



**PROPOSIÇÃO DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA
ANÁLISE DO GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS DE
EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS (REEE)**

Por

Rayanne Maria Galdino Silva

*Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal da Paraíba
para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil e Ambiental*

João Pessoa – Paraíba

Março de 2021



**PROPOSIÇÃO DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA
ANÁLISE DO GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS DE
EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS (REEE)**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil e Ambiental.

Rayanne Maria Galdino Silva

Orientador: Prof^a. Dr^a. Claudia Coutinho Nóbrega

**Catalogação na publicação
Seção de Catalogação e Classificação**

S586p Silva, Rayanne Maria Galdino.

Proposição de indicadores de sustentabilidade para análise do gerenciamento dos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos / Rayanne Maria Galdino Silva. - João Pessoa, 2021.

147 f. : il.

Orientação: Claudia Coutinho Nóbrega.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CT.

1. Resíduos sólidos. 2. Logística reversa. 3. Indicadores - matriz. 4. Lixo eletrônico. I. Nóbrega, Claudia Coutinho. II. Título.

UFPB/BC

CDU 628.312.1(043)



“PROPOSIÇÃO DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA ANÁLISE DO GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS (REEE)”

RAYANNE MARIA GALDINO SILVA
Dissertação aprovada em 26 de março de 2021

Período Letivo: 2020.2

Claudia Coutinho Nóbrega
Profª. Drª. Claudia Coutinho Nóbrega – UFPB
Orientadora

Elisângela M. R. Rocha.
Profª. Drª. Elisângela Maria Rodrigues Rocha - UFPB
Examinadora Interna

Luciana Lucena
Profª. Drª. Luciana de Figueiredo Lopes Lucena – UFRN
Examinadora Externa

João Pessoa/PB
2021

DEDICATÓRIA

*À Deus, à família e amigos.
À todos que oram por mim e se alegram
com meu sucesso.*

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo dom da vida, proteção e pelas oportunidades de crescimento e aprendizado.

À minha orientadora Profª. Drª. Claudia Coutinho Nóbrega, por quem tenho grande admiração como profissional e como ser humano, por sua amizade, disponibilidade e paciência.

À todos que participaram e auxiliaram no desenvolvimento da minha pesquisa, inclusive os respondentes dos questionários através do Método Delphi.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, à Universidade Federal da Paraíba e à Capes, pela chance de crescimento profissional, desenvolvimento da pesquisa e formação de excelência.

Aos meus amigos e colegas da UFPB, pela convivência, compartilhamento de experiências e colaborações.

Aos meus tios, Francisco e Anailde, e toda sua família, por me concederem um verdadeiro lar em sua residência e por todos os valiosos ensinamentos.

Aos meus pais, José Galdino e Maria Luzia, por serem exemplo de força e determinação, e minha inspiração para vencer minhas batalhas.

Às minhas irmãs, Daniele, Dalcilene e Raquel, meu cunhado Zenaldo, e meus sobrinhos, Expedito e Talita, por serem minha porção de amor e cuidado.

Ao meu namorado Adriano Silva pelo seu companheirismo, apoio e incentivo, e por me ajudar nas minhas muitas tarefas desenvolvidas durante o mestrado.

Tudo podemos em Cristo que nos fortalece.

Adaptado de Filipenses 4:13.

*Porque Deus não nos deu espírito de temor ou
covardia, mas de poder, de amor e de equilíbrio.*

Adaptado de 2 Timóteo 1:7.

RESUMO

A intensa geração de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE), acelerada nos últimos anos, tornou-se um desafio para a sustentabilidade, uma vez que produz inúmeros impactos de ordem ambiental, social e econômica. No entanto, através de um gerenciamento adequado, com tratamento e disposição final adequados, os riscos à saúde humana e ao meio ambiente são minimizados significativamente. Neste sentido, o uso de indicadores tem mostrado grande utilidade na avaliação e no acompanhamento das metas a serem atingidas no gerenciamento dos REEE nos municípios, constituindo uma ferramenta importante na análise da sustentabilidade dos programas de gerenciamento de REEE. O objetivo dessa pesquisa é o desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade para avaliação do sistema de gerenciamento de REEE em municípios brasileiros. Para isso, reuniu-se um conjunto de 31 indicadores criados, adaptados ou selecionados da literatura para serem validados através do Método Delphi. Foram necessárias duas rodadas do referido método para refinar os indicadores e obter opiniões relevantes para o estudo por parte de especialistas distribuídos no Brasil. Além disso, foi analisada a disponibilidade de dados necessários à alimentação dos indicadores segundo a opinião dos especialistas. Como resultado foi obtido uma matriz composta por 22 indicadores (com forma de cálculo, descritores da tendência à sustentabilidade e suas respectivas notas) separados em cinco dimensões da sustentabilidade, sendo seis indicadores da dimensão Política/Institucional, seis da dimensão Conhecimento/Cobertura, três da dimensão Econômica, dois da dimensão Social e cinco da dimensão Ambiental, e também foi apresentado a proposta de forma de cálculo do índice de sustentabilidade da matriz. Em 9,1% dos indicadores foi registrado resposta majoritária de alta disponibilidade, 50% média e 40,9% baixa disponibilidade de dados necessários à alimentação dos indicadores. A partir da aplicação da matriz gerada em municípios, espera-se obter um diagnóstico da sustentabilidade do gerenciamento dos REEE, podendo ser utilizado como instrumento de política de saneamento ambiental, por parte do Poder Público e, no subsídio para implantação de medidas que promovam o progresso no manejo desses resíduos.

PALAVRAS-CHAVE: resíduos sólidos, logística reversa, matriz de indicadores, lixo eletrônico.

ABSTRACT

The intense generation of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE), accelerated in recent years, has become a challenge for sustainability, since it produces numerous environmental, social and economic impacts. However, through proper management, with treatment and final disposal, risks to human health and the environment are minimized. In this sense, the use of indicators has been of great use in the evaluation and monitoring of the goals to be achieved in the management of WEEE in the municipalities, constituting an important tool in the analysis of the sustainability of WEEE management programs. The objective of this research is the development of sustainability indicators for the evaluation of the WEEE management system in Brazilian municipalities. For this, a set of 31 indicators created, adapted or selected from the literature to be celebrated through the Delphi Method was gathered. It took two rounds of the method to refine the indicators and research relevant to the study by specialists in Brazil. In addition, the availability of data to feed the indicators was analyzed according to the experts' opinion. As a result, a matrix was found composed of 22 indicators (with calculation method, descriptors of the sustainability trend and their respective notes) separated into five dimensions of sustainability, six indicators of the Political / Institutional dimension, six of the Knowledge / Coverage dimension, three from the Economic dimension, two from the Social dimension and five from the Environmental dimension, and the proposal for the calculation of the matrix's sustainability index was also presented. In 9.1% of the indicators there was a majority response of availability, 50% average and 40.9% low availability of data supplied to the indicators. Based on the application of the Matrix generated in municipalities, it is expected to obtain a diagnosis of the sustainability of the management of WEEE, which can be used as an instrument of environmental sanitation policy, by the Public Power and, not a subsidy for the implementation of measures that promote the progress in the management of this waste.

KEYWORDS: solid waste, reverse logistics, matrix of indicators, electronic waste.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	JUSTIFICATIVA.....	17
1.2	OBJETIVOS.....	18
1.2.1	<i>Objetivo Geral</i>	18
1.2.2	<i>Objetivos Específicos.....</i>	18
1.3	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1	INTRODUÇÃO AOS RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS	23
2.2	RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS	23
2.2.1	<i>Definições e Classificações dos Resíduos Eletroeletrônicos</i>	26
2.2.2	<i>Composição do Resíduo Eletroeletrônico</i>	28
2.2.3	<i>O Resíduo Eletroeletrônico e suas Problemáticas</i>	30
2.2.4	<i>Gestão e Gerenciamento</i>	34
2.2.5	<i>Logística Reversa</i>	38
2.2.6	<i>Legislação.....</i>	44
2.3	INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE	55
2.3.1	<i>Método Delphi</i>	60
3	MATERIAL E MÉTODOS	62
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	62
3.2	PLANEJAMENTO DA PESQUISA	63
3.3	DIMENSÕES DA SUSTENTABILIDADE.....	64
3.4	VALIDAÇÃO DA MATRIZ DE INDICADORES	65
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	69
4.1	INDICADORES CRIADOS, ADAPTADOS E SELECIONADOS INICIALMENTE	69
4.1.1	<i>Dimensão Política / Institucional.....</i>	71
4.1.1.1	<i>Legislação Específica de Resíduo Eletroeletrônico.....</i>	71
4.1.1.2	<i>Plano Integrado de Gestão de Resíduo Eletroeletrônico</i>	71
4.1.1.3	<i>Acordo Setorial.....</i>	72
4.1.1.4	<i>Instrumentos Legais na Relação da Prefeitura com Prestadores de Serviço de Coleta de Resíduo Eletroeletrônico</i>	72

4.1.1.5 Atendimento à População – (%)	72
4.1.1.6 Ações de Fiscalização Relacionadas ao Gerenciamento de Resíduo Eletroeletrônico	73
4.1.1.7 Informações Sistematizadas e Disponibilizadas sobre Resíduo Eletroeletrônico para a População	73
4.1.2 <i>Dimensão Conhecimento / Cobertura</i>	74
4.1.2.1 Número de Pontos de Coleta de Resíduo Eletroeletrônico Instalados	74
4.1.2.2 Eficiência da Coleta de Resíduo Eletroeletrônico	74
4.1.2.3 Estabelecimentos Inscritos para Instalação de Pontos de Coleta de Resíduo Eletroeletrônico (ECP)	75
4.1.2.4 Adesão ao Sistema de Logística Reversa de Resíduo Eletroeletrônico (KLR)	75
4.1.2.5 Empresas de Reciclagem ou Gerenciadoras de Resíduo Eletroeletrônico na Região	76
4.1.2.6 Realização de Avaliação da Gestão dos Resíduo Eletroeletrônico de Forma Participativa	76
4.1.3 <i>Dimensão Econômica</i>	76
4.1.3.1 Taxa de Reciclagem – TAR.....	76
4.1.3.2 Recursos Alocados para Ações de Educação Ambiental no Gerenciamento de Resíduo Eletroeletrônico (RED)	77
4.1.3.3 Viabilidade Econômica da Reciclagem (Ve).....	77
4.1.3.4 Aplicação dos Recursos Provenientes do Gerenciamento de Resíduo Eletroeletrônico	78
4.1.4 <i>Dimensão Social</i>	78
4.1.4.1 Solidariedade	78
4.1.4.2 Abrangência dos Cursos de Capacitação Promovidos aos Atuantes da Rede de Logística Reversa (CRL)	79
4.1.4.3 Condições de Saúde e Trabalho (CST)	79
4.1.4.4 Capacitação Contínua de Agentes que Atuam no Manejo de Resíduo Eletroeletrônico	80
4.1.5 <i>Dimensão Ambiental</i>	80
4.1.5.1 Estabelecimentos que Comercializam Equipamento Eletrônico –EEE - de Segunda Mão (ESM)	80

4.1.5.2	Número de Serviços de Reparo de Equipamento Eletroeletrônico (SRE)	80
4.1.5.3	Grau de Implementação das Medidas Recomendadas no Licenciamento das Atividades Relacionadas aos Resíduos Eletroeletrônicos	81
4.1.5.4	Preservação dos Recursos Naturais (PRN).....	81
4.1.5.5	Efetividade de Programas Educativos Continuados Voltados para Boas Práticas de Gerenciamento de Resíduo Eletroeletrônico.....	82
<i>4.1.6</i>	<i>Dimensão Atendimento a Lei Municipal de João Pessoa nº 12.160/2011</i>	82
4.1.6.1	Gerenciamento das Categorias de Resíduo Eletroeletrônico estabelecidas na Lei Municipal (GCT)	82
4.1.6.2	Disponibilização de Recipientes de Coleta de Resíduo Eletroeletrônico por Parte das Empresas.....	83
4.1.6.3	Apresentação do Plano de Gestão de Resíduos Tecnológicos por Parte das Empresas	83
4.1.6.4	Parcerias entre as Empresas Responsáveis ou Contratadas para Destinação Final dos Resíduo Eletroeletrônico e as Associações e Organizações Não-Governamentais	84
4.1.6.5	Resíduos Eletroeletrônicos Destinados à Reutilização e Reciclagem em Relação ao Total Coletado.....	84
4.2	VALIDAÇÃO DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE - 1 ^a RODADA.....	85
4.2.1	<i>Perfil dos Especialistas</i>	85
4.2.2	<i>Resultados Estatísticos – 1^a Rodada</i>	87
4.2.3	<i>Alterações Realizadas – 1^a Rodada</i>	89
4.2.4	<i>Disponibilidade de Dados – 1^a Rodada</i>	90
4.2.5	<i>Exclusão dos Indicadores – 1^a Rodada</i>	93
4.3	VALIDAÇÃO DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE – 2 ^a RODADA	96
4.3.1	<i>Resultados Estatísticos – 2^a Rodada</i>	96
4.3.2	<i>Alterações Realizadas – 2^a Rodada</i>	97
4.4	MATRIZ FINAL.....	99
4.4.1	<i>Forma de Cálculo do Índice de Sustentabilidade</i>	105
4.4.2	<i>Disponibilidade de Dados da Matriz Final</i>	105
5	CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÃO	109
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	110

APÊNDICE A	119
-------------------------	------------

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diferentes linhas para os REEE, seus principais produtos e tempo de vida útil.	27
Figura 2: Processo detalhado da logística reversa.....	39
Figura 3 - Etapas para identificação de indicadores.....	59
Figura 4 - Fluxograma das etapas metodológicas	62
Figura 5 - Localização dos Participantes.....	86
Figura 6 - Sexo dos Participantes	86
Figura 7 - Idade dos Participantes	86
Figura 8 - Área de Formação dos Participantes.....	87
Figura 9 - Maior Titulação Acadêmica dos Participantes	87

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Definições para o termo resíduo eletroeletrônico	26
Quadro 2 - As dez diferentes categorias de resíduos eletrônicos com base na diretiva europeia 2002/95/EC e 2012/19/EU.....	28
Quadro 3 - Componentes perigosos do resíduo eletroeletrônico.....	30
Quadro 4 - Metais pesados e danos causados a saúde humana	31
Quadro 5 - Principais consequências ambientais, sociais e econômicas relacionadas à má gestão do resíduo eletroeletrônico	33
Quadro 6 - Características da gestão e do gerenciamento de resíduos sólidos.....	35
Quadro 7 - Documentos oficiais referentes aos REEE em vigor no Brasil.....	36
Quadro 8 - Benefícios do Sistema de Logística Reversa – SLR	40
Quadro 9 - Análise SWOT do cenário da logística reversa de produtos de origem eletrônica no Brasil.....	42
Quadro 10 - Legislação internacional de resíduo eletroeletrônico	44
Quadro 11 - Leis Estaduais sobre a gestão de resíduos eletroeletrônicos no Brasil.....	48
Quadro 12 - Leis municipais sobre a gestão de resíduo eletroeletrônico	51
Quadro 13 - Vantagens e desvantagens da aplicação da técnica Método Delphi	61
Quadro 14 - Estrutura da matriz preliminar de indicadores	67
Quadro 15 – Síntese dos indicadores propostos para 1 ^a rodada (Fonte: Elaborado pela autora, 2021).....	69
Quadro 16 - Alterações realizadas com base na 1 ^a rodada.	89
Quadro 17 - Alterações realizadas para confecção da matriz final	98
Quadro 18 - Matriz final de indicadores.....	100
Quadro 19 - Disponibilidade de dados da matriz final	106
Quadro 20 – Indicadores da Dimensão Política/Institucional da Matriz Inicial.....	120
Quadro 21 - Indicadores da Dimensão Conhecimento/Cobertura da Matriz Inicial	122
Quadro 22 - Indicadores da Dimensão Econômica da Matriz Inicial.....	123
Quadro 23 - Indicadores da Dimensão Social da Matriz Inicial.....	125
Quadro 24 - Indicadores da Dimensão Ambiental da Matriz Inicial.....	126
Quadro 25 - Indicadores da Dimensão Atendimento à Lei 12.160/2011 da Matriz Inicial	127
Quadro 26 - Indicadores da Dimensão Política/Institucional da 2 ^a rodada	136
Quadro 27 - Indicadores da Dimensão Conhecimento/Cobertura da 2 ^a rodada.	138

Quadro 28 - Indicadores da Dimensão Econômica da 2 ^a rodada.	139
Quadro 29 - Indicadores da Dimensão Social da 2 ^a rodada	140
Quadro 30 - Indicadores da Dimensão Ambiental da 2 ^a rodada.....	141

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Média da vida útil de equipamentos eletroeletrônicos	26
Tabela 2 - Porcentagem (%) de diferentes materiais por categorias de eletroeletrônicos ...	29
Tabela 3 - Nível de relevância dos indicadores empregues na 1 ^a rodada.....	88
Tabela 4 - Resultado para a disponibilidade de dados dos indicadores.....	90
Tabela 5 - Nível de relevância dos indicadores empregues na 2 ^a rodada.....	97
Tabela 6 - Nível de sustentabilidade.....	105
Tabela 7 - Resultados estatísticos da Dimensão Política/Institucional da 1 ^a rodada.....	131
Tabela 8 - Resultados estatísticos da Dimensão Conhecimento/Cobertura da 1 ^a rodada..	131
Tabela 9 - Resultados estatísticos da Dimensão Econômica da 1 ^a rodada	132
Tabela 10 - Resultados estatísticos da Dimensão Social da 1 ^a rodada	132
Tabela 11 - Resultados estatísticos da Dimensão Ambiental da 1 ^a rodada.	133
Tabela 12 - Resultados estatísticos da Dimensão Atendimento à Lei nº 12.160/2011 da 1 ^a rodada	134
Tabela 13 - Resultados estatísticos da Dimensão Política/Institucional da 2 ^a rodada.....	144
Tabela 14 - Resultados estatísticos da Dimensão Conhecimento/Cobertura da 2 ^a rodada	144
Tabela 15 - Resultados estatísticos da Dimensão Econômica da 2 ^a rodada	145
Tabela 16 - Resultados estatísticos da Dimensão Social da 2 ^a rodada.	146
Tabela 17 - Resultados estatísticos da Dimensão Ambiental da 2 ^a rodada	146

1 INTRODUÇÃO

As mudanças sociais e econômicas, resultantes da Revolução Industrial, deram suporte à criação de tecnologias de produção em massa, que estimularam o crescimento do mercado consumidor (NÓBREGA, 2018).

