabelece a responsabilidade solidária pela destinação do lixo tecnológico entre os produtores, importadores ou comerciantes de produtos eletroeletrônicos, bem como a obrigatoriedade de que o rótulo dos produtos contenha orientações ao consumidor sobre o descarte pós-consumo (SÃO PAULO, 2009b).

Em atendimento à PNRS, o instrumento adotado para implementar a logística reversa em São Paulo foi o Termo de Compromisso. Foi publicada, inicialmente, a Resolução SMA nº 24/2010, estabelecendo uma relação de produtos para os quais se exigia manter postos de entrega, comunicar o consumidor, encaminhar o material recolhido à reciclagem, atender metas de recolhimento e prestar informações. Entre tais produtos, estavam os REEE. Ainda em 2010, foi publicada a Resolução SMA nº 131, que postergava o prazo para a divulgação das metas, incluía o comércio e distribuidores na responsabilidade pós-consumo, separava as metas em estruturantes e finais, detalhando como cada uma deveria ser determinada, atendida e reportada e trazia uma lista de equipamentos eletroeletrônicos, entre outros aspectos (RIBEIRO, 2012). De acordo com a referida Resolução, os equipamentos eletroeletrônicos eram classificados

em oito categorias: 1) grandes eletrodomésticos; 2) pequenos eletrodomésticos; 3) equipamentos de informática e de telecomunicações; 4) equipamentos de consumo (tais como aparelhos de áudio e vídeo e câmaras fotográficas); 5) ferramentas elétricas e eletrônicas (com exceção daquelas industriais de grandes dimensões); 6) brinquedos e equipamentos de esporte e lazer; 7) instrumentos de monitoramento e controle, e 8) distribuidores automáticos (SMA, 2010).

Em 2011, a Resolução SMA nº 11 revogou as duas anteriores e, a partir de então, iniciou-se um ciclo de reuniões da Secretaria Estadual do Meio Ambiente com os setores produtivos, para definição de um novo marco regulatório, culminando na publicação da Resolução SMA nº 38/2011, que estabeleceu uma lista de produtos e embalagens comercializados no Estado de São Paulo, cujos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes deveriam implantar programa de responsabilidade pós-consumo para fins de recolhimento, tratamento e disposição final de resíduos, entre os quais estavam os EEE; e determinou que os fabricantes e importadores deveriam apresentar à SMA propostas de implantação de programa de RPC visando à assinatura de Termos de Compromisso (RIBEIRO, 2012).

Como resultado, foram assinados doze Termos de Compromisso, para diversos produtos e embalagens pós-consumo, tais como óleo lubrificante, embalagens de óleo lubrificante, embalagens de agrotóxicos, pneus, filtros de óleo lubrificante, baterias automotivas, pilhas e baterias, óleo comestível, embalagens de produtos de limpeza, higiene pessoal e cosméticos, embalagens de bebidas, embalagens de alimentos e aparelhos celulares (CETESB, 2018a).

Como alternativa à dificuldade em chegar a um acordo no setor de eletroeletrônicos em si, foi assinado, em 2012, um Termo de Compromisso de Responsabilidade Pós-Consumo de Aparelhos de Telefonia Móvel e seus Acessórios, cujos signatários foram a Secretaria de Meio Ambiente do Estado, a CETESB, o Sindicato Nacional das Empresas de Telefonia e de Serviço Móvel Celular e Pessoal (Sinditelebrasil), e cinco operadoras de telefonia móvel que atuam no país. O documento estabelecia metas estruturantes, referentes à implantação de pontos de entrega voluntária (PEV) nas lojas próprias e revendas autorizadas das operadoras, para recebimento dos aparelhos pós-consumo entregues pelo consumidor. Ressalta-se que não foram signatários do TC os produtores e importadores de aparelhos celulares. Além disso, não foram definidas metas quantitativas, referentes à quantidade de resíduos a serem recolhidos pelo sistema, seja em valores absolutos ou relativos (RIBEIRO, 2015).

Essa primeira fase de implementação da logística reversa no Estado de São Paulo teve como um dos objetivos demonstrar a viabilidade da implantação de sistemas de logística reversa. Foi marcada pela participação do setor produtivo nas discussões e formulação das regulamentações, pela busca em agregar os atores de cada setor em um único Termo de Compromisso, e intensas negociações para chegar a metas e compromissos em consenso (RIBEIRO; KRUGLIANSKAS, 2015).

A segunda fase teve início com a publicação da Resolução SMA nº 45, em 2015, que revogou a resolução SMA nº 38/2011, reafirmou a obrigação de implantar SLR aos

fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de determinados produtos e determinou, entre outras coisas, que os TC fossem renovados. Atendendo a essa Resolução, cinco Termos de Compromisso foram renovados, referentes aos seguintes resíduos: embalagens de agrotóxicos, filtros de óleo lubrificante, embalagens plásticas de lubrificantes, óleo comestível e pilhas e baterias portáteis; e quatro novos Termos de Compromisso foram assinados, relativos aos resíduos: embalagens de saneantes desinfestantes e desinfetantes de uso profissional, baterias de chumbo ácido, embalagens em geral e equipamentos eletroeletrônicos de uso doméstico. Tais Termos de Compromisso foram elaborados conforme modelo padronizado disponibilizado pela SMA e CETESB, permitindo uniformizar as terminologias, o formato do documento, a apresentação de relatórios e a cobrança de atendimento às metas e aos resultados (CETESB, 2018a).

No setor de EEE, o TC relativo a telefones celulares não foi renovado e não se encontra vigente. Entretanto, foi assinado, em outubro de 2017, um Termo de Compromisso relativo a produtos eletroeletrônicos de uso doméstico até 240 V, cujos signatários são a Secretaria de Meio Ambiente do Estado, a CETESB e a GREEN Eletron, entidade gestora. Figuram como intervenientes anuentes a ABINEE e a Federação do Comércio de Bens e Serviços e Turismo do Estado de São Paulo (FECOMERCIO-SP) e fazem parte do TC 15 empresas aderentes, predominando grandes empresas multinacionais. O SLR objeto do TC baseia-se na implantação de pontos de coleta de REEE, com a participação do comércio. São definidas duas etapas: a primeira consiste no chamado projeto-piloto, com a implantação de, no mínimo, 16 pontos de coleta em três municípios do estado nos seis primeiros meses de vigência do TC. A segunda começa com a avaliação dos resultados do piloto e a elaboração de um relatório contendo os principais obstáculos, pontos positivos, oportunidades de melhoria e uma proposta de expansão gradual do SLR de modo a estabelecer um sistema permanente em São Paulo (CETESB, 2018a).

Dentre os regramentos estabelecidos na segunda fase de implantação da logística reversa no Estado, foi publicada, em 01/06/2016, pela CETESB, a Decisão de Diretoria nº 120/2016/C, que estabelece, entre outras medidas, que os REEE, embora genericamente classificados como perigosos, podem ser gerenciados como resíduos não perigosos exclusivamente nas etapas que não envolvam a separação de seus componentes e, portanto, não haja a exposição a possíveis constituintes perigosos. Excetua-se dessa condição a etapa de disposição final (CETESB, 2016). Essa norma soluciona, em âmbito estadual, um dos entraves levantados pelo setor de eletroeletrônicos para implantação de sistemas de logística reversa.

Em abril de 2018, foi publicada pela CETESB a Decisão de Diretoria nº 076/2018/C, que regulamenta a inclusão da logística reversa no licenciamento ambiental estadual, com a definição de condições para que essa passe a ser gradualmente exigida como condicionante da emissão ou renovação das licenças de operação de empreendimentos que fabriquem ou sejam responsáveis pela importação, distribuição ou comercialização de uma série de produtos e embalagens sujeitos à LR, incluindo os

EEE. Estabelece-se que a demonstração da estruturação, implementação e operação, bem como a apresentação dos resultados dos SLR, serão exigidas pela CETESB em etapas sucessivas, cada qual com critérios de inclusão de empreendimentos e metas específicas, sendo que o referido procedimento regulamenta a primeira dessas etapas, prevista para durar até 31 de dezembro de 2021 (CETESB, 2018b).

Nesta primeira etapa, o procedimento será aplicado aos empreendimentos que fabriquem ou sejam responsáveis pela importação, distribuição ou comercialização de produtos eletroeletrônicos de uso doméstico e seus componentes, com tensão até 240 Volts. Quanto aos SLR, orienta-se que podem ser individuais (de cada empresa) ou coletivos, mas sugere-se que sejam, preferencialmente, coletivos, englobando um conjunto de empresas, seja por meio de entidade representativa do setor ou por pessoa jurídica criada com o objetivo de gerenciar o respectivo sistema (entidade gestora). As empresas que forem aderentes ao TC serão consideradas como adimplentes ao procedimento. As empresas sujeitas à LR e não aderentes a TC serão cobradas pela CETESB e deverão cadastrar um plano de logística reversa e os resultados anuais dos SLR no SIGOR – Módulo Logística Reversa de acordo com sua área construída (CETESB, 2018b).

3.3.4 Sistemas e iniciativas de logística reversa de REEE

Ao falar de sistemas de logística reversa de REEE no Brasil, cabe ressaltar que, até o momento de conclusão deste texto, não havia um Acordo Setorial assinado para o setor de eletroeletrônicos e, portanto, nenhum sistema coletivo funcionando em larga escala em âmbito nacional. Entretanto, como já apresentado anteriormente, o AS está em processo de discussão entre o governo federal e o setor privado, o qual tem se organizado para a estruturação de SLR efetivos (MENDES, 2017; SINIR, 2018).

Desde meados da década de 1990, tem se observado iniciativas de organizações não governamentais, de universidades, como o Centro de Descarte e Reuso de Resíduos de Informática (CEDIR – USP), e até mesmo governamentais, tais como os Centros de Recondicionamento de Computadores (CRC), a maioria com objetivo de promover o reuso e a inclusão digital, mas não para prover uma destinação final adequada aos resíduos. Apesar de não representarem uma solução efetiva para o problema dos REEE, essas iniciativas contribuíram para dar mais visibilidade ao mesmo (OLIVEIRA; BERNARDES; GERBASE, 2012; ABDI, 2013).

Mendes (2017) avalia que existem, no país, diversas iniciativas voltadas para a coleta e reciclagem de REEE, realizadas de forma independente, e que a quantidade de ações tem crescido nos últimos anos. Dentre elas, destacam-se as gerenciadas pelos próprios fabricantes ou importadores, as realizadas pelas prefeituras, as promovidas por empresas que prestam serviço de gerenciamento de REEE, as campanhas de coleta conduzidas por entidades do setor de eletroeletrônicos ou da sociedade civil e os projetos piloto para implantação de sistemas de logística reversa (JICA, 2017; MENDES, 2017; ABINEE, 2018; ELETROS, 2018). Ainda segundo Mendes (2017),

tais iniciativas independentes devem ser consideradas no processo de estruturação dos sistemas de logística reversa que serão objeto do Acordo Setorial, pois algumas poderão concorrer ou ter sinergia com os SLR formais. A seguir, serão apresentadas algumas dessas iniciativas.

a. Gerenciadas pelos fabricantes, importadores ou varejistas

Oliveira, Bernardes e Gerbase (2012) citam algumas iniciativas de coleta e destinação de REEE pelos fabricantes/importadores de EEE atuantes no país, mas alegam que são poucos os que mantem tais iniciativas. Apontam que os sistemas de coleta oferecidos pelas empresas, em geral, restringem-se a alguns municípios ou estados; não fazem propaganda suficiente, então a maioria da população não conhece tais sistemas, e não são utilizados sistemas para controle do fluxo de resíduos coletados e para coleta de dados.

Para identificar as soluções atualmente disponibilizadas pelos fabricantes ou importadores de EEE para que descarte adequado de seus produtos pós-consumo, foram acessadas, em março de 2018, as páginas da Internet institucionais de 33 dos principais fabricantes/importadores que vendem EEE de uso domiciliar no país, associados à ABINEE e/ou à ELETROS. Constatou-se que, nas páginas de 20 fabricantes/importadores, isto é, 60,6% do total considerado, não havia informação alguma sobre como descartar os produtos pós-consumo ou sobre sistemas de logística reversa; nas demais, havia informações, mas, em geral, não estavam em posição de destaque nem eram facilmente encontradas nos respectivos *websites*. Além disso, na maioria das vezes, as informações não eram detalhadas: em uma das páginas, se dizia que a empresa coletava cartuchos de impressora da sua marca, mas não se especificava como os consumidores poderiam descartá-los; em outras duas, a lista dos pontos de coleta com suas localizações não estava disponível na página, obrigando o consumidor a entrar em contato com a empresa para saber onde descartar seus produtos. Vale ressaltar que, conforme o escopo da pesquisa, foram acessados somente os *websites*, não documentos como relatórios de sustentabilidade.

Analisando os sistemas das 13 empresas, pode-se dizer que há três possibilidades quanto à coleta dos produtos pós-consumo:

- 1) Por meio de pontos de coleta, geralmente localizados em lojas próprias das marcas ou em assistências técnicas autorizadas e com sua localização listada no *website*. Esse foi o tipo de coleta predominante;
- 2) Pelos correios, com os custos da postagem sendo pagos pelas próprias empresas, em geral para equipamentos de informática e aparelhos celulares;
- 3) Pela coleta no domicílio, agendada, em geral sem custo para o consumidor e para eletrodomésticos de grande porte ou equipamentos de informática.

Quanto aos equipamentos aceitos para coleta, a grande maioria se restringia aos da própria marca, mas não abrangia todos os tipos de produtos comercializados pela empresa. Uma exceção foi uma empresa que aceitava equipamentos de qualquer marca,

desde que o consumidor tivesse comprado um da marca dela recentemente. Dos 13 sistemas, 10 eram referentes a equipamentos e acessórios de informática e de telefonia. Já em relação aos canais de comunicação, em 7 websites constavam canais de comunicação sobre o SLR, tais como telefone e e-mail. No que concerne a destinação dos REEE, a maioria informava, genericamente, que eram reciclados ou recebiam uma destinação ambientalmente adequada. Quanto à abrangência geográfica, quase todos os sistemas possuem abrangência nacional. Apenas um abrangia somente o estado de São Paulo. Por fim, várias empresas forneciam orientações sobre a preparação dos produtos para o descarte, tais como a necessidade de apagar os dados pessoais salvos no equipamento ou as formas de embalar e proteger os produtos pós-consumo para garantir a segurança no transporte.

Um outro tipo de sistema é aquele que coleta os REEE provenientes de pessoas jurídicas, conhecido como B2B (*business to business*). Tem ganhado força tanto as contratações do tipo leasing (ou arrendamento mercantil), no qual as empresas não compram os equipamentos, alugam-nos, sendo o fornecedor responsável pela destinação dos equipamentos ao fim de sua vida útil, quanto a inclusão do serviço de coleta e destinação dos produtos pós-consumo nos contratos empresariais de compra de EEE. Entretanto, essas práticas ainda não são generalizadas. Dentre as páginas consultadas, apenas duas traziam informações ou canais de comunicação referentes à coleta B2B. Em um dos casos, a empresa fornecia, inclusive, o serviço de avaliação e revenda dos produtos em condições de serem reutilizados.

Oliveira, Bernardes e Gerbase (2012) também citam iniciativas de coleta e destinação de aparelhos celulares pós-consumo pelas operadoras de telefonia celular que atuam no país, as quais, conforme apontado anteriormente, foram objeto de Termo de Compromisso com o Estado de São Paulo. Porém ponderam que os sistemas de coleta disponibilizados ainda são limitados a algumas lojas e estados do país e que há escassas informações nas páginas institucionais de tais empresas sobre os sistemas.

Ao acessar as páginas institucionais das maiores operadoras de telefonia móvel em operação no país, em março de 2018, observa-se que três das cinco empresas mantêm informações sobre o sistema de coleta de celulares. O modo de coleta disponibilizado são urnas coletoras localizadas em suas lojas próprias e, em alguns casos, lojas de revendedores. Assim como Oliveira, Bernardes e Gerbase (2012), constata-se que as informações para divulgação de tais sistemas são, em geral, insuficientes.

Quanto às grandes redes varejistas de EEE, Oliveira, Bernardes e Gerbase (2012) informam que elas não disponibilizam sistemas para coleta e destinação de REEE, o que pôde ser confirmado ao acessar o *website* de algumas das maiores delas, em março de 2018.

b. Entidades Gestoras

Foram acessadas as páginas institucionais das duas entidades gestoras nacionais constituídas por conjuntos de fabricantes/importadores para gerenciar a logística reversa de REEE: a Associação Brasileira de Reciclagem de Eletroeletrônicos e Eletrodomésticos (ABREE) e a GREEN Eletron, fundadas em 2011 e 2016, respectivamente. Observa-se que os sistemas adotados por ambas ainda possuem caráter piloto, com abrangência limitada, mas com dois modelos de operação distintos (ABREE, 2018; GREEN ELETRON, 2018).

O modelo adotado pela ABREE baseia-se na realização de campanhas de coleta itinerantes, em parceria com representantes do poder público local, do varejo e de universidades, tendo sido realizadas campanhas em dois municípios do interior do estado de São Paulo, Jundiaí e São José dos Campos, e um do estado do Rio de Janeiro, Niterói, entre 2013 e 2014 (ABREE, 2018).

Para a GREEN Eletron, trata-se do projeto-piloto “Descarte Green”, objeto de TC no estado de São Paulo, cujo modelo é a instalação de pontos de coleta fixos em locais como shopping centers, escolas e universidades, lojas, parques e centros culturais e esportivos, com coletores como aqueles apresentados na Figura 3. Conta com 17 pontos de coleta instalados em seis municípios: Campinas, Sorocaba, São José dos Campos, Cotia, Votorantim e a capital (GREEN ELETRON, 2018).

Figura 3 - Coletores do programa Descarte Green



Fonte: acervo pessoal.

c. Projeto Descarte ON

Em abril de 2016, foi lançado o projeto-piloto de logística reversa de REEE denominado “Descarte ON”, que fez parte do “Projeto para a Melhoria da Logística Reversa de Resíduos Elétricos e Eletrônicos na República Federativa do Brasil”,

resultado de parceria entre os governos do Japão, por meio da JICA, e do Brasil, por meio do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC) e do Ministério do Meio Ambiente (MMA), bem como a Autoridade Municipal de Limpeza Urbana da Cidade de São Paulo (AMLURB), desenvolvido entre 2014 e 2017. O objetivo por trás da realização do projeto-piloto foi obter dados e conhecimentos sobre a logística reversa de REEE, tais como custos de coleta e informações sobre a cooperação entre as partes envolvidas, que servirão de referência para a elaboração de Acordo Setorial ou de termos de compromisso a serem firmados no âmbito da União, Estados e Municípios, conforme estabelecido na PNRS (JICA, 2017).

O “Descarte ON” foi realizado no Subdistrito da Lapa, no município de São Paulo, durante oito meses, de abril a dezembro de 2016, englobando os REEE das quatro linhas: verde, azul, branca e marrom. Contou com a participação das entidades organizadoras do projeto (MDIC, MMA, AMLURB e JICA), além de redes varejistas, associações comerciais, de varejistas e de distribuidores, uma cooperativa que atuou como centro de consolidação, associações de fabricantes/importadores, órgãos do governo estadual de São Paulo (CETESB, Secretaria de Meio Ambiente e Secretaria da Fazenda) e recicladores, organizados em um Comitê Técnico. Foram adotados dois modelos de coleta: coleta nos pontos de coleta instalados em lojas parceiras para os resíduos de pequeno e médio porte e coleta em domicílio para os resíduos de grande porte. Foram instalados PEV em dez lojas (coleta *drop-off*) e oito lojas participaram da coleta em domicílio (*trade-in*), sendo que as lojas pertenciam a seis grandes redes varejistas. Na coleta *trade-in*, o consumidor só poderia solicitar a retirada de um REEE do mesmo tipo do EEE comprado (JICA, 2017).

Os REEE coletados nas lojas foram transportados e armazenados temporariamente no centro de consolidação e, após serem pesados e triados, foram transportados para a planta de reciclagem e descaracterização. Já os REEE coletados nos domicílios podiam seguir uma das seguintes rotas: na primeira, os REEE coletados foram armazenados temporariamente no centro de consolidação e, na segunda, foram transportados diretamente para a empresa de reciclagem. Em ambas rotas, foram utilizados veículos específicos para coleta, isto é, não foram aproveitados os mesmos veículos de entrega dos produtos novos. Para a coleta *drop-off*, não houve custo para o consumidor, mas, para a *trade-in*, o consumidor arcou com uma parte das despesas de retirada do resíduo, tendo sido cobrados R\$10,00 por unidade coletada. Em termos quantitativos, o resultado da coleta foi (JICA, 2017):

- Nas lojas, foram coletadas 3.781 unidades, ou 4.050,02 kg, de REEE de pequeno e médio porte, a maioria cabos, acessórios e componentes;
- Na coleta em domicílio, foram coletadas 19 unidades, ou 873,4 kg, de REEE de grande porte.

O maior volume de coleta se deu no último mês de realização do piloto, provavelmente devido ao efeito das ações de divulgação ao longo do período e, em relação do tipo de loja em que se dá a coleta, as maiores quantidades foram coletadas em grandes supermercados. Entre as explicações para esse fato, pode-se cogitar a

grande frequência com que os clientes vão a essas lojas e a conveniência de haver grandes estacionamentos (JICA, 2017).

Quanto à composição dos custos do sistema, a maior parte, ou cerca de 60%, corresponde às etapas de coleta e transporte, incluídas as despesas do centro de consolidação, seguida das etapas de descaracterização e triagem, com cerca de 30%. O restante representa outras despesas, como relações públicas, administração e campanhas de conscientização. As despesas anuais necessárias à coleta nas lojas correspondem a cerca de um décimo das da coleta em domicílio, mas as despesas por tonelada coletada excedem as da coleta em domicílio. No tocante à coleta *trade-in*, a alternativa com centro de consolidação ficou 10% mais barata do que a alternativa sem o mesmo. A partir dos dados obtidos com o piloto, foi estimada uma taxa visível (*visible fee*) a ser paga no ato da compra do EEE para custear o gerenciamento dos REEE, calculada para os equipamentos da linha branca, considerando um percentual de coleta de 20% em relação aos EEE colocados no mercado em 2016. A taxa variou de R\$ 5,00 por unidade para aparelhos de ar condicionado a R\$ 20,00 por unidade para televisores, representando menos de 10% do custo estimado de coleta e reciclagem por unidade (JICA, 2017).

Para divulgar o projeto e incentivar a participação dos consumidores, foram realizadas diversas ações de comunicação, tais como criação de mascote do projeto, perfil em redes sociais e *homepage*, campanhas de divulgação nas lojas parceiras e nas mídias locais e eventos (JICA, 2017).

A partir dos resultados do piloto, foram traçadas “lições aprendidas” e recomendações para a LR de REEE no país, entre as quais vale citar (JICA, 2017):

- O papel das lojas de varejo é importante para a melhoria do percentual de coleta de REEE de grande porte (*trade-in*), encorajando os clientes a participarem do SLR;
- Considerando que a reutilização em cascata é prática comum no país, é importante haver algum incentivo econômico capaz de motivar os consumidores finais a destinar seus REEE ao SLR;
- A cobrança de taxa no momento do descarte pode ter inibido os consumidores, reduzindo o percentual de coleta. Assim, recomenda-se a cobrança de tarifa no momento da aquisição do novo EEE;
- Deve-se considerar expandir as possibilidades de coleta, abrangendo assistências técnicas, entidades filantrópicas, catadores, sucateiros e PEV integrantes da rede de coleta municipal;
- Definir o percentual de coleta (meta) a ser atendido, estabelecer o método de cálculo e obter o consenso para um monitoramento adequado;
- Estimular a criação de plantas de reciclagem para atender à demanda que existirá a partir dos SLR;
- Criar um único sistema para todas as categorias de REEE pode se mostrar complexo devido à diversidade de partes interessadas e diferentes

características dos produtos. Portanto, deve-se considerar a criação de SLR por tipo de REEE;

- O controle da rastreabilidade dos REEE coletados é importante para prevenir que os REEE se desviem do SLR e das destinações adequadas.

3.3.5 Modelo brasileiro para sistemas de logística reversa de REEE

Quanto ao modelo de SLR a ser adotado no Brasil, o “Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica de Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos” que subsidiou a elaboração do Edital de chamamento para o Acordo Setorial no setor de EEE (Edital nº 01/2013 do MMA) traz algumas definições de como seria o SLR objeto do AS. As variáveis-chave identificadas para a modelagem do SLR de REEE e as respectivas características do modelo proposto para o país são (ABDI, 2013):

- Modelo de competição: competitivo, no qual se estimula que mais de uma entidade gestora seja criada;
- Fonte de recursos para viabilização: custos compartilhados por consumidores, comerciantes/distribuidores e produtores/importadores;
- Determinação de responsabilidade pelos REEE: proporcionais ao volume de vendas em anos anteriores;
- Responsabilidade pelos produtos órfãos: poder público, compensando o custo de processamento dos produtos órfãos por meio de incentivos, desoneração fiscal, fomento a PeD e outras iniciativas;
- Metas de coleta e reciclagem: adoção de meta de reciclagem, baseada no processamento e destinação adequada de 100 % dos REEE que entrarem no sistema;
- Grau de responsabilidade do Poder Público: atuante, isto é, não opera o sistema, mas estimula o seu melhor funcionamento, por meio de provimento de recursos para PD&I, financiamento para infraestrutura, campanhas para incentivar o reuso e a coleta dos REEE, entre outros;
- Classificação dos REEE: propõe-se que o REEE não deve ser descaracterizado/processado até chegar à planta recicladora, para não expor os materiais tóxicos. Nesse caso, pode ser considerado resíduo não perigoso;
- Reuso no SLR: possibilitado, ou seja, o consumidor que desejar destinar o EEE pós-consumo ao reuso deverá receber orientação do SLR quanto às instituições que recebem tais produtos usados;
- Segregação do resíduo por marcas: monitoramento por amostragem, somente para determinar a proporção de produtos órfãos, para promover o acerto de contas entre entidades gestoras e para prestar informações às autoridades competentes;

Em relação à coleta de REEE, prevê-se que pode ser realizada em pontos fixos ou por meio de campanhas de coleta. Os atores que podem atuar na coleta são: varejo, assistências técnicas, poder público, cooperativas de catadores e pequenos recicladores.

O varejista possui alta capilaridade e relacionamento direto com o consumidor, o que o torna um importante ator; embora a falta de espaço físico para instalação dos coletores possa ser uma barreira para sua participação nos SLR. Segundo o porte dos REEE, pode haver dois tipos de coleta: retirada doméstica para equipamentos de grande porte e PEV para os de pequeno e médio porte (ABDI, 2013).