O aumento do poder de compra e obtenção de produtos pode ser claramente visualizada no consumo descontrolado de bens, dentre os quais destacam-se os equipamentos eletroeletrônicos (EEE) devido as suas inovações contínuas (NÓBREGA, 2018).

A aquisição de equipamentos eletrônicos tem sido uma prática frequente entre os consumidores, todavia, a vida útil desses produtos tem sido reduzida, em um sistema chamado de obsolescência programada ou perceptiva (CARVALHO, 2016).

O elevado consumo de EEE traz um sério problema ambiental, que é a destinação final dos resíduos resultantes desses produtos, também conhecidos como resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE). Este termo é usado para definir todo equipamento eletroeletrônico, ou parte destes, que seus possuidores tenham descartado, sem intenção de reutilização (STEP INITIATIVE et al., 2014).

De acordo com Forti et al, (2020), excluindo os painéis fotovoltaicos, foram gerados mundialmente 53,6 milhões de toneladas métricas (Mt) de REEE no ano de 2019, isto é, 7,3 kg per capita e, estima-se que a geração desse resíduo será superior a 74 milhões de toneladas em 2030, em uma taxa de aumento de quase 2 Mt ao ano.

Em relação a reciclagem dos REEE, em 2019, a coleta documentada e a reciclagem foi de 9,3 milhões de toneladas, ou seja, 17,4% em comparação com o total gerado, neste sistema as atividades de reciclagem não acompanham o crescimento global do REEE (FORTI et al., 2020).

Segundo Forti et al., (2020), o Brasil é o maior gerador de resíduos eletroeletrônicos da América Latina, contando com aproximadamente 2143 kt de resíduos gerados no ano de 2019, resultando em 10,2 kg de lixo eletrônico produzido por indivíduo, cerca de 2,9 kg per capita a mais quando comparado com a geração de REEE mundial.

No Brasil, o gerenciamento de resíduos sólidos, incluindo os REEE, é definido pela Lei nº 12.305 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Desde o ano de 2010, as empresas que fabricam, distribuem e comercializam produtos eletroeletrônicos tem por obrigação a elaboração, desde a sua concepção, de um

plano de logística reversa – LR – para esse tipo de resíduo. No entanto, de forma geral ainda não se conseguiu implementar esse sistema para os REEE no Brasil, apesar de ser instituída pela PNRS no ano de 2010 (DIAS, 2017).

A preocupação no gerenciamento dos REEE também é justificada pela existência, na constituição desses resíduos, de diversos metais pesados tais como: chumbo, cádmio, arsênio e mercúrio, e ainda éter difenil polibromadros e bifenilas policloradas (PCBs), além de outros compostos tóxicos (ROMAN, 2007).

Albuquerque (2013) explica resumidamente como os REEE podem ser nocivos ao meio ambiente: alguns dos módulos básicos comuns aos produtos eletroeletrônicos são conjuntos/placas de circuitos impressos, cabos, plásticos antichama, disjuntores de mercúrio, sensores e conectores. Estes, quando depositados de forma inadequada no meio ambiente, liberam substâncias que podem atingir o lençol freático, por meio do processo de lixiviação que acontece durante a infiltração da água da chuva no solo. Quando esses componentes chegam aos cursos d'água, causam contaminação e passam a oferecer riscos a todos os que tiverem contato com eles, e quando são dispostos em aterros sanitários os REEE ainda podem ser considerados um risco à saúde, isso porque, as substâncias tóxicas se mostram muito difíceis de serem completamente eliminadas, mesmo que todo o rejeito produzido na decomposição dos resíduos seja drenado e tratado.

Diante do exposto, torna-se claro que o gerenciamento dos REEE constitui um grande desafio na sociedade. Neste sentido, uma ferramenta importante na análise da sustentabilidade dos programas de gerenciamento de REEE é o uso de indicadores, incluído na PNRS como conteúdo mínimo que deve estar presente nos planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos, servindo como mecanismo para análise de desempenho operacional e ambiental dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

Para Dias (2017), o uso de indicadores pode ser utilizado para avaliar e acompanhar o desempenho de diferentes sistemas de gestão. Com relação aos REEE, o referido autor reuniu um conjunto de indicadores para avaliar o sistema de gestão desses resíduos e propôs um índice para sua avaliação.

Pereira (2018) desenvolveu indicadores para avaliação de sistemas de logística reversa de REEE, e sugere que pesquisas posteriores testem os indicadores com dados reais dos sistemas de logística reversa e estabeleçam notas ou pontuações que reflitam a performance dos sistemas de maneira mais visual e imediata.

Veiga (2014), também afirma que o uso de indicadores pode fornecer informações importantes no desenvolvimento de Planos de Gestão Integrada de Resíduos e ainda auxiliar na definição de técnicas de gerenciamento mais adequadas.

Considerando as particularidades dos REEE, a sua elevada geração e suas potencialidades, o risco à saúde humana e ao meio ambiente decorrentes de seu manejo inadequado, verifica-se a necessidade de um estudo pormenorizado que levante um conjunto de indicadores capazes de avaliar o gerenciamento dos REEE em municípios, possibilitando aos gestores públicos e a população visualizar, avaliar e monitorar realidades insustentáveis, bem como traçar estratégias da gestão.

1.1 Justificativa

A geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos tornou-se um tema de demasiada preocupação na sociedade atual. Fatores como a redução dos preços de venda, a redução do tempo de vida útil (chamada de obsolescência programada) e, a velocidade com que ocorre os lançamentos de inovação tecnológica colaboraram para a maior comercialização desses equipamentos e, por consequência, para a geração dos REEE. Contudo, grandes impactos ambientais são decorrentes do descarte inadequado desses resíduos (DIAS, 2017).

O descarte incorreto dos REEE acarreta sérios problemas ambientais, em especial por estes conterem em sua composição materiais tóxicos implicando, consequentemente, em problemas sociais. Também é notável os prejuízos econômicos, pelo não aproveitamento da funcionalidade restante dos equipamentos, ou parte deles e, do material reciclável presente em sua estrutura.

Dias (2017) ainda acrescenta que o Brasil necessita de estudos mais aprofundados na área de gestão de REEE e que o tema tem sido alvo de estudos em países desenvolvidos, resultando em regulamentações que incluem a responsabilidade do produtor sobre o gerenciamento de seus produtos após fim de vida útil, bem como restrições de uso de substâncias tóxicas no processo de fabricação dos equipamentos eletroeletrônicos.

É notável que o manejo adequado dos REEE se apresenta como um desafio para a sociedade atual, principalmente devido a sua grande complexidade. Para lidar com esta questão, alguns países assumem diferentes táticas para o gerenciamento desta fração de resíduos, como: a responsabilidade estendida do produtor, a avaliação do ciclo de vida e a adoção da taxa de reciclagem (DIAS, 2017).

Neste sentido, os indicadores podem ajudar na implementação de planos de gestão em nível local, nacional e internacional (CIFRIAN et al. 2010). Segundo Dias (2017), indicadores são ferramentas importantes que podem ajudar na análise das ações de gestão.

Sendo assim, a utilização de indicadores mostra grande utilidade na avaliação e no acompanhamento das metas a serem atingidas no gerenciamento dos REEE nos municípios, podendo ser utilizado como instrumento de política de saneamento ambiental, por parte do Poder Público, e no subsídio para implantação de medidas que promovam o progresso no manejo desses resíduos, uma vez que, o acesso a informação é o primeiro passo para basear as medidas a serem tomadas para melhoria da qualidade de vida de qualquer cidade.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo dessa pesquisa é propor indicadores de sustentabilidade para avaliação do sistema de gerenciamento de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos nos municípios brasileiros.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Criar, adaptar e selecionar um conjunto de indicadores para avaliação do sistema de gerenciamento de resíduos eletroeletrônicos.
- Propor um modelo de matriz, validado por especialistas, que forneça os dados necessários ao cálculo dos indicadores propostos.
- Propor forma de cálculo do Índice de Sustentabilidade da matriz de indicadores criada.
- Determinar a disponibilidade dos dados necessários à alimentação dos indicadores propostos.

1.3 Estrutura da Dissertação

Esta dissertação está estruturada em cinco capítulos, onde o primeiro capítulo refere-se à introdução, apresentando as considerações iniciais, a justificativa para a realização da pesquisa e seus objetivos.

O segundo capítulo é o referencial teórico, abordando temas relevantes aos REEE: definições e classificações, composição, problemáticas, gestão e gerenciamento, PNRS, Legislação, logística reversa e indicadores de sustentabilidade.

O terceiro e quarto capítulo trazem as características da área de estudo e detalha a metodologia seguida no trabalho, respectivamente. O quinto expõe os resultados da pesquisa, onde é proposta uma matriz para o levantamento de índices de avaliação do gerenciamento de REEE, e no último capítulo são relatadas as conclusões e recomendações do trabalho, seguido pelas referências bibliográficas e os apêndices.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Desde os primórdios da humanidade, a interação socioambiental acontece, visto que a simples presença do ser humano é suficiente para causar impactos no meio ambiente (IWASAKA, 2018). Apesar dessas alterações não serem de exclusiva responsabilidade do ser humano, seu crescimento, suas atividades e seu adensamento populacional em conjunto com um sistema predominantemente industrial, agravam claramente a pressão sobre o meio ambiente e seus recursos (GIANNETTI; ALMEIDA; BONILLA, 2007).

No entanto, foi a partir, da Revolução Industrial, que cresceu no mundo as novas técnicas de manufatura capaz de criar bens de consumo em enormes quantidades, facilitando o seu acesso e reduzindo seus custos (LIEDER; RASHID, 2016).

Somando a este fato, de acordo com o relatório emitido pela Organização das Nações Unidas (ONU), a população mundial cresceu de 2 bilhões a 7 bilhões de pessoas de 1950 a 2010 (DESA, 2015). Por conseguinte, é esperado que haja 8,5 bilhões de habitantes no ano de 2030; 9,7 bilhões em 2050 e 11,2 bilhões no ano de 2100 (IWASAKA, 2018).

De acordo com o relatório publicado pelo Comitê de Auditoria Ambiental do Parlamento Britânico, a tendência é que haja uma elevação do padrão de consumo de muitas famílias (HOUSE OF COMMONS ENVIRONMENTAL AUDIT COMMITTEE, 2014). Tal fato prediz, simultâneo aumento ao acesso a bens de serviço para uma boa parte da população (IWASAKA, 2018).

Neste contexto, como consequência tem-se a elevação do consumo energético, da matéria-prima, da geração de resíduos, das emissões para o meio e expansão da área ocupada, que são fatores que implicam em inúmeras respostas ambientais negativas (SERI, 2009).

A grande geração de resíduos sólidos urbanos - RSU - é um dos problemas ambientais que tem causado preocupações tanto por parte dos pesquisadores, como também pelos administradores públicos, uma vez que constitui um dos grandes desafios para as cidades (SANTIAGO E DIAS, 2012). Os resíduos sólidos também têm sido alvo de discussões internacionais, devido aos danos ambientais atrelado à sua disposição inadequada, sua grande capacidade de degradação do solo, deterioração dos corpos hídricos, proliferação de vetores e ainda, ter efeitos sobre o aquecimento global e sobre as mudanças climáticas (BESEN, 2010).

No entanto, foi somente a partir do século XX que iniciou a preocupação com a gestão de resíduos sólidos, pois até o início da década de 1970, segundo Leopoldino et al.

(2019), priorizava-se apenas a disposição final e, a partir de então foram sendo criadas legislações com maior vigor e a inserção da gestão de resíduos nas empresas tornou-se obrigatória.

No Brasil, a lei que regulamenta a gestão de resíduos sólidos é a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº 12.305, criada em 2 de agosto de 2010, alterando a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. No seu Art. 3º inciso XVI A PNRS define resíduo sólido como sendo:

Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível. (BRASIL, 2010).

Em conformidade com a NBR 10.004, da Associação Brasileira de Normas técnicas (ABNT,2004), os resíduos sólidos são classificados quanto aos riscos potenciais de contaminação do meio ambiente:

- Classe I – Perigosos: resíduos que em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, toxicidade, reatividade ou patogenicidade podem causar riscos à saúde pública ou ao meio ambiente.
- Classe II – Não perigosos: são divididos em não inertes e inertes.
- Classe II A – Não inertes: resíduos que podem acarretar riscos à saúde ou ao meio ambiente por conter propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água e não se encaixam na classe I ou Classe II B.
- Classe II B – Inertes: são resíduos que não oferecem riscos à saúde pública ou ao meio ambiente, em função de suas características.

Segundo dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE (2019) no ano de 2018, foram geradas 79 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos no Brasil, correspondendo a um aumento de quase 1% em relação ao ano de 2017, ou seja, cada brasileiro gerou em média um pouco mais de 1 kg de resíduos por dia. Dessa quantidade 92% foi coletado, portanto 6,3 milhões de toneladas não foram recolhidas nos locais de geração e, a destinação adequada em aterros sanitários

ocorreu com 59,5% dos resíduos, os restantes 40,5% foi despejado em locais inadequados por 3.001 municípios, ou seja, 25,5 milhões de toneladas de resíduos foram dispostos em lixões ou aterros controlados, que não possuem o conjunto de sistemas e medidas indispensável para a segurança da saúde das pessoas e do meio ambiente contra os prejuízos da degradação (ABRELPE, 2019). Vale salientar, que a diferença de um aterro controlado para um lixão, é a cobertura de material inerte sobre os resíduos, mas não há nenhum sistema de tratamento para os gases e chorume produzido devido à degradação da matéria orgânica.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2008) em sua Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) realizada em 2008, a maioria dos municípios brasileiros (99,96%) já dispunham de serviços de manejo de resíduos sólidos, no entanto, aproximadamente metade desses municípios despejavam seus resíduos em lixões, 22,54% em aterros controlados e 27,68% em aterros sanitários.

Sendo assim, esses dados revelam um problema ainda efetivo no que diz respeito à destinação correta dos resíduos sólidos, segundo o entendimento de políticas públicas, bem como redução da sua geração através da educação ambiental melhor aplicada entre a população (ALENCAR, 2017)

Ainda de acordo com a ABRELPE (2019) apesar de quase três quartos (3/4) dos municípios brasileiros desenvolverem algum tipo de coleta seletiva, em grande parte deles, o sistema é pontual e não engloba todos os bairros. O número de municípios que contém tais serviços apresentou aumento em todas as regiões brasileiras, principalmente no Nordeste e no Centro-Oeste com elevação de 8% e 9%, respectivamente (ABRELPE, 2019).

A grande geração de resíduos sólidos tornou-se um grande desafio para o poder público (NETO, 2013). O problema se agrava principalmente na etapa de gestão dos resíduos sólidos por, geralmente, não ser realizada de maneira adequada na maioria dos municípios, em destaque, os municípios de pequeno porte (JARDIM, 2012).

A grande maioria dos municípios não dispõe de finanças para aplicação na problemática referente aos resíduos sólidos e muitas vezes, Parcerias Públcas e Privadas (PPP) e possibilidades de cooperativas são negligenciadas, tornando-se um empecilho na procura de alternativas para melhoria da gestão dos resíduos sólidos (VALENTE, 2017).

2.1 Introdução aos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos

Dentre os tipos de resíduos sólidos, destaca-se o Resíduo de Equipamento Eletroeletrônico (REEE), principalmente devido a sua característica de periculosidade ao meio ambiente e a saúde pública quando dispostos inadequadamente.

De acordo com Meloni (2020) apenas 20% dos REEE são coletados e reciclados de maneira adequada, enquanto que os demais (80%) são dispostos de forma inadequada.

No ano de 2016, 44,7 milhões de toneladas desse resíduo foram geradas globalmente. Meloni (2020) explica que se esperava que essa quantidade aumentasse seguindo as taxas de consumo e sugerindo alcançar a quantidade de 52,2 milhões de toneladas de resíduos até 2021. No entanto, esse valor já foi superado no ano de 2019, com geração de 53,6 milhões de toneladas (FORTI et al, 2020). Em consonância, pesquisas apontam que o REEE é a fração de resíduo que mais cresce no mundo (GREENPEACE, 2012).

Em 2019, a maior parte do REEE foi gerado na Ásia, 24,9 milhões de toneladas, enquanto que o maior gerador per capita é o continente Europeu, com 16,2 kg per capita. A Europa é também o continente documentado com a maior taxa de coleta e reciclagem de resíduo eletrônico, 42,5%. Em todos os demais continentes, o REEE coletado e reciclado, formalmente documentado, é substancialmente inferior à estimativa do resíduo gerado. As estatísticas revelam que em 2019, a Ásia foi classificada em segundo lugar com 11,7%, as Américas e Oceania ficaram com 9,4% e 8,8%, respectivamente, enquanto a África ficou em último lugar (0,9%). Entretanto, pode haver variações nas estatísticas em diferentes regiões, uma vez que o consumo e o comportamento de descarte dependem de uma série de fatores como nível de renda, política em vigor, estrutura dos resíduos sistema de gestão, etc. (BALDÉ et al, 2020).

2.2 Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos

Nos últimos anos, tem sido notório o crescimento desmedido da indústria eletrônica. Segundo Forti et al. (2018) o consumo global de novos produtos eletroeletrônicos atingiu 60 milhões de toneladas, no ano de 2016, e sempre com estimativas de aumento.

De acordo com Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica – ABINEE (2016), o setor eletroeletrônico correspondeu a 2,4 % do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro em 2015, considerando-o como um dos setores mais dinâmicos da economia.

Os aparelhos eletroeletrônicos são utilizados em variadas áreas incluindo saúde, esporte, educação, transporte, comunicação e segurança, também integrados a infraestruturas de tecnologia de informação e comunicação (VALENTE, 2017)

O setor tecnológico fornece dispositivos que são indispensáveis na vida moderna, com desempenho aprimorado e custo reduzido a cada nova geração, formando um conjunto de elementos que estimulam práticas insustentáveis (GOOSEY; GOOSEY, 2020). Isto é, dispõe de muitas utilidades proporcionadas pelo avanço tecnológico, no entanto, frequentemente não está em harmonia com o desenvolvimento sustentável (VALENTE, 2017).

Grandes quantidades de energia e matéria-prima necessárias na mineração e fabricação desses produtos contribuem para a exaustão dos recursos naturais do planeta, segundo Meloni (2020) também estão associadas a condições perigosas de trabalho.

De acordo com Opris (2020) o setor eletrônico está comprometido no aspecto ambiental, devido à produção baseada em um sistema de recursos infinitos, o que verdadeiramente não é, e por desfrutar dos produtos de maneira insustentável, representando uma abastança com o consumo.