No próprio Edital nº 01/2013 do MMA, são estabelecidos requisitos para orientar a apresentação das propostas de Acordo Setorial e, conseqüentemente, o modelo de SLR, entre os quais cabe citar (MMA, 2013):

- Atingir, até o quinto ano após assinatura do AS, 100% dos municípios com população superior a 80.000 habitantes, assim como o recolhimento e a destinação final ambientalmente adequada de 17%, em peso, dos EEE de uso doméstico e de baixa tensão colocados no mercado nacional no ano anterior ao da assinatura do AS;
- Em cada cidade atendida pela logística reversa em caráter permanente, existir ao menos um ponto de recolhimento para cada 25.000 habitantes;
- Determinar as formas pelas quais as partes fornecerão informações e comprovarão o cumprimento das obrigações previstas no AS;
- Plano de comunicação com intuito de informar os consumidores sobre o funcionamento do SLR, com informações sobre a localização dos PEV, obrigatoriedade de destinação adequada dos REEE, reforçando que não devem ser descartados junto aos RSU, e cuidados necessários na devolução e manuseio, entre outras (MMA, 2013).

Quanto aos mecanismos de controle do SLR de REEE que será objeto de Acordo Setorial com o governo federal, durante uma apresentação realizada em 25/05/2018 em um evento na cidade de São Paulo, representantes do MMA informaram que foram definidos os seguintes mecanismos:

- Estipulação de metas quantitativas de coleta e cobertura geográfica;
- Adoção do modelo de gestão por meio de entidades gestoras;
- Criação de um grupo de acompanhamento do SLR;
- Desenvolvimento e implementação de um plano de comunicação;
- Apresentação anual de relatório de desempenho;
- Desenvolvimento de sistema informatizado de dados acessível aos órgãos ambientais;
- Suporte das agências ambientais e locais no controle e inspeção do SLR

3.4 INDICADORES

Os indicadores possuem função informativa, de síntese, fornecendo informações simplificadas e mais facilmente assimiláveis sobre sistemas complexos, os quais servem para subsidiar a tomada de decisão. São desenvolvidos para propostas específicas e tendo em vista objetivos definidos. Pode-se distinguir dois tipos principais de indicadores: os simples, resultantes de medições ou estimativas de variáveis definidas, e

os compostos, obtidos pela agregação de variáveis ou indicadores simples, também chamados de índices (BOCKSTALLER; GIRARDIN, 2003; BESEN, 2011; CIFRIAN; ANDRES; VIGURI, 2015).

Enquanto instrumentos efetivos de gestão ou monitoramento, são úteis para acompanhar, monitorar e avaliar resultados de ações e programas, bem como o desempenho e o progresso de um sistema ao longo do tempo. Além disso, permitem a comparação entre modelos e entre sistemas (BESEN, 2011; CIFRIAN; ANDRES; VIGURI, 2015; SELUR, 2016).

O grau de excelência de um indicador pode ser definido por alguns elementos, tais como: i) a validade, isto é, a capacidade de medir o que se pretende; ii) a confiabilidade, ou capacidade de reproduzir os mesmos resultados quando aplicado em condições similares; iii) o fato de basear-se em dados disponíveis ou fáceis de conseguir; iv) a relevância, ou capacidade de responder às prioridades estabelecidas e v) custo-efetividade. Espera-se que os indicadores possam ser analisados e interpretados com facilidade, e que sejam compreensíveis pelos usuários da informação. O processo de elaboração dos indicadores também deve se pautar nesses critérios (RIPSA, 2008).

Quanto às formas de descrição e apresentação dos indicadores, há uma variedade de opções, que vão de, no mínimo, uma descrição de seu significado e sua unidade de medida, até caracterizações mais detalhadas, dentre as quais destacam-se as fichas de qualificação dos indicadores. Para os Indicadores Básicos para a Saúde (IBS), por exemplo, as fichas apresentam: conceituação, interpretação, usos, limitações, fontes de dados, método de cálculo, entre outras informações (RIPSA, 2008; BESEN et al., 2016).

No final da década de 80, surgiram as primeiras propostas de construção dos índices e indicadores ambientais. Nas últimas décadas, na busca por mensurar a sustentabilidade, tem-se desenvolvido uma variedade de indicadores e índices de sustentabilidade, ambientais e socioambientais, em âmbito local, nacional, regional e global (OCDE, 1993; MILANEZ, 2002).

A Norma ABNT NBR ISO 1403/2004 trata das diretrizes para avaliação de desempenho ambiental de organizações, processo de gestão interna que compara o desempenho ambiental (DA) de uma organização com critérios de desempenho estabelecidos/selecionados. São propostos dois tipos de indicadores de DA: gerenciais, que fornecem informações sobre os esforços gerenciais para influenciar o desempenho ambiental da organização, e operacionais, que fornecem informações sobre o DA das operações da organização. Também se propõem indicadores de condição ambiental, que fornecem informações sobre a condição do ambiente, ajudando a organização a entender o impacto real ou potencial de seus aspectos ambientais. Recomenda-se que o número de indicadores selecionados reflita a natureza e a escala das operações da organização e que os dados para alimentar os indicadores sejam sistematicamente e regularmente coletados e que a coleta seja apoiada por práticas de controle de qualidade, de modo a assegurar a sua confiabilidade (ABNT, 2004).

Dentro da temática de resíduos sólidos, identifica-se uma ampla gama de indicadores associados à gestão de resíduos sólidos, utilizados em diversas escalas geográficas (de local a internacional) e publicados na literatura ou divulgados por órgãos públicos, associados ou não a estatísticas oficiais. Em geral, são elaborados com diferentes metodologias, nomenclaturas e formas de medição, o que ocasiona a dificuldade de categorizá-los (MILANEZ, 2002; CIFRIAN; ANDRES; VIGURI, 2015). Alguns exemplos são os indicadores de sustentabilidade e de desempenho da coleta seletiva, de prestadores de serviço de saneamento básico e de limpeza urbana, indicadores de geração, indicadores de reciclagem, indicadores relativos à disposição e ao tratamento dos resíduos, indicadores de ciclo de vida dos produtos e indicadores relacionados à logística reversa (MILANEZ, 2002; BESEN, 2011; NELEN et al., 2014; ARIS, 2015; HAZEN et al., 2015; SELUR, 2016).

No Brasil, nas últimas décadas, vários órgãos oficiais passaram a utilizar indicadores e índices associados à gestão de resíduos sólidos, tais como o IBGE no censo demográfico, na Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), Pesquisa Nacional de Amostra por Domicílio (PNAD), nos Indicadores de Desenvolvimento Sustentável (IDS), o Ministério das Cidades com o Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS), a CETESB com o Índice de Qualidade de Resíduos (IQR) e a Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo com o Índice de Gestão de Resíduos (IGR) (BESEN, 2011; DATAGEO, 2017; CETESB, 2018a). Entretanto, visto que a própria logística reversa está em fase inicial de implementação em todo o país, tratando-se de um tema relativamente recente, ainda não há indicadores oficiais para avaliação dos SLR.

Uma consequência positiva da utilização dos mesmos indicadores, pelo poder público, para avaliar os SLR de REEE é a padronização dos relatórios que os envolvidos nos SLR devem apresentar aos órgãos públicos, pois a falta de padronização traz ineficiência ao processo, sendo um desafio a ser enfrentado (KHETRIWAL et al., 2011).

3.4.1 Indicadores para sistemas de logística reversa de REEE

De acordo com os objetivos desta pesquisa e para testar a hipótese inicial, de que o uso de indicadores para avaliar sistemas de logística reversa de REEE ainda é um tema pouco explorado, a revisão bibliográfica sistematizada concentrou-se nesse assunto. Os documentos selecionados e analisados no âmbito da revisão sistematizada são resumidos a seguir.

Fredholm, Gregory e Kirchain (2008) desenvolveram indicadores para comparar a performance ambiental e econômica de sistemas de gerenciamento de REEE, por meio da análise do contexto e das opções de arquitetura do sistema. Os indicadores propostos foram agrupados em 3 categorias: “opções de arquitetura do sistema”, com indicadores como: produtos abrangidos pelo sistema, métodos de coleta, quantidade de pontos de coleta (*per capita* e por área) e estrutura financeira; “contexto”, com os seguintes

indicadores: população, área e média salarial no setor de reciclagem, e “performance”, na qual constam os indicadores: custo total anual, quantidade total coletada anualmente e peso de REEE coletado *per capita* e por unidade de EEE em uso nos últimos anos. Os autores aplicaram os indicadores aos casos da Suíça, Suécia, Holanda e aos Estados de Maine, Maryland e Califórnia, nos EUA, e concluíram que, como preditor de massa de REEE coletado *per capita*, o número de pontos de coleta parece significativo; no entanto, não foi conclusivo se o número de pontos de coleta *per capita* ou por unidade de área é mais significativo.

Wen, Lin e Lee (2009) realizam uma avaliação dos indicadores de desempenho dos sistemas fundamentados na REP (SLR) com base nos dados de Taiwan. Inicialmente, afirmam que os indicadores para avaliar a performance de sistemas de reciclagem mais comumente encontrados na literatura são a taxa de coleta, de reciclagem, de retorno e de recuperação (ou valorização). Ponderam que não há consenso sobre a definição e os métodos de estimativa (ou cálculo) desses indicadores e que, portanto, há espaço para melhoria da escolha dos indicadores e da precisão dos métodos de cálculo. Além disso, concluem que a seleção de indicadores deve ser feita não apenas devido à necessidade de se fazer uma análise comparativa do desempenho dos diferentes SLR, mas também devido à necessidade de facilitar a comunicação internacional e contribuir para a evolução dos SLR. Em seguida, definem taxa de coleta, de reciclagem e de valorização (todas em percentual) e sugerem a quais situações cada indicador se aplica:

- Taxa de coleta: calculada pela divisão entre a quantidade de resíduos coletados pelo SLR em um determinado período e a quantidade de produtos (que deram origem aos resíduos) vendidos no mesmo período ou a quantidade de resíduos gerados no mesmo período. Tal indicador deve ser aplicado, segundo os autores, a SLR de produtos não-duráveis, tais como embalagens de bens de consumo;
- Taxa de reciclagem: seu numerador é a quantidade total de materiais recuperados por meio da reciclagem dos resíduos coletados e o denominador é a quantidade de resíduos coletados. Esse indicador deve ser utilizado para avaliar a performance de SLR de bens duráveis, tais como os EEE, segundo os autores;
- Taxa de valorização: calculada, para um determinado período, pela quantidade de resíduos coletados seletivamente (com finalidade de reciclagem ou valorização) dividida pela quantidade total de resíduos gerados. Deve ser aplicada, segundo os autores, para avaliar a performance geral do sistema de gestão de resíduos de um país.

Os autores, então, afirmam que a taxa de coleta é o indicador mais utilizado para avaliar SLR, servindo, inclusive, como meta em normativas. Calculam essa taxa a partir das quantidades de resíduos coletados anualmente e dos respectivos produtos vendidos em Taiwan, de 1998 a 2005, obtendo taxas muito distintas ao longo dos anos para um mesmo tipo de resíduo e sugerindo, inclusive, que as quantidades vendidas podem ter

sido subestimadas pelos produtores, responsáveis por informá-las. Em seguida, apontam que deve haver uma diferença no cálculo dessa taxa para bens não-duráveis e duráveis. No primeiro caso, a quantidade de resíduos gerados pode ser considerada a mesma dos produtos não-duráveis vendidos em um mesmo ano. Já no segundo caso, embora esse método de cálculo tenha sido frequentemente adotado, a quantidade de resíduos gerados não é necessariamente igual àquela de produtos duráveis vendidos no mesmo ano. Dessa forma, propõem duas outras metodologias para estimar a quantidade de REEE gerados: uma baseada no tempo de vida dos EEE e outra na variação do estoque desses equipamentos (WEN; LIN; LEE, 2009).

Como resultado da aplicação dessas metodologias para o caso de Taiwan, concluem que, para os eletrodomésticos, as estimativas baseadas no primeiro método são mais similares às quantidades vendidas, o que indica que o mercado de eletrodomésticos tradicionais em Taiwan é estável, ou saturado. Por outro lado, a abordagem baseada no tempo de vida dos equipamentos pode ser uma técnica melhor para os produtos cujas vendas anuais mudam rapidamente, como computadores e celulares. Comparando as duas metodologias, avaliam que aquela baseada no tempo de vida pode ser usada para prever a geração de resíduos no futuro e parece superestimar as quantidades de REEE geradas e, conseqüentemente, reduzir as taxas de coleta, enquanto que o método baseado na variação de estoque permite contabilizar a quantidade de EEE armazenados nas residências, os quais ainda não foram descartados e, portanto, não foram disponibilizados ao SLR. Por fim, sugerem que os formuladores de políticas públicas (*policy makers*) utilizem a técnica baseada no tempo de vida médio, mas descontem as quantidades armazenadas nas residências, e reconhecem que o método baseado nas quantidades vendidas é mais simples, pois não exige a realização de pesquisa social, constando, por esse motivo, nas Diretivas Europeias sobre REEE (WEN; LIN; LEE, 2009).

Morris e Metternicht (2016) avaliam a eficácia da legislação australiana relacionada à gestão de REEE e seus instrumentos associados, incluindo uma análise em âmbito subnacional (o Estado de New South Wales – NSW) e uma comparação com os casos da Suíça e do Japão. Para realizar a avaliação, foram adotadas, em sequência, o modelo Pressão-Estado-Impacto-Resposta e a metodologia PESTLE, que identifica os fatores políticos, econômicos, sociais, tecnológicos, legais e ambientais de um problema. A partir da identificação dos principais fatores e variáveis, foram levantados indicadores da literatura, os quais foram submetidos à apreciação de especialistas e categorizados. Os critérios para seleção de indicadores incluíram disponibilidade de informações e dados, adequação e mensurabilidade. O Quadro 8 apresenta os indicadores propostos pelos autores. Para comparar os casos da Austrália, Suíça e Japão, foram empregados os seguintes critérios: geração de REEE, objetivos da legislação, instrumentos adotados (administrativos, econômicos, regulatórios, etc), práticas de gestão (incluindo as de *compliance* e *reporting*), categorias de REEE legisladas, metas fixadas para a recuperação e reciclagem de REEE e papéis das partes interessadas. Como fatores de sucesso para a gestão de REEE, os autores identificam: a divisão clara

de responsabilidades entre os atores, o envolvimento de vários níveis de governo (local, regional e nacional), o engajamento dos consumidores e fácil acesso ao SLR, a abrangência de diversas categorias de REEE, e medidas efetivas de *compliance* e auditoria.

Quadro 8 - Indicadores para avaliar a efetividade da gestão de REEE na Austrália

Categoria	Tema	Variável	Indicador
Política	Objetivos da Legislação	Metas de reciclagem e recuperação de material	Atingimento ou não das metas definidas
	Participação do Conselho (de municípios)	Participação do Conselho no Esquema Nacional de REEE (NTCRS)	Número de Conselhos participantes
	Satisfação do Conselho	Satisfação do Conselho com a gestão de REEE	Número de Conselhos satisfeitos com a gestão de REEE na Austrália
	Categorias de REEE	Categorias de REEE legisladas para reciclagem	Número de categorias de REEE legisladas para reciclagem
	Acesso ao Serviço	Acesso aos serviços de coleta de REEE	Número de pontos de serviço para REEE
	Definição de papéis	Papéis e responsabilidades das partes interessadas no NTCRS	Número de conselhos que entendem seu papel no NTCRS
	Definições legislativas	Definição de recuperação e reciclagem	
Econômica	Financiamento	Financiamento necessário para a gestão de REEE	Alocação de fundos para a gestão de REEE
	Emprego	Empregos / empresas	Criação / perda de empregos – abertura / fechamento de negócios
	Conformidade	Custo de conformidade	
Social	Empresas sociais		
	Saúde e segurança	Conformidade e auditoria	Cumprimento de medidas de conformidade e auditoria
	Consciência pública	Sensibilização do público para os serviços de reciclagem de REEE	Nível de conscientização do público como percebido pelos conselhos de NSW
	Participação pública	Participação pública na reciclagem de REEE	Toneladas de REEE recicladas nas regiões e engajamento na coleta

(continua)

(continuação)

Categoria	Tema	Variável	Indicador
Tecnológica	Recuperação e Reciclagem	Recuperação e reciclagem de REEE na Austrália	Quantidade de REEE recuperada e reciclada na Austrália
	Tempo de vida do produto	Vida útil de REEE	Aumento / diminuição da vida útil dos REEE
Legal	Exportação de REEE	Exportação ilegal / legal	Quantidade de REEE exportados
	Convenção de Basileia	Exportação de REEE	Adesão à Convenção de Basileia
	Leis e requisitos legais	Cumprimento e auditoria da legislação existente	Nível / evidência de cumprimento / conformidade
	Requisitos de relatório	Recuperação / reciclagem / aterro	Acompanhamento dos fluxos de materiais ou não
Ambiental	REEE aterrado	Quantidade aterrada	Quantidade de REEE aterrados na Austrália
	Gestão de resíduos perigosos	Gestão de Tubos CRT, Mercúrio, Toner, Baterias	Quantidade de resíduos perigosos dispostos em aterro / recuperados na Austrália

Fonte: Adaptado de Morris e Metternicht (2016).

Parajuly, Habib e Liu (2017) fizeram uma avaliação da geração e gestão dos REEE na Dinamarca. Citam como indicadores de performance do sistema de gerenciamento de REEE as taxas (ou percentuais) de coleta e de reciclagem, os quais constam na Diretiva Europeia referente aos REEE para expressar as metas a serem atingidas nos países. Discutem que a taxa de coleta pode ser calculada em relação aos EEE colocados no mercado ou aos REEE efetivamente gerados e argumentam que, para algumas categorias de REEE, tais como os de pequeno porte, a taxa de coleta em relação aos REEE gerados é muito menor do que aquela baseada nos EEE colocados no mercado, pois boa parte desses resíduos entram em outros fluxos, como o de reutilização ou coleta fora do sistema oficial de gerenciamento (SLR). Assim, propõem que essa taxa seja calculada em relação aos REEE efetivamente gerados, isto é, descontada a fração que é reutilizada. Quanto à taxa de reciclagem, afirmam que, segundo a Diretiva, deve-se calculá-la como a soma das quantidades de REEE destinados à valorização, reciclagem e preparação para o reuso dividida pela quantidade de REEE coletados pelo sistema oficial. Consideram, no entanto, que esse modo de calcular a taxa não reflete a verdadeira recuperação dos materiais, pois não inclui os fluxos de coleta de REEE complementares nem a eficiência dos processos de reciclagem e valorização. Portanto, sugerem que os fluxos de produtos reutilizados sejam quantificados e avaliados separadamente, como um outro indicador, assim como o atraso no descarte causado pela reutilização, e que a taxa de reciclagem seja calculada

em relação aos REEE efetivamente gerados, afirmando que a quantificação desses fluxos complementares e sua inclusão nas métricas tornará os indicadores de reciclagem mais robustos, precisos e comparáveis entre os países. Por fim, destacam que, para acompanhar os fluxos de materiais de forma mais precisa e transparente, a harmonização das fontes de dados e da metodologia empregada nos relatórios dos SLR também é crucial.

Popescu (2014) adota três critérios, ou indicadores, para avaliar a efetividade da gestão dos REEE em países europeus:

- 1) Eficiência da coleta de REEE em relação à quantidade de EEE colocados no mercado - calculado pela divisão entre a quantidade de REEE coletados *per capita* por ano e a quantidade de EEE colocados no mercado *per capita* no mesmo ano;
- 2) Eficiência da reciclagem e reuso de REEE em relação à quantidade de EEE colocados no mercado - calculado pela divisão entre a quantidade de REEE reciclados ou reutilizados *per capita* por ano e a quantidade de EEE colocados no mercado *per capita* no mesmo ano;
- 3) Eficiência da reciclagem e reuso de REEE em relação à quantidade de REEE coletados - calculado pela divisão entre a quantidade de REEE reciclados ou reutilizados *per capita* por ano e a quantidade de REEE coletados *per capita* no mesmo ano.

Os indicadores foram aplicados aos 28 países da União Europeia, calculados utilizando dados de 2010 do Eurostat referentes às quantidades de EEE colocadas no mercado *per capita* por ano, às quantidades de REEE coletadas *per capita* por ano e às quantidades de REEE recicladas ou reutilizadas *per capita* por ano em cada país. A partir da aplicação dos indicadores, os países foram ranqueados quanto à efetividade da gestão de REEE (POPESCU, 2014).

Ibanescu et al. (2018) analisaram os sistemas de gerenciamento de REEE de cinco países membros da União Europeia, Bulgária, Romênia, Itália, Alemanha e Suécia, quanto ao seu perfil e à sua sustentabilidade. Para analisar o perfil dos sistemas, foram empregados indicadores relacionados às fases do gerenciamento dos REEE, expressos como fluxos de materiais (kg), taxas (kg *per capita*) ou eficiências (%), baseados em revisão bibliográfica. Já a sustentabilidade dos sistemas é avaliada por meio de metodologias de cálculo da pegada de carbono, com indicadores relacionados à destinação dos REEE, expressos em toneladas de CO₂ equivalente por ano e em toneladas de CO₂ equivalente por tonelada de REEE tratado, com base em fatores de emissão. Os indicadores propostos pelos autores são apresentados no Quadro 9. Os autores afirmam que os sistemas de gerenciamento de REEE são geralmente analisados em termos das quantidades geradas, coletadas, recuperadas e recicladas, tratadas e descartadas, o que é útil, mas não suficiente para tirar conclusões sobre o desempenho e impactos ambientais dos sistemas. Citam também análises do tipo ACV encontradas na literatura para REEE e processos de tratamento ou reciclagem específicos. Assim, propõem uma avaliação adicional, baseada na emissão de gases de efeito estufa, ou seja,

na pegada de carbono. Além disso, empregam os seguintes critérios para avaliar a gestão de REEE nos países selecionados: número de pontos de coleta, instrumentos de suporte empregados (aplicativos de celular, suporte das municipalidades, recompensas e descontos ao consumidor), população servida e instalações de reciclagem. Todos os indicadores e critérios propostos são aplicados aos casos dos países. Quanto aos indicadores de sustentabilidade, os autores ressaltam que todos tiveram valores negativos, indicando que os SLR permitem evitar emissões de gases de efeito estufa e que o indicador de eficiência do sistema quanto à emissão de gases de efeito estufa (toneladas de CO₂ equivalente por tonelada de REEE tratado) permite comparações entre países e ao longo dos anos. Entretanto, reconhecem que o fato de não considerarem a etapa de transporte representa uma limitação no cálculo das pegadas de carbono do sistema.

Quadro 9 - Indicadores propostos por Ibanescu et al. (2018)

Indicador	Unidade de Medida
Perfil do SLR de REEE	
Taxa de coleta no ano	Kg/habitante
Eficiência da coleta (quantidade de REEE coletados no ano dividida pela média das quantidades de EEE colocados no mercado nos três anos anteriores)	%
Taxa de REEE transportados para serem tratados no mesmo país	Kg/ habitante
Quantidade de REEE transportados para serem tratados fora do país (em países da UE ou não)	Kg/ habitante
Percentual de REEE transportados para serem tratados fora do país (em relação aos coletados)	%
Taxa de REEE tratados (reutilizados, valorizados ou reciclados) no país, por categoria (eletrodomésticos de grande porte, de pequeno porte e equipamentos de informática e telecomunicações)	Kg/ habitante
Total de REEE reutilizados no país (somente os coletados pelo sistema)	Toneladas
Percentual de REEE reciclados no país (em relação aos coletados)	%
Sustentabilidade do SLR de REEE	
Pegada de carbono do sistema (sem considerar o transporte)	Toneladas de
Pegada de carbono das opções de destinação dentro do país: reciclagem, incineração (ou tratamentos térmicos) e aterro	CO ₂ eq. por ano
Eficiência do sistema quanto à emissão de gases de efeito estufa (pegada de carbono do sistema dividida pela quantidade total de REEE tratados no país no ano)	Adimensional

Fonte: elaborado com base em Ibanescu et al. (2018).

Favot, Veit e Massarutto (2016) avaliaram o SLR de REEE italiano e sua evolução de 2009 a 2014, focando na performance técnica e econômica das ORP e na participação dos municípios, especialmente do ponto de vista financeiro. Para analisar a

performance das ORP, utilizaram os indicadores da publicação da Comissão Europeia que traz um panorama comparativo da implementação da LR nos países da UE. Os indicadores de performance técnica são: EEE colocados no mercado, REEE gerados, REEE recolhidos, taxa de reciclagem e taxa de recuperação (em relação aos REEE coletados). Quando possível, recomenda-se que os indicadores sejam calculados, separadamente, para os REEE provenientes de pessoas físicas (B2C) e de pessoas jurídicas (B2B). Além disso, para os REEE B2C, os três primeiros indicadores são calculados também per capita. Já os indicadores para a performance econômica são: total de taxas cobradas dos produtores pelos sistemas coletivos, taxas por tonelada de EEE colocados no mercado, taxas por tonelada de REEE recolhidos e taxas por habitante por ano. Quanto aos indicadores utilizados para estimar a participação dos municípios em termos econômicos, baseiam-se nas quantidades de REEE coletadas pelas municipalidades, nas quantidades compensadas e na remuneração dada pelas ORP aos municípios, divididas em: recursos para coleta e para infraestrutura. Todos os indicadores são aplicados ao caso italiano. Por fim, os autores advertem que falta transparência na divulgação da performance das ORP, especialmente em termos financeiros, e recomendam que os formuladores de políticas públicas promovam a transparência, assim como o controle e monitoramento das atividades das ORP.

Yano e Sakai (2016) trazem indicadores para a prevenção da geração de resíduos sólidos, entre os quais os REEE. Dentre os indicadores, destacam-se: eficiência da coleta de REEE, peso de REEE coletados *per capita*, montante de venda de EEE reutilizados, peso de EEE usados comprados *per capita*, peso de REEE em relação aos EEE colocados no mercado *per capita*, número de produtores que consideraram o fim de vida para projetar os EEE, percentual de substâncias perigosas encontradas em EEE, número de lojas de produtos de segunda mão que vendem EEE usados, número de serviços de reparo de EEE. Ainda, ressaltam que as propriedades de um bom indicador são a disponibilidade de dados, representatividade, confiabilidade, relevância e popularidade.