A exemplo de um smartphone comum, pode ser encontrado em sua composição física pelo menos 70 elementos diferentes, mesmo não sendo agregado grandes quantidades em cada produto, o processo de extração e fabricação requer grandes deslocamentos de terra, uso de produtos químicos tóxicos e milhares de litros de água (MELONI, 2020). Além do mais, normalmente são substituídos bem antes de sua vida útil expirar (GOOSEY; GOOSEY, 2020). Ao final da vida útil, os equipamentos tornam-se um fluxo de resíduo especial, denominado REEE ou mesmo “lixo” eletrônico (ISLAM, HUDA, 2020).

O que torna complexa a análise dos REEE é o caráter dinâmico do setor eletroeletrônico onde a tecnologia está sempre em constante evolução, não apenas dos produtos em si, de seus componentes e das suas substâncias constituintes, mas também do mix de produtos consumidos, que depois são descartados pela população. Uma das principais dificuldades na gestão de resíduos eletroeletrônicos é justamente a grande variedade dos equipamentos eletroeletrônicos e de seus componentes (ARAÚJO, 2013).

A crescente geração de REEE incentivou países desenvolvidos a exportarem seus REEE para países em desenvolvimento, como África e Ásia, com o falso pretexto de que os REEE seriam reutilizados ou reformados, conseguindo, dessa maneira, permissão para enviarem esse tipo de resíduo. Tal fato é motivo de preocupação, uma vez que, esses países

receptores acabam não tratando adequadamente o resíduo, pondo em risco os habitantes locais e o meio ambiente (DUAN et al. 2015).

De acordo com Alencar (2017) pode-se destacar como característica dos REEE a ocorrência da obsolescência programada e de costumes da sociedade atual que estimulam a obtenção de novos produtos com tempo cada vez mais reduzido, implicando no aumento desses materiais dispostos no meio ambiente e configurando-se em um cenário preocupante.

A nomeada característica sintomática é a velocidade cada vez maior de novas funcionalidades e tecnologias que induz o consumidor a realizar trocas de equipamentos antes do fim de sua funcionalidade, gerando uma redução do tempo de vida útil do equipamento. O acelerado crescimento tecnológico desses produtos requer estudos desses mercados complexos, especialmente de suas cadeias produtivas e de final de vida útil efetiva (ARAÚJO, 2013).

Ainda segundo Alencar (2017), é estimado que os REEE estão entre os componentes de maior e mais rápido aumento do resíduo sólido global, tornando-se uma preocupação crescente na indústria e sociedade, felizmente, quando seu tratamento é feito adequadamente, suas substâncias tóxicas não são liberadas para o meio ambiente e também apresenta adicional econômico.

Contendo metais valiosos e escassos, com pequenos ciclos de vida e gerando resíduos tanto na fabricação quanto no final de sua vida útil, não surpreende que cada vez mais seus fabricantes sejam alvo de organizações ambientais, como o Greenpeace e legisladores (GOOSEY; GOOSEY, 2020).

Os REEE também são considerados um recurso de metais valiosos, que quando não aproveitados, são necessárias novas matérias primas para produção de novos produtos, implicando em significativa perda de recursos e danos ambientais, exigidos pela mineração, fabricação, transporte e uso de energia (BOHR, 2007; ONGONDO, WILLIAMS, CHERRETT, 2011).

Apesar dos dispositivos eletroeletrônicos serem feitos geralmente de material durável, como metais e plásticos, são utilizados por um curto período de tempo (ISLAM, HUDA, 2020). O tempo de vida útil de um produto eletroeletrônico se mostra de forma variada, e não se encontra um tempo determinado para sua funcionalidade, no entanto, é estimado uma média que tais equipamentos podem apresentar (DIAS, 2017). A Tabela 1, mostra alguns exemplos de tempo médio de vida útil de alguns equipamentos.

Tabela 1 - Média da vida útil de equipamentos eletroeletrônicos (Fonte: RODRIGUES, GUNTHER e BOSCOV, 2015).

Equipamentos	Tempo de vida útil médio (anos)	Equipamentos	Tempo de vida útil médio (anos)
Aparelho de som	8,0	Micro-ondas	7,0
Aspirador de pó	7,0	Monitor CRT	12,0
Barbeador e depilador	4,0	Monitor LCD	9,0
Batedeira e mixer	4,0	MP3 MP4	2,0
Computador	7,0	Notebook	7,0
DVD	7,0	Radio	8,0
Ferro de passar	4,0	Sanduicheira, Grill e torradeira	4,0
Freezer	11,0	Secador e chapinha	4,0
Furadeira	7,0	Telefone celular	4,0
Geladeira	11,0	Televisor	12,0
Impressora	7,0	Televisor LCD	7,0
Liquidificador	4,0	Ventilador	8,0
Máquina de lavar roupa	11,0	Videocassete	9,0

2.2.1 Definições e Classificações dos Resíduos Eletroeletrônicos

Segundo a legislação europeia os REEE são resíduos provenientes de equipamentos que demandam energia elétrica ou campos eletromagnéticos para seu correto funcionamento, inclusos, aqueles fabricados com uma tensão nominal menor que mil volts para corrente alternada e até mil e quinhentos volts para corrente contínua. Estão entre esses produtos os de uso doméstico como computadores, televisores, celulares, telefones fixos, lâmpadas, impressoras, ferramentas elétricas, brinquedos eletrônicos e também outros equipamentos de pequeno e grande porte (EUROPEAN UNION, 2003), esta definição também utilizada no Brasil (CORREIA, 2017). Outras definições para REEE estão mostradas no Quadro 1.

Quadro 1 - Definições para o termo resíduo eletroeletrônico (Fonte: WIDMER et al. 2005).

Referência	Definição
EU WEEE Directive (EU, 2002a)	"Equipamentos elétricos ou eletrônicos que sejam resíduos... incluindo todos os componentes, subconjuntos e consumíveis, que fazem parte do produto no momento do descarte." Diretiva 75/442 / CEE, a alínea a) do artigo 1º define "resíduo" como "qualquer substância ou objeto que o detentor disponha ou deva dispor nos termos das disposições da legislação nacional em vigor".
Basel Action Network (Puckett and Smith, 2002)	"E-waste engloba uma ampla e crescente gama de dispositivos eletrônicos que vão desde grandes dispositivos domésticos como refrigeradores, aparelhos de ar condicionado, telefones celulares, estéreos pessoais e eletrônicos de consumo para computadores que foram descartados por seus usuários."

Continuação do Quadro 1.

OECD (2001)	"Qualquer aparelho que utilize uma fonte de energia elétrica que tenha atingido seu fim de vida."
SINHA (2004)	"Um aparelho eletricamente alimentado que já não satisfaz o proprietário atual para seu propósito original."
StEP (2005)	"Resíduo eletrônico refere-se "... a cadeia de abastecimento reversa que recolhe produtos já não desejados por um determinado consumidor e renova para outros consumidores, recicla ou processa outros resíduos".

Conforme apresentado no Relatório de Análise de Viabilidade Técnica e Econômica para implementação da Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos, da Agencia Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI (2012), os diferentes tipos de REEE são divididos em 4 categorias (Figura 1):

- Linha verde: engloba materiais como desktops, notebooks, impressoras e aparelhos celulares.
- Linha marrom: inclui produtos como televisores plasma, LCD, DVD e produtos de áudio.
- Linha branca: equipamentos como geladeiras, refrigerados e congeladores, fogões, lava roupas e ar condicionado e;
- Linha azul: inclui materiais como batedeiras, liquidificadores, ferros elétricos e furadeiras.



Figura 1 - Diferentes linhas para os REEE, seus principais produtos e tempo de vida útil
(Fonte: ABDI, 2013).

A Diretiva Europeia 2002/95/EC e 2012/19/EU classificou os REEE em 10 categorias (Quadro 2).

Quadro 2 - As dez diferentes categorias de resíduos eletrônicos com base na diretiva europeia 2002/95/EC e 2012/19/EU (Fonte: Adaptado de Garlapati, 2016).

Categoria do Resíduo Eletrônico		Equipamentos
1	Grandes eletrodomésticos	Ar condicionado, máquina de lavar louça, geladeira, máquinas de lavar, forno de micro-ondas e fogão de indução, etc.
2	Pequenos eletrodomésticos	Tocadores de CD e DVD, consoles de videogame, despertador, televisão, moedor, espremedor, misturador, chaleiras elétricas e chaminés elétricas.
3	Equipamentos informáticos e de telecomunicações	Hubs, Switches, modems, telefones celulares, telefones fixos, aparelhos de fax e aparelhos via satélite.
4	Equipamentos de consumo	Receptores de rádio, aparelhos de televisão, leitores de MP3, gravadores de vídeo, leitores de DVD, câmaras digitais, câmaras de vídeo, computadores pessoais.
5	Equipamentos de iluminação	Lâmpada incandescente, lâmpada halogéneo, néon, LED e lâmpadas fluorescentes compactas.
6	Ferramentas eléctricas e eletrônicas	Tubos de vácuo, transistores, diodos, circuitos integrados, fios, motores, geradores, baterias, interruptores, relés, transformadores e resistências.
7	Brinquedos e equipamento de desporto e lazer	Brinquedos a bateria como carros, trens, ônibus e aviões, etc.
8	Aparelhos médicos	Termômetro médico e instrumentos de engenharia biomédica
9	Instrumentos de monitoramento e controle	Relés, termostatos e micro controladores.
10	Distribuidores automáticos	Dispensador automático de sabão, distribuidor automático de água, dispensador automático de pulverização, etc.

2.2.2 Composição do Resíduo Eletroeletrônico

O fato que torna o gerenciamento de REEE um desafio ainda maior é a presença de diversos tipos de metais: metais comuns, como ferro, alumínio e cobre; metais preciosos como ouro, prata e paládio e também elementos tóxicos, como chumbo, cromo e arsênio (CUCCHIELLA et al., 2015). Neste sentido, o não reaproveitamento dos materiais e recursos naturais que estão presentes nos REEE pode sobrecarregar o meio ambiente, uma vez que partes desses elementos são metais raros, recursos escassos ou de difícil acesso, e levando em consideração o crescente consumo desse tipo de produto, a extração de matéria-prima pode se tornar um potencial impacto ambiental negativo e relevante (MENDES et al, 2016).

Quando analisado detalhadamente, pode-se observar a presença de aproximadamente 1000 compostos na estrutura de componentes eletroeletrônicos, divergindo suas quantidades entre as linhas de produtos (TOXICS LINK, 2012).

Segundo Siqueira e Marques (2012), a composição aproximada dos REEE é de 48% de ferro e aço, que compõe gabinetes e molduras; 21% de plástico, compondo gabinete, embalagem de cabos e placas de circuitos; 7% de cobre e 5% de alumínio que são utilizados em cabos; 5% de vidro de telas e mostradores e outros elementos, como madeira, borracha, cerâmica e outros metais não ferrosos, entre eles os metais pesados. A Tabela 2 mostra o percentual de cada tipo de material presente em algumas categorias de eletroeletrônicos.

Tabela 2 - Porcentagem (%) de diferentes materiais por categorias de eletroeletrônicos
(Fonte: MÜLLER e WIDMER, 2010).

	Lâmpadas: diversos tipos	Grandes Eletrodomésticos: geladeira, máquina de lavar, etc.	Pequenos Eletrodomésticos: torradeira, liquidificador, etc.	Tecnologia da Informação e Telecomunicações: computadores, telefone celular, etc.	Equipamentos de Consumo: televisão, rádio, etc.	Ferramentas Elétricas e Eletrônicas: furadeira, serra, etc.
Metal Ferroso	0	43	29	22	27	58
Alumínio	14	14	9,3	14,2	4,68	11
Cobre	0,22	12	17	7	1,2	15
Chumbo	0	1,6	0,57	6,3	0,02	0
Cádmio	0	0,0014	0,0068	0,0094	0	0
Mercúrio	0,02	0,000038	0,000018	0,0022	0	0
Ouro	0	0,00000067	0,00000061	0,0016	0,001	0
Prata	0	0,0000077	0,000007	0,0189	0,002	0
Paládio	0	0,0000003	0,00000024	0,0003	0	0
Índio	0,0005	0	0	0,0016	0	0
Plásticos	3,7	0,29	0,75	0	0	0
Bromados						
Plásticos	0	19	37	23	36,33	10
Vidro	77	0,017	0,16	25	12,99	0
Outros	5	10	6,9	3,1	17,497	6

Xavier e Lins (2018) relatam que apesar desses resíduos serem caracterizados por uma ampla variedade de produtos e materiais que possuem elevado valor agregado, os mesmos têm sido pouco aproveitados.

Segundo Siqueira e Marques (2012), o aproveitamento de metais preciosos a partir dos REEE é relevante ambientalmente e economicamente, pelo fato de que, a mineração dos

mesmos requer grandes movimentações de terras, devido à sua baixa concentração nos solos, elevado consumo energético e elevada emissão de gás carbônico, contribuindo para o efeito estufa.

Em outras palavras, o modelo de descarte atual implica na perda de grande parte da energia, recursos e valores empregados nos produtos, gerando grandes desperdícios no processo, assim, para melhor usufruir dos benefícios da inovação tecnológica é necessário desenvolver um sistema eletrônico mais eficaz (MELONI, 2020).

A exemplo das placas de circuito impresso, parte constituinte da maioria dos REEE, as mesmas despertam interesse econômico em face a presença de cobre em sua estrutura (DIAS, 2017). Juntamente com o cobre, há outros metais, polímeros e cerâmicos, porém Veit e Bernardes (2006) chamam atenção para o perigo do chumbo presente nestas placas, que devido a sua periculosidade para o homem e ao meio ambiente, desperta o interesse para pesquisas com objetivos de aproveitamento e reciclagem desse metal.

2.2.3 O Resíduo Eletroeletrônico e suas Problemáticas

O descarte ou reciclagem insegura ou informal de eletrônicos oferece intenso risco ao meio ambiente, por consequência, aos seres vivos (ALBUQUERQUE, 2013). Isso porque pode expor pessoas ao contato direto com substâncias tóxicas, como chumbo, cádmio, cromo e retardadores de chama bromados, que também podem ser acumulados no solo, na água e nos alimentos (MELONI, 2020; CUCCHIELLA et al, 2015). Garlapati (2016) apresenta uma classificação dos compostos perigosos de REEE (Quadro 3).

Quadro 3 - Componentes perigosos do resíduo eletroeletrônico (Fonte: adaptado de Garlapati, 2016).

Substância	Ocorrência em resíduo eletroeletrônico
	Compostos Halogenados
PCB (bifenilos policlorados)	
TBBA (tetrabromo-bisfenol-A)	Retardantes de incêndio para materiais plásticos (componentes termoplásticos, isolamento de cabos)
PBB (bifenilos polibromados) PBDE (éteres difenílicos polibromados)	TBBA é o retardador de chama mais amplamente utilizado em placas de circuito impresso e revestimentos.
Clorofluorocarboneto (CFC)	Unidade de refrigeração, Espuma de isolamento
PVC (cloreto de polivinilo)	Isolamento do cabo

Continuação do Quadro 3

Substância	Ocorrência em resíduo eletroeletrônico
Metais Pesados e Outros Metais	
Arsênico	Pequenas quantidades sob a forma de arseneto de gálio em diodos emissores de luz
Bário	Revestimento no CRT
Berílio	Caixas de alimentação que contém retificadores controlados por silício e lentes de raios-x
Cádmio	Baterias NiCd recarregáveis, camada fluorescente (telas CRT), tintas e toners para impressoras, máquinas fotocopiadoras (tambores de impressora)
Cromo VI	Fitas de dados, disquetes
Chumbo	Telas CRT, baterias, placas de circuito impresso
Lítio	Baterias de lítio
Mercúrio	Lâmpadas fluorescentes que fornecem retro iluminação em LCDs, em algumas baterias alcalinas e em comutadores com mercúrio
Níquel	Baterias NiCd recarregáveis ou baterias NiMH, canhão de elétrons em CRT
Elementos de terra rara (ítrio, europio)	Camada fluorescente (tela de CRT)
Selênio	Máquinas fotocopiadoras mais antigas (tambores fotográficos)
Sulfureto de zinco	Interior de telas CRT, misturado com metais de terras raras
Outros:	
Poeira de toner	Cartuchos de toner para impressoras / copiadoras a laser
Substâncias Radioativas:	
Amerício	Equipamentos médicos, detectores de incêndio, elemento sensível ativo em detectores de fumaça

Alguns problemas causados pela exposição ao REEE são averiguados na saúde humana, como a geração de efeitos nocivos sobre a função da tireoide e do pulmão, fertilidade, crescimento e alterações nas funções celulares. As partes do resíduo que contém chumbo podem causar vômitos, diarreia, convulsões, estado de coma e óbito; retardadores de chama presente no plástico pode causar prejuízos sobre o sistema nervoso e sistema reprodutor e exposições ao cádmio podem gerar toxicidade aguda e crônica e sintomas similares a gripe (GRANT et al., 2013). O Quadro 4 mostra os principais metais pesados e os danos causados à saúde humana.

Quadro 4 - Metais pesados e danos causados a saúde humana (Fonte: Adaptado de Silva, Martins e Oliveira, 2007).

Elemento	Principais danos causados à saúde humana
Alumínio	Alguns autores sugerem existir relação da contaminação crônica do alumínio como um dos fatores ambientais da ocorrência de mal de Alzheimer.

Continuação do Quadro 4

Elemento	Principais danos causados à saúde humana
Arsênio	Pode ser acumulado no fígado, rins, trato gastrintestinal, baço, pulmões, ossos, unhas; dentre os efeitos crônicos: câncer de pele e dos pulmões, anormalidades, cromossômicas e efeitos teratogênicos.
Bário	Provoca efeitos no coração, constrição dos vasos sanguíneos, elevação da pressão arterial e efeitos no sistema nervoso central.
Cádmio	Acumula-se nos rins, fígado, pulmões, pâncreas, testículos e coração; possui meia-vida de 30 anos nos rins; em intoxicação crônica pode gerar descalcificação óssea, lesão renal, enfisema pulmonar, além de efeitos teratogênicos (deformação fetal) e carcinogênicos (câncer).
Chumbo	É o mais tóxico dos elementos; acumula-se nos ossos, cabelos, unhas, cérebro, fígado e rins; em baixas concentrações causa dores de cabeça e anemia. Exerce ação tóxica na biossíntese do sangue, no sistema nervoso, no sistema renal e no fígado; constitui-se veneno cumulativo de intoxicações crônicas que provocam alterações gastrintestinais, neuromusculares e hematológicas, podendo levar à morte.
Cobre	Intoxicações com lesões no fígado.
Cromo	Armazena-se nos pulmões, pele, músculos e tecido adiposo, pode provocar anemia, alterações hepáticas e renais, além de câncer do pulmão.
Mercúrio	Atravessa facilmente as membranas celulares, sendo prontamente absorvido pelos pulmões. Possui propriedades de precipitação de proteínas (modifica as configurações das proteínas), sendo suficientemente grave para causar um colapso circulatório no paciente, levando à morte. É altamente tóxico ao homem, sendo que doses de 3g a 30g são fatais, apresentando efeito acumulativo e provocando lesões cerebrais, além de efeitos de envenenamento no sistema nervoso central e teratogênicos.
Níquel	Carcinogênico (atua diretamente na mutação genética).
Prata	10g na forma de Nitrato de Prata são letais ao homem.

De acordo com a ABDI (2013) todos esses elementos têm elevado poder de toxicidade e oferecem dois tipos de riscos:

- Contaminação dos indivíduos que manejam os REEE: estão sujeitos ao risco de contaminação por metais pesados ou outros compostos tanto as pessoas que mantém e utilizam os produtos antigos quanto aos trabalhadores envolvidos com a coleta, triagem, descaracterização e reciclagem dos equipamentos e contaminação do meio ambiente.
- Contaminação do meio ambiente: Os REEE jamais devem ser dispostos diretamente no meio ambiente ou associado a rejeitos de matéria orgânica. Mesmo nos aterros sanitários, o simples contato dos metais pesados com a água implica na contaminação do chorume, potencializando o impacto resultante de um eventual vazamento.

Referindo-se as questões socioeconômicas, apesar dos REEE apresentarem problemas na concepção ambiental, mostram resultados positivos na esfera econômica por

oferecer materiais e elementos químicos valiosos (CORREIA, 2017; ALENCAR, 2017). Além disso, segundo a ABDI (2013) do ponto de vista socioeconômico o descarte dos REEE pode oferecer oportunidades comerciais por conterem em sua composição matérias como ouro, alumínio, prata, bronze além de outras possibilidades. A ação envolvendo os metais valiosos presentes em sua estrutura também proporcionaria geração de trabalho (ALENCAR, 2017). O Quadro 5 mostra o resumo das principais implicações ambientais, sociais e econômicas resultante das práticas de má gestão dos REEE.

Quadro 5 - Principais consequências ambientais, sociais e econômicas relacionadas à má gestão do resíduo eletroeletrônico (Fonte: Adaptado de Santos, 2012).

Dimensão	Autor	Possíveis Implicações/Consequências
Ambiental	Pucket et al. (2002), Huo et al. (2007), Williams et al. (2008), UNESCO (2008)	Emissões de toxinas em aterros e lixões. Contaminação do solo, do ar e da água. Contaminação de rios e águas subterrâneas com as substâncias tóxicas e metais pesados. Contaminação dos seres humanos. Redução da utilização de matérias primas virgens.
Social	Haque et al. (2000), Tong e Wang (2004), Labuschagne et al. (2005) Huo et al. (2007), UNESCO (2008), Kahhat e Williams (2009), Sarkis et al. (2010)	Geração de grande número de empregos informais, principalmente de comunidades carentes. Práticas nocivas à saúde dos trabalhadores e ao meio ambiente. Não apresenta riscos potenciais à saúde humana (se adotadas práticas adequadas de reciclagem). • Reutilização de computadores. Doação de computadores usados para comunidades e associações, gerando inclusão digital.
Econômica	Haque et al. (2000), Baud et al. (2001), UNESCO (2008), Kahhat et al. (2008)	Extração de metais preciosos e demais matérias primas. Reaproveitamento de componentes. Redução de custos ao adquirir matérias primas recicladas em comparação com matérias primas virgens. Geração de empregos (formais e informais), na reciclagem, na reutilização e também no mercado de segunda mão dos equipamentos eletrônicos. Criação de organizações (formais e informais) de reciclagem e reutilização de equipamentos.

Em face dos impactos que os REEE podem ocasionar a saúde humana e ao meio ambiente, a destinação correta destes resíduos é um fator de suma importância. Salienta-se diante desse cenário, a importância do gerenciamento para os REEE por meio de logística reversa visando ganhos ambientais e econômicos (CORREIA, 2017).

Além disso, tanto para o setor público quanto para o setor privado, a correta gestão de resíduos eletroeletrônicos promove inúmeros benefícios financeiros, ambientais e sociais (VALENTE, 2017).

2.2.4 Gestão e Gerenciamento

A PNRS, Capítulo II, traz uma definição sobre os termos gerenciamento e gestão integrada de resíduos sólidos:

X - gerenciamento de resíduos sólidos: conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta Lei.

XI - gestão integrada de resíduos sólidos: conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável. (BRASIL, 2010).

Conforme descrito no texto orientador da 4^a Conferência Nacional do Meio Ambiente, a gestão integrada dos resíduos sólidos engloba todas as ações relacionadas a tentativa de solução para os resíduos sólidos, incluindo os planos nacionais, estaduais, microrregionais, intermunicipais, municipais e os de gerenciamento. A gestão integrada envolve também os resíduos dos serviços de saúde, da construção civil, de mineração, de portos, aeroportos e fronteiras, industriais e agrossilvopastoris, trazendo uma ideia do todo (TEIXEIRA, 2013).

Segundo Pereira; Lima; Curi (2017) a gestão integrada de resíduos sólidos envolve também conceitos de sustentabilidade nas perspectivas econômicas, sociais, ambientais e de saúde, assim como a junção de um agrupamento de órgãos públicos que operam em conexão com os problemas e soluções nesta área e desses agentes com a sociedade pronta para efetuar a prática cidadã.

Algumas características relacionadas a gestão e ao gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos estão mostradas no Quadro 6.

Quadro 6 - Características da gestão e do gerenciamento de resíduos sólidos (Fonte: MASSUKADO, 2004).

Gestão	Gerenciamento
O que fazer	Como fazer
Visão ampla	Implementação dessa visão
Decisões estratégicas	Aspectos operacionais
Planejamento, definições de diretrizes e estabelecimento de metas	Ações que visam implementar e operacionalizar as diretrizes estabelecidas pela gestão
Conceber, planejar, definir e organizar	Implementar, orientar, coordenar, controlar e fiscalizar

Segundo Alencar (2017), através de um gerenciamento adequado de resíduos sólidos, com tratamento e disposição final corretos no aspecto ambiental, os riscos à saúde humana e ao meio ambiente são minimizados significativamente.

O marco para a gestão cíclica das cadeias produtivas no Brasil é a promulgação da PNRS e os critérios para a implantação da Logística Reversa pelas empresas produtoras. Desde o ano de 2010 foram estabelecidas regras, por meio de Acordos Setoriais e outros instrumentos, para a implantação dos Sistemas de Logística Reversa sob a responsabilidade compartilhada e gerida pelos próprios produtores (XAVIER; LINS, 2018).

Os EEE após descartados devem entrar em uma estrutura de logística reversa, que apresenta um fluxo reverso dos produtos, desde o descarte até à reciclagem, o reuso e à remanufatura. Os equipamentos podem ter seu ciclo de vida ampliado através das técnicas de reuso e remanufatura, reduzindo o descarte precoce e oferecendo possibilidade de utilização em diferentes contextos socioeconômicos e a exemplo da reciclagem, esses resíduos podem ter seu valor econômico recuperado (SANTOS, 2012).

O aparato legal brasileiro conta com outros documentos oficiais de relevância, além da PNRS, pertinentes à gestão de REEE e o sistema de logística reversa (Quadro 7). No entanto, Cardoso et al. (2019) observam que existe ausência de uma legislação específica para os REEE, em âmbito nacional, considerada indispensável à gestão desse tipo de resíduo, tendo em vista o acelerado crescimento na geração de REEE.

Quadro 7 - Documentos oficiais referentes aos REEE em vigor no Brasil (Fonte: Adaptado de Cardoso et al. 2019).

Ano de Publicação	Nome do documento	Tipo de documento	Considerações sobre REEE
2010	ABNT NBR 15833	Norma técnica	Manufatura reversa de aparelhos de refrigeração
2010	Política nacional de Resíduos sólidos	Lei	Inclui os REEEs como classe de resíduos submetidos aos sistemas de logística reversa
2010	Decreto nº 7.404	Decreto	Cria o comitê Orientador (CORI) para implementação dos sistemas de logística reversa, nos quais os REEEs estão enquadrados
2013	ABNT NBR 16156	Norma técnica	Requisitos para atividades de manufatura reversa dos REEEs
2017	Decreto nº 9.117	Decreto	Estabelece normas para assegurar a isonomia na fiscalização e no cumprimento das obrigações referente à logística reversa
2020	Decreto nº 10.240	Decreto	Complementa o Decreto nº 9.177/2017, quanto à implementação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico

De acordo com Bayão e Amorim (2018) a falta de legislação específica de REEE, a nível nacional, é o principal empecilho para a implantação da logística reversa de maneira formal e organizada. Os autores afirmam que o Brasil ainda está no seu estágio inicial de implantação da logística reversa de REEE, não possuindo uma estrutura formalizada como o Japão e os países europeus.

Com a publicação do Decreto nº 9.117 de 2017, a mineração urbana ganhou um bom impulso. Este novo instrumento legal regulamenta o artigo nº 33 da PNRS e, determina a obrigatoriedade de estabelecimento dos sistemas de logística reversa por parte dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, independentemente de sua adesão à acordos setoriais ou termos de compromisso (XAVIER; LINS, 2018).

De acordo com Xavier e Lins (2018), enquanto que a mineração tradicional consiste na extração de recursos do subsolo retirados da lavra de uma jazida mineral e o processamento dos minérios, a mineração urbana pode ser entendida como o aproveitamento econômico de recursos do sobressolo provenientes dos resíduos e materiais pós consumo. Segundo o referido autor, assim como a mineração convencional, é possível a recuperação de metais raros e comuns e não metais através da mineração urbana, e no que diz respeito a gestão dos REEE e mineração urbana no Brasil é de grande relevância que sejam:

a) definidas as classificações das categorias dos resíduos tecnológicos; b) estabelecidas a gestão adequada de recolha/recebimento, triagem e encaminhamento dos REEE para processamento e consolidadas as informações em banco de dados sobre as inúmeras iniciativas de recolha/recebimento no País; c) identificados os impactos potenciais e analisadas as alternativas mais viáveis; d) realizados estudos que permitam evidenciar os ônus e bônus da mineração urbana, em razão do seu potencial impacto na sustentabilidade; e) idem com relação ao seu custo logístico e social; e f) analisadas as possibilidades de incentivar os negócios sustentáveis aderentes às premissas legais e normativas e às boas práticas de produção de matérias-primas secundárias (XAVIER e LINS, 2018).

O gerenciamento dos REEE requer a participação da sociedade de forma geral, e para isso, faz-se necessária uma enorme mudança nas posturas adotadas, tanto pelos produtores e revendedores dos produtos eletroeletrônicos, como também dos consumidores particulares, empresas e organizações em geral (DIAS, 2017).

Para atender a legislação as empresas podem optar pela contratação de uma empresa gestora privada; associação dessas empresas a uma gestora setorial, ou criação ou gestão do seu próprio sistema interno de Logística Reversa (MENDES et al, 2016). Segundo Mendes et al. (2016), algumas empresas já implantaram seus programas de logística reversa, trabalhando em parceria com prestadores de serviço para ofertar pontos de coleta, transporte, desmontagem e reciclagem dos REEE. Também existem diversas iniciativas independentes voltadas para a logística reversa e reciclagem de EEE no País gerenciadas pelos próprios fabricantes ou promovidas por empresas gestoras, além de existir também campanhas isoladas promovidas por Organizações Não Governamentais (ONGs) ou prefeituras (MENDES et al, 2016).

Souza et al. (2016), apresentam alguns pontos relevantes para melhoria do gerenciamento dos REEE, podendo-se citar: obrigação de classificação de sua periculosidade; impulsionar um sistema de reuso na logística reversa; dividir custos da coleta entre os sujeitos pertencentes à sua cadeia de produção e reciclagem de 100% dos produtos estabelecidos no acordo setorial pelas empresas que o aderiram.

Os referidos autores, acrescentam ainda que, o governo deveria ser responsável por fornecer recursos para a pesquisa, infraestrutura e campanhas para a coleta dos REEE; os consumidores deveriam ser melhor informados sobre os pontos de coleta; envio ás autoridades de relatórios de produção e destinação de REEE e incentivar a concorrência entre as entidades de gerenciamento para parcerias entre produtores e importadores.

2.2.5 Logística Reversa

A logística reversa é caracterizada por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos, incluindo os REEE, ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada.

A logística reversa consiste no movimento de produtos, materiais e embalagens na direção oposta à tradicional, com o propósito de criar ou recuperar valor, ou mesmo, descartá-los de forma adequada (TIBBEN-LEMBKE e ROGERS, 2002). Para Rogers e Tibben-Lembke (1999), a logística reversa inclui o processo de planejamento, implementação e controle do fluxo eficiente, desde o local de consumo até o ponto de origem do produto.

De acordo com Santos e Marins (2015), a extensão do território brasileiro constitui um dos aspectos que mais dificultam de implantação da logística reversa, isto é, demanda um alto custo para constitucionalizar o sistema em um país de grande extensão territorial e com desafios logísticos. Para Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial - ABDI (2013), a regulamentação legal, incentivos fiscais e adesão ao sistema são alguns desafios que precisam ser superados para implementação da logística reversa.

Importante enfatizar que a logística reversa foi designada pela Política Nacional de Resíduos Sólidos e é dirigida aos REEE, de maneira que os fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes e consumidores possuem a responsabilidade de implementá-la. Até em pequenas empresas onde há revenda produtos eletroeletrônicos, ou as que realizam manutenção, tem por dever disponibilizar infraestrutura e canais para o recolhimento e destinação adequada dos produtos após o uso pelo consumidor (DIAS, 2017).

De acordo com a PNRS, art. 3º, a logística reversa pode ser definida por:

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

Vaz e Maldonado (2017) trazem uma esquematização de como ocorre o processo detalhado da logística reversa. Segundo os autores, as entradas de um processo de logística reversa são produtos ou materiais usados e reciclados, partes usadas e também novas partes ou padrões que promovam o processo logístico. Os produtos usados são coletados, as partes

novas são submetidas a inspeção e incorporadas a produtos usados. Na inspeção, os produtos novos e usados são separados em alguns níveis de qualidade para melhor facilidade na decisão de descarte, pequeno reprocessamento ou remanufatura. Os autores ainda explicam que o processamento auxilia na desmontagem de peças, das quais algumas podem ser reutilizadas e outras enviadas para o mercado de peças de reposição. Peças novas também são requeridas para a remanufatura quando há falta de peças usadas. Por fim, as saídas do processo de logística reversa são os produtos, materiais ou peças de reposição recicladas e os produtos remanufaturados. A Figura 2 mostra o esquema incluindo o fluxo de realimentação de materiais, desde a introdução de itens remanufaturados como entradas (inputs) na forma de objetos usados, reiniciando o ciclo logístico reverso.

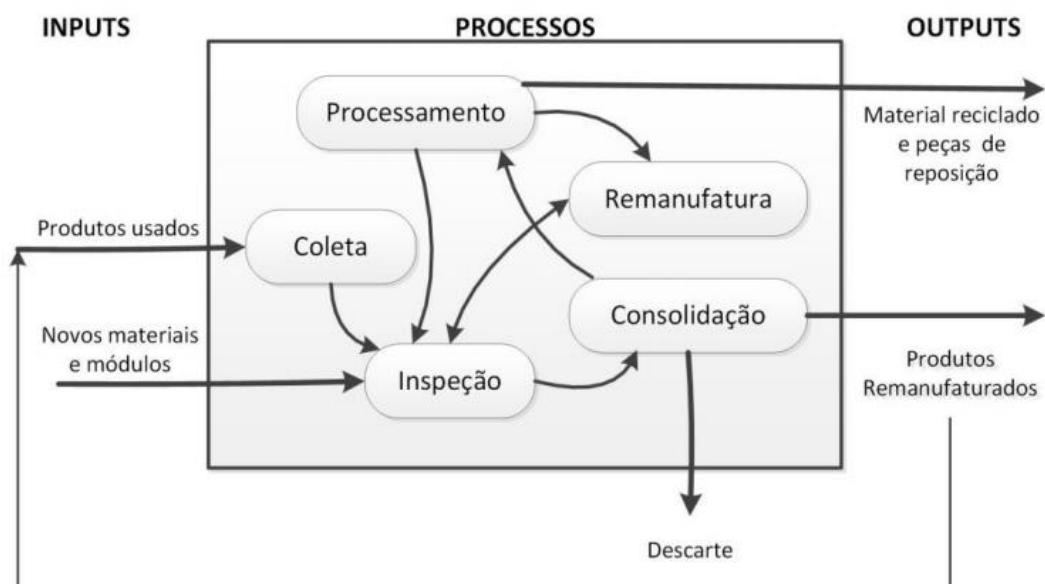


Figura 2: Processo detalhado da logística reversa (Fonte: POKHAREL E MUTHA, 2009).

Diferentemente da logística direta, que se traduz em uma ação divergente, iniciando com um determinado agente, como um produtor, comerciante ou importador e finalizando quando é chegado aos clientes, a logística reversa, por outro lado, constitui uma ação convergente, isto é, consiste no retorno desses produtos de seus variados clientes até alcançar o local onde pudesse admiti-los de volta (ALENCAR, 2017).

Dias (2017) observa que, a logística reversa considera o ciclo de vida do produto, da extração das matérias-primas à destinação final de seus resíduos. Segundo Gonçalves e Marins (2006), a logística reversa apresenta três aspectos que devem ser observados para seu sucesso:

- Logística – não há o encerramento do ciclo de vida do produto com a sua entrega ao cliente.
- Financeira – o custo relacionado ao gerenciamento do fluxo reverso deve ser somado aos já considerados na Logística.
- Ambiental – devem ser considerados e avaliados seus os impactos sobre o ambiente durante todo o ciclo de vida do produto.

O conceito da logística reversa se mostra como fundamental na gestão de REEE, em função da redução da disposição de resíduos em aterros, uma vez que, os REEE com potencial para ser reaproveitados são redirecionados para o ciclo produtivo, revalorizando os produtos após descarte pelo consumidor de forma atualizada, remanufaturada e reciclada (DIAS, 2017).

De acordo com Silva (2012), buscando aumentar sua competitividade, as empresas começaram a perceber que juntamente com benefícios ambientais obtidos das atividades da logística reversa, pode-se também obter ganhos financeiros (SILVA, 2012). O Quadro 8 mostra as vantagens da implantação de um sistema de logística reversa segundo estudo realizado por ABDI (2013).

Quadro 8 - Benefícios do Sistema de Logística Reversa – SLR (Fonte: ABDI, 2013).