Uma das publicações identificadas na revisão sistematizada é do StEP (*Solving the e-waste problem*), iniciativa de profissionais e acadêmicos de diversos continentes que atuam no setor de REEE, apoiada pela Universidade das Nações Unidas (STEP, 2017). Os indicadores propostos aplicam-se à avaliação das soluções adotadas pelos países para gerir os REEE, de modo a fornecer um diagnóstico da situação do país quanto aos REEE. Foram retirados de relatórios de sistemas de coleta (SLR) de REEE e de relatórios oficiais, em quatro países europeus: Bélgica, Suíça, Holanda e França. São apresentados no Quadro 10, divididos por categoria e subcategoria. O autor comenta que não foi possível aplicar os indicadores para avaliar a situação dos países selecionados, devido à heterogeneidade dos sistemas e à indisponibilidade de dados ou à existência de metodologias diferentes para coleta de dados. Em análise crítica do resultado do próprio trabalho, pondera que os indicadores têm abordagem ampla e que, devido a esses mesmos fatores, não poderão ser utilizados para comparar a performance

das soluções para gestão de REEE nos diversos países. Por fim, sugere o desenvolvimento de indicadores mais simples e de fácil aplicação (GOSSART, 2011).

Quadro 10 - Indicadores propostos por Gossart (2011)

Categoria	Subcategoria ou Indicador	Indicadores	
O problema dos REEE no país	Exemplos levantados por Gossart (2011)	Quantidade de EEE colocada no mercado	
		Quantidade de REEE gerada	
		Proporção de equipamentos	
		Despesa média com equipamentos de informação e comunicação	
Soluções desenvolvidas para resolver o problema dos REEE	Formulação de políticas públicas relativas aos REEE	Legislação nacional sobre REEE	
		Principais definições	
		Principais princípios	
	Instrumentos usados para implementar as políticas	Legislação	Regras para exportar EEE
		Sistema de coleta	Atores (empresas, ONG, associações de consumidores)
			Instrumentos econômicos
		Instrumentos baseados na informação	
Performance das soluções colocadas em prática	Coleta		
	Reciclagem		
	Custos do sistema de coleta		
	Receita e Reserva		
	Tratamento e Recuperação		
Contexto	Informação Geral	População Total	
		Área	
		Densidade Populacional	
		População Urbana	
	Mercado de Trabalho	Desemprego	
		Contribuição do setor informal para a economia nacional	
		Postos de trabalho criados pelo sistema de reciclagem	
	Saúde e Segurança	Riscos ocupacionais relacionados ao gerenciamento de REEE	
		Padrões de saúde e segurança da população vizinha aos locais de reciclagem de REEE	
		Padrões de saúde e segurança dos trabalhadores diretamente envolvidos no gerenciamento de REEE	
	Desigualdades	Exclusão Digital	
		Desvios de REEE	
	Consciência	Preocupação dos cidadãos com questões ambientais e de desigualdade	

Fonte: adaptado de Gossart (2011).

Outra publicação selecionada é resultado do projeto da Comissão Europeia de desenvolvimento de um guia sobre a responsabilidade estendida do produtor, que traz um panorama comparativo da implementação da LR em 28 países da União Europeia, para diversos resíduos, entre os quais os REEE. Os seguintes princípios são considerados como norteadores da REP e são empregados para analisar os sistemas de REP: i) divisão de responsabilidades e comunicação entre os stakeholders, ii) custos relacionados ao ciclo de vida dos produtos, iii) competição justa, iv) transparência, v) monitoramento e vi) controle. Os autores ressaltam que outros fatores tais como i) a densidade populacional, ii) o grau de desenvolvimento da infraestrutura de coleta e tratamento disponível, iii) o valor agregado das matérias primas secundárias, iv) a consciência dos cidadãos e v) a aplicação de outros instrumentos de políticas públicas de resíduos são fatores importantes para o sucesso da implementação da LR de REEE. Ao montar o panorama, os autores destacam a baixa disponibilidade de dados comparáveis, especialmente os relacionados à performance econômica e técnica dos sistemas de REP, devido à falta de transparência e de padronização das metodologias de cálculo, o que dificulta a realização de comparações entre os países. Os indicadores propostos, apresentados no Quadro 11, devem permitir avaliar o funcionamento e a performance dos sistemas de REP de REEE para os países selecionados. Boa parte foi baseada naqueles utilizados pelo Eurostat, órgão estatístico da UE, apresentando tanto medidas relativas quanto absolutas. A partir da aplicação dos indicadores aos casos selecionados, observa-se que as informações relacionadas às taxas pagas pelos produtores são particularmente difíceis de serem obtidas para os REEE. A explicação dada pelo setor para essa lacuna foi o alto grau de competição no mercado de produtos eletroeletrônicos, dificultando o compartilhamento de informações de caráter econômico, mesmo que de maneira agregada (CE, 2014).

Quadro 11 - Indicadores para avaliar o funcionamento e performance dos SLR de REEE

Critério	Indicador	Descritor
Responsabilidade da ORP	Tipo de responsabilidade da ORP	Total ou parcialmente organizacional.
Competição	Há competição entre as ORP?	Quantidade de ORP.
	Há competição entre os operadores do gerenciamento dos resíduos?	Sim/Não.

(continua)

(continuação)

Critério	Indicador	Descritor
Transparência e Monitoramento	Quantidade de free riders	
	Quais sanções previstas?	
	Monitoramento das operações de coleta e tratamento	Se são ambientalmente licenciados.
	Monitoramento das ORP	
	Status das ORP	Com ou sem fins lucrativos.
	Procedimento de diálogo entre os múltiplos stakeholders?	Sim/Não e qual tipo?
Performance Técnica	Percentual de cobertura dos custos organizacionais	%
	Quantidade total de EEE colocados no mercado	Em peso, por origem (domiciliar ou comercial).
	REEE gerados	
	Quantidade de REEE coletado	Em peso, total e por habitante, para os REEE por origem (B2B e B2C).
	Percentual de reciclagem (relativo ao que foi coletado)	%
	Percentual de recuperação (relativo ao que foi coletado)	%
Custo-Efetividade	Total de Taxas	Euros
	Total de taxas por produto colocado no mercado	Euros por tonelada.
	Total de taxas por REEE coletado	Euros por tonelada
	Taxas por ano per capita	Euros/pessoa/ano.

Fonte: adaptado de EC (2014).

A publicação da Universidade das Nações Unidas que traz um guia para obtenção e reporte de dados, estatísticas e indicadores relacionados aos REEE também foi selecionada por meio da revisão sistemática. Nessa publicação, propõem-se os seguintes parâmetros para compilar o reporte de dados sobre REEE, expressos em quilogramas por habitante ou em toneladas e calculados para seis categorias de REEE, as mesmas propostas no Anexo III da Diretiva nº 19 de 2012 da Comunidade Europeia, apresentadas no Quadro 4 (CE, 2012; FORTI; BALDÉ; KUEHR, 2018):

- EEE colocados no mercado: definido como qualquer oferta comercial de EEE para distribuição, consumo ou uso no mercado, quer em troca de pagamento ou gratuitamente;
- REEE gerado: definido como a quantidade de REEE descartados em decorrência do consumo no território nacional em um determinado ano, antes de qualquer coleta, reutilização, tratamento ou exportação;
- Coleta formal de REEE: representa a quantidade de REEE coletados seletivamente, conforme normativas específicas para REEE, incluindo os

REEE coletados e exportados para serem tratados no exterior de acordo com as normas nacionais;

- REEE em lixeira: definido como a quantidade de REEE misturados a outras tipologias de resíduos sólidos coletados, tais como os RSU e os resíduos volumosos;
- REEE reciclados de outras formas: consiste na quantidade de REEE reciclados com outros fluxos de resíduos, por exemplo, sucata de metal. Esse tipo de reciclagem nem sempre atende aos mesmos padrões de eficiência e ambientais que a reciclagem específica para REEE. Tais dados são, geralmente, estimados, pois são dificilmente obtidos;
- REEE importados;
- REEE exportados.

A partir dos parâmetros de reporte, são propostos quatro indicadores, com a finalidade de capturar os aspectos mais essenciais do desempenho de um país quanto à gestão de REEE, ou seja, o tamanho do mercado nacional de EEE, a geração de REEE e a coleta formal de REEE no país. Com o uso dos indicadores, deve ser possível identificar diferenças nos desempenhos dos países e realizar *benchmarking*. Como exemplo, os indicadores foram calculados para Itália, França, África do Sul, China e Chile. Os quatro indicadores propostos são (FORTI; BALDÉ; KUEHR, 2018):

- 1) Total de EEE colocados no mercado (kg/habitante): representa o tamanho do mercado nacional de EEE;
- 2) Total de REEE gerados (kg/habitante): representa a geração de REEE;
- 3) REEE formalmente coletados (kg/habitante): representa a quantidade de REEE coletados como tal pelos sistemas formais de coleta e destinação;
- 4) Taxa de coleta de REEE (%): calculada pela divisão entre a quantidade de REEE formalmente coletados e o total de REEE gerados. Representa o desempenho dos sistemas formais de coleta.

O último documento analisado no âmbito da revisão sistematizada foi a Resolução nº 2246, de 31 de outubro de 2017, do Ministério de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (MADS) da Colômbia, que estabelece indicadores de gestão a serem utilizados pelo poder público para avaliar e monitorar os sistemas de coleta e destinação adequada (SLR) de pilhas e baterias, as quais são classificadas como REEE naquele país. Os indicadores e seus critérios de avaliação são apresentados no Quadro 12. Determina-se que a avaliação dos SLR deve ser baseada na soma das pontuações dos cinco indicadores, sendo que os sistemas que alcançarem, no mínimo, 70 pontos serão considerados como cumpridores dos requisitos legais. A partir de 2021, a pontuação mínima passará a ser 75. Nos anexos da Resolução, constam os formulários a serem preenchidos pelos fabricantes e importadores com os resultados anuais dos sistemas, de modo a alimentar os indicadores. Adicionalmente, os produtores deverão fornecer todos os documentos que comprovem a veracidade das informações prestadas (MADS, 2017).

Quadro 12 - Indicadores para avaliar SLR de pilhas e baterias

Indicador	Descrição e Método de Cálculo	Critério de Avaliação
De coleta e gestão (IRG)	<p>Relação entre o peso de resíduos de pilhas e baterias gerenciados pelo sistema (PRR) e a meta de coleta anual, a qual é expressa pela média anual de pilhas e baterias colocadas no mercado nacional nos dois anos anteriores (CPM) multiplicada pelo percentual a ser coletado anualmente (PMR).</p> $IRG = \frac{100 * PRR}{CPM * PMR}$	<p>Atribuição de 60 pontos ao sistema cujo IRG atingir um valor igual ou superior a 100%. Nos demais casos, deve ser atribuída uma pontuação proporcional em relação ao máximo de 60 pontos.</p>
De informação e sensibilização dos consumidores (IISC)	<p>Relação entre os recursos financeiros destinados anualmente a atividades de informação e sensibilização dos consumidores (RFISC) e o total de recursos financeiros destinados ao funcionamento do sistema (RFT).</p> $IISC = \frac{100 * RFISC}{RFT}$	<p>Atribuição de 20 pontos ao sistema cujo IISC atingir um valor igual ou superior a 15%. Nos demais casos, deve ser atribuída uma pontuação proporcional em relação ao máximo de 20 pontos.</p>
De incremento da cobertura geográfica (IICG)	<p>Incremento, em relação ao ano anterior, do produto entre a quantidade de municípios abrangidos pelo sistema e a quantidade de PEV permanentes (CMC * CPRI).</p> $IICG = \left(\left(\frac{CMC * CPRI}{CMC_a * CPRI_a} \right) - 1 \right) * 100$	<p>Atribuição de 10 pontos ao sistema cujo IICG atingir um valor igual ou superior a 10%. Para valor menor que 10%, deve ser atribuída uma pontuação proporcional em relação ao máximo de 10 pontos. No caso de sistemas que atendem mercados limitados geograficamente, devem ser atribuídos 10 pontos, desde que comprovem que alcançaram cobertura geográfica total.</p>

(continua)

(continuação)

Indicador	Descrição e Método de Cálculo	Critério de Avaliação
De estímulos diretos ao consumidor (IEDC)	Relação entre os recursos financeiros destinados anualmente a estímulos diretos ao consumidor (estímulos com o fim de influenciar o comportamento do consumidor e motivá-lo a devolver os resíduos de pilhas e baterias), RFEC, e o total de recursos financeiros destinados ao funcionamento do sistema (RFT). $IEDC = \frac{100 * RFEC}{RFT}$	Atribuição de 5 pontos ao sistema cujo IEDC atingir um valor igual ou superior a 5% e zero para os que atingirem valores menores de 5%.
Da pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental para aproveitamento de resíduos (IIA)	Relação entre os recursos financeiros destinados anualmente a pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental para aproveitamento de resíduos de pilhas e baterias (RFIA) e o total de recursos financeiros destinados ao funcionamento do sistema (RFT). $IIA = \frac{100 * RFIA}{RFT}$	Atribuição de 5 pontos ao sistema cujo IEDC atingir um valor igual ou superior a 5% e zero para os que atingirem valores menores de 5%.

Fonte: adaptado de MADS (2017).

3.4.2 Técnica Delphi

A técnica Delphi teve origem na década de 1950 a partir de um estudo da Rand Corporation financiado pela Força Aérea Americana cujo objetivo era obter o consenso das opiniões de um grupo de especialistas por meio da aplicação de uma série de questionários intercalados pelo retorno (feedback) das respostas aos respondentes. Desde então, o método tem sido usado em uma grande variedade de estudos, com diferentes procedimentos para sua aplicação (LINSTONE; TUROFF, 2002).

Apesar da variedade de procedimentos para aplicar a técnica, alguns elementos a caracterizam, tais como: algum grau de anonimato dos respondentes, análise (estatística ou não) das respostas do grupo, feedback das respostas e oportunidade de cada indivíduo revisar sua resposta na rodada subsequente (WRIGHT; GIOVINAZZO, 2000; LINSTONE; TUROFF, 2002).

Segundo Besen (2011), a técnica baseia-se em rodadas, visando ao consenso, e é empregada para se obter a avaliação de especialistas em pequena e larga escala, de modo a abordar problemas complexos. Em casos nos quais é utilizada para validação de indicadores relacionados aos resíduos sólidos, adotam-se, de modo geral, os seguintes procedimentos: o pesquisador seleciona um conjunto de especialistas, ou seja, pessoas que entendem do assunto tratado e podem contribuir com conhecimentos baseados em sua experiência profissional ou acadêmica; elabora um questionário contendo uma lista

preliminar de indicadores e o envia ao grupo de especialistas; as respostas recebidas na primeira rodada são tabuladas e avaliadas pelo pesquisador, calculando a distribuição de frequência das respostas e estatísticas básicas, como a mediana e os quartis, e uma nova versão do questionário pode ser criada, incorporando as sugestões recebidas; inicia-se, então, a segunda rodada: os especialistas recebem feedback quanto às respostas da rodada anterior, bem como o questionário, o que possibilita que o respondente reveja sua opinião; repete-se o procedimento de tabulação e análise e o pesquisador verifica se foi atingido um grau satisfatório de convergência das respostas, o qual é definido pelo próprio pesquisador. Caso tenha sido atingido, passa-se à consolidação dos resultados e chega-se a uma lista de indicadores considerados como validados. Caso contrário, inicia-se uma nova rodada, reproduzindo os procedimentos já descritos. Para que o método seja reconhecido como Delphi, deve-se empregar, no mínimo, duas rodadas, mas poucos estudos ultrapassam três (WRIGHT; GIOVINAZZO, 2000; BESEN, 2011; SILVA, 2013; VEIGA, 2014).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, são discutidos os principais resultados obtidos com relação à aplicação dos questionários, à elaboração do conjunto de indicadores e à validação dos indicadores por meio da Técnica Delphi.

4.1 APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIOS

Para complementar as informações levantadas nas etapas de revisão bibliográfica e pesquisa documental, foram elaborados três questionários.

No primeiro questionário, direcionado a gestores de SLR de REEE e funcionários de órgãos ambientais europeus e japoneses que trabalham com esse tema, havia perguntas com respostas do tipo múltipla escolha e dissertativas, divididas em duas seções. Na primeira, constavam perguntas sobre o reporte de dados referentes a SLR de REEE aos órgãos de controle da LR de REEE no país; na segunda, sobre os indicadores usados pelos próprios SLR ou pelos órgãos ambientais para avaliar os SLR de REEE.

No segundo questionário, elaborado após a aplicação do primeiro e considerando as respostas até então obtidas, o público-alvo foram especialistas de órgãos ambientais europeus e japoneses. Nesse segundo questionário, os especialistas foram indagados sobre quais indicadores eles empregariam para avaliar SLR de REEE.

Um terceiro questionário foi submetido às entidades gestoras nacionais de REEE no Brasil, também indagando os gestores sobre quais indicadores poderiam ser usados para avaliar os SLR de REEE.

O primeiro questionário foi enviado a 47 pessoas, tendo sido recebidas sete respostas. Já o segundo foi enviado a 32 pessoas, com 3 respostas recebidas. O terceiro foi enviado às duas entidades gestoras e ambas responderam. Com base nas respostas aos três questionários, os indicadores foram organizados em quatro grupos: os utilizados por sistemas europeus, os do sistema japonês, aqueles sugeridos por especialistas e os indicados por entidades gestoras brasileiras.

Por fim, foi realizada uma análise comparativa dos conjuntos de indicadores para que, a partir desses e dos identificados na literatura, fosse obtida a proposta de indicadores a ser aplicada aos sistemas brasileiros. A seguir, são apresentados e discutidos os resultados da aplicação de todos os questionários.

4.1.1 Indicadores utilizados na Europa

Na primeira parte do questionário aplicado aos órgãos ambientais e ORP europeus, o tema tratado foi o modelo de prestação de informações dos SLR aos órgãos ambientais, com a predominância de questões do tipo “múltipla escolha”, nas quais foi apresentada uma série de opções de resposta para cada pergunta e os respondentes deveriam selecionar uma (ou, em alguns casos, mais de uma) opção. As perguntas finais

dessa primeira parte permitiram que os respondentes expusessem sua opinião sobre os pontos positivos e negativos do modelo de *reporting* utilizado, bem como sugestões de melhoria, com campos para respostas do tipo dissertativas.

No Quadro 13, são apresentadas as respostas às questões do tipo múltipla escolha. Foram obtidas sete respostas, de seis países: Holanda, Bélgica, Espanha, Irlanda, Noruega e Suíça; três de órgãos ambientais e quatro de organizações de responsabilidade do produtor (ORP). Com base nas respostas, pode-se observar que, com exceção da Suíça, que possui SLR voluntários, nos demais países, os resultados dos SLR de REEE devem ser reportados aos órgãos ambientais nacionais, majoritariamente uma vez por ano. Excetuadas a Suíça e a Noruega, nos demais países os resultados são reportados por meio de sistema eletrônico, na maioria via preenchimento de formulário. No caso da Espanha, os dados são provenientes de um sistema eletrônico de monitoramento do fluxo de REEE, alimentado pelos recicladores e demais gerenciadores de resíduos.

Quanto aos tipos de dados que são reportados, nas quatro respostas a essa pergunta, constam que, nesses países, são reportados dados referentes às seguintes dimensões dos SLR: EEE colocados no mercado, categorias de REEE coletados, performances da coleta e da reciclagem. Tais resultados já seriam esperados, visto que a Diretiva relativa aos REEE estabelece que tais informações sejam prestadas, inclusive para comprovação de que as metas foram atingidas. As dimensões performance do reuso, comunicação e educação ambiental e atingimento de metas foram listadas em duas respostas e as dimensões performance do tratamento, performance econômica / custos e abrangência geográfica da coleta foram citadas uma vez cada. Houve sugestão de uma categoria: exportação.

A partir das respostas dissertativas, observa-se que alguns dados referentes ao gerenciamento dos REEE (especialmente os relacionados à destinação dos resíduos) não são fornecidos aos órgãos ambientais pelas ORP, mas pelas empresas contratadas para realizar o tratamento e reciclagem dos REEE e que os respondentes avaliam isso como um ponto positivo, sugerindo que sejam adotados pelos órgãos ambientais sistemas para controle/monitoramento dos diferentes fluxos de coleta e destinação de REEE, não se limitando aos fluxos relacionados aos SLR. Ainda sobre essa questão, um dos respondentes comentou sobre a dificuldade dos produtores em rastrear o fluxo dos resíduos até o final, uma vez que eles dependem dos prestadores de serviço que realizam o gerenciamento dos REEE. Outro respondente chamou atenção para o fato de que, muitas vezes, um ator do sistema tem que reportar o mesmo dado diversas vezes, para atender a diferentes normativas, o que deve ser evitado.

Dois fatores que devem ser melhorados, apontados por órgãos ambientais, foram: a transparência quanto ao uso do orçamento dos SLR e a disponibilidade de dados sobre a exportação de REEE e de EEE usados com finalidade de reuso. Dois pontos positivos levantados por órgãos ambientais foram: o relatório fornece um panorama sobre a performance do SLR, e a realização de auditoria externa (por terceiros) dos dados fornecidos pelos SLR, para confirmar a veracidade dos mesmos,

uma vez que essa tarefa não é fácil para os órgãos ambientais. Por fim, o respondente de um dos órgãos ambientais sugeriu que seja aumentada a frequência de entrega dos relatórios, para duas ou quatro vezes ao ano, de modo a acompanhar melhor o progresso dos SLR quanto ao atingimento das metas.

Na segunda parte do questionário direcionado aos sistemas europeus, solicitou-se que os respondentes listassem os indicadores utilizados para avaliar cada uma das dimensões dos SLR de REEE listados no Quadro 14. Além disso, havia perguntas sobre a opinião dos respondentes acerca dos pontos positivos, negativos e sugestões de melhoria dos indicadores. Foram obtidas seis respostas, de cinco países: Holanda, Bélgica, Espanha, Irlanda e Suíça. Três delas foram de órgãos ambientais e três de ORP. No Quadro 14, são apresentados os indicadores que constam nas respostas recebidas.

Foram listados indicadores para 12 das 13 dimensões. A única para a qual não houve indicadores foi o *ecodesign*. Três dimensões foram indicadas por todos os respondentes: geração de REEE, categorias de REEE coletados e performance da reciclagem. Os indicadores mais listados para essas categorias foram respectivamente: quantidade de produtos eletroeletrônicos colocada no mercado, peso de REEE coletado por categoria e percentual de REEE reciclado em relação ao coletado. Observa-se que, além das dimensões citados anteriormente, os três órgãos ambientais respondentes elencaram indicadores relativos à performance da reutilização, e dois deles listaram indicadores relacionados ao atingimento de metas e à comunicação e educação ambiental. Também se nota que os indicadores relacionados às dimensões ambientais, econômicas e à cobertura geográfica da coleta não estão entre os mais frequentemente elencados. Os indicadores referentes à dimensão ambiental foram: peso de resíduos perigosos destinados corretamente e resultados de auditoria ambiental, em termos percentuais. Por fim, ressalta-se que foi elencado um indicador na categoria “outros”: o peso de resíduos exportados.

A frequência de medição predominante para os indicadores foi anual. Quanto ao uso dos indicadores, predominaram os seguintes: reporte oficial de dados, *compliance* dos sistemas ou produtores e gestão do SLR. No caso suíço, como os sistemas são voluntários, os indicadores são usados para gestão dos SLR. Houve uma sugestão de que os indicadores sejam empregados para garantir e potencializar a transparência dos SLR de REEE. Um ponto positivo indicado foi que os indicadores permitem monitorar o atingimento das metas.

Comparando as respostas da segunda parte do questionário com as da primeira, observa-se que, em quase todas as respostas, houve coincidência entre as dimensões dos SLR para as quais havia o reporte de dados aos órgãos de controle e as dimensões para as quais foram listados indicadores. Tal resultado já seria esperado, visto que o conjunto de dimensões era o mesmo nas duas perguntas e dada a relação entre os tipos de dados reportados e os indicadores utilizados para avaliá-los.

Outra comparação interessante é entre a resposta da ORP e do órgão ambiental de um mesmo país (Holanda). Houve uma pequena diferença entre os indicadores

listados por cada um. Enquanto o respondente do órgão ambiental listou o indicador percentual de REEE reutilizado, o da ORP citou a quantidade exportada.

Quadro 13 - Características dos modelos de reporting na Europa

País	Bélgica	Espanha	Holanda	Irlanda	Noruega	Suíça
Ator	ORP	Órgão ambiental	ORP e órgão ambiental	Órgão ambiental	ORP	ORP
Resultados do SLR devem ser reportados a qual autoridade e quantas vezes ao ano?	Órgão ambiental nacional, 1/ano	Órgão ambiental nacional e estadual, 1/ano	Órgão ambiental nacional, 1/ano	Órgão ambiental nacional, 1/ano	Órgão ambiental nacional, 2/ano	Nenhum, pois o SLR é voluntário
Resultados reportados por meio de um sistema online? Se sim, como?	Sim, por formulário	Sim, por um sistema online alimentado pelos contratados para gerenciar os REEE (recicladores)	Sim, por formulário	Sim, por formulário	Não	Não se aplica
Que tipos de dados são reportados?	EEE colocados no mercado; categorias de REEE coletados; performance da coleta, do tratamento, da reciclagem e do reuso; comunicação e educação ambiental	EEE colocados no mercado; categorias de REEE coletados; cobertura geográfica da coleta; performance da coleta, do tratamento, da reciclagem e do reuso; custos / performance econômica; atingimento de metas; comunicação e educação ambiental	EEE colocados no mercado; categorias de REEE coletados; performance da coleta, do tratamento e da reciclagem, do reuso e exportação	EEE colocados no mercado; categorias de REEE coletados; performance da coleta, da reciclagem e do reuso, atingimento de metas	Não foi respondido	Não se aplica

Quadro 14 – Indicadores listados pelos órgãos ambientais e ORP europeus

Dimensão do SLR de REEE	Bélgica - ORP	Espanha – Órgão Ambiental	Holanda - ORP	Holanda - Órgão Ambiental	Irlanda - Órgão Ambiental	Suíça - ORP
Geração dos REEE	Quant. colocados no mercado	Quant. colocados no mercado	Quant. colocados no mercado	Quant. colocados no mercado categoria	Quant. colocados no mercado	Quant. colocados no mercado
Categorias de REEE coletados	Peso de REEE coletado por categoria	Peso de REEE coletado por categoria	Peso de REEE coletado por categoria	Peso de REEE coletado por categoria	Peso de REEE coletado por categoria	Percentual de REEE coletado por categoria
Performance quant. da coleta		Percentual de resíduos coletados	Peso de REEE coletado	Peso de REEE coletado	Percentual de resíduos coletados	
Cobertura geográfica da coleta		Percentual de municípios cobertos pela coleta e quant. coletada em cada				
Performance do Tratamento	Performance do tratamento auditada	Quantidade e Percentual de REEE tratado	Percentual de REEE tratado	Peso de REEE tratado por categoria		
Performance da Reciclagem	Percentual de REEE reciclado	Quantidade e Percentual de REEE reciclado	Percentual de REEE reciclado	Percentuais de REEE reciclados no país e no exterior (em outros países da UE)	Percentual de REEE reciclado	Taxa de reciclagem
Performance da Reutilização	Unidades de REEE reutilizadas	Quantidade e Percentual de REEE reutilizado		Percentual de REEE reutilizado	Percentual de REEE reutilizado	

(continua)

(continuação)

Dimensão do SLR de REEE	Bélgica - ORP	Espanha – Órgão Ambiental	Holanda - ORP	Holanda - Órgão Ambiental	Irlanda - Órgão Ambiental	Suíça - ORP
Performance econômica / custos		Custos totais				Custos por tonelada coletada
Ecodesign						
Aspectos ambientais	Peso de resíduos perigosos destinados corretamente					Resultados de auditoria, em %
Atingimento de metas		Em peso e percentuais			Atingimento de metas	Percentual de REEE reciclado em relação ao coletado
Comunicação e educação ambiental		Investimentos em comunicação e educação ambiental			Número de ações de comunicação e educação ambiental	
Outros			Peso exportado			

4.1.2 Indicadores utilizados no Japão

O mesmo questionário submetido aos sistemas e órgãos ambientais europeus foi enviado aos japoneses, composto de duas partes: a primeira, referente ao *reporting* e, a segunda, aos indicadores utilizados para avaliar os SLR de REEE. Visto que, no Japão, existem dois sistemas distintos: um para os REEE de pequeno porte e outro para os de grande porte, houve duas respostas, cada uma relativa a um dos sistemas.

Em relação à primeira parte do questionário, as respostas, apresentadas no Quadro 15, mostram que, para os REEE de grande porte, a associação que representa os fabricantes e importadores de EEE elabora um relatório anual com os resultados do SLR e envia ao órgão ambiental. Já os dados relativos ao SLR de REEE de pequeno porte são fornecidos ao órgão ambiental pelos municípios e pelas “empresas certificadas” que realizam a reciclagem dos REEE. Em ambos os casos, não são utilizados sistemas eletrônicos para reporte dos dados, ou seja, os relatórios são entregues em papel. Quanto ao tipo de dados reportados, em ambos casos, os dados são referentes às seguintes dimensões do SLR: categorias de REEE coletados, performance da coleta, do tratamento e da reciclagem; e, para o SLR de REEE de grande porte, também são informados dados referentes aos aspectos ambientais, *ecodesign*, atingimento de metas, e comunicação e educação ambiental.

Foi apontado como aspecto positivo do modelo de *reporting* japonês a confiabilidade dos dados, considerando que provêm de várias fontes. Como aspecto negativo, foi assinalado que os dados relacionados a custos não são suficientes e que falta transparência ou divulgação dos dados à população em geral de modo acessível. Finalmente, foi feita a sugestão de que seja adotado um sistema eletrônico (*online*) para conectar as fontes de dados e compilar os mesmos.

Quadro 15 - Características dos modelos de reporting japoneses

Sistema	Grandes eletrodomésticos	Pequenos eletrodomésticos
Resultados do SLR devem ser reportados a qual autoridade e quantas vezes ao ano?	Órgão ambiental nacional, 1/ano	Órgão ambiental nacional, 1/ano
Resultados reportados por meio de um sistema online? Se sim, como?	Não	Não
Que tipos de dados são reportados?	Categorias de REEE coletados, performance da coleta, do tratamento e da reciclagem, aspectos ambientais, <i>ecodesign</i> , atingimento de metas, e comunicação e educação ambiental	Categorias de REEE coletados, performance da coleta, do tratamento e da reciclagem

No Quadro 16, encontram-se as respostas à segunda parte do questionário, relativas aos indicadores empregados pelos SLR com o objetivo de reporte aos órgãos de controle e comprovação do cumprimento da responsabilidade pós-consumo. Observa-se que, para os dois sistemas, são empregados indicadores para avaliar as seguintes dimensões: geração, categorias de REEE coletadas, performance da coleta, do tratamento, da reciclagem e econômica, e atingimento de metas. Com relação à geração, o indicador é ligeiramente diferente daquele utilizado pelos sistemas europeus: refere-se às quantidades de EEE vendidas, enquanto o outro diz respeito às colocadas no mercado. Além disso, para o SLR de grandes eletrodomésticos, alguns indicadores são em unidades e não em peso. Quanto à performance econômica, é interessante notar que, para o SLR de grandes eletrodomésticos, o indicador é o custo de reciclagem (sem incluir a coleta), enquanto que, para o SLR dos demais REEE, é o lucro com a venda dos materiais provenientes da reciclagem. Para o SLR de REEE de pequeno porte, houve um indicador referente à cobertura geográfica da coleta: quantidade de municípios participantes, uma vez que nem todos os municípios japoneses estão abrangidos por esse SLR. Assim como os sistemas europeus, não houve indicadores para o *ecodesign*. Também não houve indicadores referentes ao reuso. Finalmente, quanto aos aspectos ambientais, o indicador, para os grandes eletrodomésticos, é o peso de gases CFC coletados.

Quadro 16 - Indicadores apontados pelos SLR japoneses

Dimensão do SLR de REEE	Grandes Eletrodomésticos	Demais REEE
Geração dos REEE	Unidades de EEE vendidas nos últimos anos	Unidades de EEE vendidas nos últimos anos
Categorias de REEE coletados	Categorias	Categorias
Performance quantitativa da coleta	Quant. de REEE coletada (em unidades)	Quant. de REEE coletada (em unidades e peso)
Cobertura geográfica da coleta		Quantidade de municípios participantes
Performance do Tratamento	Quantidade de REEE tratada (em unidades)	Peso de REEE tratado
Performance da Reciclagem	Peso e percentual de REEE reciclado	Peso de REEE reciclado
Perf. da Reutilização		
Performance econômica / custos	Custo da reciclagem (sem incluir a coleta)	Lucros com a venda de materiais provenientes da reciclagem
Ecodesign		
Aspectos ambientais	Peso de gases CFC coletados	
Atingimento de metas	Percentual de REEE reciclado	Peso de REEE reciclado
Comunicação		

4.1.3 Indicadores propostos por especialistas

No questionário submetido a especialistas de órgãos ambientais, o público alvo incluía especialistas japoneses. Entretanto, visto que não foi possível estabelecer contato com eles, só houve participação dos europeus. Havia duas perguntas principais: uma solicitava que listassem os indicadores que eles acreditam que devam ser usados para avaliar/monitorar SLR de REEE e a outra questionava se tinham comentários a fazer sobre o uso de indicadores para SLR de REEE. Na questão sobre os indicadores, as dimensões dos SLR de REEE foram concentradas em menos categorias em comparação aos questionários anteriores e, para cada aspecto, constavam alguns exemplos de indicadores, para que os respondentes compreendessem melhor o objetivo da pesquisa.

Houve três respostas, de especialistas da Alemanha, Bélgica e Noruega. O Quadro 17 apresenta os indicadores recomendados nas respostas. Nota-se que a quantidade de indicadores, neste caso, é superior às dos dois questionários anteriores, provavelmente por se tratar de propostas ao invés de indicadores já utilizados. Todos os especialistas sugeriram indicadores para as seguintes dimensões: geração; coleta; tratamento, reciclagem e reutilização dos REEE, e destinação e exportação. Dois deles sugeriram indicadores para: performance econômica / custos, aspectos ambientais e atingimento de metas. Assim como nas respostas ao questionário anterior, aparecem indicadores tais como a quantidade de produtos eletroeletrônicos colocada no mercado, peso de REEE coletado por categoria e percentual de REEE reciclado em relação ao coletado. Além desses, todos os especialistas listaram os seguintes indicadores: quantidades de REEE tratadas / recicladas / reutilizadas, número de pontos de coleta e quantidade exportada. Quanto aos aspectos ambientais, foram listados vários indicadores: quantidade de substâncias perigosas enviada para destruição; quantidades recicladas por material; quantidade de gases CFC coletados; percentual de metais recuperados; quantidade de plásticos contendo PCB destinados corretamente. Diferentemente das respostas ao outro questionário, houve um indicador para a categoria ecodesign: uso de tarifas que variam de acordo com a facilidade de gerenciamento do resíduo.

Finalmente, nota-se que pode haver uma certa influência do modelo de SLR de REEE existente no país sobre a opinião do especialista daquele país, a exemplo da especialista da Alemanha, país em que não há ORP, nem taxas cobradas dos produtores, e a coleta é realizada majoritariamente pelas municipalidades. Alguns indicadores sugeridos por essa especialista foram bastante distintos dos demais, tais como: resultados de estudos de ACV (análise de ciclo de vida) para cada tipo de EEE e situação das recicladoras de REEE quanto ao licenciamento ambiental. Adicionalmente, tal respondente sugere que a fonte de dados para os indicadores não se limite ao fluxo proveniente do SLR das ORP e que os dados referentes à destinação dos resíduos sejam fornecidos pelas próprias áreas de destinação.

Quadro 17 - Indicadores sugeridos por especialistas europeus

Dimensão do SLR de REEE	Especialista 1 - Alemanha - Órgão Ambiental	Especialista 2 - Bélgica - Agência Reguladora de Resíduos Sólidos	Especialista 3 - Noruega - Órgão Ambiental
Geração	Quant. EEE colocados no mercado; resultados de estudos de ACV para cada tipo de EEE	Quant. EEE colocados no mercado	Quant. EEE colocados no mercado
Coleta	Quantidades de REEE coletados (provenientes dos diversos fluxos); percentual de resíduos coletados em relação aos colocados no mercado; número de pontos de coleta e proximidade aos consumidores	Quantidades coletadas por categoria; percentual de REEE coletado (em relação aos EEE colocados no mercado); número de pontos de coleta	Quantidades coletadas por categoria e total; número de pontos de coleta
Tratamento / Reciclagem / Reutilização	Quantidades de REEE recicladas / reutilizadas / recuperadas, reportadas pelas áreas de destinação de REEE; situação das recicladoras de REEE quanto ao licenciamento ambiental	Quantidades de REEE tratadas / recicladas / reutilizadas; percentual de REEE reciclado (em relação ao coletado)	Quantidades de REEE tratadas / recicladas / reutilizadas; percentual de REEE reciclado
Destinação / Exportação	Quantidades de REEE exportadas	Quantidade de REEE exportada e os resultados do tratamento no exterior	Quantidade ou percentual de REEE exportado
Performance econômica / custos	Custos de tratamento pagos pelos fabricantes / importadores	Custos e taxas por unidade de REEE	
Aspectos ambientais		Substâncias perigosas enviadas para destruição; quantidades recicladas por material (plásticos, metais, vidros, etc)	Quantidade de gases CFC coletados; percentual de metais recuperados; quantidade de plásticos contendo PCB destinados corretamente.

(continua)

(continuação)

Dimensão do SLR de REEE	Especialista 1 - Alemanha – Órgão Ambiental	Especialista 2 - Bélgica – Agência Reguladora de Resíduos Sólidos	Especialista 3 - Noruega – Órgão Ambiental
Ecodesign		Uso de tarifas que variam de acordo com a facilidade de gerenciamento do resíduo	
Atingimento de metas	Atingimento de metas	Peso de REEE coletado por habitante por ano; percentual de REEE coletado (em relação aos EEE colocados no mercado); quantidades ou percentuais reciclados por material	
Comunicação e educação ambiental		Público atingido pelo sistema; quantidade de campanhas de comunicação e pesquisas para avaliar o conhecimento do público sobre o sistema	

4.1.4 Indicadores propostos pelas entidades gestoras brasileiras

O questionário enviado às duas entidades gestoras nacionais continha uma pergunta principal: quais indicadores elas utilizam ou acreditam que utilizariam para avaliar seus SLR. A pergunta continha uma tabela com as mesmas categorias de indicadores (ou dimensões do SLR de REEE) do questionário submetido aos sistemas europeus e japoneses (primeiro questionário). As respostas das duas entidades gestoras nacionais encontram-se compiladas no Quadro 18. Vale pontuar que uma das gestoras sugeriu alterar a categoria “aspectos ambientais” para “aspectos socioambientais”. Por isso, consta no Quadro 18 a categoria sugerida.

Visto que os SLR de REEE no Brasil ainda não estão em plena operação, os indicadores apontados nas respostas correspondem àqueles que elas acreditam que utilizariam. Pode-se observar que houve grande heterogeneidade entre as duas respostas. Uma das gerenciadoras listou diversos indicadores, abrangendo quase todas as dimensões, enquanto a outra foi mais concisa. Entretanto, ambas gestoras sugeriram indicadores para as seguintes dimensões: performance da coleta, do tratamento e da

reciclagem, aspectos socioambientais, atingimento de metas e comunicação e educação ambiental. Também vale destacar que ambas citaram a importância do balanço de massa para avaliar o desempenho do tratamento ou reciclagem dos REEE. Nenhuma delas listou indicadores para a performance da reutilização e uma delas elencou-os para o *ecodesign* e para a performance econômica. Quanto a finalidade de uso dos indicadores, predominou o de reporte oficial de dados e, em segundo lugar, gestão do sistema.

Quadro 18 - Indicadores propostos pelas entidades gestoras brasileiras

Dimensões do SLR de REEE	Gestora Nacional 1	Gestora Nacional 2
Geração	Peso de EEE colocado no mercado	
Categorias de REEE coletadas	Linha e segmentos de EEE coletados	
Performance quantitativa da coleta	Peso coletado	Peso coletado
Cobertura geográfica da coleta	Cidades atendidas e número de pontos de entrega	
Performance do Tratamento	Tipos e quantidade de materiais obtidos após tratamento (peso e %): - Plástico - Metal - Papel/Papelão - Alumínio - Placa de Circuito - Conectores - Outros	- Peso dos materiais resultantes da desmontagem dos REEE (balanço de massa) - Peso de materiais enviados para aterro
Performance da Reciclagem	- Índice de Reciclabilidade do equipamento coletado - Balanço de Massa por tipo de REEE	
Performance da Reutilização		
Performance econômica / custos	- Custo por peso de material coletado e transportado - Custo por peso de material tratado (desmontagem, reciclagem e disposição) - Custo total do sistema (incluindo custos administrativos)	
Aspectos Socioambientais	- Empregos gerados - Resíduos desviados de aterro (plástico, vidro, metais...) - Energia poupada pela recuperação de materiais (extração do material virgem em comparação ao reciclado)	Atendimento à legislação ambiental (das empresas contratadas para realizar o gerenciamento dos REEE)

(continua)

(continuação)

Dimensões do SLR de REEE	Gestora Nacional 1	Gestora Nacional 2
Ecodesign	- Reciclabilidade do equipamento (percentual de aproveitamento na reciclagem e custo de reciclagem)	
Atingimento de metas	- Peso total de material coletado - Número de cidades atendidas	Peso total coletado
Comunicação e educação ambiental	- Pessoas alcançadas pela publicação - N° de visualizações do website do sistema - Número de anúncios em mídia virtual e impressa - Número de eventos	Investimento em comunicação

4.2 ANÁLISE COMPARATIVA DOS INDICADORES

Quanto aos resultados da revisão bibliográfica sistematizada, pode-se notar dois objetivos principais de utilização dos indicadores: i) avaliar a gestão de REEE em um país, podendo envolver a comparação com outros países, a avaliação da aplicação ou efetividade da legislação e políticas públicas, entre outros aspectos; ii) avaliar o desempenho dos sistemas de coleta e destinação (SLR) de REEE, do ponto de vista técnico, econômico e/ou ambiental.

Apesar do caráter heterogêneo do conjunto de indicadores identificados, pode-se observar alguns indicadores utilizados em mais de um caso, em geral aqueles relacionados ao fluxo de massa dos REEE: quantidade média de EEE colocados no mercado, as taxas de coleta, reciclagem, valorização e reutilização, o percentual de REEE coletados em relação aos colocados no mercado. Em alguns casos, os indicadores eram expressos per capita, por categoria (por exemplo: grandes eletrodomésticos e equipamentos de informática e de telecomunicações) ou origem (domiciliar ou não).

É interessante ressaltar que não foram muito frequentes os indicadores classificados na categoria “ambiental” ou “sustentabilidade”, sendo classificados nessa categoria os indicadores relacionados à destinação de resíduos perigosos, disposição em aterro e pegada de carbono. Vale, ainda, destacar que foi identificado um caso prático de utilização de indicadores oficiais para avaliar SLR de resíduos similares aos REEE: o regulamento colombiano que define indicadores para avaliar o desempenho de SLR de pilhas e baterias relacionados à abrangência geográfica do sistema, ao atendimento de metas quantitativas e aos investimentos em ações de comunicação e sensibilização do consumidor, em pesquisa, desenvolvimento e inovação, e em estímulos para motivar o consumidor a devolver os resíduos ao SLR.

Passando à comparação das respostas aos questionários, quanto ao modelo de *reporting*, tanto no caso japonês quanto no europeu, os relatórios em geral são entregues a um órgão ambiental nacional, uma vez por ano, com dados relativos às categorias de REEE coletadas, ao desempenho da coleta, do tratamento e da reciclagem. No caso

européu, são utilizados sistemas eletrônicos para prestar as informações sobre os SLR. Entretanto, diferentemente do que se imaginava, o emprego de sistemas eletrônicos para prestação de informações ainda não é comum no caso japonês, apesar de ter sido citado como sugestão de melhoria.

Quanto às respostas relacionadas aos indicadores, observa-se certa variabilidade entre os indicadores, o que já era esperado, pois, quando se fala de indicadores, abre-se uma vasta gama de possibilidades e, além disso, há muitas diferenças entre os contextos abrangidos, ou seja, entre a LR de REEE na Europa, no Japão e no Brasil.

Em relação às similaridades entre as respostas, destaca-se que a maioria dos indicadores possui caráter quantitativo, sendo, em geral, expressos em peso e percentual de resíduos. Quanto às dimensões selecionadas, foi unânime a escolha das relacionadas à coleta e ao tratamento e reciclagem, de modo semelhante às categorias de indicadores identificadas na revisão bibliográfica. Assim, pode-se inferir que tais dimensões são consideradas cruciais para avaliar um SLR de REEE, uma vez que se relacionam diretamente aos principais objetivos de um SLR: maximizar as quantidades coletadas e prover-lhes uma destinação adequada, preferencialmente a reciclagem. Outro aspecto que constou em praticamente todas as respostas foi a geração de REEE, cujo indicador foi a quantidade de EEE colocados no mercado ou vendidos em anos anteriores. Devido à dificuldade em estimar a geração de REEE, tal indicador permite estimar o montante de REEE a ser coletado pelo SLR, podendo ser utilizado no cálculo de outros indicadores, tais como a taxa de coleta.

Com relação ao *ecodesign* e à reutilização, deduz-se que, para a maioria dos respondentes, tais dimensões não estão diretamente envolvidas na avaliação da performance dos SLR de REEE. Isso pode ser explicado pela dificuldade dos sistemas em promover a reutilização dos REEE e pelo fato de que, em geral, os sistemas não possuem interface com o projeto dos EEE. Diferentemente do que se poderia imaginar, os indicadores relacionados à cobertura geográfica da coleta foram pouco citados. Uma possível explicação para isso pode ser o fato de que a cobertura geográfica seja estabelecida na legislação, sendo um requisito para os SLR, não um indicador. Uma exceção foi o caso do SLR de REEE de pequeno porte japonês, para o qual foi citado um indicador de cobertura geográfica, possivelmente devido ao fato de o SLR ainda não estar implantado em todo o país e por envolver a participação dos municípios. Vale, ainda, ressaltar que, de modo similar ao que já havia sido constatado na literatura, os aspectos ambientais envolvidos no gerenciamento dos REEE ainda estão pouco presentes na avaliação dos sistemas de logística reversa.

4.3 PROPOSTA INICIAL DE INDICADORES PARA AVALIAR SISTEMAS DE LOGÍSTICA REVERSA DE REEE

Com base nos indicadores propostos na literatura consultada e naqueles que resultaram da aplicação dos questionários, foi consolidada uma proposta inicial de indicadores para avaliação dos SLR de REEE, apresentada no Quadro 19. A orientação

básica para escolha foi a necessidade de desenvolver um conjunto adaptado ao contexto nacional. Dessa forma, foram consideradas as principais características da situação brasileira quanto à problemática dos REEE, a saber:

- Vasta dimensão territorial, que implica em altos custos logísticos;
- Carência de recicladores e locais para destinação adequada dos REEE e predominância da informalidade no gerenciamento desses resíduos;
- Baixa consciência ambiental da população, demandando ações de comunicação e sensibilização dos consumidores para promover seu engajamento na devolução dos REEE aos SLR;
- Prática de reuso em cascata de EEE bastante difundida;
- Fase inicial (imaturidade) de implantação dos SLR;
- Dificuldade em fazer valer (*enforce*) a legislação relativa à LR e em engajar os diversos atores da cadeia produtiva, especialmente importadores, distribuidores e comércio, no SLR.

Optou-se por não limitar a quantidade de indicadores e manter indicadores que poderiam ser encarados como redundantes, para oferecer mais opções aos especialistas que seriam responsáveis por validar os indicadores, deixando a eles a prerrogativa de refinar o conjunto.

Consideram-se como empresas aderentes as que participam do SLR e, como empresas destinadoras, as contratadas pelo SLR para realizar os processos de destinação dos REEE, tais como, manufatura reversa e reciclagem. As categorias de EEE ou REEE consideradas são aquelas utilizadas pelo setor de eletroeletrônicos no Brasil: linhas branca, marrom, azul e verde, apresentadas no Quadro 5.

Cabe esclarecer que os dados necessários para alimentar os indicadores devem ser anuais, de preferência obtidos por meio de relatório elaborado pelos responsáveis pelos SLR ou por meio de um sistema *online* de coleta de dados, com as devidas comprovações quanto às quantidades destinadas e licenciamento das empresas destinadoras. Complementarmente, é interessante haver um mapa com a localização dos pontos de coleta.

Quanto às dimensões do conjunto, quatro são mais relacionadas ao desempenho do gerenciamento dos resíduos (geração, coleta, destinação e ambiental) e as demais estão ligadas à arquitetura do sistema e sua interface com outros atores: entes públicos e sociedade.

A seguir, são expostos os principais argumentos que embasaram a construção do conjunto:

- Pode-se observar que o *ecodesign* não foi incluído no conjunto, pois a implantação da LR no Brasil está em estágio inicial. Além disso, conforme as experiências de gestão de REEE estudadas mostraram, os SLR coletivos possuem pouca influência sobre o *ecodesign*. No caso do Brasil, devido à vasta dimensão territorial e aos custos logísticos, o modelo de SLR predominante provavelmente será o coletivo.

- Considerando a dificuldade de estimar a geração de REEE, optou-se por adotar como indicador de geração a quantidade de EEE colocados no mercado.
- Tendo em vista o estágio inicial de implantação da LR no país e a previsão, na própria legislação, de expansão gradual dos SLR, foram incluídos indicadores que permitem avaliar o aumento da abrangência dos sistemas, em termos de municípios atendidos, número de PEV e categorias de REEE coletadas.
- Pensando na necessidade de avaliar o quão representativo um determinado SLR é, em termos da quantidade de empresas participantes, a qual elo da cadeia produtiva elas pertencem (fabricação, importação, distribuição ou comércio) e a que percentual do mercado de EEE elas atendem, foram adicionados indicadores relacionados a essa questão.
- Considerando que, em casos de sucesso, como o de países europeus, os sistemas coletivos são geridos por entidades gestoras constituídas para essa finalidade, tendo o potencial de melhorar a gestão dos SLR, mostra-se importante avaliar esse quesito.
- Outro fator de sucesso para a implementação da LR é a parceria com os diversos níveis governamentais, sendo, inclusive, previsto na legislação brasileira, por meio do estabelecimento de termos de compromisso ou acordos setoriais nacionais, estaduais ou municipais. Por isso, constam indicadores relativos a essa temática.
- Dado que a preocupação ambiental ainda não é suficientemente difundida na sociedade brasileira e que ainda será necessário expandir o hábito de segregação e descarte adequado dos resíduos, considera-se importante avaliar o quanto e como os SLR vão investir em comunicação e divulgação do sistema. Por essa razão, foram incluídos indicadores relacionados a esse tema.
- Visto que a informalidade ainda é grande no gerenciamento dos REEE, para a dimensão ambiental, foram incluídos os indicadores relacionados ao licenciamento ambiental e certificação das empresas destinadoras.
- Considerando que a exportação ilegal de REEE é um problema global e que boa parte do fluxo de REEE é atualmente exportado no Brasil, acrescentou-se um indicador para mensurar o percentual exportado.

Quadro 19 - Proposta inicial de indicadores para avaliação de SLR de REEE

Dimensão	Indicador	Unid. de Medida
Geração	EEE colocados no mercado no ano anterior por categoria de produto	Toneladas
Coleta	REEE coletados em relação aos EEE colocados no mercado por categoria de produto	Adimensional (%)
	REEE coletados por ponto de coleta	Toneladas por PEV
	REEE coletados pela coleta no domicílio agendada	Toneladas
	REEE de origem não-domiciliar em relação ao total coletado pelo sistema	Adimensional (%)
	REEE coletados per capita	Kg por habitante
	Atendimento à meta de coleta	Adimensional (%)
Destinação	Materiais (plástico, metal, vidro, placas, etc) resultantes da manufatura reversa em relação aos REEE (balanço de massa)	Adimensional (%)
	REEE destinados à reutilização ¹	
	REEE destinados à reciclagem (total e por material) ¹	
	REEE não destinados à valorização ¹	
	REEE destinados à exportação ¹	
Ambiental	Gases CFC destinados a tratamento	Toneladas
	Resíduos perigosos destinados a tratamento (inclui plásticos contendo POP)	Toneladas
	Todas as empresas destinadoras possuem licença ambiental	Sim / Não
	Quantidade de empresas destinadoras que possuem certificação ambiental	Unidades
Abrangência	Categorias de REEE abrangidas	Unidades
	Municípios atendidos em relação ao total do país	Adimensional (%)
	Pontos de coleta a cada 10 mil habitantes	Unidades
Representatividade	Parcela do mercado de EEE que as empresas aderentes representam	Adimensional (%)
	Quantidade de empresas fabricantes em relação ao total atuante no mercado	
	Quantidade de empresas importadoras em relação ao total atuante no mercado	
	Quantidade de empresas distribuidoras ou comerciantes em relação ao total atuante no mercado de eletroeletrônicos	
Estratégia	Gestão realizada por entidade gestora específica	Sim / Não
	Parceria com poder público municipal	
	Parceria com poder público estadual	
	Parceria com poder público federal	
Custos	Custo total por resíduo coletado, por categoria	R\$/kg
	Custo da destinação por resíduo coletado, por categoria	
Comunicação	Investimento em comunicação	R\$
	Acessos ao site do sistema	Unidades
	Endereços dos pontos de coleta divulgados no site	Sim / Não
	Existência de canal de comunicação direto com o consumidor	

Nota: ¹Em relação à quantidade total de REEE coletados.