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

Alguns obstáculos para a aplicação da logística reversa são: delimitação da área geográfica na qual será implantada; falta de engajamento da população no processo; falta de endereçamentos que atendam as condições mínimas de saúde, meio ambiente e social onde possam encaminhar os resíduos e rejeitos; finanças para aplicar no sistema; insuficiente

aliciamento do poder público dos municípios; falta de um modelo econômico no país e as cooperativas de coleta seletiva e de catadores que desempenham seu trabalho com pouco profissionalismo (INSTITUTO ETHOS, 2012).

Segundo Cardoso et al. (2019), as dimensões continentais brasileiras constituem um dos fatores que tornam a atividade de coleta e a logística dos resíduos ainda mais desafiadoras, além disso a temática possui pouca expressividade nacional no âmbito da pesquisa.

Para Cardoso et al. (2019), ainda há muito a ser feito para efetivar o sistema de logística reversa (SLR) em todos os estados, mesmo com instrumentos legais amparando a sua implantação.

Algumas das dificuldades são a falta de clareza quanto às taxas de reciclagem, por exemplo, a responsabilidade pelo custo da logística reversa e o esforço político e econômico para manter o SLR operando. Há um gargalo significativo para a efetiva gestão dos REEEs, que é a falta de instrumentos que, além de compilar os dados primários para um real acompanhamento da situação atual, estimulem o funcionamento da cadeia de resíduos. Outro grande desafio está na falta de capacitação dos catadores de materiais recicláveis, que devem trabalhar de forma a atender os requisitos legais de segurança, sem oferecer risco à saúde e ao meio ambiente e respeitando a legislação vigente (CARDOSO et al., 2019).

De acordo com Pafume et al. (2020), no que tange ao desenvolvimento das práticas de logística reversa, pode-se afirmar que o Brasil se encontra em estado inicial. Além disso, de acordo com Kobal et al. (2013), a falta de conhecimento e de conscientização do gerador; o grande número de empresas informais que recebem resíduos eletroeletrônicos e a manipulação inadequada que expõe trabalhadores e meio ambiente a perigos; falta de fiscalização e processos de elevado custo devido à combinação de falta de tecnologia e necessidade de execução de normas no tratamento dos REEE, são fatores que também contribuem para a não implementação do sistema de logística reversa.

Em estudo desenvolvido por Souza et al. (2014), no qual foi realizada uma análise SWOT, considerou-se pontos fracos, pontos fortes, ameaças e oportunidades para empresas que desejam atuar no sistema de logística reversa (Quadro 9).

Quadro 9 - Análise SWOT do cenário da logística reversa de produtos de origem eletrônica no Brasil (Fonte: Adaptado de Souza et al. 2014).

Pontos Fortes	Pontos Fracos
Exigência do mercado por produtos Verdes. Redução de problemas associados à contaminação do ambiente e saúde pública. Refinamento de tecnologia de produtos que se encaixam formando novos produtos a partir de antigos. Variabilidade de matérias primas. Preocupação das grandes empresas em resolver o problema.	Velocidade de entrada de novos materiais no mercado. Clareza do papel da logística reversa. Visão dos gestores dos benefícios de se aplicar o canal reverso. Profissionais especializados em reciclar. Mercado de reutilização de celulares muito baixo em função da “corrida tecnológica”. Investimento no canal reverso. Organização da cadeia. Quantidade de empresas no mercado.
Selos e programas “verdes”. Phone-blocks. Educação ambiental. Programas internacionais de reciclagem. Discussões internacionais de redução no consumo. Marketing. Aumento de renda. Atores paralelos (recicladores).	Políticas públicas de resíduos. Redução da qualidade de produtos remanufaturados. Compra descontrolada. “Corrida tecnológica”. Aumento de renda. Informalidade do canal de reuso.

Como determinado pela Lei nº 12.305/2010, art. 33º, a efetuação da logística reversa, fica sobre responsabilidade dos fabricantes, importadores, comerciantes e distribuidores, e não do serviço público de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, de realizar esse ciclo. De acordo com a referida Lei, a logística reversa é obrigatória para agrotóxicos e seus resíduos e embalagens, pneus, pilhas e baterias; lâmpadas fluorescentes e produtos eletroeletrônicos e seus componentes. Segundo Xavier e Lins (2018), no Brasil somente seis produtos já tem suas diretrizes definidas e sistemas implementados, sendo estes: agrotóxicos, óleos lubrificantes, embalagens, lâmpadas, pilhas e baterias e pneus.

Entretanto, em 12 de fevereiro de 2020 foi instituído o Decreto nº 10.240 que regulamenta o inciso VI do caput do art. 33 e o art. 56 da PNRS, e complementa o Decreto nº 9.177, de 23 de outubro de 2017, quanto à implementação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico (BRASIL, 2020a). E, em 5 de junho de 2020, foi criado o Decreto nº 10.388/2020, que regulamenta o § 1º do caput do art. 33 da PNRS, e institui o sistema de logística reversa de medicamentos domiciliares vencidos ou em desuso, de uso humano, industrializados e manipulados, e de suas embalagens após o descarte pelos consumidores (BRASIL, 2020b).

Além dos decretos supracitados, a Portaria MMA nº 641, em 29 de dezembro de 2020, publicou no Diário Oficial da União, a abertura do processo de consulta pública da proposta de Decreto que regulamenta o § 1º do caput do art. 33 da PNRS, e institui o sistema

de logística reversa de embalagens de vidro, com a participação de fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes e consumidores (BRASIL, 2020c).

No Art. 31º da referida lei no que diz respeito a reutilização e reciclagem é informado que, a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes abrange:

I - O investimento no desenvolvimento, na fabricação e na colocação no mercado de produtos que sejam aptos, após o uso pelo consumidor, à reutilização, à reciclagem ou a outra forma de destinação ambientalmente adequada; 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. (BRASIL, 2010).

Além disso, estes responsáveis devem adotar todas as medidas precisas para garantir a implementação e operacionalização do sistema de logística reversa, sendo uma dessas medidas descrita no art. 33º, § 3º, inciso II, que é providenciar postos onde os resíduos reutilizáveis e recicláveis possam ser entregues.

Segundo Dias (2017) é de grande importância a criação de pontos de recebimento de REEE para o sucesso da logística reversa, assim como também, a criação de selos de qualidade ambiental para os equipamentos eletroeletrônicos, com objetivo de mostrar aos consumidores as empresas que consideram a perspectiva ambiental.

A hierarquia de devolução é a seguinte: após uso, os consumidores deverão realizar a entrega de seus REEE aos comerciantes ou distribuidores, estes por sua vez deverão encaminhar o material aos fabricantes e importadores, que darão a destinação final ambientalmente adequada, conforme estabelecido em órgão competente do Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA – ou plano municipal de gestão de resíduos sólidos, quando houver. Todos os participantes desse sistema, exceto o consumidor, deverão manter disponíveis e atualizadas, as informações sobre a realização de suas obrigatoriedades, ao órgão municipal competente e a outras autoridades (BRASIL, 2010).

Em seu Capítulo VIII, o Decreto nº 10.240/2020 especifica como deve ser a participação dos consumidores na logística reversa de produtos eletroeletrônicos:

I - segregar e armazenar os produtos eletroeletrônicos separadamente das outras frações de resíduos sólidos, para a manutenção de sua integridade física e prevenção de riscos à saúde humana ou de danos ao meio ambiente;

II - remover, previamente ao descarte, as informações e os dados privados e os programas em que eles estejam armazenados nos produtos eletroeletrônicos, discos rígidos, cartões de memória e estruturas semelhantes, quando existentes; e
III - descartar os produtos eletroeletrônicos de forma adequada e desligados, nos pontos de recebimento específicos do sistema de logística reversa, observados os procedimentos e as orientações relativas aos descartes constantes dos manuais dos produtos, do manual operacional básico ou dos demais meios de comunicação previstos no art. 43 (BRASIL, 2020a).

2.2.6 Legislação

Segundo Dias (2017), uma forma de identificar a disparidade no contexto mundial em relação a gestão de resíduos é através da análise das legislações disponíveis. Sendo assim, o autor traz as principais legislações que vigoram na regulamentação de REEE, em âmbito internacional (Quadro 10).

Quadro 10 - Legislação internacional de resíduo eletroeletrônico (Fonte: Adaptado de Dias, 2017).

País	Legislação / Ano	Descrição
China	Políticas Técnicas para controlar a poluição dos REEE (2006)	Prevenção da poluição e controle sobre o desmanche, utilização e eliminação de lixo eletrônico.
	Medidas Administrativas para Prevenção e Controle da Poluição Ambiental por REEE (2008)	Requisitos de certificação para operações de reciclagem de lixo eletrônico.
	Regulamento sobre a Administração da Valorização e eliminação dos REEE (2011)	Delegação de responsabilidade de produtores e importadores para seus produtos e para a coleta de lixo eletrônico e do fundo de tratamento.
Colômbia	Resolução sobre REEE (2010)	Inspirada na responsabilidade estendida do produtor, que deve garantir taxa de coleta de 5% a partir de 2012, e aumentar 5% ao ano até atingir a taxa de 50%. Consumidores devem entregar seus resíduos em pontos de coleta e autoridades são responsabilizadas pela educação ambiental e fomento de reuso de equipamentos.
Costa Rica	Decreto sobre REEE (2008)	O princípio da política é a Responsabilidade Estendida do Produtor. Os produtores são responsáveis pela gestão adequada do lixo eletrônico.
Coréia do Sul	Lei de Responsabilidade Estendida do Produtor (2003)	Fabricantes e importadores têm metas para as taxas de reciclagem estabelecidas anualmente pelo governo. Conforme a taxa de reciclagem, o governo devolve parte da taxa que os produtores pagaram no início do ano. Consumidores pagam uma taxa de coleta de acordo com as condições do equipamento, mas caso o equipamento esteja em condições de reutilização ou reciclagem, a taxa pode não ser cobrada.

Continuação do Quadro 10.

País	Legislação / Ano	Descrição
EUA	Decreto de reciclagem de eletrônicos (baseado na WEEE e ROHS) (2003)	Os EUA não possuem uma legislação nacional para a gestão de REEE. Os diferentes Estados adotam diversas práticas na gestão. Todavia, a Agência de Proteção Ambiental (EPA) trabalha no sentido de educar os consumidores e outros sobre a importância de reutilizar e reciclar esses produtos. Mais de 20 Estados já aprovaram legislação específica para gerenciar seus resíduos e, a maioria desses programas é baseada na Responsabilidade Estendida do Produtor.
Gana	Não há legislação específica	Adotam a Convenção de Basileia, mas ainda não foi efetivamente implementada.
Indonésia	Importação de Bens de Capital Usados Decretos nº 756/MP/Kep/12/2003 e 610/MPP/Kep/10/2004 (2003 e 2004)	Os bens de investimento utilizados relacionados em anexo, tais como: refrigeradores, máquinas de lavar, televisores, aparelhos de ar condicionado, telefones, placas de circuito impresso, são proibidos para importação. A importação de equipamentos eletroeletrônicos usados para uso individual também é proibida.
Japão	Lei de reciclagem de Eletrodomésticos (1998)	Substituição de substâncias tóxicas, aumento de taxa de reciclabilidade, incentivo à reciclagem e proibição de depósito inadequado.
Malásia	Lei de Qualidade Ambiental (1974) Diretriz para classificação de EEE (2008)	Regulamenta o controle e gestão de resíduos perigosos. Proíbe a importação e exportação de REEE com propósito de descarte. REEE podem ser exportados com o propósito de reciclagem, recuperação ou tratamento.
Nigéria	Decreto nº 42 (1988)	Restringe a importação de resíduos para reciclagem e descarte final. Não existe legislação específica para REEE, porém o Conselho Executivo Federal anunciou em 2008 restrições de importação de REEE.
Suíça	Lei do Retorno e Descarte de REEE (ORDEE) (1998)	Modelo de Responsabilidade Estendida do Produtor. Três organizações (SWICO, SENS e SLRS) são responsáveis pela gestão e operação do sistema em nome dos seus membros produtores e cobrem as diferentes partes dos REEE. O consumidor final paga a taxa de reciclagem ao adquirir um equipamento novo. Essa taxa é equivalente à diferença entre o custo total do sistema e o valor total recuperado do lixo eletrônico. Essa taxa assegura o financiamento necessário para o sistema.
Tailândia	Ato de Substâncias Perigosas (1992)	Os EEE podem ser importados para atividades de reutilização e reparação para sua finalidade original. O Ministério da Indústria requer licença de importação para 32 itens. Os REEE podem ser importados e exportados de acordo com as recomendações da Convenção de Basileia.
Taiwan	Alterações no Ato de Disposição de Resíduos (AWDA) (1998)	Responsabilidade financeira dos fabricantes e importadores, que pagam uma taxa de reciclagem, semelhante ao sistema da Coréia do Sul, a qual é transferida para instalações de reciclagem.

Continuação do Quadro 10

País	Legislação / Ano	Descrição
União Europeia	Diretiva ROHS (2003)	Restringe 6 substâncias tóxicas na fabricação de eletrônicos. A responsabilidade é do produtor de diminuir gradativamente até suprimir o uso das 6 substâncias tóxicas em questão, que são: chumbo, mercúrio, cádmio, cromo hexavalente e polibromatos (PBB e PBDE).
	Diretiva REEE 2002/96/EC (WEEE) (2002)	Substituição de substâncias tóxicas, aumento de taxa de reciclagem, incentivo à reciclagem e proibição de depósito inadequado. Tinha como meta até 2006 reciclar 4kg de resíduos eletroeletrônicos per capita ano, e aumentar gradativamente a quantidade de eletrônicos reciclados. Os Estados devem estabelecer sistema de coleta, o produtor tem responsabilidade sobre os custos de logística reversa e reciclagem e o consumidor fica proibido de jogar REEE na coleta do município. Prazos e metas a serem cumpridos serão calculados a partir de estudos periódicos para medir impacto de aplicação da lei.
	Diretiva REEE 2012/19/EC (2012)	Esta diretiva reformula a Diretiva 2002/96/EC e tem por objetivo introduzir objetivos de coleta gradual superiores que serão aplicados a partir de 2016 e 2019. Esta reformulação visa reduzir a quantidade de REEE dispostos em aterros sanitários. A Diretiva pode exigir alterações nos EEE, incluindo projeto de produto, para facilitar a desmontagem, reciclagem e reutilização. Além disso, inclui a disponibilização nacional de pontos de coleta de REEE e sistemas de processamento. Os produtores devem cobrir o custo da coleta e tratamento de REEE.
Vietnã	Lei de Comércio (2006)	Proíbe a importação de materiais de resíduos, substâncias químicas tóxicas e bens de consumo usados, incluindo eletroeletrônicos. A exportação de resíduos perigosos deve seguir as recomendações da Convenção de Basileia.

O Brasil passou por um período de tempo significativo sem uma política ambiental adequada e específica para os resíduos sólidos, sendo assim, o estabelecimento da PNRS destinou-se a resolver esse problema (ALENCAR, 2017). A Lei dispõe sobre princípios, objetivos e instrumentos, assim como as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, abrangendo os resíduos perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis.

Uma das consequências da inexistência de lei por tanto tempo foi a adaptação à formas de disposição final inapropriada de resíduos pela maioria dos municípios brasileiros, nas quais se sobressaíam o despejo em lixões, dessa forma, criando uma cultura de depósito errôneo com variadas categorias de resíduo e ainda, por muitos dos materiais dispostos serem passíveis de reaproveitamento, passou a estimular pessoas de baixa renda a obter seu sustento através da separação e comercialização de material reciclável (ALENCAR, 2017).

Os instrumentos na PNRS incluem os planos de resíduos sólidos, a coleta seletiva, os sistemas de logística reversa e outras ferramentas voltadas para a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos entre geradores, poder público, fabricantes e importadores. A lei determina que produtores e governos devem desenvolver planos, criar diagnósticos da situação e análise dos cenários, promover a redução, reutilização e estabelecer metas de reciclagem para que haja a redução da disposição de resíduos nos aterros sanitários (BRASIL, 2010).

Com relação ao horizonte comportamental, dá-se atenção a todo o processo, almejando reduzir a geração, utilizar novas tecnologias, de maneira a proporcionar melhorias na etapa de destinação final e reduzir o volume de material enviados para a disposição (ALENCAR, 2017).

A lei também expõe no seu art. 9º, uma ordem de prioridade que deve ser seguida para a correta gestão e gerenciamento de resíduos sólidos: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

A lei também aborda a responsabilidade do setor privado em seu a Art. 33º, onde estabelece que, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de equipamentos eletroeletrônicos e seus componentes, devem realizar a logística reversa de seus produtos (BRASIL, 2010).

Os Estados são responsáveis pelos Planos Estaduais de Resíduos Sólidos, e estes devem organizar, planejar e executar as funções públicas de interesses comuns relacionados à Gestão dos Resíduos Sólidos (DIAS, 2017). Segundo Dias (2017), pode-se notar que muitos estados brasileiros não possuem legislação específica para o gerenciamento dos REEE, porém, baseado nos estados que a possuem, percebe-se a importância de alguns aspectos para a gestão desta fração de resíduos, que são:

- a) o descarte, pois descartar este tipo de resíduo como lixo comum pode acarretar em uma contaminação de solo e águas subterrâneas, principalmente por metais pesados; b) a coleta, pois sem uma coleta seletiva e corretamente direcionada, estes resíduos podem ter destino errado e c) identificação de substâncias perigosas e restritivas, bem como a sua divulgação, pois grande parte da população ignora os malefícios que o descarte de REEE pode ocasionar (DIAS, 2017).

No Quadro 11, são mostradas as leis estaduais que regulamentam a gestão dos REEE existentes no Brasil.

Quadro 11 - Leis Estaduais sobre a gestão de resíduos eletroeletrônicos no Brasil (Fonte: Adaptado de Dias, 2017).