4.4 VALIDAÇÃO DOS INDICADORES

A seguir, serão descritos e discutidos os resultados obtidos por meio da aplicação da Técnica Delphi para validação dos indicadores propostos inicialmente pela autora para avaliação de SLR de REEE pelos órgãos ambientais.

4.4.1 Primeira rodada da Técnica Delphi

Na primeira rodada de aplicação da Técnica Delphi, o conjunto de indicadores proposto inicialmente foi submetido à validação de 89 especialistas brasileiros por meio de um questionário online, enviado aos participantes por e-mail. Foram obtidas 34 respostas, isto é, 38% de retorno. O perfil dos respondentes quanto ao setor e à região do país em que atuam é apresentado nas Figuras 4 e 5. Nota-se que grande parte dos que responderam, aproximadamente 38%, trabalha no setor público, municipal, estadual ou federal (órgãos ambientais). Em seguida, estão os que atuam em universidades ou institutos de pesquisa, com 23,5%, e aqueles que representam associações setoriais, federações e sindicatos, com quase 15%. Quanto à região do país em que atuam, houve uma grande concentração na região Sudeste, com quase 80%, seguida do Centro-Oeste (Brasília), com quase 18%, o que já era esperado, pois a maioria dos especialistas consultados provinha dessas regiões.

Um resumo dos percentuais das notas (de 0 a 4) atribuídas a cada indicador pelos respondentes da primeira rodada é apresentado na Tabela 1. Já na Tabela 2, apresenta-se um resumo dos percentuais das notas atribuídas a cada indicador somente pelos respondentes vinculados a órgãos públicos, especialmente ambientais, os quais representam os potenciais usuários dos indicadores, totalizando 13 pessoas.

Figura 4 - Perfil dos respondentes quanto ao setor em que atuam

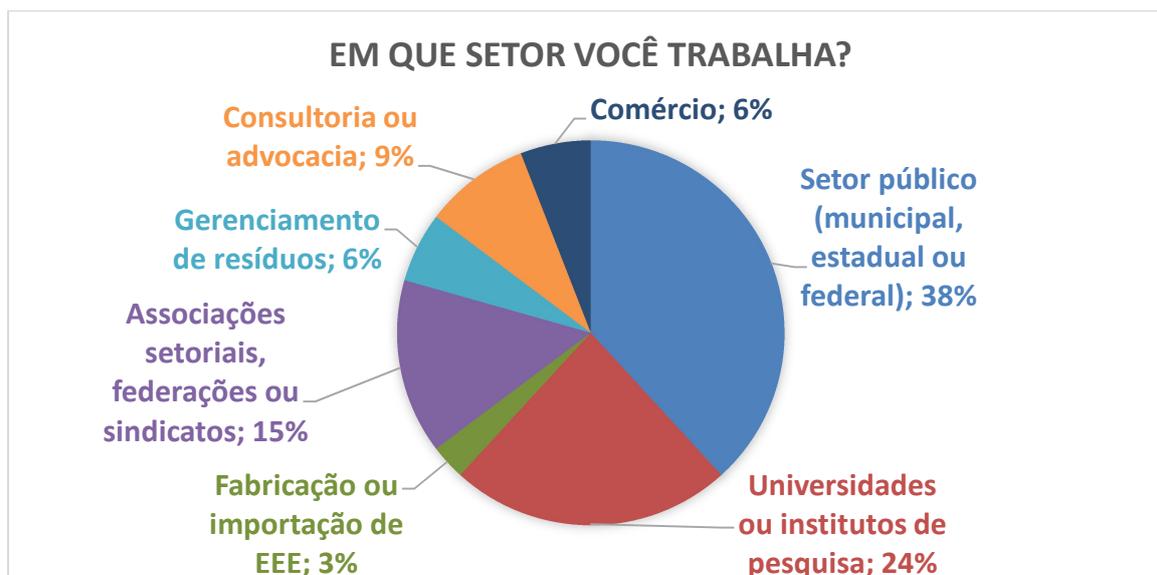


Figura 5 - Perfil dos respondentes quanto à região do país em que atuam

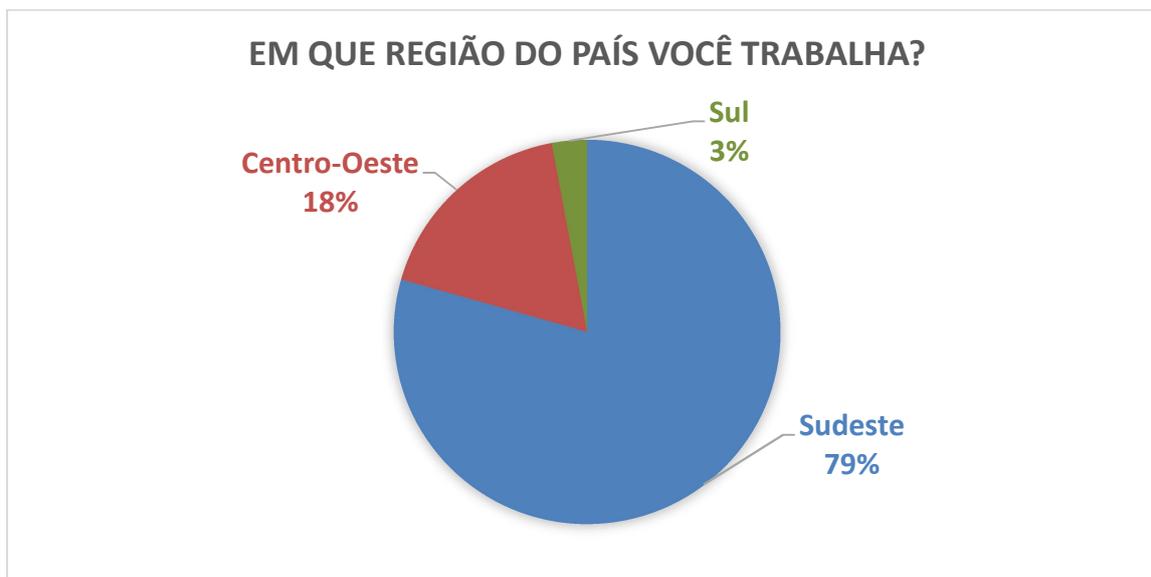


Tabela 1 – Avaliação da relevância dos indicadores propostos, na 1ª rodada de aplicação da técnica Delphi

Nota	0	1	2	3	4
Sentido	não tenho opinião	não é relevante	baixa relevância	média relevância	alta relevância
DIMENSÃO 1: Geração					
IND. 1: Equipamentos elétricos e eletrônicos (EEE) colocados no mercado por categoria	3%	3%	0%	26%	68%
DIMENSÃO 2: Coleta					
IND. 2.1: REEE coletados em relação aos EEE colocados no mercado por categoria	0%	9%	6%	12%	74%
IND. 2.2: REEE coletados por ponto de coleta	0%	6%	21%	26%	47%
IND. 2.3: REEE coletados pela coleta no domicílio agendada	0%	9%	15%	26%	50%
IND. 2.4: REEE de origem não-domiciliar em relação ao total coletado pelo sistema	6%	12%	18%	15%	50%
IND. 2.5: REEE coletados per capita	0%	6%	15%	26%	53%
IND. 2.6: Atendimento à meta de coleta	6%	3%	9%	18%	65%
DIMENSÃO 3: Destinação					
IND. 3.1: Proporção de materiais resultantes da manufatura reversa dos REEE	3%	0%	12%	18%	68%
IND. 3.2: REEE destinados à reutilização	6%	3%	9%	12%	71%
IND. 3.3: REEE destinados à reciclagem	0%	0%	3%	3%	94%
IND. 3.4: REEE não destinados à valorização	6%	0%	9%	6%	79%
IND. 3.5: REEE destinados à exportação	3%	3%	6%	21%	68%

(continua)

(continuação)

Nota	0	1	2	3	4
DIMENSÃO 4: Ambiental					
IND. 4.1: Gases CFC destinados a tratamento	3%	3%	6%	18%	71%
IND. 4.2: Resíduos perigosos destinados ao tratamento	3%	3%	6%	15%	74%
IND. 4.3: Todas as empresas destinadoras possuem licença ambiental	0%	6%	0%	9%	85%
IND. 4.4: Quantidade de empresas destinadoras que possuem certificação ambiental	0%	12%	15%	18%	56%
DIMENSÃO 5: Abrangência					
IND. 5.1: Categorias de REEE abrangidas	3%	6%	6%	29%	56%
IND. 5.2: Municípios atendidos pelo sistema em relação ao total de municípios do país	0%	3%	3%	15%	79%
IND. 5.3: Pontos de coleta a cada 10 mil habitantes	0%	12%	15%	15%	59%
DIMENSÃO 6: Representatividade					
IND. 6.1: Parcela do mercado de EEE que as empresas aderentes representam	3%	0%	9%	21%	68%
IND. 6.2: Quantidade de empresas fabricantes em relação ao total atuante no mercado	0%	3%	6%	26%	65%
IND. 6.3: Quantidade de empresas importadoras em relação ao total atuante no mercado	0%	3%	3%	35%	59%
IND. 6.4: Quantidade de empresas distribuidoras ou comerciantes em relação ao total atuante no mercado de EEE	9%	3%	9%	32%	47%
DIMENSÃO 7: Estratégia					
IND. 7.1: Gestão realizada por entidade gestora específica	3%	0%	12%	9%	76%
IND. 7.2: Parceria com poder público municipal	9%	0%	6%	18%	68%
IND. 7.3: Parceria com poder público estadual	6%	0%	12%	12%	71%
IND. 7.4: Parceria com poder público federal	6%	0%	9%	12%	74%
DIMENSÃO 8: Custos					
IND. 8.1: Custo total por resíduo coletado, por categoria	3%	0%	6%	18%	74%
IND. 8.2: Custo da destinação por resíduo coletado, por categoria	6%	3%	0%	24%	68%
DIMENSÃO 9: Comunicação					
IND. 9.1: Investimento em comunicação	3%	0%	9%	24%	65%
IND. 9.2: Acessos ao site do sistema	6%	6%	18%	26%	44%
IND. 9.3: Endereços dos pontos de coleta divulgados no site	0%	6%	6%	9%	79%
IND. 9.4: Existência de canal de comunicação direto com o consumidor	0%	3%	3%	12%	82%

Tabela 2 – Avaliação, pelos respondentes vinculados a órgãos públicos, da relevância dos indicadores, na 1ª rodada de aplicação da técnica Delphi

Nota	0	1	2	3	4
Sentido	não tenho opinião	não é relevante	baixa relevância	média relevância	alta relevância
DIMENSÃO 1: Geração					
IND. 1: Equipamentos elétricos e eletrônicos (EEE) colocados no mercado por categoria	8%	8%	0%	8%	77%
DIMENSÃO 2: Coleta					
IND. 2.1: REEE coletados em relação aos EEE colocados no mercado por categoria	0%	0%	0%	8%	92%
IND. 2.2: REEE coletados por ponto de coleta	0%	0%	8%	31%	62%
IND. 2.3: REEE coletados pela coleta no domicílio agendada	0%	0%	8%	23%	69%
IND. 2.4: REEE de origem não-domiciliar em relação ao total coletado pelo sistema	0%	0%	23%	8%	69%
IND. 2.5: REEE coletados per capita	0%	0%	23%	31%	46%
IND. 2.6: Atendimento à meta de coleta	8%	0%	15%	0%	77%
DIMENSÃO 3: Destinação					
IND. 3.1: Proporção de materiais resultantes da manufatura reversa dos REEE	0%	0%	0%	15%	85%
IND. 3.2: REEE destinados à reutilização	8%	0%	0%	8%	85%
IND. 3.3: REEE destinados à reciclagem	0%	0%	0%	0%	100%
IND. 3.4: REEE não destinados à valorização	8%	0%	8%	0%	85%
IND. 3.5: REEE destinados à exportação	0%	0%	8%	15%	77%
DIMENSÃO 4: Ambiental					
IND. 4.1: Gases CFC destinados a tratamento	0%	0%	0%	15%	85%
IND. 4.2: Resíduos perigosos destinados ao tratamento	0%	0%	0%	15%	85%
IND. 4.3: Todas as empresas destinadoras possuem licença ambiental	0%	0%	0%	8%	92%
IND. 4.4: Quantidade de empresas destinadoras que possuem certificação ambiental	0%	15%	15%	23%	46%
DIMENSÃO 5: Abrangência					
IND. 5.1: Categorias de REEE abrangidas	0%	0%	0%	31%	69%
IND. 5.2: Municípios atendidos pelo sistema em relação ao total de municípios do país	0%	0%	8%	15%	77%
IND. 5.3: Pontos de coleta a cada 10 mil habitantes	0%	8%	8%	15%	69%

(continua)

(continuação)

Nota	0	1	2	3	4
DIMENSÃO 6: Representatividade					
IND. 6.1: Parcela do mercado de EEE que as empresas aderentes representam	8%	0%	8%	23%	62%
IND. 6.2: Quantidade de empresas fabricantes em relação ao total atuante no mercado	0%	0%	0%	23%	77%
IND. 6.3: Quantidade de empresas importadoras em relação ao total atuante no mercado	0%	0%	0%	38%	62%
IND. 6.4: Quantidade de empresas distribuidoras ou comerciantes em relação ao total atuante no mercado de EEE	8%	0%	15%	23%	54%
DIMENSÃO 7: Estratégia					
IND. 7.1: Gestão realizada por entidade gestora específica	8%	0%	8%	15%	69%
IND. 7.2: Parceria com poder público municipal	8%	0%	0%	23%	69%
IND. 7.3: Parceria com poder público estadual	8%	0%	8%	15%	69%
IND. 7.4: Parceria com poder público federal	8%	0%	8%	15%	69%
DIMENSÃO 8: Custos					
IND. 8.1: Custo total por resíduo coletado, por categoria	8%	0%	8%	23%	62%
IND. 8.2: Custo da destinação por resíduo coletado, por categoria	8%	0%	0%	23%	69%
DIMENSÃO 9: Comunicação					
IND. 9.1: Investimento em comunicação	8%	0%	15%	23%	54%
IND. 9.2: Acessos ao site do sistema	8%	0%	8%	8%	77%
IND. 9.3: Endereços dos pontos de coleta divulgados no site	0%	8%	0%	0%	92%
IND. 9.4: Existência de canal de comunicação direto com o consumidor	0%	8%	0%	0%	92%

Pode-se observar certa concordância nas respostas obtidas na primeira rodada, visto que, 14 dos 33 indicadores (42% dos indicadores) receberam nota 4 em mais de 70% das respostas, ou seja, 14 indicadores atingiram o critério de consenso (70%) com a nota 4. Reduzindo o critério de consenso para 60% das respostas, 23 dos 33 indicadores obtiveram nota 4. Considerando somente as respostas dos representantes do poder público (órgãos ambientais), ou seja, daqueles que seriam os usuários diretos dos indicadores, a tendência de consenso foi ainda maior, visto que mais da metade dos indicadores (16) receberam nota 4 em, no mínimo, 70% das respostas e 29 indicadores receberam nota 4 em mais de 60% das respostas.

Além da atribuição de nota aos indicadores, muitos respondentes indicaram sugestões e comentários, entre os quais vale destacar:

- 1) Considerar as categorias de REEE da Diretiva Europeia, não as linhas verde azul, amarela e branca;
- 2) Inserir indicadores referentes a: percentual de produtos órfãos em relação aos REEE coletados, quantidade de REEE recolhidos em campanhas de coleta, distribuição geográfica dos PEV, investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação, investimentos em comunicação e conscientização dos consumidores e parcerias com outros atores, como cooperativas de catadores;
- 3) Acrescentar a diferenciação entre EEE importados e fabricados no país ao indicador 1: “Equipamentos elétricos e eletrônicos (EEE) colocados no mercado por categoria”;
- 4) Acrescentar a discriminação por marca (fabricante) ao indicador 1 e ao indicador 2.1: “REEE coletados em relação aos EEE colocados no mercado por categoria”;
- 5) Observação de que os indicadores 2.2: “REEE coletados por ponto de coleta” e 3.1: “Proporção de materiais resultantes da manufatura reversa dos REEE” seriam mais úteis à gestão interna do SLR do que para avaliação pelos órgãos ambientais;
- 6) Quanto ao indicador 3.2: “REEE destinados à reutilização”, houve opiniões antagônicas: uma defendendo-o como fundamental e a outra argumentando que os REEE descartados em SLR não são aptos à reutilização e que, portanto, tal indicador seria desnecessário;
- 7) Alterar a nomenclatura do indicador 3.4: “REEE não destinados à valorização”, de modo a deixar mais claro que se trata da quantidade de rejeitos destinados adequadamente;
- 8) Alterar a nomenclatura do indicador 4.1: “Gases CFC destinados a tratamento” para “substâncias que destroem a camada de ozônio destinadas adequadamente” e sua unidade de medida para metros cúbicos;
- 9) Observação de que o indicador 4.3: “Todas as empresas destinadoras possuem licença ambiental” seria mais um requisito que um indicador em si e que, mesmo que houvesse destinação de resíduos a empresas não licenciadas, tal fato não seria reportado aos órgãos ambientais;
- 10) Questionamento se o indicador 4.4: “Quantidade de empresas destinadoras que possuem certificação ambiental” representa uma métrica adequada aos órgãos ambientais ou mais relacionada ao mercado;
- 11) Dificuldade de obtenção de dados para o indicador 6.4: Quantidade de empresas distribuidoras ou comerciantes em relação ao total atuante no mercado de EEE;
- 12) Questionamento se os indicadores 8.1 e 8.2, referentes aos custos do SLR, seriam necessários aos órgãos ambientais, e

13) Questionamento se os indicadores 9.1 a 9.4, relacionados à comunicação, são relevantes e se realmente permitem avaliar os efeitos das ações de divulgação do sistema.

Das contribuições expostas, quase todas foram incorporadas ao conjunto, com exceção da primeira, terceira, quarta e décima segunda, pois se optou por manter a categorização de REEE predominante no país; por não separar os EEE ou os REEE por marca, nem quanto à fabricação ou importação, e por manter os indicadores relacionados a custos.

A partir de uma análise crítica dos comentários e sugestões, o conjunto original foi modificado, dando origem a uma nova versão, apresentada no Quadro 20. Em alguns casos, optou-se por excluir até mesmo os indicadores para os quais foi atingido o critério de consenso na nota 4, tais como “todas as empresas destinadoras possuem licença ambiental”, “endereço dos pontos de coleta divulgados no site” e “existência de canal de comunicação direto com o consumidor”. Em outros casos, foram mantidos indicadores para os quais não foi atingido o critério de consenso, tais como os indicadores 2.2 a 2.5, relacionados à coleta dos REEE. Portanto, destaca-se que o critério predominante adotado para manter, excluir ou alterar os indicadores a partir dos resultados da primeira etapa de aplicação da técnica Delphi foi qualitativo, não quantitativo.

Nessa proposta revisada, optou-se por acrescentar cinco variáveis de caracterização básica do sistema, quanto aos modos de coleta e financiamento adotados, se o sistema faz parte de Termo de Compromisso ou Acordo Setorial, se a gestão é realizada por entidade gestora específica e quais as linhas de REEE abrangidas.

O conjunto resultante é composto por 5 variáveis de caracterização do SLR e 31 indicadores, abrangendo diversas dimensões de um SLR de REEE, tais como a abrangência geográfica; representatividade, quanto à participação de fabricantes/importadores e à parcela do mercado de EEE que eles representam; as eventuais parcerias com distribuidores, comerciantes, prefeituras e cooperativas de catadores; as quantidades coletadas por cada modo de coleta, o atendimento às metas de coleta e os percentuais de REEE provenientes de produtos órfãos e de produtos de uso não domiciliar; as quantidades de REEE destinados à reutilização, as quantidades de materiais provenientes da manufatura reversa destinados à exportação, reciclagem, aterro e as quantidades de resíduos perigosos e gases CFC destinados adequadamente; a destinação dos materiais, e os custos por quilograma de REEE coletado e investimentos em comunicação e em pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I). Sugere-se que os dados a serem utilizados para alimentar os indicadores sejam anuais.

Comparando a nova versão do conjunto de indicadores com a versão inicial, observa-se que se passou de nove a seis dimensões em que os indicadores estão agrupados. Foram suprimidas as dimensões:

- Geração, e seu indicador foi incorporado à “representatividade”.
- Ambiental, cujos indicadores foram integrados à “destinação e disposição final”, com exceção dos indicadores “todas as empresas destinadoras

possuem licença ambiental” e “quantidade de empresas destinadoras que possuem certificação ambiental”. Quanto ao primeiro indicador, entendeu-se que seria mais um requisito do que um indicador em si e que, em alguns casos, certas empresas destinadoras podem ser dispensadas de licenciamento. Quanto ao segundo, entendeu-se que a certificação ambiental não é o critério mais adequado para avaliar empresas que realizam a destinação de REEE.

- Comunicação, sendo que apenas o indicador “investimento em comunicação” foi mantido, mas dentro da dimensão “custos e investimentos”. Os indicadores “endereços dos pontos de coleta divulgados no site” e “existência de canal de comunicação direto com o consumidor” foram suprimidos por serem considerados requisitos, não indicadores em si, e o indicador “acessos ao site do sistema” foi excluído por não ser considerado um critério acurado para avaliar o sistema quanto à sua divulgação e popularidade.

Além das alterações descritas no parágrafo anterior, foram realizadas as seguintes modificações no conjunto de indicadores:

- Na dimensão “coleta”, foram adicionados dois indicadores, pois entendeu-se que é importante mensurar, na avaliação dos SLR de REEE, a coleta itinerante e a quantidade de produtos órfãos coletados.
- Na dimensão “abrangência”, o indicador relacionado aos municípios atendidos pelo sistema foi desdobrado em três indicadores, para contemplar os diferentes tipos de coleta de REEE oferecidos pelo sistema nos municípios.
- Na dimensão “representatividade”, foi excluído o indicador relacionado às empresas distribuidoras ou comerciantes, devido à dificuldade de se obter a quantidade de empresas desses segmentos que comercializam EEE.
- A dimensão “estratégia” foi renomeada como “parcerias”, foram excluídos os indicadores relacionados a parcerias com o poder público estadual e federal, pois foram substituídos pela variável de caracterização “Sistema faz parte de Acordo Setorial e/ou Termo de Compromisso” e foram incluídos indicadores relacionados a outras parcerias que podem existir em um SLR de REEE, tais como aquelas estabelecidas com distribuidores, comerciantes e cooperativas.
- Na dimensão relativa à destinação dos resíduos, foi excluído o indicador relacionado aos materiais provenientes da manufatura reversa dos REEE, pois se compreendeu que tal informação é mais pertinente à operação do sistema do que à sua avaliação pelos órgãos ambientais.

Quadro 20 – Conjunto de indicadores revisado a partir dos resultados da 1ª rodada

Parâmetros / Indicadores	Descrição	Unidade de medida ou valor qualitativo
Características básicas do Sistema		
Sistema faz parte de Acordo Setorial e/ou Termo de Compromisso	Indicar se o sistema faz parte de um Acordo Setorial e/ou de um Termo de Compromisso.	Sim / Não, quais?
Gestão realizada por entidade gestora	Indicar se a gestão do sistema é realizada por uma entidade criada por um grupo de empresas para gerir o sistema em nome delas ou não. Caso não seja, indicar quais entes realizam a gestão.	Sim / Não, quais?
Linhas de REEE abrangidas pelo sistema	Indicar as linhas abrangidas pelo sistema.	Branca, marrom, azul e/ou verde.
Modos de coleta	Indicar os modos de coleta empregados pelo sistema.	Pontos de coleta, coleta no domicílio e/ou coleta itinerante.
Modos de financiamento	Indicar os modos de financiamento adotados para custear o sistema.	Contribuição anual, tarifa (visível ou não), entre outros.
DIMENSÃO 1: ABRANGÊNCIA		
IND. 1.1: Quantidade de municípios com pontos de coleta do sistema	Refere-se à quantidade de municípios nos quais há pontos de coleta de REEE que fazem parte do sistema.	Unidades
IND. 1.2: Quantidade de municípios atendidos por coleta itinerante	Refere-se à quantidade de municípios atendidos pelo sistema por meio de campanhas de coleta itinerante.	Unidades
IND. 1.3: Quantidade de municípios atendidos pela coleta no domicílio	Refere-se à quantidade de municípios atendidos pelo sistema por meio de coleta no domicílio.	Unidades
IND. 1.4: Pontos de coleta a cada 25 mil habitantes	Calculado dividindo-se a quantidade total de pontos de coleta do sistema pela quantidade total de habitantes atendidos pelo sistema e, em seguida, multiplicando o resultado por 25.000.	Unidades
DIMENSÃO 2: REPRESENTATIVIDADE		
IND. 2.1: Equipamentos elétricos e eletrônicos (EEE) colocados no mercado do Estado, por linha	Refere-se aos EEE colocados no mercado no ano anterior pelas empresas que fazem parte do sistema, por linha (verde, azul, branca e marrom).	Toneladas

(continua)

(continuação)

Parâmetros / Indicadores	Descrição	Unidade de medida ou valor qualitativo
IND. 2.2: Parcela do mercado de EEE do Estado que as empresas aderentes representam, por linha	Calculado dividindo-se a quantidade de EEE colocados no mercado no ano anterior pelas empresas aderentes ao sistema pela quantidade total de EEE colocados no mercado no mesmo período, por linha.	Adimensional (Percentual)
IND. 2.3: Quantidade de empresas fabricantes aderentes ao sistema	Refere-se à quantidade de empresas fabricantes aderentes ao sistema.	Unidades
IND. 2.4: Quantidade de empresas importadoras aderentes ao sistema	Refere-se à quantidade de empresas importadoras aderentes ao sistema.	Unidades
DIMENSÃO 3: PARCERIAS		
IND. 3.1: Participação de distribuidores no sistema	Indicador qualitativo, com valor inexistente, fraca, média ou forte. Refere-se ao grau de participação dos distribuidores no sistema.	Inexistente, fraca, média ou forte.
IND. 3.2: Participação de comerciantes no sistema	Indicador qualitativo, com valor inexistente, fraca, média ou forte. Refere-se ao grau de participação dos comerciantes no sistema.	Inexistente, fraca, média ou forte.
IND. 3.3: Participação de cooperativas de catadores no sistema	Indicador qualitativo, com valor inexistente, fraca, média ou forte. Refere-se ao grau de participação das cooperativas de catadores no sistema.	Inexistente, fraca, média ou forte.
IND. 3.4: Parceria com poder público municipal	Indicador qualitativo, com valor inexistente, fraca, média ou forte. Refere-se às parcerias do sistema com os municípios.	Inexistente, fraca, média ou forte.
IND. 3.5: Outras parcerias	Indicador qualitativo, com valor sim ou não. Refere-se à existência de parcerias com entes diferentes dos citados acima.	Sim ou não.
DIMENSÃO 4: COLETA		
IND. 4.1: REEE coletados em relação aos EEE colocados no mercado, por linha	Calculado dividindo-se a quantidade de REEE coletados pela quantidade de EEE colocados no mercado no ano anterior pelas empresas aderentes ao sistema, para cada linha.	Adimensional (Percentual)
IND. 4.2: Média de REEE coletados por ponto de coleta	Calculado dividindo-se a quantidade de REEE coletados nos pontos de coleta pela quantidade de pontos de coleta.	Toneladas
IND. 4.3: REEE coletados pela coleta itinerante	Refere-se à quantidade de REEE coletados nas campanhas de coleta itinerante.	Toneladas

(continua)

(continuação)

Parâmetros / Indicadores	Descrição	Unidade de medida ou valor qualitativo
IND. 4.4: REEE coletados pela coleta no domicílio	Refere-se à quantidade de REEE coletados diretamente nos domicílios dos consumidores pelo sistema.	Toneladas
IND. 4.5: REEE de origem não-domiciliar em relação ao total coletado pelo sistema	Calculado dividindo-se a quantidade de REEE de origem não-domiciliar, isto é, provenientes de pessoas jurídicas (empresas, órgãos públicos, entre outros) pela quantidade total de REEE coletados.	Adimensional (Percentual)
IND. 4.6: REEE coletados per capita	Calculado dividindo-se a quantidade total de REEE coletados pela quantidade de habitantes atendidos pelo sistema.	Quilogramas por pessoa
IND. 4.7: Atendimento à(s) meta(s) pactuada(s)	Calculado com base em eventuais metas estabelecidas para o sistema.	Adimensional (Percentual)
IND. 4.8: Produtos órfãos em relação ao total coletado, por linha	Calculado dividindo-se a quantidade de produtos cujos fabricantes não existem mais ou que entraram no país de forma ilegal coletados pelo sistema pela quantidade total de REEE coletados, por linha.	Adimensional (Percentual)
DIMENSÃO 5: DESTINAÇÃO E DISPOSIÇÃO FINAL		
IND. 5.1: REEE destinados à reutilização em relação ao total coletado, por linha	Calculado dividindo-se a quantidade de REEE destinados à reutilização em território nacional (incluindo a remanufatura e o acondicionamento) pela quantidade total de REEE coletados, por linha.	Adimensional (Percentual)
IND. 5.2: Materiais destinados à exportação	Calculado somando-se a quantidade de materiais provenientes da manufatura reversa dos REEE que foram exportados com a quantidade de REEE exportados para reutilização e, em seguida, dividindo esse resultado pela quantidade total de REEE coletados.	Adimensional (Percentual)
IND. 5.3: Materiais destinados à reciclagem	Calculado dividindo a quantidade de materiais provenientes da manufatura reversa dos REEE que foram destinados à reciclagem em território nacional (mecânica ou química) pela quantidade total de REEE coletados.	Adimensional (Percentual)
IND. 5.4: Rejeitos dispostos em aterro ou incinerados sem aproveitamento energético	Calculado dividindo-se a quantidade de rejeitos provenientes da manufatura reversa dos REEE que foram destinados à incineração sem aproveitamento energético e ao aterro pela quantidade total de REEE coletados.	Adimensional (Percentual)

(continua)

(continuação)

Parâmetros / Indicadores	Descrição	Unidade de medida ou valor qualitativo
IND. 5.5: Resíduos perigosos segregados e destinados corretamente	Refere-se à quantidade de resíduos perigosos provenientes da manufatura reversa dos REEE (incluindo plásticos contendo poluentes orgânicos persistentes) segregados e destinados corretamente.	Toneladas
IND. 5.6: Substâncias destruidoras da camada de ozônio segregadas e destinadas corretamente	Refere-se à quantidade de substâncias como os gases CFC e HCFC provenientes da manufatura reversa dos REEE que foram segregadas e destinadas corretamente.	Toneladas
DIMENSÃO 6: CUSTOS E INVESTIMENTOS		
IND. 6.1: Custo total por REEE coletado, por linha	Calculado dividindo-se o custo total do sistema (com a coleta dos REEE, transporte, armazenamento, destinação, custos administrativos, etc.) pela quantidade de REEE coletados, para cada linha.	Reais por quilograma
IND. 6.2: Custo da destinação por REEE coletado, por linha	Calculado dividindo-se o custo total de destinação e disposição pela quantidade de REEE coletados, para cada linha.	Reais por quilograma
IND. 6.3: Investimento em comunicação	Refere-se às despesas do sistema com ações de divulgação, anúncios, manutenção do website e demais atividades relacionadas à comunicação.	Reais
IND. 6.4: Investimento em PD&I	Refere-se às despesas do sistema relacionadas à pesquisa e inovação.	Reais

4.4.2 Segunda rodada da Técnica Delphi

Na segunda rodada, foram enviados a todos os 89 especialistas a nova versão do conjunto de indicadores e um resumo dos resultados da primeira rodada, solicitando que avaliassem o conjunto como um todo e, caso tivessem algum comentário, enviassem por e-mail.

Foram recebidas 14 respostas (16% de retorno). O perfil dos respondentes foi bastante similar ao daqueles que responderam ao formulário na primeira rodada, visto que a maioria deles (79%) atua na região Sudeste do Brasil e grande parte (36%) trabalha no setor público (federal, estadual ou municipal). Outros 14% atuam na região Centro-Oeste e 7% na região Sul; 29% trabalham em universidades ou institutos de pesquisa, 21% em associações setoriais, federações ou sindicatos e 14% em empresas de consultoria ou advocacia.

Todas as respostas concordaram com a nova versão do conjunto de indicadores, mas com algumas ressalvas. Entre as questões levantadas, vale citar:

- Quanto à quantidade de EEE colocados no mercado e a parcela do mercado que as empresas aderentes representam, é difícil aos produtores segmentar

esses dados por Estado (unidade federativa), pois os distribuidores pulverizam os EEE pelo país e nem sempre reportam as quantidades aos produtores com precisão;

- Não está prevista a destinação dos REEE coletados pelos SLR à reutilização nem o atendimento do mercado de pessoas jurídicas (B2B) pelos SLR;
- A questão dos custos dos SLR é confidencial, devido aos acordos comerciais com os prestadores de serviço contratados;
- A categorização dos EEE em linhas (branca, verde, marrom e azul) foi desenvolvida com finalidade comercial e não é tão precisa (alguns equipamentos poderiam ser classificados em 2 linhas); portanto, não deveria ser aplicada aos REEE. Sugere-se adotar a classificação análoga àquela proposta pela Diretiva Europeia que passará a valer a partir de 15 de agosto de 2018, pois baseia-se no gerenciamento e destinação dos REEE coletados. Segundo tal classificação, os REEE seriam separados em cinco categorias (excluindo as lâmpadas): i) equipamentos de regulação de temperatura, telas, monitores e equipamentos com tela superior a 100 cm²; ii) equipamentos de grandes dimensões; iii) equipamentos de pequenas dimensões e iv) equipamentos de informática e de telecomunicações de pequenas dimensões;
- Inclusão de indicador referente ao número de cooperativas de catadores envolvidas no SLR;
- Questionamento sobre como calcular a população atendida pelo sistema e se seria interessante avaliar se os municípios atendidos pelo sistema são os mesmos que recebem parte expressiva dos EEE vendidos.

A partir dos comentários recebidos, a única alteração realizada no conjunto foi retirar a expressão “por Estado” dos indicadores 2.1 e 2.2, de modo a deixá-los mais genéricos e permitir que o conjunto seja utilizado tanto por órgãos ambientais estaduais quanto federais. A versão final do conjunto é apresentada no Quadro 21.

Quadro 21 – Conjunto de indicadores para avaliar SLR de REEE proposto após a 2ª rodada

Indicadores / Parâmetros	Descrição	Unidade de medida ou valor qualitativo
Características básicas do Sistema		
Sistema faz parte de Acordo Setorial e/ou Termo de Compromisso	Indicar se o sistema faz parte de um Acordo Setorial e/ou de um Termo de Compromisso.	Não / Sim, quais?

(continua)

(continuação)

Parâmetros / Indicadores	Descrição	Unidade de medida ou valor qualitativo
Gestão realizada por entidade gestora	Indicar se a gestão do sistema é realizada por uma entidade criada por um grupo de empresas para gerir o sistema em nome delas ou não. Caso não seja, indicar quais entes realizam a gestão.	Sim / Não, quais?
Linhas de REEE abrangidas pelo sistema	Indicar as linhas abrangidas pelo sistema.	Branca, marrom, azul e/ou verde.
Modos de coleta	Indicar os modos de coleta empregados pelo sistema.	Pontos de coleta, coleta no domicílio e/ou coleta itinerante.
Modos de financiamento	Indicar os modos de financiamento adotados para custear o sistema.	Contribuição anual, tarifa (visível ou não), entre outros.
DIMENSÃO 1: Abrangência		
IND. 1.1: Quantidade de municípios com pontos de coleta do sistema	Refere-se à quantidade de municípios nos quais há pontos de coleta de REEE que fazem parte do sistema.	Unidades
IND. 1.2: Quantidade de municípios atendidos por coleta itinerante	Refere-se à quantidade de municípios atendidos pelo sistema por meio de campanhas de coleta itinerante.	Unidades
IND. 1.3: Quantidade de municípios atendidos pela coleta no domicílio	Refere-se à quantidade de municípios atendidos pelo sistema por meio de coleta no domicílio.	Unidades
IND. 1.4: Pontos de coleta a cada 25 mil habitantes	Calculado dividindo-se a quantidade total de pontos de coleta do sistema pela quantidade total de habitantes atendidos pelo sistema e, em seguida, multiplicando o resultado por 25.000.	Unidades
DIMENSÃO 2: Representatividade		
IND. 2.1: Equipamentos elétricos e eletrônicos (EEE) colocados no mercado, por linha	Refere-se aos EEE colocados no mercado no ano anterior pelas empresas que fazem parte do sistema, por linha (verde, azul, branca e marrom).	Toneladas
IND. 2.2: Parcela do mercado de EEE que as empresas aderentes representam, por linha	Calculado dividindo-se a quantidade de EEE colocados no mercado no ano anterior pelas empresas aderentes ao sistema pela quantidade total de EEE colocados no mercado no mesmo período, por linha.	Adimensional (Percentual)
IND. 2.3: Quantidade de empresas fabricantes aderentes ao sistema	Refere-se à quantidade de empresas fabricantes aderentes ao sistema.	Unidades
IND. 2.4: Quantidade de empresas importadoras aderentes ao sistema	Refere-se à quantidade de empresas importadoras aderentes ao sistema.	Unidades

(continua)

(continuação)

Parâmetros / Indicadores	Descrição	Unidade de medida ou valor qualitativo
DIMENSÃO 3: Parcerias		
IND. 3.1: Participação de distribuidores no sistema	Indicador qualitativo, com valor inexistente, fraca, média ou forte. Refere-se ao grau de participação dos distribuidores no sistema.	Inexistente, fraca, média ou forte.
IND. 3.2: Participação de comerciantes no sistema	Indicador qualitativo, com valor inexistente, fraca, média ou forte. Refere-se ao grau de participação dos comerciantes no sistema.	Inexistente, fraca, média ou forte.
IND. 3.3: Participação de cooperativas de catadores no sistema	Indicador qualitativo, com valor inexistente, fraca, média ou forte. Refere-se ao grau de participação das cooperativas de catadores no sistema.	Inexistente, fraca, média ou forte.
IND. 3.4: Parceria com poder público municipal	Indicador qualitativo, com valor inexistente, fraca, média ou forte. Refere-se às parcerias do sistema com os municípios.	Inexistente, fraca, média ou forte.
IND. 3.5: Outras parcerias	Indicador qualitativo, com valor sim ou não. Refere-se à existência de parcerias com entes diferentes dos citados acima.	Sim ou não.
DIMENSÃO 4: Coleta		
IND. 4.1: REEE coletados em relação aos EEE colocados no mercado, por linha	Calculado dividindo-se a quantidade de REEE coletados pela quantidade de EEE colocados no mercado no ano anterior pelas empresas aderentes ao sistema, para cada linha.	Adimensional (Percentual)
IND. 4.2: Média de REEE coletados por ponto de coleta	Calculado dividindo-se a quantidade de REEE coletados nos pontos de coleta pela quantidade de pontos de coleta.	Toneladas
IND. 4.3: REEE coletados pela coleta itinerante	Refere-se à quantidade de REEE coletados nas campanhas de coleta itinerante.	Toneladas
IND. 4.4: REEE coletados pela coleta no domicílio	Refere-se à quantidade de REEE coletados diretamente nos domicílios dos consumidores pelo sistema.	Toneladas
IND. 4.5: REEE de origem não domiciliar em relação ao total coletado pelo sistema	Calculado dividindo-se a quantidade de REEE de origem não-domiciliar, isto é, provenientes de pessoas jurídicas (empresas, órgãos públicos, entre outros) pela quantidade total de REEE coletados.	Adimensional (Percentual)
IND. 4.6: REEE coletados per capita	Calculado dividindo-se a quantidade total de REEE coletados pela quantidade de habitantes atendidos pelo sistema.	Quilogramas por pessoa

(continua)

(continuação)

Parâmetros / Indicadores	Descrição	Unidade de medida ou valor qualitativo
IND. 4.7: Atendimento à(s) meta(s) pactuada(s)	Calculado com base em eventuais metas estabelecidas para o sistema.	Adimensional (Percentual)
IND. 4.8: Produtos órfãos em relação ao total coletado, por linha	Calculado dividindo-se a quantidade de produtos cujos fabricantes não existem mais ou que entraram no país de forma ilegal coletados pelo sistema pela quantidade total de REEE coletados, por linha.	Adimensional (Percentual)
DIMENSÃO 5: Destinação e Disposição Final		
IND. 5.1: REEE destinados à reutilização em relação ao total coletado, por linha	Calculado dividindo-se a quantidade de REEE destinados à reutilização em território nacional (incluindo a remanufatura e o recondicionamento) pela quantidade total de REEE coletados, por linha.	Adimensional (Percentual)
IND. 5.2: Materiais destinados à exportação	Calculado somando-se a quantidade de materiais provenientes da manufatura reversa dos REEE que foram exportados com a quantidade de REEE exportados para reutilização e, em seguida, dividindo esse resultado pela quantidade total de REEE coletados.	Adimensional (Percentual)
IND. 5.3: Materiais destinados à reciclagem	Calculado dividindo a quantidade de materiais provenientes da manufatura reversa dos REEE que foram destinados à reciclagem em território nacional (mecânica ou química) pela quantidade total de REEE coletados.	Adimensional (Percentual)
IND. 5.4: Rejeitos dispostos em aterro ou incinerados sem aproveitamento energético	Calculado dividindo-se a quantidade de rejeitos provenientes da manufatura reversa dos REEE que foram destinados à incineração sem aproveitamento energético e ao aterro pela quantidade total de REEE coletados.	Adimensional (Percentual)
IND. 5.5: Resíduos perigosos segregados e destinados corretamente	Refere-se à quantidade de resíduos perigosos provenientes da manufatura reversa dos REEE (incluindo plásticos contendo poluentes orgânicos persistentes) segregados e destinados corretamente.	Toneladas
IND. 5.6: Substâncias destruidoras da camada de ozônio segregadas e destinadas corretamente	Refere-se à quantidade de substâncias como os gases CFC e HCFC provenientes da manufatura reversa dos REEE que foram segregadas e destinadas corretamente.	Toneladas

(continua)

(continuação)

Parâmetros / Indicadores	Descrição	Unidade de medida ou valor qualitativo
DIMENSÃO 6: Custos e Investimentos		
IND. 6.1: Custo total por REEE coletado, por linha	Calculado dividindo-se o custo total do sistema (com a coleta dos REEE, transporte, armazenamento, destinação, custos administrativos, etc.) pela quantidade de REEE coletados, para cada linha.	Reais por quilograma
IND. 6.2: Custo da destinação por REEE coletado, por linha	Calculado dividindo-se o custo total de destinação e disposição pela quantidade de REEE coletados, para cada linha.	Reais por quilograma
IND. 6.3: Investimento em comunicação	Refere-se às despesas do sistema com ações de divulgação, anúncios, manutenção do website e demais atividades relacionadas à comunicação.	Reais
IND. 6.4: Investimento em PD&I	Refere-se às despesas do sistema relacionadas à pesquisa, desenvolvimento e inovação.	Reais

4.5 PROPOSTA DE MODELO DE RELATÓRIO E INTEGRAÇÃO COM OS INDICADORES

Nesta seção, são apresentados: i) proposta de modelo de relatório contendo os resultados anuais dos SLR de REEE para prestação de informações aos órgãos ambientais, o qual servirá como fonte de dados para alimentar os indicadores; ii) descrição do modo de cálculo dos indicadores a partir dos dados provenientes dos formulários que compõem o modelo de relatório.

4.5.1 Modelo de relatório para sistemas de logística reversa de REEE

A seguir, apresenta-se uma proposta de modelo de relatório para a apresentação dos resultados anuais dos SLR de REEE aos órgãos ambientais, elaborado com base nos modelos de formulários relacionados ao Plano de Logística Reversa e ao Relatório Anual que constam nos anexos dos Termos de Compromisso de Logística Reversa assinados no Estado de São Paulo e que deverão compor o SIGOR – Módulo Logística Reversa, apresentados no Anexo A.

O modelo é composto por dois formulários principais:

- 1) O primeiro compreende a caracterização do sistema de logística reversa de REEE, quanto aos responsáveis pelo sistema, empresas aderentes, parcerias, linhas de REEE abrangidas, tipos de coleta empregados, modos de financiamento, empresas contratadas para realizar o gerenciamento dos resíduos (logística, destinação), descrição do sistema, entre outros aspectos;
- 2) O segundo envolve os principais resultados anuais do SLR de REEE, especialmente quanto à coleta e destinação dos resíduos, o atendimento a metas pactuadas e os custos e investimentos do sistema.

1. Caracterização de Sistema de Logística Reversa de REEE					
1.1 Cadastro do Sistema					
a. Empresa/entidade responsável pelo Sistema					
Razão social:					
CNPJ:					
Endereço:					
É entidade gestora?					
b. Interlocutor¹:					
Nome:					
CPF:					
RG:					
Telefone:					
e-mail:					
c. Relação de empresas aderentes²					
Tipo de Aderente (fabricante ou importador):					
Razão social:					
CNPJ:					
Endereço:					
Cód. CNAE da Atividade:					
Número do Cadastro no órgão ambiental (<i>se for o caso</i>):					
Parcela do mercado de EEE que as empresas aderentes representam, por linha:					
d. Outras entidades ou empresas parceiras do Sistema					
Tipo de parceiro ³	Razão Social	CNPJ	Interlocutor / Contato		
			Nome	Telefone	E-mail
1.2 Descrição do Sistema					
a. Nome do Sistema					
b. Faz parte de Termo de Compromisso ou Acordo Setorial?					
c. Linhas de REEE abrangidas do Sistema⁴					
d. Tipo(s) de coleta contemplados no Sistema					
<input type="checkbox"/> Pontos de coleta					
<input type="checkbox"/> Coleta em domicílio					
<input type="checkbox"/> Sistema de coleta itinerante					
e. Modos de financiamento					
f. Página do Sistema na Internet					
g. Breve Descrição do Sistema⁵					
h. Operador(es) Logístico(s):					
Razão social:					
CNPJ:					

Endereço:			
Cód. CNAE da Atividade:			
i. Quantificação da Infraestrutura de Coleta do Sistema, por Município			
Município	Descrição da Infraestrutura Existente		
	() Possui pontos de coleta (indicar quantos)	() Atendido por coleta itinerante	() Atendido com coleta no domicílio
j. Relação de Pontos de Coleta, por município			
Município	Razão Social	CNPJ	Endereço
k. Relação dos Destinatores utilizados pelo Sistema			
Tipo de Destinação ⁶ :			
Razão social:			
CNPJ:			
Endereço:			
Número do Cadastro no órgão ambiental (<i>se for o caso</i>):			
Quantidade destinada (t/ano) ^{7,8} :			

Fonte: elaborado com base em CETESB (2018).

Notas:

¹ Considera-se como interlocutor o técnico da entidade ou empresa responsável pelo sistema que deverá realizar a comunicação e troca de dados e informações com o órgão ambiental. Deve-se indicar somente um interlocutor.

² Consideram-se como aderentes as empresas que fazem parte do sistema, custeando sua operação.

³ Considera-se como tipo de parceiro: comerciante, distribuidor, cooperativa de catadores, prefeituras ou outros.

⁴ As linhas de REEE são: branca, marrom, azul e verde.

⁵ Deve-se descrever o sistema quanto a todas suas operações, tais como: recebimento ou coleta, transporte, armazenamento, tratamento, beneficiamento e destinação final, incluindo os tipos de destinação final e os procedimentos e documentos de controle utilizados.

⁶ Tais como: reciclagem, incineração, aterro de resíduos classe I (perigosos).

⁷ Caso o sistema esteja em implementação, indicar “zero” na quantidade destinada.

⁸ As declarações de coleta e os comprovantes de destinação devem ficar arquivados para serem apresentados ao órgão ambiental, caso solicitado.

2. Relatório Anual de Sistema de Logística Reversa de REEE					
2.1. Ano ¹					
2.2. Meta Anual de Recolhimento					
a. Caso exista definição ou proposta de Meta de Recolhimento percentual (%)					
[A] Meta de recolhimento ² (%)	[B] Quantidade do EEE colocada no mercado (t/ano) ³	[C] Meta efetiva de recolhimento (A*B) (t/ano)	[D] Quantidade de REEE coletado (t/ano) ⁴	[E] Quantidade de resíduo REEE destinado à recuperação (t/ano) ⁵	[F] Percentual de atendimento à meta quantitativa (D/C)
Caso a meta não tenha sido atendida, justificar:					
b. Caso não haja definição de Meta de Recolhimento percentual					
Descrição da Meta			Quantidade realizada		

Caso a meta não tenha sido atendida, justificar:			
2.3. Meta Anual Geográfica			
Tipos de coleta estabelecida na Meta Geográfica		[A] Quantidade estabelecida como Meta Geográfica no ano	[B] Quantidade efetiva praticada no ano
Pontos de coleta <input type="checkbox"/> Coleta em domicílio <input type="checkbox"/> Sistema de coleta itinerante <input type="checkbox"/>			[C] Percentual de atendimento à meta geográfica (B/A)
Caso a meta não tenha sido atendida, justificar:			
2.4 População atendida			
2.5 Coleta (quantidades em toneladas)			
a. REEE coletados pela coleta itinerante:			
b. REEE coletados pela coleta no domicílio:			
c. REEE de origem não domiciliar coletados:			
d. Produtos órfãos coletados, por linha:			
2.6 Destinação (quantidades em toneladas)			
a. REEE destinados à reutilização, por linha:			
b. Materiais destinados à exportação:			
c. Resíduos perigosos segregados e destinados corretamente:			
d. Substâncias destruidoras da camada de ozônio segregadas e destinadas corretamente:			
2.7 Custos e investimentos			
a. Custo total, por linha			
b. Custo da destinação, por linha			
c. Investimento em comunicação			
d. Investimento em PD&I			
2.8 Demais ações realizadas no âmbito da Logística Reversa ⁶			

Fonte: elaborado com base em CETESB (2018).

Notas:

¹ Os resultados e metas devem ser referentes ao período de 01 de janeiro a 31 de dezembro do ano anterior à entrega do relatório.

² Meta definida anual definida para o sistema.

³ Esse dado deve ser referente ao conjunto de empresas aderentes.

⁴ O dado deve ser discriminado por linha (branca, verde, marrom e azul) de REEE. As declarações de coleta e os comprovantes de destinação devem ficar arquivados para serem apresentados ao órgão ambiental, caso solicitado.

⁵ Deve-se informar a quantidade de resíduo que retornou ao processo produtivo como insumo ou matéria-prima.

⁶ Descrever ações e materiais de comunicação e educação ambiental, divulgação do Sistema, ecodesign, entre outras.

4.5.2 Integração entre relatório e indicadores

A partir dos dados provenientes dos dois formulários que compõem o modelo de relatório, preenchidos pelos responsáveis pelos SLR de REEE, poderão ser calculados os indicadores propostos nesta pesquisa.

No Quadro 22, descreve-se como cada indicador deverá ser calculado a partir dos dados provenientes do preenchimento dos campos dos formulários apresentados anteriormente.