Estado	Plano Estadual de Resíduos Sólidos	Lei / Data	Menção aos Resíduos Eletroeletrônicos
AC	Concluído (2012)	Nº 2539 (04 de janeiro de 2012)	Menciona REEE na logística reversa. Fabricantes e importadores são responsáveis pelo recolhimento, descontaminação quando necessária, destinação e disposição final. Os vendedores destes produtos participam da logística reversa disponibilizando pontos para coleta de REEE.
ES	Concluído (2019)	Lei Estadual nº 9.264 (16 de julho de 2009)	Menciona resíduo de base tecnológica e atribui responsabilidade do seu gerenciamento aos responsáveis pela fabricação ou importação de produtos
GO	Concluído (2017)	Lei Estadual nº 14.248 (29 de julho de 2002) Lei nº 17242 (27/12/2010)	Dispõe sobre a Política estadual de resíduos sólidos. Inclui equipamentos de informática entre resíduos especiais: responsabilidade de fabricantes, importadores e representantes. Estabelece prazo de 12 meses para criação dos mecanismos operacionais
MA	Concluído (2012)	Lei Estadual Nº 9291 (16/11/2010)	Dispõe sobre o descarte de pilhas, lâmpadas, baterias e equipamentos de informática. Gestão de REEE de responsabilidade dos fabricantes, comerciantes e distribuidores.
MG	Em elaboração (Licitação em 2014 para contratação de consultoria especializada para elaboração PEGRS) GIREE – novembro 2009	Lei Estadual nº 18.031 (12 de janeiro de 2009)	Menciona REEE no decreto: impõe que deve ser estipulado prazo para cumprimento das obrigações de fabricantes, importadores revendedores, comerciantes, distribuidores e consumidores. Plano de Gerenciamento Integrado de REEE. Aborda todas as questões pertinentes à gestão de REEE.
MS	Em elaboração (fase de consulta pública)	Lei Estadual Nº 3.970 (17 de novembro de 2010)	Empresas que produzem, comercializam ou importam devem manter pontos de coleta e dar destinação ambientalmente adequada. Embalagens e rótulos devem conter as especificações sobre o perigo dos componentes existentes, alerta sobre o descarte correto e orientação sobre postos de entrega
MT	Em elaboração	Lei Estadual nº 7.862 (19 de dezembro de 2002)	REEE são considerados resíduos especiais: os fabricantes ou importadores de produtos ou serviços que geram resíduos especiais são responsáveis pelo gerenciamento desses resíduos

Continuação do Quadro 11

Estado	Plano Estadual de Resíduos Sólidos	Lei / Data	Menção aos Resíduos Eletroeletrônicos
PA	Em elaboração (relatório síntese apresentado em dezembro/2015)	Lei nº 7731 (2013)	Política Estadual de Saneamento Básico. Prevê a elaboração do PERS. Relatório Síntese do PGIRS menciona REEE.
PB	Concluído (2014)	Lei Nº 9.129 (27 de maio de 2010)	Responsabilidade da destinação final adequada é solidária entre as empresas que produzam, comercializem ou importem produtos e componentes eletrônicos. Embalagens e rótulos devem conter as especificações sobre o perigo dos componentes existentes, alerta sobre o descarte correto e orientação sobre postos de entrega
PE	Concluído (2012)	Lei Estadual Nº 14236 (13 de dezembro de 2010)	Institui o PERS. Menciona responsabilidade compartilhada e logística reversa apenas para pilhas, baterias e lâmpadas, mas não REEE.
PI	-	Decreto Nº 13.000 (27 de fevereiro de 2008)	Cria o Grupo de Trabalho para elaboração da Política Estadual de resíduos sólidos.
PR	Concluído (2018)	Lei nº 15.581 (10 de junho de 2008)	Empresas produtoras, distribuidoras e que comercializam equipamentos de informática são obrigadas a criar e manter programa de recolhimento, reciclagem ou destruição de equipamentos de informática, sem causar poluição ambiental.
RJ	Concluído (2013)	Lei Estadual nº 4.191 (30 de setembro e 2003)	Nova Lei Estadual nº 6.805 de 18 de junho de 2014 inclui artigos na Lei de 2003 e menciona REEE (mesma abordagem da PNRS)
RN	Concluído (2019)	Lei Nº 10478 (30 de janeiro de 2019)	Determina às empresas que comercializam pilhas, baterias e aparelhos eletrônicos de pequeno porte no Estado do Rio Grande do Norte a instalação de coletores de lixo eletrônico.
RO	Concluído (2018)	Lei Estadual nº 1.106 (06 de agosto de 2002)	Responsabiliza estabelecimentos que comercializam e assistências técnicas que recebam e repassem aos fabricantes, ou importadores, o tratamento ou disposição final adequada.
RR	Em elaboração	Lei Estadual nº 416 (14 de janeiro de 2004)	REEE considerado lixo tecnológico, inserido nos resíduos especiais pós-consumo: os fabricantes e os importadores que geram os resíduos são responsáveis pelo seu recolhimento, pela sua descontaminação, quando necessária, e pela sua disposição final.
RS	Concluído (2014)	Lei nº 14.528 (16 de abril de 2014)	Mesma abordagem da PNRS

Continuação do Quadro 11

Estado	Plano Estadual de Resíduos Sólidos	Lei / Data	Menção aos Resíduos Eletroeletrônicos
SC	Concluído (2012)	Lei Estadual nº 12.863 (12 de janeiro de 2004)	Comerciantes devem recolher pilhas, baterias de telefones celulares, pequenas baterias alcalinas e congêneres, quando não mais aptas ao uso para posterior recolhimento dos fabricantes.
SE	Concluído (2013)	Lei Estadual nº 5.857 (22 de março de 2006)	REEE é considerado resíduo especial: os fabricantes, registradores ou importadores dos produtos e bens que dão origem aos resíduos classificados como especiais pós-consumo, devem dispor os resíduos coletados pelos centros de recepção em locais destinados para esse fim, aprovados pelo órgão ambiental estadual competente.
SP	Concluído (2014)	Lei Estadual nº 12.300 (16 de março de 2006) Lei nº 13.576 (06 de julho de 2009)	Indústria de materiais elétricos, eletrônicos e de comunicação deve apresentar Plano de Gerenciamento dos Resíduos Resolução SMA-038, de 02 de agosto de 2011. Estabelece a relação de produtos geradores de resíduos de significativo impacto ambiental, para fins do disposto no artigo 19, do Decreto Estadual nº 54.645, de 05.08.2009, que regulamenta a Lei Estadual nº 12.300, de 16.03.2006, e dá providências correlatas Institui normas e procedimentos para a reciclagem, gerenciamento e destinação de final de lixo tecnológico
TO	Concluído (2017)	Nº 3614 (18 de dezembro de 2019)	Mesma abordagem da PNRS

O Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos é parte constituinte do conteúdo mínimo obrigatório descrito na PNRS, sendo de responsabilidade dos municípios a gestão local dos resíduos sólidos.

Segundo Magalhães (2011), a referida lei incentiva a concepção de planos microrregionais e consórcios municipais para a gestão de resíduos sólidos, devido à dificuldade que os pequenos municípios têm de desenvolver um negócio sustentável a longo prazo.

Ainda segundo o autor, através de acordos setoriais, são criados vínculos entre a administração pública e instituições privadas, possibilitando acatar alternativas, por meio de ações concomitantes, para a destinação ambientalmente adequada e inserção da coleta

seletiva, objetivando receber os produtos de sua responsabilidade, prover seu reuso ou reciclagem.

De acordo com Dias (2017), algumas capitais dos estados brasileiros já possuem legislação específica para os REEEE e responsabilizam fabricantes, importadores e revendedores de equipamentos eletroeletrônicos de implantar e gerir o sistema de logística reversa esteando em concordância com a PNRS. Outras capitais, possuem legislação específica referente à gestão dos resíduos sólidos, mas não abordam os REEEE, ficando descoberta a gestão específica destes resíduos. As leis municipais das capitais dos estados do Brasil que abordam a gestão de REEEE, estão mostradas no Quadro 12.

Quadro 12 - Leis municipais sobre a gestão de resíduo eletroeletrônico (Fonte: Adaptado de Dias, 2017).

Estado / Capital	Lei / Decreto	Responsabilidade sobre o resíduo eletroeletrônico
Acre / Rio Branco	Lei nº 1572/2005	Dispõe sobre descarte, coleta, reutilização, reciclagem e tratamento final de pilhas e baterias usadas. Responsabilidade dos fabricantes, importadores, rede de assistência técnica e comerciantes. Compete à Secretaria Municipal de Meio Ambiente a fiscalização.
Alagoas / Maceió	Lei nº 6496/2015	Responsabilidade das empresas que fabricam e produzem, importam, distribuem e comercializam produtos e seus componentes. As empresas responsáveis pela comercialização de produtos eletroeletrônicos receberão incentivos para realizar campanhas de esclarecimento do consumidor sobre descarte adequado.
Amapá / Macapá	Lei complementar nº 026/2004	Plano Diretor de desenvolvimento urbano e ambiental de Macapá. Cita Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos sólidos (não especifica REEEE)
Amazonas / Manaus	Lei nº 1705/2012	Dispõe sobre coleta, reutilização, reciclagem, tratamento e destinação final REEEE. As empresas que produzem, importam ou comercializam os produtos tecnológicos, deverão apresentar ao órgão de proteção ambiental municipal, um projeto de gestão de REEEE (individual ou coletivamente). Os projetos que incluem a participação de cooperativas de trabalhadores para coleta, reutilização e reciclagem de lixo tecnológico, podem receber incentivos do Município.
Bahia / Salvador	Lei nº 8.195/2015	Institui política municipal de meio ambiente e desenvolvimento sustentável. Aborda o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos e cita a possibilidade de logística reversa de resíduos sólidos. Não menciona especificamente REEEE.

Continuação do Quadro 12

Estado / Capital	Lei / Decreto	Responsabilidade sobre o resíduo eletroeletrônico
Ceará / Fortaleza	Lei nº 8408/1999; alterada pela Lei nº 10340/2015 Decreto nº 13577/2015	Possui plano de gestão integrada de resíduos sólidos, onde os REEE são coletados e tem destinação por meio de empresa contratada – Ecoletas Ambiental.
Distrito Federal / Brasília	Lei nº 3232/2003 revogada pela Lei nº 5418/2014	Dispõe sobre a Política Distrital de Resíduos sólidos. Os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de produtos eletrônicos e seus componentes, são obrigados a estruturar e implementar sistema de logística reversa, de forma independente do serviço público de limpeza urbana.
Espírito Santo / Vitória	Lei nº 8043/2010 Lei nº 8348/2012	Determina a instalação de recipientes para coleta de lixo tecnológico em shopping, terminal rodoviário, terminal de transporte coletivo, supermercado, aeroporto e outros. Institui o “Dia da Coleta de Lixo eletrônico”
Goiás / Goiânia	Decreto nº 290/2014	Constitui a Comissão de Trabalho de Resíduos sólidos do município de Goiânia, para elaboração do PMGIRS. PMGIRS lançado em 04/03/2016 e propõe destinação adequada dos resíduos de Logística Reversa, com o retorno à indústria dos materiais pós-consumo.
Maranhão / São Luís	Lei nº 3815/1999	Regulamenta coleta, armazenamento, envio e destruição de baterias usadas de celulares. Responsabilidade compartilhada entre empresas que comercializam aparelhos celulares e TELMA (Telecomunicações do Maranhão). PMGIRS está em elaboração na fase de consulta pública.
Mato Grosso / Cuiabá	Lei nº 364/2014	Institui a Política Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. São obrigados a estruturar e implementar sistema de logística reversa, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de produtos eletroeletrônicos e seus componentes.
Mato Grosso do Sul / Campo Grande	Lei nº 209/2012 Decreto nº 12.254/2013	Institui Código Municipal de Resíduos sólidos e disciplina a Limpeza urbana. Menciona resíduos sólidos especiais – não especifica eletroeletrônicos. Prevê a criação de Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, no período de 12 meses contados da data de publicação da Lei. Aprova o Plano Municipal de Saneamento Básico de Campo Grande. Menciona destino de Pilhas, baterias e lâmpadas fluorescentes. A meta do Plano é implantar, até o ano de 2018, sistema de coleta de resíduos tecnológicos, a qual deverá ser realizada de forma individual (sem misturar com a coleta seletiva e coleta convencional).

Continuação do Quadro 12

Estado / Capital	Lei / Decreto	Responsabilidade sobre o resíduo eletroeletrônico
Minas Gerais / Belo Horizonte	Lei nº 10.534/2012 alterada pela Lei nº 10885/2015	Dispõe sobre a limpeza urbana, seus serviços e manejo de resíduos sólidos no município. Menciona pilhas, baterias, lâmpadas fluorescentes e REEE. Coleta, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos especiais são de responsabilidade do gerador, devendo ser processados por métodos aprovados e licenciados pelos órgãos ambientais competentes. Sistema de Limpeza Urbana poderá realizar coleta, transporte, tratamento e destinação final, em caráter facultativo e a seu exclusivo critério, cobrando este serviço do gerador.
Pará / Belém	Lei nº 8899/2011	Institui o Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos sólidos do município. Não menciona REEE.
Paraíba / João Pessoa	Lei nº 12160/2011	Institui normas, prazos e procedimentos para gerenciamento, coleta, reutilização, reciclagem e destinação final do lixo tecnológico. Gestão de REEE de responsabilidade das empresas que fabricam, importam, produzem, distribuem e comercializam esses equipamentos e seus derivados. As empresas responsáveis pelo produto eletroeletrônico comercializado neste município, receberão incentivos para realizar campanhas de esclarecimento sobre descarte de REEE.
Paraná / Curitiba	Lei nº 14596/2015	Dispõe sobre a separação e descarte dos resíduos sólidos domésticos, limpeza urbana, estabelecimentos comerciais e prestadores de serviço. Exclui os REEE, que deverão ser retornados após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana, aos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes.
	Lei nº 13.509/2010 alterada pela Lei nº 13965/2012	Dispõe sobre tratamento e destinação final diferenciada de resíduos especiais. Cadastro obrigatório junto ao município de Curitiba dos fabricantes e importadores de produtos, geradores dos resíduos previstos. Os revendedores são responsáveis por receber os REEE em seus estabelecimentos. Os fabricantes, importadores e distribuidores deveriam apresentar ao Município o Plano de Gerenciamento de Resíduos.
Pernambuco / Recife	Decreto nº 27045/2013	Reconhece o Plano Metropolitano de Resíduos sólidos do Recife como Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos sólidos do município do Recife. Propõe o desenvolvimento de estudos científicos para o manejo de REEE.
	Projeto de Lei nº 101/2011 Rejeitado em 05/12/2011	Institui normas e procedimentos para gerenciamento e destinação de lixo tecnológico. REJEITADO E ARQUIVADO.
Piauí / Teresina	Lei nº 3610/2007	Código Municipal de Posturas. Determina apenas local para coleta de pilhas e baterias.

Continuação do Quadro 12

Estado / Capital	Lei / Decreto	Responsabilidade sobre o resíduo eletroeletrônico
Rio de Janeiro / Rio de Janeiro	Lei nº 4969/2008	Dispõe sobre objetivos, instrumentos, princípios e diretrizes para a Gestão Integrada de Resíduos Sólidos no município. Coleta, reutilização, reciclagem, tratamento e destino final dos produtos são de responsabilidade dos fabricantes, importadores e distribuidores.
Rio Grande do Norte / Natal	-	Foi elaborado um Plano Municipal de Gestão de resíduos sólidos e apresentado em audiência pública dia 12/01/2012. Não foram encontradas Leis efetivando o PMGRS
	Lei nº 4748/1996	Regulamenta a Limpeza Urbana no Município de Natal. Não menciona REEE.
Rio Grande do Sul / Porto Alegre	Lei nº 11.384/2012	Estabelece regras para destinação final ambientalmente adequada do lixo eletrônico.
	Lei nº 9851/2005 (revogada pela Lei nº 11384)	São considerados responsáveis pela destinação ambientalmente adequada dos REEE, os fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes e os consumidores.
Rondônia / Porto Velho	Lei nº 2138/2014	Institui normas e procedimentos para coleta, armazenagem e destinação final de eletrodomésticos e lixo tecnológico. Os resíduos serão entregues pelos usuários aos estabelecimentos que comercializam ou à rede de assistência autorizada, para repasse aos fabricantes ou importadores, a fim de que adotem procedimentos de reutilização, reaproveitamento, reciclagem, tratamento e destinação final. É de responsabilidade da empresa que fabrica, importa ou comercializa produtos eletroeletrônicos manter pontos de coleta de lixo tecnológico. Na hipótese da empresa não dispor de espaço físico para instalar um ponto de coleta, deverá divulgar a seus consumidores endereços e contatos de estabelecimentos comerciais conveniados, ou cooperativa de catadores, que recebam tais resíduos para a destinação final correta.
Roraima / Boa Vista	Lei nº 1631/2015	Dispõe sobre a coleta de lixo eletrônico e fixa o Dia da coleta de lixo eletrônico. Os prédios públicos, supermercados e lojas de eletrônicos devem disponibilizar pontos de coleta de lixo eletrônico. O poder executivo é responsável pela coleta semanal dos REEE e devida destinação. Os REEE são encaminhados para a fabricante, autorizada ou empresa de coleta, reaproveitamento, reciclagem e destinação final. Fica instituído o primeiro sábado do mês de junho como o "Dia da coleta de Lixo Eletrônico". Neste dia o Poder Executivo disponibilizará no centro da cidade, em local estratégico, espaços destinados ao depósito e armazenamento de REEE, além de promover campanha de conscientização.

Continuação do Quadro 12

Estado / Capital	Lei / Decreto	Responsabilidade sobre o resíduo eletroeletrônico
Santa Catarina / Florianópolis	Lei CMF nº 494/2000	Dispõe sobre a recepção de resíduos sólidos potencialmente perigosos à saúde. Menciona pilhas, baterias, lâmpadas fluorescentes, produtos em aerosol e outros determinados pelos órgãos governamentais de pesquisa científica, tecnológica e ambiental. Empresas que comercializam os produtos se responsabilizam pela construção, instalação e limpeza dos recipientes para coleta, tendo em contrapartida o direito a explorar o espaço publicitário dos recipientes. Ao poder executivo cabe a coleta regular dos resíduos acondicionados, e a construção de depósito final em local próprio.
São Paulo / São Paulo	Decreto nº 53.924/2013	Convoca a Conferência Municipal do Meio Ambiente, e cria Comitê Intersecretarial para Implementação da Política Municipal de resíduos sólidos.
	Decreto nº 54.991/2014	Aprova as alterações e consolida o Plano de gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de São Paulo.
Sergipe / Aracaju	Lei nº 3697/2009	Dispõe sobre a coleta, recolhimento e destino final de resíduos sólidos potencialmente perigosos. A coleta pública dos REEE de responsabilidade do município. A reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final dos REEE fica sob responsabilidade dos fabricantes ou importadores.
Tocantins / Palmas	Anexo IV ao Decreto nº 700/2014	Plano Municipal de Saneamento Básico de Palmas.

2.3 Indicadores de Sustentabilidade

Os indicadores de sustentabilidade aplicados na gestão de resíduos sólidos urbanos, constituem instrumentos relevantes que possibilitam os gestores públicos e a população de avaliar e monitorar a sustentabilidade nas suas diferentes dimensões e traçar estratégias da gestão, proporcionando o aumento da qualidade de vida dos habitantes (SANTOS; DIAS; VAZ, 2016).