Quadro 22 - Modo de cálculo de cada indicador a partir dos dados provenientes do modelo de relatório

Parâmetros / Indicadores	Modo de cálculo e origem dos dados no SIGOR	Unidade de medida ou valor qualitativo
Características básicas do Sistema		
Sistema faz parte de Acordo Setorial e/ou Termo de Compromisso	Dado proveniente do campo 1.2.b	Não / Sim, quais?
Gestão realizada por entidade gestora	Dado proveniente do campo 1.1.a	Sim / Não, quais?
Linhas de REEE abrangidas pelo sistema	Dado proveniente do campo 1.2.c	Branca, marrom, azul e/ou verde.
Modos de coleta	Dado proveniente do campo 1.2.d	Pontos de coleta, coleta no domicílio e/ou coleta itinerante.
Modos de financiamento	Dado proveniente do campo 1.2.e	Contribuição anual, tarifa (visível ou não), entre outros.
DIMENSÃO 1: Abrangência		
IND. 1.1: Quantidade de municípios com pontos de coleta do sistema	Calculado a partir dos dados do campo 1.2.j.	Unidades
IND. 1.2: Quantidade de municípios atendidos por coleta itinerante	Calculado a partir dos dados do campo 1.2.i.	Unidades
IND. 1.3: Quantidade de municípios atendidos pela coleta no domicílio	Calculado a partir dos dados do campo 1.2.i.	Unidades
IND. 1.4: Pontos de coleta a cada 25 mil habitantes	Calculado dividindo-se a quantidade total de pontos de coleta do sistema, (obtida a partir dos dados do campo 1.2.j), pela quantidade total de habitantes atendidos pelo sistema (dado proveniente do campo 2.4) e, em seguida, multiplicando o resultado por 25.000.	Unidades

(continua)

(continuação)

Parâmetros / Indicadores	Modo de cálculo e origem dos dados no SIGOR	Unidade de medida ou valor qualitativo
DIMENSÃO 2: Representatividade		
IND. 2.1: Equipamentos elétricos e eletrônicos (EEE) colocados no mercado, por linha	Dado proveniente do campo 2.2.a.B	Toneladas (por linha: verde, azul, branca e marrom)
IND. 2.2: Parcela do mercado de EEE que as empresas aderentes representam, por linha	Calculado dividindo-se o dado proveniente do campo 2.2.a.B pela quantidade total de EEE colocados no mercado no mesmo período (dado proveniente do banco de dados do sistema).	Adimensional (Percentual)
IND. 2.3: Quantidade de empresas fabricantes aderentes ao sistema	Calculado a partir dos dados do campo 1.1.c	Unidades
IND. 2.4: Quantidade de empresas importadoras aderentes ao sistema	Calculado a partir dos dados do campo 1.1.c	Unidades
DIMENSÃO 3: Parcerias		
IND. 3.1: Participação de distribuidores no sistema	Indicador cujo valor qualitativo deve ser inserido no sistema pelos avaliadores (órgão ambiental), com base nos dados do campo 1.1.d	Inexistente, fraca, média ou forte.
IND. 3.2: Participação de comerciantes no sistema		
IND. 3.3: Participação de cooperativas de catadores no sistema		
IND. 3.4: Parceria com poder público municipal		
IND. 3.5: Outras parcerias		Sim ou não.
DIMENSÃO 4: Coleta		
IND. 4.1: REEE coletados em relação aos EEE colocados no mercado, por linha	Calculado dividindo-se o dado proveniente do campo 2.2.a.D pelo dado proveniente do campo 2.2.a.B	Adimensional (Percentual)
IND. 4.2: Média de REEE coletados por ponto de coleta	Calculado dividindo-se o dado proveniente do campo 2.2.a.D pelo dado proveniente do campo 1.2.j	Toneladas
IND. 4.3: REEE coletados pela coleta itinerante	Dado proveniente do campo 2.5.a	Toneladas
IND. 4.4: REEE coletados pela coleta no domicílio	Dado proveniente do campo 2.5.b	Toneladas
IND. 4.5: REEE de origem não-domiciliar em relação ao total coletado pelo sistema	Calculado dividindo o dado proveniente do campo 2.5.a pelo dado proveniente do campo 2.2.a.D	Adimensional (Percentual)

(continua)

(continuação)

Parâmetros / Indicadores	Modo de cálculo e origem dos dados no SIGOR	Unidade de medida ou valor qualitativo
IND. 4.6: REEE coletados per capita	Calculado dividindo o dado proveniente do campo 2.2.a.D pelo dado proveniente do campo 2.4	Quilogramas por pessoa
IND. 4.7: Atendimento à(s) meta(s) pactuada(s)	Dado proveniente dos campos 2.2.a.F e 2.3.C	Adimensional (Percentual)
IND. 4.8: Produtos órfãos em relação ao total coletado, por linha	Calculado dividindo o dado proveniente do campo 2.5.d pelo dado proveniente do campo 2.2.a.D	Adimensional (Percentual)
DIMENSÃO 5: Destinação e Disposição Final		
IND. 5.1: REEE destinados à reutilização em relação ao total coletado, por linha	Calculado dividindo o dado proveniente do campo 2.6.a pelo dado proveniente do campo 2.2.a.D	Adimensional (Percentual)
IND. 5.2: Materiais destinados à exportação	Calculado dividindo o dado proveniente do campo 2.6.b pelo dado proveniente do campo 2.2.a.D	Adimensional (Percentual)
IND. 5.3: Materiais destinados à reciclagem	Calculado dividindo o dado proveniente do campo 1.2.k pelo dado proveniente do campo 2.2.a.D	Adimensional (Percentual)
IND. 5.4: Rejeitos dispostos em aterro ou incinerados sem aproveitamento energético	Calculado dividindo o dado proveniente do campo 1.2.k pelo dado proveniente do campo 2.2.a.D	Adimensional (Percentual)
IND. 5.5: Resíduos perigosos segregados e destinados corretamente	Dado proveniente do campo 2.6.c	Toneladas
IND. 5.6: Substâncias destruidoras da camada de ozônio segregadas e destinadas corretamente	Dado proveniente do campo 2.6.d	Toneladas
DIMENSÃO 6: Custos e Investimentos		
IND. 6.1: Custo total por REEE coletado, por linha	Calculado dividindo o dado proveniente do campo 2.7.a pelo dado proveniente do campo 2.2.a.D	Reais por quilograma
IND. 6.2: Custo da destinação por REEE coletado, por linha	Calculado dividindo o dado proveniente do campo 2.7.b pelo dado proveniente do campo 2.2.a.D	Reais por quilograma
IND. 6.3: Investimento em comunicação	Dado proveniente do campo 2.7.c	Reais
IND. 6.4: Investimento em PD&I	Dado proveniente do campo 2.7.d	Reais

5 CONCLUSÕES

A principal contribuição desta pesquisa foi a proposta de um conjunto de indicadores a ser disponibilizado como subsídio aos órgãos ambientais brasileiros para avaliação dos sistemas de logística reversa de REEE. Tal conjunto é composto por cinco parâmetros que exprimem uma caracterização básica do SLR: se faz parte de Acordo Setorial ou Termo de Compromisso, se é gerido por entidade gestora, quais linhas de REEE são abrangidas e quais os modos de coleta e financiamento; e por 31 indicadores, classificados em seis dimensões: i) abrangência, ii) representatividade, iii) parcerias, iv) coleta, v) destinação e disposição final, e vi) custos e investimentos.

Recomenda-se que os dados para alimentar os indicadores sejam provenientes dos relatórios anuais a serem entregues aos órgãos ambientais pelos responsáveis dos sistemas, preferencialmente via sistema eletrônico (*online*), contendo os resultados dos SLR e as devidas documentações, comprovações da veracidade dos dados e mapeamento da distribuição geográfica dos sistemas.

As três primeiras dimensões, de caráter mais estratégico, contêm indicadores que permitem mensurar algumas variáveis que influenciam os resultados básicos do SLR de REEE, isto é, as quantidades coletadas e destinadas adequadamente, tais como as categorias de REEE abrangidas, a quantidade de pontos de coleta e de municípios atendidos pelo sistema, a participação dos atores da cadeia produtiva e as parcerias estabelecidas. Já as três últimas dimensões, de caráter mais operacional, ligado ao fluxo de coleta e destinação dos REEE, permitem medir o desempenho técnico, econômico e ambiental do sistema. A dimensão social dos SLR de REEE não foi especificamente abrangida devido à dificuldade de avaliá-la e pelo fato de que, tradicionalmente, tal dimensão se mostra menos prioritária aos órgãos ambientais, especialmente no caso dos SLR de REEE, nos quais a participação de cooperativas e catadores não é tão expressiva quanto no caso das embalagens, por exemplo. Entretanto, tal tema pode ser objeto de futuras pesquisas.

Indiretamente, o conjunto de indicadores permite avaliar o atendimento dos SLR de REEE a determinados requisitos legais, tais como a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e a formalização por meio de Acordo Setorial ou Termo de Compromisso.

Devido à indisponibilidade de dados no contexto brasileiro, não foi possível valorar os indicadores quantitativos, ou seja, determinar os intervalos de valores que eles podem assumir, nem atribuir pontuações, realizar ponderações ou calcular resultados agregados. Similarmente, devido ao estágio embrionário em que se encontram os SLR de REEE atualmente existentes no país e devido à indisponibilidade de dados, optou-se por não aplicar o conjunto a esses sistemas. Entretanto, espera-se que esse cenário mude quando for assinado o Acordo Setorial federal ou, pelo menos, em âmbito estadual, com os avanços do Estado de São Paulo quanto à logística reversa. Assim, espera-se que, em breve, os indicadores possam ser utilizados e testados na

prática. Nesse sentido, sugere-se que futuras pesquisas testem os indicadores com dados reais dos SLR e estabeleçam notas ou pontuações, com base nos valores possíveis para cada indicador, permitindo obter um ou mais valores numéricos agregados (índices) que reflitam a performance dos sistemas de modo mais visual e imediato.

Foi proposto um conjunto único capaz de abranger todos os segmentos de REEE, mas reconhece-se que há diferenças no gerenciamento dos diversos segmentos, o que pode, com o avanço da implementação da LR, acarretar metas e requisitos diferentes para algumas categorias. Nesse caso, poderá ser conveniente acrescentar a diferenciação por categoria a alguns indicadores.

Embora se tenha optado por adotar, para os indicadores, a classificação baseada em linhas de REEE (verde, azul, marrom e branca) por ser a mais utilizada no país, essa classificação, empregada originalmente para os EEE, pode não ser a mais adequada ao gerenciamento dos REEE. Assim, com o avanço da gestão dos REEE no Brasil, espera-se que seja empregada uma classificação que reflita o modo como os REEE são gerenciados, tal como aquela proposta no Anexo III da Diretiva 2012/19/CE (Quadro 4), na qual os REEE são classificados em seis categorias.

Também não foram propostos indicadores baseados na separação dos resíduos por marca/fabricante, pois se sabe que essa etapa torna o sistema mais caro e operacionalmente complexo, o que poderia inviabilizar a implantação inicial dos sistemas. Entretanto, com a consolidação dos sistemas, futuramente, pode ser interessante incluir esse critério, pois a separação do resíduo coletado por fabricante pode permitir comparar quais marcas de produtos são mais frequentemente descartadas e, conseqüentemente, as durações dos produtos, bem como avaliar a reciclabilidade de cada tipo/marca de produto. Assim, pode fornecer informações importantes para orientar ações de *ecodesign*, que é um dos objetivos primordiais da logística reversa, e nortear políticas públicas relacionadas ao consumo e produção sustentáveis.

Espera-se que o conjunto de indicadores proposto seja útil não somente ao poder público, mas aos próprios gestores dos SLR de REEE e a toda a sociedade, promovendo a transparência das informações sobre o desempenho dos sistemas e o controle social. Uma sugestão de pesquisa seria propor indicadores para a gestão dos SLR de REEE, comparando-os aos propostos nesta pesquisa.

Embora os indicadores propostos tenham como foco os REEE, entende-se que, com pequenas modificações, podem ser aplicados a SLR que gerenciem outras tipologias de resíduos, o que pode ser realizado em pesquisas futuras. Da mesma forma, entende-se que, devido às similaridades entre o contexto brasileiro de gestão de REEE e o contexto de outros países da América Latina, o conjunto proposto pode ser aplicado a outros países latino-americanos, desde que adaptado no que for necessário. Tal aplicação pode ser tema de futuras pesquisas.

Outra importante contribuição desta pesquisa foi a proposta de modelo de relatório para apresentação dos resultados anuais dos SLR de REEE aos órgãos ambientais, baseada nos modelos adotados no Estado de São Paulo, previstos para o Módulo Logística Reversa da plataforma eletrônica SIGOR; e a integração do conjunto

de indicadores proposto nesta pesquisa ao modelo de relatório também proposto. Sugere-se que o relatório seja preenchido eletronicamente pelos responsáveis pelos SLR de REEE e que os indicadores sejam calculados de forma automática pelo sistema eletrônico, de modo a aperfeiçoar e facilitar a avaliação dos resultados dos SLR de REEE pelos órgãos ambientais brasileiros, em especial a CETESB. Com isso, também se espera poder contribuir para a padronização das informações a serem prestadas pelos SLR aos órgãos ambientais, evitando que os sistemas tenham que elaborar um modelo de relatório em cada unidade da federação e permitindo a comparação entre os resultados em cada Estado.

Apesar de esta pesquisa discutir o monitoramento e avaliação dos SLR pelo poder público, com foco no reporte de dados pelos responsáveis pelos SLR, idealmente as entidades gestoras, não se pode deixar de reconhecer a importância de que:

- 1) A participação do poder público na LR de REEE, em todos os âmbitos (municipal, estadual e federal), não se limite ao monitoramento dos SLR, mas envolva a criação de incentivos e desonerações, inclusive fiscais e voltados ao *ecodesign*, a desburocratização de processos e autorizações, a articulação e integração entre as diversas partes interessadas, de modo a facilitar a implantação e operação dos sistemas, assim como o controle e a fiscalização dos recicladores e demais gerenciadores de REEE, para aumentar o grau de formalização desse setor.
- 2) Haja um reporte de dados sistemático, idealmente por meio de sistema eletrônico de controle do fluxo de resíduos, pelos responsáveis pelas usinas de manufatura reversa, reciclagem e demais áreas de destinação de REEE, os quais são atores essenciais para o sucesso do gerenciamento desses resíduos. Tal reporte de dados complementaria os fornecidos pelos gestores dos SLR, permitindo confrontá-los e enriquecendo o controle sobre a gestão dos REEE.

Nesse sentido, sugere-se que sejam realizadas novas pesquisas sobre o papel e atuação do poder público na LR de REEE e nos instrumentos para controle e monitoramento das atividades relacionadas ao gerenciamento de REEE.

A presente pesquisa permitiu confirmar, por um lado, que o tema dos indicadores para avaliar SLR de REEE ainda não é muito difundido na literatura científica e, por outro, que o uso desses indicadores ainda não é uma prática consolidada para os gestores dos SLR de REEE ou para os órgãos ambientais, nem mesmo no Japão ou Europa, havendo espaço para novas propostas. Tanto na literatura consultada, quanto nas respostas aos questionários, nota-se a heterogeneidade dos indicadores, o que já era esperado, devido à natureza ampla dessa temática e às diferenças dos contextos europeu, japonês e brasileiro. Foram identificadas algumas questões importantes que devem pautar a obtenção e análise dos dados referentes à gestão dos REEE:

- 1) É necessário uniformizar conceitos e padronizar metodologias de cálculo dos dados e indicadores para que os resultados possam ser comparáveis em diferentes contextos.

- 2) Deve-se estimar a geração dos REEE com cautela, pois depende de diversos fatores, como o grau de reutilização e armazenamento dos EEE antes do efetivo descarte; tais fatores devem ser explicitados ao apresentar estimativas de geração;
- 3) É preciso considerar não somente os fluxos de REEE coletados pelos SLR, mas os demais fluxos, tais como os coletados informalmente, descartados junto com o RSU, coletados por recicladores autônomos e exportados. Além disso, deve-se envolver os recicladores ou demais gerenciadores de REEE no processo de obtenção de dados;
- 4) Deve-se dar transparência aos dados de gestão dos REEE, especialmente aos relacionados a custos e investimentos, que ainda são pouco divulgados;
- 5) Recomenda-se, cada vez mais, a utilização de sistemas eletrônicos para monitorar o fluxo dos REEE, os quais facilitam o controle e análise dos dados, agregam um volume grande de informações e permitem dar transparência a esses dados.

REFERÊNCIAS

ABDI. Gestão de REEE no Brasil: Análise de Viabilidade Técnica e Econômica. Abdi, 2013.

ABINEE – Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica. Página Internet Institucional. Disponível em: <http://www.abinee.org.br/>. Acesso em 10 de agosto. 2016.

ABREE. Página Internet Institucional. Disponível em: <http://abree.org.br/category/cases/campanhas/>. Acesso em 08 de fevereiro. 2018.

ARIS – AGÊNCIA REGULADORA INTERMUNICIPAL DE SANEAMENTO. Metodologia para avaliação dos indicadores de desempenho. Florianópolis. 2015.

AIZAWA, H.; YOSHIDA, H.; SAKAI, S. ICHI. Current results and future perspectives for Japanese recycling of home electrical appliances. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 52, n. 12, p. 1399–1410, 2008.

BALDÉ et al., The Global e-waste Monitor. UNU, ITU, ISWA. Bonn, Geneva, Vienna, 2017.

BAXTER, J. et al. High-quality collection and disposal of WEEE: Environmental impacts and resultant issues. *Waste Management*, v. 57, p. 17–26, 2016.

BESEN, G. R. Coleta seletiva com inclusão de catadores : construção participativa de indicadores e índices de sustentabilidade. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011.

BESEN, G. R. et al. Gestão da coleta seletiva e de organizações de catadores: indicadores e índices de sustentabilidade. [s.l: s.n.].

BOCKSTALLER, C.; GIRARDIN, P. How to validate environmental indicators. *Agricultural Systems*, v. 76, n. 2, p. 639–653, 2003.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (...). Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Poder Exec., Brasília, 03 ago. 2010. 2010a.

_____. Decreto 7.404, de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a Lei 12.305 (...). Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Poder Exec., Brasília, 24 dez. 2010. 2010b.

_____. Decreto 9.177, de 23 de outubro de 2017. Regulamenta o art. 33 da Lei 12.305 (...). Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Poder Exec., Brasília, 24 out. 2017.

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

CAHILL, R.; GRIMES, S. M.; WILSON, D. C. Review Article: 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, n. 5, p. 455–479, 2011.

CARVALHO, T. C. M. B. XAVIER, L. H. *Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos: uma Abordagem Prática para a Sustentabilidade*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

CE. The european economic and social committee and the committee of the regions: Closing the loop – An EU action plan for the Circular Economy. Brussels, 2015.

_____. Development of Guidance on Extended Producer Responsibility (EPR). Final Report. 2014.

_____. Directiva 2002/96/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de Janeiro de 2003, relativa aos resíduos de equipamentos eléctricos e eletrônicos (REEE). 2003.

_____. Diretiva 2012/19/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 4 de julho de 2012, relativa aos resíduos de equipamentos eléctricos e eletrônicos (REEE). 2012.

CETESB. Decisão de Diretoria nº 120/2016/C, de 01 de junho de 2016. Estabelece os "Procedimentos para o licenciamento ambiental de estabelecimentos envolvidos no sistema de logística reversa (...)". **Diário Oficial [do] Estado de São Paulo**. Poder Exec., São Paulo, 03 jun. 2016.

_____. SIGOR. Página Internet Institucional. Disponível em: <http://cetesb.sp.gov.br/sigor/>. Acesso em 01 de outubro. 2017.

_____. Logística Reversa. Página Internet Institucional. Disponível em: <http://cetesb.sp.gov.br/logisticareversa/>. Acesso em 10 de janeiro. 2018. 2018a.

_____. Decisão de Diretoria nº 076/2018/C, de 03 de abril de 2018. Estabelece procedimento para a incorporação da Logística Reversa no âmbito do licenciamento ambiental (...). **Diário Oficial [do] Estado de São Paulo**. Poder Exec., São Paulo, 04 abr. 2018. 2018b.

CIFRIAN, E.; ANDRES, A.; VIGURI, J. R. Developing a regional environmental information system based on macro-level waste indicators. *Ecological Indicators*, v. 53, p. 258–270, 2015.

DEEPALI SINHA KHETRIWAL et al. One WEEE, many species: lessons from the European experience. *Waste Management & Research*, v. 29, n. 9, p. 954–962, 2011.

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

DEMAJOROVIC, J. AUGUSTO, E. E. F. SOUZA, M. T. S. Logística reversa de REEE em países em desenvolvimento: desafios e perspectivas para o modelo brasileiro. *Ambiente & Sociedade*. São Paulo. Vol. XIX, n. 2. Pag. 119-138. Abril - Junho, 2016.

ELETROS – Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Eletroeletrônicos. Página Internet Institucional. Disponível em: <<http://www.eletros.org.br/>>. Acesso em 10 de agosto. 2016.

FAVOT, M.; VEIT, R.; MASSARUTTO, A. The evolution of the Italian EPR system for the management of household Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE). Technical and economic performance in the spotlight. *Waste Management*, v. 56, p. 431–437, 2016.

FREDHOLM, S. A.; GREGORY, J. R.; KIRCHAIN, R. E. Characterizing architectural options for electronic waste recycling systems. *IEEE International Symposium on Electronics and the Environment*, 2008.

FORTI, V., BALDÉ, C. P., KUEHR, R. E-waste Statistics. Guidelines on classification, reporting and indicators. UNU. Bonn, 2018

GOSSART, C. StEP Green Paper on e-waste Indicators. 2011.

GRANT, K. et al. Health consequences of exposure to e-waste: A systematic review. *The Lancet Global Health*, v. 1, n. 6, p. e350–e361, 2013.

GREEN ELETRON. Página Internet Institucional. Disponível em: <<https://www.greeneletron.org.br/>>. Acesso em 08 de fevereiro. 2018.

GU, F. et al. Internet of things and Big Data as potential solutions to the problems in waste electrical and electronic equipment management: An exploratory study. *Waste Management*, v. 68, p. 434–448, 2017.

GÜNTHER, W. M. R. Resíduos Sólidos no Contexto da Saúde Ambiental. Tese (Livre Docência). Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2008.

GÜNTHER, W. M. R. RODRIGUES, A. C. Modelos de Responsabilidade para Produtos Pós-Consumo: Discussão do Caso Brasileiro. In: XXXIV Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Monterrey, México, 2014.

HASSINI, E.; SURTI, C.; SEARCY, C. A literature review and a case study of sustainable supply chains with a focus on metrics. *International Journal of Production Economics*, v. 140, n. 1, p. 69–82, 2012.

HAZEN, B. T. et al. Antecedents to and outcomes of reverse logistics metrics. *Industrial Marketing Management*, v. 46, p. 160–170, 2015.

IBANESCU, D. et al. Assessment of the waste electrical and electronic equipment management systems profile and sustainability in developed and developing European Union countries. *Waste Management*, v. 73, p. 39–53, 2018.

JICA. Projeto para melhoria da Logística Reversa de REEE no Brasil. Relatório de Conclusão do Projeto (Versão Resumida). São Paulo. 2017.

KARASKI, T. U. RIBEIRO, F. M. PEREIRA, B. R. ARTEAGA, L. P. S. Embalagem e Sustentabilidade: Desafios e Orientações no Contexto da Economia Circular. São Paulo. 2016. 1ª edição.

LEITE, P. R. Logística Reversa - Meio ambiente e Competitividade. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

LINDHQVIST, T. Extended Producer Responsibility in Cleaner Production. Policy Principle to Promote Environmental Improvements of Product Systems. Tese (Doutorado). IIIIEE, Universidade de Lund. Suécia. 2000.

LINSTONE, H. A.; TUROFF, M. The Delphi Method - Techniques and Applications. *The delphi method - Techniques and applications*, p. 1–616, 2002.

MADS. Resolução nº 2246, de 31 de outubro de 2017. Colômbia.

MANZINI, E. VEZZOLI, C. O. Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008. 1ª edição.

MILANEZ, B. Resíduos sólidos e sustentabilidade: princípios, indicadores e instrumentos de ação. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2002.

MENDES, H. M. R. Análise de experiências internacionais com a logística reversa de eletroeletrônicos: comparação com a realidade brasileira e recomendações. Dissertação. Universidade Nove de Julho. São Paulo, 2017.

MENIKPURA, S. N. M.; SANTO, A.; HOTTA, Y. Assessing the climate co-benefits from Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) recycling in Japan. *Journal of Cleaner Production*, v. 74, p. 183–190, 2014.

MMA. 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. Brasília, 2013.

_____. Página Internet Institucional. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/>>. Acesso em 08 de outubro. 2017.

MORRIS, A.; METTERNICHT, G. Assessing effectiveness of WEEE management policy in Australia. *Journal of Environmental Management*, v. 181, p. 218–230, 2016.

NELEN, D. et al. A multidimensional indicator set to assess the benefits of WEEE material recycling. *Journal of Cleaner Production*, v. 83, p. 305–316, 2014.

OCDE. Core set of indicators for environmental performance reviews; a synthesis report by the group on the State of the environment. Paris, 1993.

_____. Extended Producer Responsibility. A Guidance manual for governments. Paris: 2001.

_____. Extended Producer Responsibility. Updated Guidance. Paris: 2016.

OLIVEIRA, U. R. Contribuições para a Melhoria da Gestão de Resíduos de Eletroeletrônicos no Brasil, no Contexto da Sustentabilidade Ambiental. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia do Campos de Guaratinguetá da Universidade Estadual Paulista. Guaratinguetá. 2016.

OLIVEIRA, C. R. DE; 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, n. 8, p. 1592–1610, 2012.

ONGONDO, F. O.; WILLIAMS, I. D.; CHERRETT, T. J. How are WEEE doing? A global review of the management of electrical and electronic wastes. *Waste Management*, v. 31, n. 4, p. 714–730, 2011.

PARAJULY, K.; HABIB, K.; LIU, G. Waste electrical and electronic equipment (WEEE) in Denmark: Flows, quantities and management. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 123, n. August 2005, p. 85–92, 2017.

PARAJULY, K.; WENZEL, H. Potential for circular economy in household WEEE management. *Journal of Cleaner Production*, v. 151, p. 272–285, 2017.

MOHER D., et al., The PRISMA Group (2009) Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLOS Medicine* 6(7): e1000097. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>

PEREIRA, M. G., GALVÃO, T. F., Etapas de busca e seleção de artigos em revisões sistemáticas da literatura. *Epidemiol. Ser. Saúde, Brasília*, abr-jun, 2014.

PROSUM. Página Internet Institucional. Disponível em: <<http://www.prosumproject.eu/>>. Acesso em 08 de fevereiro. 2018.

RASNAN, M. I. et al. Sustainable E-Waste Management in Asia: Analysis of Practices in Japan, Taiwan and Malaysia. ***Journal of Environmental Assessment Policy and Management***, v. 18, n. 04, p. 1650023, 2016.

RIBEIRO, F. M. KRUGLIANSKAS, I. Implementação da Logística Reversa: A primeira Fase da Experiência do Estado de São Paulo. *In: 5th International Workshop: Advances in Cleaner Production*. São Paulo, 2015.

RIBEIRO, F. M. Sistemas-Pilotos de Logística Reversa no Estado de São Paulo. **ARES – Revista Ambiente & Resíduos**. São Paulo, Abr. 2015.

_____. **Logística Reversa**. Cadernos de Educação Ambiental. Nº20. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2014.

_____. **Reforma da Regulação Ambiental: Características e Estudos de Caso do Estado de São Paulo**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental (PROCAM). Universidade de São Paulo. São Paulo. 2012.

RIPSA – REDE INTERAGENCIAL DE INFORMAÇÃO PARA A SAÚDE. **Indicadores Básicos para a Saúde no Brasil – Conceitos e Aplicações**. 2008.

RODRIGUES, A. C. **Fluxo Domiciliar de Geração e Destinação de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos no Município de São Paulo/SP: Caracterização e Subsídios para Políticas Públicas**. Tese de Doutorado. Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2012.

RODRIGUES, A. C.; GUNTHER, W. M. R.; BOSCOV, M. E. G. Estimativa da geração de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos de origem domiciliar: proposição de método e aplicação ao município de São Paulo, São Paulo, Brasil. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 20, n. 3, p. 437–447, 2015.

SANT’ANNA, L. **A Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos no Brasil e no Mundo: Legislações, Práticas e Formas de Cooperação Interorganizacionais**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Lavras. Lavras. 2014.

SÃO PAULO (Estado). Lei Estadual nº 12.300, de 16 de março de 2006. Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e define princípios e diretrizes. **Diário Oficial [do] Estado de São Paulo**. Poder Exec., São Paulo, 17 mar. 2006.

SELUR. Índice de Sustentabilidade da Limpeza Urbana para os municípios brasileiros. **PricewaterhouseCoopers Serviços Profissionais Ltda**, p. 98, 2016.

SEPULVEDA, A. et al. A review of the environmental fate and effects of hazardous substances released from electrical and electronic equipments during recycling: Examples from China and India. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 30, n. 1, p. 28–41, 2010.

SILVA, D. F. Avaliação das condições do gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde da região metropolitana de Belo Horizonte (MG). p. 378, 2013.

SILVEIRA, D. T.; CÓRDOVA, F. P. **A pesquisa científica**. [s.l.: s.n.].

SINIR. **Página Internet Institucional**. Disponível em: <<http://sinir.gov.br/>>. Acesso em 08 de abril. 2018.

SMA – SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE. Resolução SMA nº 45, de 24 de junho de 2015. Define as diretrizes para implementação e operacionalização da responsabilidade pós-consumo (...). **Diário Oficial [do] Estado de São Paulo**. Poder Exec., São Paulo, 25 jun. 2015.

SRIVASTAVA, S. K. Green supply-chain management: A state-of-the-art literature review. **International Journal of Management Reviews**, v. 9, n. 1, p. 53–80, 2007.

SOEDA, S. Linhas Gerais sobre a Reciclagem de REEE no Japão. In: Implantação do Projeto Descarte ON. São Paulo. 2016.

TOJO, N. **Evaluation of Waste Management Policy and Policy Instruments: Three Case Studies**. International Institute for Industrial Environmental Economics at Lund University. Suécia. 2008.

Valle, Rogerio, Souza, Ricardo Gabbay de. Logística Reversa: Processo a Processo. São Paulo: Atlas. p. 11-36, 2014.

VEIGA, T. B. Indicadores de sustentabilidade na gestão de resíduos sólidos urbanos e implicações para a saúde humana. p. 261, 2014.

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

WEN, L.; LIN, C. HSU; LEE, S. CHEOL. Review of recycling performance indicators: A study on collection rate in Taiwan. **Waste Management**, v. 29, n. 8, p. 2248–2256, 2009.

WITTSIEPE, J. et al. Levels of polychlorinated dibenzo-p-dioxins, dibenzofurans (PCDD/Fs) and biphenyls (PCBs) in blood of informal e-waste recycling workers from Agbogbloshie, Ghana, and controls. **Environment International**, v. 79, p. 65–73, 2015.

WRIGHT, J.; GIOVINAZZO, R. Delphi: uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo. **Caderno de Pesquisas em Administração**, v. 1, p. 54–65, 2000.

Yano, J., & Sakai, S. (2016). Waste prevention indicators and their implications from a life cycle perspective: a review. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 18(1), 38–56.

Yoshida, F., & Yoshida, H. (2014). E-waste Management in Japan: a Focus on Appliance Recycling. *Advanced Materials Research*, 878, 420–423.

APÊNDICE A

Script - Interview with JICA representatives at DESCARTE ON project

1. Japanese WEEE EPR Regime:

- 1.1 Role of the environmental agencies (monitoring, inspections, sanctions)
- 1.2 Existence / role of regulatory agencies or EPR clearinghouses (monitoring, inspections, sanctions)
- 1.3 Requirements to producers: Is WEEE EPR requested during environmental licensing? If not, how is it required? Are they required to trace the WEEE streams? Is transparency required? Which sanctions are applied and how?
- 1.4 Participation of the trading sector
- 1.5 Participation of local authorities
- 1.6 How are the “free riders” dealt?

2. DESCARTE ON:

- 2.1 Which indicators / parameters were used to evaluate the pilot project?

APÊNDICE B

Indicators to evaluate Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) Extended Producer Responsibility (EPR) Systems

1. Register

1.1 Country: _____

1.2 Institution: _____

1.3 Role in the WEEE EPR Regime: Please choose one of the options below:

- a. Producer Responsibility Organization
- b. Clearinghouse
- c. Public Institution
- d. Researcher
- e. Other. Please, write down: _____

2. Questions

2.1 **Reporting** – In your country, the results of the WEEE EPR Systems must be reported to which authorities and how often? Please choose at least one of the options below:

- a. Local authorities. How often do you report data? _____
- b. National Environmental Agency. How often do you report data? _____
- c. Regional Environmental Agency. How often do you report data? _____
- d. National EPR Regulatory Agency. How often do you report data? _____
- e. National Clearinghouse. How often do you report data? _____
- f. Others. Please, write down: _____ How often do you report data? _____

2.2 **Reporting** – Is data reported through an on-line system?

- a. Yes
- b. No

2.3 **Reporting** – If your answer to the previous question was positive, how does the system function?

- a. WEEE streams real-time tracing
- b. WEEE streams non-real-time tracing
- c. Form-based results input
- d. Indicators-based results input
- e. Other. Please, write down: _____

2.4 Reporting - Which kind of data is reported? Please choose at least one of the options below:

- a. EEE put on the market, EEE sales history or WEEE generation
- b. Categories of WEEE collected
- c. Collection quantitative performance
- d. Collection geographic coverage
- e. Treatment performance
- f. Recycling performance
- g. Reuse performance
- h. Economic performance / costs
- i. Environmental aspects
- j. Ecodesign aspects
- k. Targets achievement
- l. Communication and environmental education
- m. Others. Please, write down: _____

2.5 Reporting – In your opinion, which are the strengths and weaknesses of the reporting?

2.6 Reporting – Do you have suggestions to improve the reporting?

2.7 Indicators - Which indicators does your institution use to evaluate/monitor the WEEE EPR Systems? Please write down.

Aspect of the WEEE EPR System	Indicator	Unit of measure	Frequency of measurement	Utilization*
a. EEE put on the market, EEE sales history or WEEE generation				
b. Categories of WEEE collected				
c. Collection quantitative performance				
d. Collection geographic coverage				
e. Treatment performance				

Aspect of the WEEE EPR System	Indicator	Unit of measure	Frequency of measurement	Utilization*
f. Recycling performance				
g. Reuse performance				
h. Economic performance / costs				
i. Environmental aspects				
j. Ecodesign aspects				
k. Targets achievement				
l. Communication and environmental education				
m. Others. Please, write down: _____				

* Please write in the table the letter(s) corresponding to one or more of the options below:

- a. External/Official reporting
- b. System management
- c. System/Producers compliance
- d. Marketing
- e. Others. Please, write down: _____

2.8 Indicators – In your opinion, which are the strengths and weaknesses of the indicators?

2.9 Indicators – Do you have suggestions to improve the indicators?

APÊNDICE C

Indicators to evaluate Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) Extended Producer Responsibility (EPR) Systems

1. Register

1.1 Country: _____

1.2 Institution: _____

1.3 Role in the WEEE EPR Regime: Please choose one of the options below:

- a. Producer Responsibility Organization
- b. Clearinghouse
- c. Public Institution
- d. NGO
- e. Researcher
- f. Other. Please, write down: _____

2. Indicators

2.1 **Indicators** - Which indicators do you believe that should be used to evaluate/monitor the WEEE EPR Systems? Please write down.

Aspect of the WEEE EPR System	Example of Indicators	Suggested indicators (please write down)
a. WEEE Generation	Quantity of EEE put on the market; EEE sales history or WEEE generation	
b. WEEE Collection	Categories of WEEE collected; quantities collected; number of collection points	
c. WEEE Treatment / Recycling / Reuse	Quantities of WEEE treated / recycled / reused; percentage of WEEE recycled	
d. WEEE Destination / Exportation	Quantities or percentages of materials exported	
e. Economic performance / costs	Collection / recycling costs per unit or per ton; fees paid by producers per unit or per ton	

Aspect of the WEEE EPR System	Example of Indicators	Suggested indicators (please write down)
f. Environmental aspects	CFC gases collected; percentage of metals recovered; destination of plastics containing PCBs	
g. Ecodesign aspects		
h. Targets achievement		
i. Communication and environmental education		
j. Others. Please, write down:_____		

2.2. Indicators – Do you have any comments about the use of indicators for WEEE EPR Systems?

APÊNDICE D

Sistemas de Logística Reversa (LR) de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE): Dados e Indicadores

1. Dados do Sistema de LR de REEE:

1.1 Empresa/Entidade gestora do Sistema: _____

1.2 Nome do Sistema: _____

1.3 O sistema opera em escala piloto?

- a. Sim
- b. Não

1.4 Data (mês e ano) em que o sistema entrou em operação: _____

1.5 Quais atores da cadeia de REEE atuam no sistema e quais seus papéis:

- a. Produtores. Função: _____
- b. Importadores. Função: _____
- c. Distribuidores. Função: _____
- d. Comerciantes. Função: _____
- e. Outro. Qual? _____ Função: _____

1.6 O sistema atua em parceria com órgãos públicos?

- a. Sim. Qual(is)? _____
- b. Não

1.7 Quais tipos de REEE são abrangidos pelo sistema? _____

1.8 O sistema abrange:

- a. REEE de origem domiciliar
- b. REEE provenientes de empresas
- c. Ambos

1.9 Qual a abrangência geográfica do sistema (bairros, cidades, estados, etc)?

1.10 Como funciona o sistema (desde a coleta até a destinação dos REEE)?

2. Indicadores:

Quais são os indicadores utilizados para monitorar/avaliar os sistemas de LR de REEE?
Por favor, liste-os na tabela abaixo.

Dimensões	Indicadores	Unidade de medida	Frequência de medição	Utilização*
a. Geração (Ex.: EEE colocados no mercado, histórico de vendas de EEE)				
b. Categorias de REEE coletadas				
c. Performance quantitativa da coleta				
d. Cobertura geográfica da coleta				
e. Performance do Tratamento				
f. Performance da Reciclagem				
g. Performance da Reutilização				
h. Performance econômica / custos				
i. Aspectos Ambientais				
j. Ecodesign				
k. Atingimento de metas				
l. Comunicação e educação ambiental				
m. Outros, por favor especifique:				

* Por favor, escreva na tabela a(s) letra(s) correspondente(s) a uma ou mais opções abaixo:

- a. Relatórios Oficiais (reporting)
- b. Gestão do sistema
- c. Compliance
- d. Marketing
- e. Outros, por favor especifique: _____

APÊNDICE E

Questionário Delphi - Primeira Fase:

Por favor, avalie cada um dos indicadores com relação ao seu grau de relevância para a avaliação de sistemas de logística reversa de REEE pelos órgãos ambientais. A escala de relevância vai de 0 a 4, sendo que:

0 equivale a "não tenho opinião sobre esse indicador";

1 equivale a "não é relevante";

2 equivale a "baixa relevância";

3 equivale a "média relevância", e

4 equivale a "alta relevância".

ASPECTO 1: Geração

INDICADOR: Equipamentos elétricos e eletrônicos (EEE) colocados no mercado por categoria

Nota:

Caso você tenha sugestões de alteração quanto ao indicador anterior, por favor escreva-as abaixo:

ASPECTO 2: Coleta

INDICADOR 2.1: REEE coletados em relação aos EEE colocados no mercado por categoria

Nota:

Caso você tenha sugestões de alteração quanto ao indicador anterior, por favor escreva-as abaixo:

INDICADOR 2.2: REEE coletados por ponto de coleta

Nota:

Caso você tenha sugestões de alteração quanto ao indicador anterior, por favor escreva-as abaixo:

INDICADOR 2.3: REEE coletados pela coleta no domicílio agendada

Nota:

Caso você tenha sugestões de alteração quanto ao indicador anterior, por favor escreva-as abaixo:

--

INDICADOR 2.4: REEE de origem não-domiciliar em relação ao total coletado pelo sistema

Nota:	
-------	--

Caso você tenha sugestões de alteração quanto ao indicador anterior, por favor escreva-as abaixo:

--

INDICADOR 2.5: REEE coletados per capita

Nota:	
-------	--

Caso você tenha sugestões de alteração quanto ao indicador anterior, por favor escreva-as abaixo:

--

INDICADOR 2.6: Atendimento à meta de coleta

Nota:	
-------	--

Caso você tenha sugestões de alteração quanto ao indicador anterior, por favor escreva-as abaixo:

--

ASPECTO 3: Destinação

INDICADOR 3.1: Proporção de materiais resultantes da manufatura reversa dos REEE

Nota:	
-------	--

Caso você tenha sugestões de alteração quanto ao indicador anterior, por favor escreva-as abaixo:

--

INDICADOR 3.2: REEE destinados à reutilização

Nota:	
-------	--

Caso você tenha sugestões de alteração quanto ao indicador anterior, por favor escreva-as abaixo:

--

INDICADOR 3.3: REEE destinados à reciclagem

Nota:	
-------	--

Caso você tenha sugestões de alteração quanto ao indicador anterior, por favor escreva-as abaixo:

--

INDICADOR 3.4: REEE não destinados à valorização

Nota:	
-------	--

Caso você tenha sugestões de alteração quanto ao indicador anterior, por favor escreva-as abaixo:

--

INDICADOR 3.5: REEE destinados à exportação

Nota:	
-------	--

Caso você tenha sugestões de alteração quanto ao indicador anterior, por favor escreva-as abaixo:

--

ASPECTO 4: Ambiental

INDICADOR 4.1: Gases CFC destinados a tratamento

Nota:	
-------	--

Caso você tenha sugestões de alteração quanto ao indicador anterior, por favor escreva-as abaixo:

--

INDICADOR 4.2: Resíduos perigosos destinados ao tratamento

Nota:	
-------	--

Caso você tenha sugestões de alteração quanto ao indicador anterior, por favor escreva-as abaixo:

--

INDICADOR 4.3: Todas as empresas destinadoras possuem licença ambiental

Nota:	
-------	--

Caso você tenha sugestões de alteração quanto ao indicador anterior, por favor escreva-as abaixo:

--

INDICADOR 4.4: Quantidade de empresas destinadoras que possuem certificação ambiental

Nota:	
-------	--

Caso você tenha sugestões de alteração quanto ao indicador anterior, por favor escreva-as abaixo:

--

ASPECTO 5: Abrangência

INDICADOR 5.1: Categorias de REEE abrangidas

Nota:	
-------	--

Caso você tenha sugestões de alteração quanto ao indicador anterior, por favor escreva-as abaixo:

--

INDICADOR 5.2: Municípios atendidos pelo sistema em relação ao total de municípios do país

Nota:	
-------	--

Caso você tenha sugestões de alteração quanto ao indicador anterior, por favor escreva-as abaixo:

--

INDICADOR 5.3: Pontos de coleta a cada 10 mil habitantes

Nota:	
-------	--

Caso você tenha sugestões de alteração quanto ao indicador anterior, por favor escreva-as abaixo:

--

ASPECTO 6: Representatividade

INDICADOR 6.1: Parcela do mercado de EEE que as empresas aderentes representam

Nota:	
-------	--

Caso você tenha sugestões de alteração quanto ao indicador anterior, por favor escreva-as abaixo:

--

INDICADOR 6.2: Quantidade de empresas fabricantes em relação ao total atuante no mercado

Nota:	
-------	--

Caso você tenha sugestões de alteração quanto ao indicador anterior, por favor escreva-as abaixo:

--

INDICADOR 6.3: Quantidade de empresas importadoras em relação ao total atuante no mercado

Nota:	
-------	--

Caso você tenha sugestões de alteração quanto ao indicador anterior, por favor escreva-as abaixo:

--

INDICADOR 6.4: Quantidade de empresas distribuidoras ou comerciantes em relação ao total atuante no m

Nota:	
-------	--

Caso você tenha sugestões de alteração quanto ao indicador anterior, por favor escreva-as abaixo:

--

ASPECTO 7: Estratégia

INDICADOR 7.1: Gestão realizada por entidade gestora específica

Nota:	
-------	--

Caso você tenha sugestões de alteração quanto ao indicador anterior, por favor escreva-as abaixo:

--

INDICADOR 7.2: Parceria com poder público municipal

Nota:	
-------	--

Caso você tenha sugestões de alteração quanto ao indicador anterior, por favor escreva-as abaixo:

--

INDICADOR 7.3: Parceria com poder público estadual

Nota:	
-------	--

Caso você tenha sugestões de alteração quanto ao indicador anterior, por favor escreva-as abaixo:

--

INDICADOR 7.4: Parceria com poder público federal

Nota:	
-------	--

Caso você tenha sugestões de alteração quanto ao indicador anterior, por favor escreva-as abaixo:

--

--

ASPECTO 8: Custos

INDICADOR 8.1: Custo total por resíduo coletado, por categoria

Nota:	
-------	--

Caso você tenha sugestões de alteração quanto ao indicador anterior, por favor escreva-as abaixo:

--

INDICADOR 8.2: Custo da destinação por resíduo coletado, por categoria

Nota:	
-------	--

Caso você tenha sugestões de alteração quanto ao indicador anterior, por favor escreva-as abaixo:

--

ASPECTO 9: Comunicação

INDICADOR 9.1: Investimento em comunicação

Nota:	
-------	--

Caso você tenha sugestões de alteração quanto ao indicador anterior, por favor escreva-as abaixo:

--

INDICADOR 9.2: Acessos ao site do sistema

Nota:	
-------	--

Caso você tenha sugestões de alteração quanto ao indicador anterior, por favor escreva-as abaixo:

--

INDICADOR 9.3: Endereços dos pontos de coleta divulgados no site

Nota:	
-------	--

Caso você tenha sugestões de alteração quanto ao indicador anterior, por favor escreva-as abaixo:

--

INDICADOR 9.4: Existência de canal de comunicação direto com o consumidor

Nota:	
-------	--

Caso você tenha sugestões de alteração quanto ao indicador anterior, por favor escreva-as abaixo:

--

Caso você tenha sugestões de outros indicadores além dos expostos neste questionário, por favor, escreva-as

--

ANEXO A

ANEXO IV - Formulários – Plano de Logística Reversa

1. Plano de Logística Reversa				
1.1 - Cadastro				
a. Empresa/entidade responsável pelo Sistema				
Razão social:				
CNPJ:				
Endereço:				
b. Interlocutor¹:				
Nome:				
CPF:				
RG:				
Telefone:				
e-mail:				
c. Outras entidades partícipes do Sistema ²				
Razão Social	CNPJ	Interlocutor / Contato		
		Nome	Telefone	E-mail
d. Relação de empresas aderentes: caso haja mais de uma empresa, preencher <planilha a>				
Razão social:				
CNPJ:				
Endereço:				
Cód. CNAE da Atividade:				
Número do Cadastro CETESB (se for o caso):				
1.2 - Descrição do Sistema de Logística Reversa				
a. Nome do Sistema				
b. Resíduo(s) objeto(s) do Sistema ³				
c. Tipo(s) de coleta / recebimento contemplados no Sistema				
Pontos de Coleta/ Entrega				<input type="checkbox"/>
Apoio às Centrais de Triagem				<input type="checkbox"/>
Sistema de Coleta Itinerante				<input type="checkbox"/>
e. Página do Sistema na Internet				
f. Breve Descrição do Sistema ⁴				
g. Operador(es) Logístico(s): caso haja mais de uma empresa, preencher <planilha b>				
Razão social:				
CNPJ:				
Endereço:				
Cód. CNAE da Atividade:				

(continua)

(continuação)

h. Relação de Pontos de Coleta / Entrega, por município do Estado
Preencher <planilha c>
i. Relação de Entidades de Catadores apoiadas (quando o caso)
Preencher <planilha d> para cada entidade
j. Relação dos Destinatadores utilizados pelo Sistema caso haja mais de uma empresa, preencher <planilha e>
Razão social:
CNPJ:
Endereço:
Tipo de Destinação ⁵ :
Número do Cadastro CETESB (se for o caso):
Quantidade destinada (t/ano) ^{6,7} :

Notas explicativas:

¹ Considera-se como interlocutor o técnico da entidade ou empresa responsável pelo sistema que deverá realizar a comunicação e troca de dados e informações com a CETESB. Deve-se indicar somente um interlocutor.

² Consideram-se como partícipes as entidades que sejam Signatárias ou Intervenientes Anuentes dos Termos de Compromisso de Logística Reversa, ou outras que apoiem ou façam parte do Sistema

³ São objeto de logística reversa, no Estado de São Paulo, os resíduos provenientes de produtos e embalagens pós-consumo, conforme disposto no Artigo 2º, Incisos I, II e III, da Resolução SMA nº 45, de 23 de junho de 2015.

⁴ Deve-se descrever o sistema quanto a todas suas operações, tais como: recebimento ou coleta, transporte, armazenamento, tratamento, beneficiamento e destinação final, incluindo os tipos de destinação final e os procedimentos e documentos de controle utilizados.

⁵ Tais como: reciclagem, incineração, aterro de resíduos classe I (perigosos).

⁶ Caso o sistema esteja em implementação, indicar “zero” na quantidade destinada.

⁷ As declarações de coleta e os comprovantes de destinação devem ficar arquivados para serem apresentados à CETESB, caso solicitado.

Planilha a: Relação das Empresas Aderentes ao Sistema

Relação das Empresas Aderentes ao Sistema				
Razão Social	CNPJ ¹	Endereço ¹	Código CNAE	Número de Cadastro CETESB ¹

¹ Relacionar cada empreendimento, seu respectivo CNPJ e endereço. Caso a empresa seja sujeita a licenciamento ambiental, informar os CNPJ e endereços das unidades fabris licenciadas e os respectivos números de cadastro CETESB.

Planilha b: Relação do(s) Operador(es) de Logística do Sistema

Relação do(s) Operador(es) de Logística do Sistema			
Razão Social	CNPJ	Código CNAE	Endereço

Planilha c: Relação dos Pontos de coleta / entrega do Sistema, por município do Estado

Quantificação da Infraestrutura de Coleta do Sistema, por Município			
Município	Descrição da Infraestrutura Existente		
	Possui pontos/ locais próprios (indicar quantos) ¹ <input type="checkbox"/> _____	Atendido por Coleta Itinerante ² <input type="checkbox"/>	Atendido via município-polo (indicar qual) _____
	Possui pontos/ locais próprios (indicar quantos) ¹ <input type="checkbox"/> _____	Atendido por Coleta Itinerante ² <input type="checkbox"/>	Atendido via município-polo (indicar qual) _____
	Possui pontos/ locais próprios (indicar quantos) ¹ <input type="checkbox"/> _____	Atendido por Coleta Itinerante ² <input type="checkbox"/>	Atendido via município-polo (indicar qual) _____
Relação dos Pontos de Coleta / Entrega			
Município	Razão Social	CNPJ	Endereço

¹ Conforme relação a seguir.

² O termo "Coleta Itinerante" inclui a coleta mediante solicitação e as campanhas de coleta.

Planilha d: Relação de entidade de catadores apoiadas pelo Sistema (se for o caso)

Relação de entidades de catadores apoiadas pelo Sistema							
1. Identificação da entidade							
Nome	CNPJ	Endereço	Nº de Inscrição no SIGOR- Módulo Entidades	Capacidade de Triagem (t/ano)			
2. Dados Operacionais Anuais ^{1,2}							
Quantidade de resíduos recebidos (t/ano)	Quantidade de resíduos separados (t/ano)	Quantidade de Material Comercializado (t/ano)					Quantidade de rejeito enviado a destino final (t/ano)
		Papel / Papelão	Plástico	Metal	Vidro	Outros ³	
3. Dados do Apoio fornecido pelo sistema no ano							
Entidade	Compra de Equipamentos ou Veículos (em unidades)	Ressarcimento pelos Serviços Prestados (em R\$)	Implantação de Sistema de Gestão Informatizado	Capacitação de Trabalhadores (em horas)	Outros ⁴		

¹ Deve-se declarar a quantidade contabilizada em função do apoio fornecido pelo sistema. Caso outro sistema apoie esta central de triagem, as quantidades já declaradas não podem ser repetidas neste formulário, para evitar duplicidade de dados.

² Caso o sistema esteja em implementação, indicar "zero" nas quantidades.

³ Deve-se identificar qual material.

⁴ Deve-se descrever e, quando possível, quantificar o apoio concedido a cada central de triagem.

Planilha e: Relação do(s) Destinator(es) utilizado(s) pelo Sistema

Relação do(s) Destinator(es) utilizado(s) pelo Sistema					
Tipo de Destinação ¹	Razão Social	CNPJ	Endereço	Número de Cadastro CETESB	Quantidade Destinada (t/ano) ^{2,3}

¹ Tais como: reciclagem, incineração, aterro de resíduos classe I (perigosos).

² Caso o sistema esteja em implementação, indicar “zero” na quantidade destinada.

³ As declarações de coleta e os comprovantes de destinação devem ficar arquivados para serem apresentados à CETESB, caso solicitado.

ANEXO V – Formulários - Resultados Anuais de **Sistemas de Logística Reversa**

2. Relatório Anual de Sistema de Logística Reversa					
2.1. Ano ¹					
2.2. Meta Anual de Recolhimento					
b. Caso exista definição ou proposta de Meta de Recolhimento percentual (%)					
[A] Meta de recolhimento ² (%)	[B] Quantidade do Produto ou Embalagem colocada no mercado (t/ano) ³	[C] Meta efetiva de recolhimento (A*B) (t/ano)	[D] Quantidade de resíduo pós-consumo coletado (t/ano) ⁴	[E] Quantidade de resíduo pós-consumo recuperado (t/ano) ⁵	[F] Percentual de atendimento à meta quantitativa (D/C)
Caso a meta não tenha sido atendida, justificar:					
b. Caso não haja definição de Meta de Recolhimento percentual					
Descrição da Meta			Quantidade recolhida / realizada		
Caso a meta não tenha sido atendida, justificar:					
2.3. Meta Anual Geográfica					
Tipos de coleta estabelecida na Meta Geográfica			[A] Quantidade estabelecida como Meta Geográfica no ano	[B] Quantidade efetiva praticada no ano	[C] Percentual de atendimento à meta geográfica (B/A)
Estabelecimento de pontos de coleta/ entrega <input type="checkbox"/> Apoio a entidades de catadores <input type="checkbox"/> Estabelecimento de sistema itinerante <input type="checkbox"/>					
Caso a meta não tenha sido atendida, justificar:					
2.4 Atualização das informações sobre o Sistema					
Atualizar e completar preenchimento da <planilha a> até <planilha e>, sempre que for o caso.					

2.5 Demais ações realizadas no âmbito da Responsabilidade Pós-Consumo / Logística Reversa ⁶

Notas Explicativas:

- ¹ Os resultados e metas devem ser referentes ao período de 01 de janeiro a 31 de dezembro do ano anterior à entrega do relatório.
- ² Meta definida no TCLR, em norma publicada pela CETESB, ou proposta pela empresa/ entidade responsável pelo Sistema para o respectivo ano.
- ³ Para empresas signatárias de Termo de Compromisso de Logística Reversa, esse dado deve ser referente ao conjunto de empresas signatárias.
- ⁴ As declarações de coleta e os comprovantes de destinação devem ficar arquivados para serem apresentados à CETESB, caso solicitado.
- ⁵ Deve-se informar a quantidade de resíduo que retornou ao processo produtivo como insumo ou matéria-prima, incluindo as embalagens do tipo retornável.
- ⁶ Descrever ações e materiais de educação ambiental, divulgação do Sistema, divulgação da coleta seletiva, ecodesign, etc.