Segundo Fechine e Moraes (2015), aplicando-se a matriz de indicadores de sustentabilidade é possível a detecção de problemas relacionados à gestão, ao planejamento e ao gerenciamento da coleta seletiva. Sendo assim, os indicadores mostram-se capazes de contribuir na denúncia de realidades insustentáveis, sendo bastante útil nas etapas de concepção, planejamento, monitoramento e avaliação de políticas públicas em áreas distintas, isto inclui, aquelas relacionadas a gestão dos resíduos sólidos urbanos (POLAZ; TEIXEIRA, 2009).

Em seu trabalho, Santiago e Dias (2012), defendem o uso contínuo de indicadores de sustentabilidade como instrumento para avaliar a gestão de resíduos sólidos urbanos, e

indicam o uso dessa ferramenta como uma forma de contribuir para o avanço da gestão de resíduos, por permitir a obtenção do panorama da situação e subsidiar tomadas de decisões.

O uso de indicadores também é apresentado na PNRS, Art. 19º, parágrafo VI, que inclui indicadores como parte do conteúdo mínimo que deve estar presente nos planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos, servindo como mecanismo para análise de desempenho operacional e ambiental dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

Alguns conceitos relevantes de indicadores de sustentabilidade são:

- Um indicador tem por objetivo tornar perceptível um fenômeno não detectável de forma imediata, fornecendo um significado maior que o obtido através da observação direta, expresso por gráficos ou formas estatísticas (SEI, 2006).
- Indicadores devem ser indispensáveis no processo de decisão e para a política, ou seja, deve ser usado como auxílio no processo de tomada de decisão (BRIGGS, 2003; SEGNESTAM, 2002; BELLEN, 2005).
- Os indicadores podem ser empregados como um meio de avaliação com utilidade para se comparar com padrões definidos. Os padrões podem ser ditos como valores ideais a serem atingidos por meio da análise de parâmetros. (QUIROGA, 2007).
- A Agencia Europeia de Meio Ambiente, define um indicador como uma medida, na maioria das vezes quantitativa, que pode ser usada para delinear e comunicar um conjunto de fenômenos complexos de uma maneira simples, com tendências e progressos ao longo do tempo (EEA, 2005).
- Os indicadores de sustentabilidade podem ser vistos como lentes capazes de enxergar os pontos positivos, pontos frágeis e problemas que podem tornar o programa inviável (FECHINE e MORAIS (2015).

Segundo Lozano (2012), a diferença entre indicadores de sustentabilidade e outros indicadores é que o objetivo do primeiro é mensurar a propensão que um sistema possui de se adaptar a mudanças e exigir uma ampla visão que relate diferentes dimensões de uma comunidade específica.

Alguns critérios para a seleção dos indicadores são: a relevância, isto é, a contribuição que as informações dadas por estes indicadores forneceriam na análise da situação da gestão dos REEE; dados disponíveis para acesso; a facilidade de compreensão e

sua forma de cálculo (PEREIRA et al, 2018). O autor acrescenta que, por ter a função de resumir grandes quantidades de dados, o uso de indicadores pode se tornar uma ferramenta que facilita, aos diferentes tipos de usuários, o acesso a informações científicas e técnicas.

De acordo com Santiago e Dias (2012), a etapa de seleção dos indicadores não é uma tarefa simples, geralmente, devido à complexidade nos pontos que abordam, faz-se necessária uma grande e abrangente lista de indicadores que possuam relação com as atividades da sociedade relacionada ao estudo. Para Milanez (2002), os indicadores buscam somar diferentes dimensões da sustentabilidade, possibilitando uma avaliação da situação real e perspectivas da sociedade através de sua interpretação.

Em seu trabalho, Novaes (2012), propôs um conjunto de indicadores para avaliar o desempenho ambiental, social, econômico e técnico para a cadeia reversa do reuso de computadores de pós-consumo no âmbito do Projeto Computadores para Inclusão. O estudo foi realizado nos Centros de Recondicionamentos de Computadores - CRCs - em Lauro de Freitas/BA e em Belo Horizonte/MG. Após a realização do referencial teórico foram levantados indicadores relacionados ao de reuso de computadores, nos casos de ausência de indicadores específicos para o estudo. A autora concluiu que os indicadores de desempenho econômico e técnico, não alcançaram consenso ou alta pontuação nos critérios estabelecidos e identificou oportunidades e fragilidades do projeto, também fez recomendações baseadas na caracterização da cadeia reversa e nos resultados da consulta de indicadores.

Dias (2017), reuniu um conjunto de indicadores para avaliar o sistema de gestão de REEE e propôs um índice para sua avaliação. Os indicadores selecionados na literatura técnica e científica foram agrupados segundo as dimensões da sustentabilidade: política institucional, conhecimento/cobertura, econômica, social, tecnológica e ambiental/ecológica e suas escalas de avaliação, majoritariamente contínuas, foram criadas também baseadas na literatura. Por fim, esse conjunto de indicadores foram aplicados ao Centro de Descarte e Reuso de Resíduos de Informática (CEDIR) da Universidade de São Paulo (USP), compondo o Índice da Gestão de REEE. Os resultados indicaram média sustentabilidade e apontam para ações a serem tomadas para melhorar a gestão de REEE.

Com o intuito de contribuir para o acompanhamento e avaliação dos sistemas de logística reversa de REEE pelos órgãos ambientais, Pereira (2018) desenvolveu indicadores e critérios para sua avaliação, por meio da revisão bibliográfica e pesquisa documental sobre os modelos de gestão de REEE e os sistemas de logística reversa na Europa, no Japão e no Brasil, utilizando o Método Delphi para validação dos indicadores levantados. Como resultado, foi proposto um conjunto de 31 indicadores, agrupados nas dimensões:

abrangência, representatividade, parcerias, coleta, destinação e disposição final e investimentos. Também foi proposto um modelo de relatório para tais sistemas, para fornecer os dados necessários aos indicadores.

Motta, Barreto e Xavier (2019), realizaram um estudo com o objetivo de identificar indicadores para planejamento de um modelo de gestão de REEE em instituições públicas. Dentre os 99 indicadores selecionados e avaliados, foram utilizados 32 para adaptação e posterior validação. Tais indicadores foram divididos entre as dimensões econômico/financeira, ambiental e social e subdivididos em 7 categorias: caracterização da instituição, geração de REEE, logística interna em relação aos REEE, destinação final de REEE, normas institucionais, capacitação e sensibilização interna e externalização da informação. Segundo os autores estes indicadores poderão ser utilizados para subsidiar o desenvolvimento de um modelo mais eficiente de gestão de REEE, mais proporcional à realidade do ambiente institucional.

Ferreira, Pacheco e Silva (2018), estudaram indicadores de sustentabilidade para avaliação do gerenciamento de REEE com foco na reciclagem. O objetivo do trabalho foi discutir indicadores ambientais, econômicos, sociais e técnicos e desenvolver uma metodologia para identificação desses indicadores. Como resultado, os autores propuseram uma metodologia dividida em três fases (Figura 3) e, na conclusão, afirmam que o método Delphi, apresentado em seu trabalho, oferece diversas vantagens, tais como a possibilidade de feedback e reavaliação de opiniões dos entrevistados durante as reaplicações dos questionários; a revisão da forma de aplicação dos questionários; avaliação do envolvimento de especialistas na área e existência de um processo de aprendizagem entre os envolvidos, pois é possível aplicar os questionários mais de uma vez.

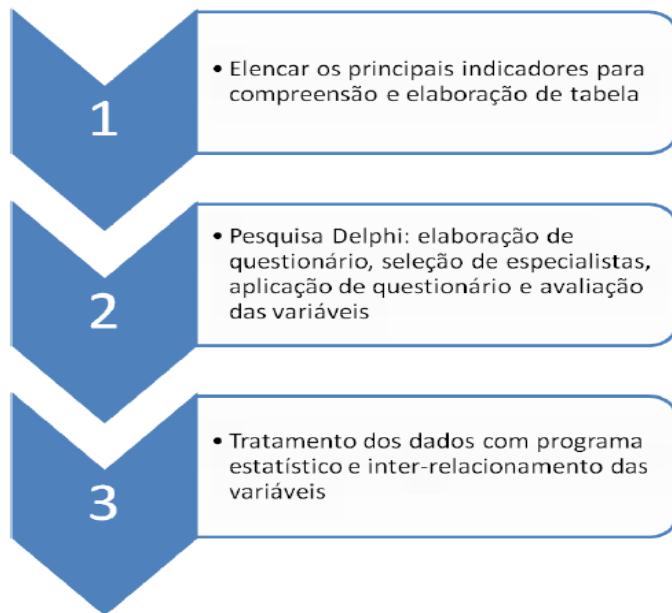


Figura 3 - Etapas para identificação de indicadores (Fonte: FERREIRA, PACHECO e SILVA, 2018).

A pesquisa realizada por Pereira, Ribeiro e Günther (2017), objetivou-se identificar e analisar comparativamente conjuntos de indicadores relativos à gestão de REEE, com vistas a avaliar sua aplicabilidade à realidade brasileira. Seus resultados forneceram parâmetros direcionadores no desenvolvimento de indicadores para sistemas de logística reversa, como o foco na aplicação prática dos indicadores, a transparência na apresentação da metodologia e no nível de facilidade na obtenção dos dados, e a opção por utilizar metodologias consagradas que permitem a comparação com outros indicadores. Por fim, os autores ressaltaram que a análise comparativa realizada no estudo teve caráter preliminar e necessita de análises mais aprofundadas dos possíveis indicadores a serem usados para avaliar os sistemas de Logística Reversa de REEE que deverão ser implantados no país, recomendando a realização de outros estudos nesta temática.

Apesar de haver na literatura científica alguns trabalhos na área de indicadores para REEE, a maioria não apresenta formas claras de mensuração e aplicação, não possuem descritores que representem as possibilidades de realidade local, ou mesmo, não fornecem um meio de medição de um índice de sustentabilidade para o gerenciamento desses resíduos no município. Dessa forma, o presente trabalho se propôs a identificar indicadores relevantes para avaliar o gerenciamento de REEE e desenvolver uma matriz para avaliação do gerenciamento do REEE nos municípios.

2.3.1 Método Delphi

A técnica Método Delphi apresenta-se como uma forma de se adquirir a avaliação de especialistas em pequena e larga escala, para problemas complexos ou incertos ou quantificar variáveis ainda não calculáveis ou precisas (LINSTONE Y TUROFF, 2002).

O método consiste na seleção de um conjunto de especialistas que devem responder a uma rodada ou mais de perguntas agrupadas em questionários. As respostas obtidas de cada rodada deverão ser analisadas e devolvidas aos especialistas, que, após tomarem conhecimento das respostas dos outros membros, são submetidos à nova rodada de questões, sucessivas e complementares (LINSTONE e TUROFF, 2002). Normalmente, recomenda-se três rodadas de aplicação, ou no mínimo duas, a depender das metas e resultados obtidos, objetivando chegar a um consenso de opiniões entre os especialistas (WRIGHT e GIOVINAZZO, 2000; LINSTONE Y TUROFF, 2002).

Besen (2011) reuniu um conjunto de vantagens e desvantagem do Método Delphi (Quadro 13).

Quadro 13 - Vantagens e desvantagens da aplicação da técnica Método Delphi (Fonte: Adaptado de Besen, 2011).

Vantagens	Desvantagens
Qualifica o nível de discussão e amplia a possibilidade de aceitação e uso dos indicadores validados conjuntamente.	O fato dos critérios de seleção da amostra de respondentes ser definido pelo pesquisador.
Questionários individuais facilitam a reflexão e o registro em relação ao processo desenvolvido em grupo.	Excessiva dependência dos resultados e possibilidade de introdução de viés.
O anonimato elimina a influência de fatores como “status” acadêmico ou profissional ou a oratória na defesa de argumentos.	Possibilidade de se forçar o consenso indevidamente.
Reduz fatores restritivos de dinâmicas de grupo tais como: supressão de posições minoritárias, omissão de participantes, manipulação política, dentre outras.	Dificuldade de se redigir um questionário sem ambiguidades e sem viés sobre tendências futuras.
Reduz custos com pessoal, deslocamento, e independe de agendas e pode envolver especialistas no país e no exterior.	A pesquisa com especialistas de uma cidade ou região dificulta captar nas respostas, as diferentes realidades locais e regionais.
O engajamento no processo de um grande número de participantes com atuação em diferentes regiões do país induz à criatividade e confere credibilidade ao estudo.	Aumento da dificuldade de obtenção de respostas a cada rodada.
Possibilidade de realizar várias rodadas de questionários.	Dificuldade de aceitação científica de resultados não estatísticos.
Processo de validação não necessariamente por meios estatísticos.	

3 MATERIAL E MÉTODOS

O principal foco desta pesquisa é o levantamento de informações que permitam avaliar o nível de sustentabilidade do gerenciamento de REEE nos municípios brasileiros. As etapas do procedimento metodológico podem ser visualizadas no fluxograma (Figura 4).

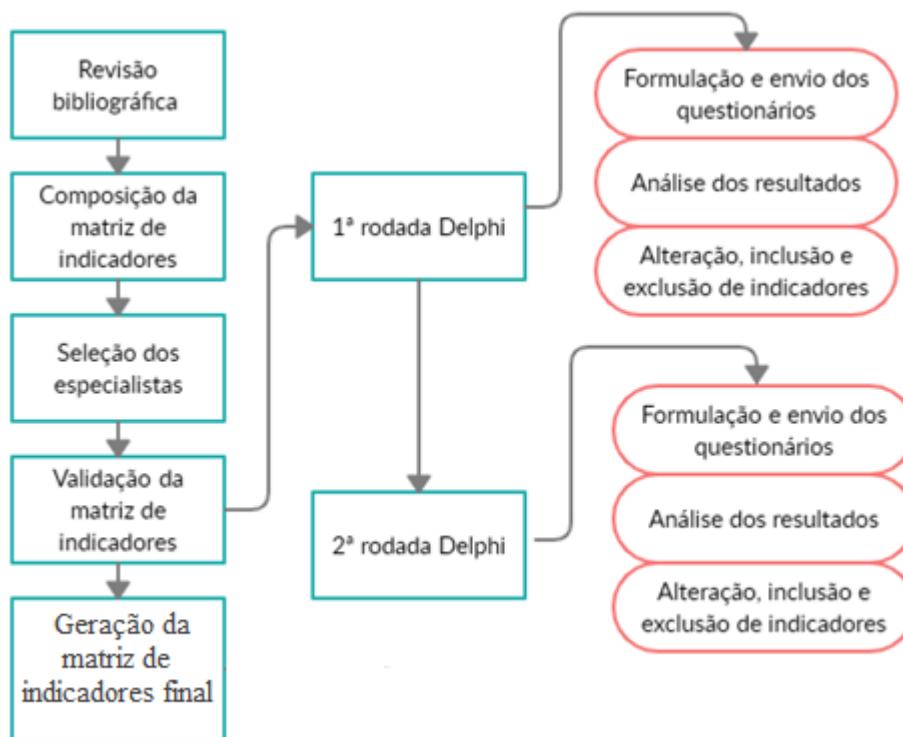


Figura 4 - Fluxograma das etapas metodológicas (Fonte: Elaborado pela autora, 2021).

3.1 Caracterização da Pesquisa

A abordagem do estudo foi a pesquisa qualitativa e exploratória. O método qualitativo possibilita a identificação de características de um fenômeno específico, mas que podem ser usadas em outros casos estudados, criando-se uma relação de comparação (FLICK, 2004).

A pesquisa exploratória busca desenvolver, esclarecer ou modificar ideias, oferecendo uma visão geral em relação a determinados fatos, normalmente empregada quando o tema é pouco abordado, tornando difícil formular hipóteses precisas e operacionalizáveis. Geralmente, inclui levantamento bibliográfico e documental, realização de entrevistas e estudos de caso (GIL, 2007).

De acordo com Marconi e Lakatos (2002), a pesquisa exploratória-descritiva permite uma combinação de abordagens qualitativas, quantitativas e demais informação obtidas por outros métodos.

3.2 Planejamento da Pesquisa

Para coleta de dados, que ocorreu durante os meses de fevereiro a dezembro de 2020, utilizou-se as seguintes estratégias: revisão bibliográfica, revisão das legislações vigentes, entrevista, visitas aos pontos de coleta e aplicação de questionários.

Primeiramente, realizou-se um levantamento bibliográfico dos indicadores que avaliam a logística reversa, a gestão e o gerenciamento dos REEE, e partir de então, foi possível identificar na literatura científica e em outras fontes, propostas de critérios e indicadores.

Para seleção dos indicadores, foram usados os critérios adotados por Dias (2017), que foram: aplicabilidade dos indicadores, a acessibilidade dos dados, a relevância, a validação científica e social, a previsibilidade, a padronização, a sensibilidade temporal, a confiabilidade da fonte, a consistência científica e critérios que estimulassem boas práticas futuras no gerenciamento de REEE.

Alguns indicadores foram criados para o atual estudo, baseados na realidade local e na legislação municipal de João Pessoa pertinente a REEE, e também, houve adaptações de indicadores que avaliam a coleta seletiva. Após esta etapa, resultou-se em um total de 31 indicadores, que foram agrupados em seis dimensões: Política/Institucional, Conhecimento/Cobertura, Econômica, Social, Ambiental e atendimento a Lei nº 12.160/2011 (Lei municipal de João Pessoa referente aos REEE), que correspondem a aspectos importantes no gerenciamento dos REEE.

A próxima etapa consistiu na definição dos descriptores de sustentabilidade e das escalas de avaliação. Os descriptores representam as possibilidades de realidade local, e servem como meio de mensuração dos indicadores. Quanto às escalas, suas amplitudes foram determinadas com base em indicadores iguais ou semelhantes existentes na literatura e, posteriormente, houve a padronização dessas escalas para alguns indicadores do atual estudo. Esta padronização foi feita com o intuito de facilitar a análise feita por parte dos especialistas durante a aplicação dos questionários.

3.3 Dimensões da Sustentabilidade

As dimensões da sustentabilidade utilizadas para agrupar, inicialmente, os indicadores de sustentabilidade do gerenciamento do REEE foram baseados, principalmente, em Polaz e Teixeira (2009), Santiago e Dias (2012), Dias (2017) e na Lei Municipal de João Pessoa nº 12.160/2011, pois inicialmente o objetivo era propor uma matriz para o referido município, no entanto, em aceitação as sugestões de especialistas a última dimensão foi excluída.

- Dimensão Política/Institucional é caracterizada por princípios como a democratização da informação, a participação e o controle social (POLAZ E TEIXEIRA, 2009). Segundo Santiago e Dias (2012), é pertinente a adoção de atos regulatórios/normativos em políticas de gestão de resíduos sólidos visto que tais atos ou normas norteiam e definem diretrizes e arranjos institucionais que trabalham em concordância com as orientações nacionais e também internacionais, respeitando as necessidades locais para o gerenciamento de resíduos.
- Conhecimento/Cobertura diz respeito aos aspectos relacionados à educação ambiental e à mobilização social frente ao problema da gestão dos resíduos (DIAS, 2017). Segundo Santiago e Dias (2012), a dimensão do conhecimento (educação ambiental e mobilização social) se refere ao envolvimento de todos os aspectos relacionados à problemática dos resíduos sólidos, constituindo a base para todos os demais princípios. Inclui informações trocadas com a comunidade e a sensibilização dessas pessoas em relação aos problemas pertinentes à gestão de resíduos sólidos urbanos.
- Dimensão Econômica está relacionada com as fontes, destinação e administração adequada das finanças direcionadas à manutenção da gestão de resíduos sólidos (SANTIAGO E DIAS, 2012). O Decreto nº 7.217/2010, art. 46º, designa taxas e outros preços públicos destinados aos serviços de saneamento básico (BRASIL, 2010b).
- Dimensão Social possibilita a inclusão de alguns atores sociais, como catadores, uma vez que lhes garantam boas condições de trabalho e de educação, e dessa forma possa contribuir no incentivo à cidadania, à redução da pobreza e a geração de emprego (SANTIAGO E DIAS, 2012).

- Dimensão Ambiental se atém à restrição do uso dos recursos naturais não renováveis, à preservação da capacidade de autodepuração dos ecossistemas, ao direcionamento de rejeitos para os aterros sanitários, à minimização da geração, ao reuso, à reciclagem e à realização do tratamento de resíduos sólidos antes da sua disposição final. A dimensão ambiental também está citada na PNRS, onde a gestão dos resíduos sólidos deve seguir a hierarquização: não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.
- Dimensão Atendimento a Lei nº 12.160/2011 se atém em averiguar o cumprimento ou não de alguns pontos importantes da legislação supracitada do município de João Pessoa, que institui normas, prazos e procedimentos para o gerenciamento, coleta, reutilização, reciclagem e destinação final dos REEE.

3.4 Validação da Matriz de Indicadores

O processo de validação externa da matriz de indicadores em sua versão preliminar, foi realizada como forma de verificar sua capacidade de mensurar o gerenciamento dos REEE. Para isso, fez-se uso do Método Delphi.

O critério de escolha dos profissionais foi fundamentado na área de formação, especialidade no tema e atuação na temática em instituições públicas e privadas. Para isto, selecionou-se pessoas com conhecimento e experiência da área de REEE, como pesquisadores, acadêmicos, profissionais que atuam na rede de REEE no município e realizou-se buscas de professores doutores na Plataforma Lattes, finalizando-se a busca com aproximadamente 60 especialistas no Brasil. Segundo WRIGHT e GIOVINAZZO (2000), é necessário no mínimo três especialistas e sem limite máximo, podendo superar uma centena.

Na atual pesquisa, a fase de aplicação do Método Delphi contou com duas etapas. A primeira consistiu no envio dos questionários aos especialistas, e retorno dos questionários respondidos. Na segunda etapa, foram reenviados os questionários com as sugestões propostas, novos indicadores e indicadores modificados, para atribuírem, ou não, novas notas.

Na primeira rodada do Método Delphi, o envio do questionário ocorreu no dia 3 de julho e o encerramento no dia 4 de agosto de 2020. Durante esse período, o prazo para preenchimento do questionário foi prorrogado por duas vezes, na tentativa de obtenção de mais respostas. Dos 60 especialistas que foram enviados o questionário, 32 participaram da

pesquisa, obtendo-se assim um retorno de 53,3%. Foi registrado um total de 204 comentários e sugestões desses especialistas.

Já, a segunda rodada iniciou-se no dia 12 de outubro de 2020 e estendeu-se até dia 20 de novembro do referido ano, no qual foram enviados os questionários juntamente com os feedbacks para os 32 participantes da 1^a rodada. Nesta etapa obteve-se um total 28 respostas, correspondente à 87,5% de retorno considerando o grupo de 32 especialistas que responderam à 1^a rodada, além disso, foram recebidas 13 sugestões, número bem inferior a rodada anterior.

Durante a aplicação do questionário, foi possível a participação de especialistas de diversas regiões do país. Tal fato pode fortalecer a credibilidade do estudo para ser usado futuramente (BESEN, 2011). De acordo com Souza e Lamounier (2006), o método não necessita de consenso, uma vez que a opinião predominante é refletida pela mediana.

Todas as rodadas de questionário da pesquisa foram feitas por meio da ferramenta Google Forms, presente no pacote do escritório do Google Drive. Cada especialista recebeu o questionário, no qual pôde-se avaliar a relevância do indicador e também atribuir uma nota, dentro da escala sugerida, concernente a cada descritor de mensuração do indicador. Além disso, os especialistas puderam fazer suas sugestões.

Para a análise estatística dos resultados, foi empregado a ferramenta Excel 2013, na qual foram calculadas as médias, medianas, modas, frequências e porcentagens das notas atribuídas.

O grau de relevância demonstra a importância do indicador em fornecer informações para o gerenciamento dos REEE. Sendo assim o especialista deveria atribuir uma nota, de acordo com a escala Likert de cinco pontos: 5 – Muito relevante, 4 – Relevante, 3 – Desejável, 2 – Baixa relevância, 1 – Irrelevante.

Um indicador é considerado relevante se o somatório das notas entre 4 e 5 forem superiores a 50%, uma vez que o nível de consenso utilizado neste trabalho foi igual ou superior a 50%, baseado em Santiago e Dias (2012). Segundo os referidos autores, trabalhos passados mostraram que os níveis de consenso adotados na literatura variam de 50 a 80 %.

Os descritores da tendência à sustentabilidade representam as possibilidades de realidade local, e servirão como meio de mensuração dos indicadores. Na matriz preliminar, dos 31 indicadores, 29 continham três descritores e 2 continham dois descritores, somando-se um total de 91 espaços para atribuição dos pesos. A estrutura da matriz preliminar de indicadores pode ser observada no Quadro 14.

Quadro 14 - Estrutura da matriz preliminar de indicadores (Fonte: Elaborado pela autora, 2021).

Dimensão	Indicadores	Forma de mensuração	Relevância do indicador (1-5)	Descritores	Nota (0-5)	Disponibilidade de dados (Alta, média, Baixa)	Sugestões / justificativas
	Ind. 01			Descriptor 1			
				Descriptor 2			
				Descriptor 3			

No questionário também foi pedido que os especialistas avaliassem a disponibilidade de dados, indicando qual a facilidade de acessar os dados necessários para alimentar os indicadores, baseado em Pereira, Ribeiro e Günther (2017). As possibilidades de resposta foram as seguintes:

- 1 – Alta disponibilidade de dados.
- 2 – Média disponibilidade de dados.
- 3 – Baixa disponibilidade de dados.
- 4 – Não tenho conhecimento.

A opção “Não tenho conhecimento” foi inserida para se reduzir os erros gerados devido à especificidade da pergunta, isto é, os especialistas não foram obrigados a responder quando não possuíam tal conhecimento. Dessa forma, calculou-se um percentual das respostas obtidas em cada opção (Alta, Média, Baixa e Não tenho conhecimento) para cada indicador.

Por fim, foi dado aos especialistas a possibilidade de sugerir alterações nas denominações, fórmulas de cálculos, descritores, novos indicadores e onde buscar os dados para alimentar tais indicadores. A tendência à sustentabilidade apresenta descritores que foram criados para o atual estudo, devido principalmente à ausência destes dados na literatura concernente aos REEE. Logo, as sugestões exercem grande influência nessa etapa da pesquisa.

De posse dos dados provenientes da aplicação da matriz em municípios brasileiros, poderão ser calculados os índices representativos do gerenciamento dos REEE no município,

obtendo seu nível de sustentabilidade. Segundo Besen (2011), a geração de índices é a única forma de se estabelecer comparações entre municípios ou organizações, e estimular o avanço em direção ao desenvolvimento sustentável, isto, quando são aprimorados para chegarem o mais próximo da realidade existente. Dessa forma, também foi proposto cálculo do índice de sustentabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O questionário com todos os indicadores propostos para a 1^a rodada, encontra-se no Apêndice A. Devido à pouca difusão do tema indicadores para REEE na literatura científica, como também observou Pereira (2018), houve dificuldades e limitações na seleção dos indicadores propostos em outros trabalhos, motivo da adaptação e criação de novos indicadores. Também foi verificado que muitos dos indicadores encontrados na literatura, apesar de relevantes, não apresentavam formas claras de mensuração ou descriptores da tendência à sustentabilidade. Dessa forma, foi necessário o desenvolvimento de tais complementos para permitir o desenvolvimento de um índice representativo.

4.1 Indicadores Criados, Adaptados e Selecionados Inicialmente

Inicialmente, foi possível a criação, adaptação e seleção de um conjunto de 31 indicadores relevantes ao estudo. Os indicadores propostos nesta etapa preliminar, para posterior validação pelos especialistas, foram baseados em Dias (2017), Santiago e Dias (2012), Polaz e Teixeira (2009), Besen (2011) e na Lei nº 12.160 / 2011. A última dimensão foi criada baseada no objetivo inicial de aplicar a matriz ao município de João Pessoa, no entanto, como não houve o estudo de caso, a dimensão foi posteriormente excluída e seus indicadores realocados para as demais dimensões.

Na área de REEE, trabalho Dias (2017) usou 40 indicadores distribuídos em seis dimensões da sustentabilidade; Pereira (2018) reuniu 31 indicadores com seis dimensões; Pereira, Ribeiro e Gunther (2017) reuniu 44 indicadores, mediante adaptações, que foram distribuídos em dois grupos: um para avaliação global da situação da implementação da LR de REEE no país, e os outros para avaliação da performance, enquanto Motta, Barreto e Xavier (2019) trabalhou com um conjunto reduzido a 32 indicadores e divididos em três dimensões e sete categorias.

No Quadro 15 é mostrado uma síntese dos indicadores criados, adaptados e selecionados, e suas formas de cálculos são descritas posteriormente.

Quadro 15 – Síntese dos indicadores propostos para 1^a rodada (Fonte: Elaborado pela autora, 2021).

Política/ Institucional	Conhecimento/ Cobertura	Econômica	Social	Ambiental	Atendimento à Lei 12.160/2011
----------------------------	----------------------------	-----------	--------	-----------	----------------------------------

Legislação específica de REEE	Número de pontos de coleta de REEE instalados	Taxa de reciclagem - TAR	Solidariedade	Estabelecimentos que comercializam EEE de segunda mão	Gerenciamento das categorias de REEE estabelecidas na lei municipal ⁷
-------------------------------	---	--------------------------	---------------	---	--

Continuação do Quadro 15.

Política/ Institucional	Conhecimento / Cobertura	Econômica	Social	Ambiental	Atendimento à Lei 12.160/2011
Plano Integrado de Gestão de REEE	Eficiência da coleta de REEE	Recursos alocados para ações de educação ambiental no gerenciamento de REEE	Abrangência dos cursos de	Número de serviços de reparo de EEE	Disponibilização de recipientes de coleta de REEE por parte das empresas ⁸
Acordo setorial	Estabelecimentos inscritos para instalação de pontos de coleta REEE	Viabilidade econômica da reciclagem	Condições de saúde ⁴ e trabalho ⁵	Grau de implementação das medidas recomendadas no licenciamento das atividades relacionadas aos REEE	Apresentação do Plano de Gestão de Resíduos Tecnológicos por parte das empresas ⁹
Instrumentos legais na relação da prefeitura com prestadores de serviço de coleta de REEE	Adesão ao sistema de logística reversa de REEE	Aplicação dos recursos provenientes do gerenciamento de REEE	Capacitação promovidos aos atuantes da rede de LR	Preservação dos recursos naturais	Parcerias entre as empresas responsáveis ou contratadas para destinação final dos REEE e as Associações e Organizações Não-Governamentais ¹⁰
Atendimento da população - %	Empresas de reciclagem ou gerenciadoras de REEE na região		Capacitação contínua de agentes que atuam na área de manejo de REEE	Efetividade de programas educativos continuados voltados para boas práticas de gerenciamento de REEE	REEE destinados à reutilização e reciclagem em relação ao total coletado ¹¹
Ações de fiscalização relacionadas ao gerenciamento de REEE	Realização de Avaliação da gestão dos REEE de forma participativa				
Informações sistematizadas e disponibilizadas sobre REEE para a população					

4.1.1 Dimensão Política/Institucional

4.1.1.1 Legislação Específica de Resíduo Eletroeletrônico

A existência de legislação é o primeiro passo para nortear o processo de gerenciamento de resíduos. Sendo assim, Dias (2017), utilizou este indicador em seu trabalho para verificar a existência de uma legislação específica para a gestão dos REEE.

Os descritores da tendência à sustentabilidade usados para mensuração do indicador foram três:

- Existe uma legislação específica de REEE.
- Não existe legislação específica de REEE, porém existe uma classificação do REEE como resíduo especial na legislação de RSU.
- Não existe legislação específica de REEE e a não há citação destes resíduos na legislação de RSU.

4.1.1.2 Plano Integrado de Gestão de Resíduo Eletroeletrônico

Segundo a PNRS, a gestão integrada de resíduos sólidos envolve um conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, considerando as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável. De acordo com Dias (2017), a elaboração de um plano integrado de resíduos sólidos passa pelas fases de diagnóstico, proposições, consolidação e monitoramento. Em seu trabalho, Dias (2017) usa o indicador de Plano de Integrado de Gestão de REEE como forma de verificar sua existência no país. Os descritores adotados foram os seguintes:

- Existe um plano de gestão integrada de REEE.
- Plano de gestão integrada de REEE em processo de conclusão ou menção dos REEE no plano de gestão integrada de RSU.
- Inexistência de plano de gestão integrada de REEE.

4.1.1.3 Acordo Setorial

Conforme o art. 3º, I, da PNRS, acordo setorial é o ato de natureza contratual firmado entre o poder público e fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes, tendo em vista a implantação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto. Segundo o Relatório Final da Primeira Fase do Acordo Setorial, acordo setorial pode ser definido como um dos possíveis instrumentos jurídicos que permite a implementação do sistema de logística reversa (CEMPRE, 2017). Dias (2017), utilizou este indicador para verificar a existência de um acordo setorial para os REEE. O indicador dispõe dos seguintes descritores:

- Existe acordo setorial.
- Acordo setorial em fase de elaboração.
- Inexistência do acordo setorial.

4.1.1.4 Instrumentos Legais na Relação da Prefeitura com Prestadores de Serviço de Coleta de Resíduo Eletroeletrônico

Este indicador foi uma adaptação do indicador Implementação de Instrumentos Legais na relação com as organizações de catadores, proposto por Besen (2011). Seus descritores são:

- Existe contrato ou convênio remunerado.
- Existe convênio sem repasse financeiro.
- Inexistência de ambos.

4.1.1.5 Atendimento à População – (%)

A criação de pontos de recebimento de REEE é de grande importância para o sucesso da logística reversa (DIAS, 2017). Souza et al. (2016), afirmam que o governo deveria ser responsável por fornecer recursos para a pesquisa, infraestrutura e campanhas para a coleta dos REEE; os consumidores deveriam ser melhor informados sobre os pontos de coleta.

O indicador Atendimento à População também foi uma adaptação de Besen (2011). Em seu trabalho, o autor faz a mensuração do indicador através da percentagem da população atendida pelo programa de coleta seletiva. No atual estudo, optou-se por averiguar a

porcentagem de bairros com pontos de coleta de REEE no município. A escala sugerida por Besen (2011) foi também usada nesta pesquisa:

- $\geq 80\%$.
- 40,1 a 79,9%.
- $\leq 40\%$.

4.1.1.6 Ações de Fiscalização Relacionadas ao Gerenciamento de Resíduo Eletroeletrônico

Polaz e Teixeira (2009), ao usar o indicador nomeado Quantidades de Ações de Fiscalização Relacionadas à Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos promovidas pelo poder público municipal, afirma que a inexistência de tais ações, ou em quantidade insuficiente implica em condições mais desfavoráveis à sustentabilidade, ao passo que a sua existência indica tendências favoráveis.

Portanto, este indicador é uma adaptação de Polaz e Teixeira (2009), que mede a quantidade de ações de fiscalização relacionadas ao gerenciamento de REEE promovidas pelo Poder Público Municipal, utilizando-se os seguintes descritores:

- Existe fiscalização com ocorrência permanente.
- Existe fiscalização, porém com ocorrência esporádica.
- Inexistência de fiscalização.

4.1.1.7 Informações Sistematizadas e Disponibilizadas sobre Resíduo Eletroeletrônico para a População

Segundo Milanez e Teixeira (2003), só é possível a participação efetiva da população na gestão de resíduos sólidos quando há difusão de informações, no entanto, não é um problema priorizado pelos gestores. Dessa forma, Polaz e Teixeira (2009), utilizam este indicador para averiguar a existência ou não dessa atividade na gestão de resíduos sólidos urbanos.

Na presente pesquisa, utilizou-se os seguintes descritores:

- Informações sistematizadas e disponibilizadas continuamente para a população.
- Informações são sistematizadas, mas não estão acessíveis para a população.

- Informações não são sistematizadas.

4.1.2 Dimensão Conhecimento/Cobertura

4.1.2.1 Número de Pontos de Coleta de Resíduo Eletroeletrônico Instalados

Segundo a Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI (2012), o número de 1 ponto de recebimento para cada 25.000 habitantes é um número adequado para a realidade brasileira. Baseando-se nisto, realizou-se uma adaptação de Dias (2017). O indicador foi calculado pela Equação 1:

$$\text{Indicador n° de pontos de coleta} = \frac{\text{nº de pontos}}{\text{Mil habitantes} \times 0,04} \times 100 \quad (1)$$

Elaborou-se a seguinte escala de pontuação para o indicador:

- $\geq 80\%$.
- 40,1 a 79,9%.
- $\leq 40\%$.

Quando o número de pontos de recebimento de REEE for superior a 1, a pontuação do indicador permanecerá igual a 100.

4.1.2.2 Eficiência da Coleta de Resíduo Eletroeletrônico

Segundo Dias (2017), a eficiência da coleta pode estar diretamente relacionada à gestão de resíduos. O indicador é calculado pela Equação 2.

$$\text{Eficiência da coleta} = \frac{\text{Quantidade de REEE coletado (kg)}}{\text{Quantidade de REEE gerado (Kg)}} \times 100 \quad (2)$$

O peso total dos REEE gerados em um dado ano, pode ser calculado a partir do peso médio dos EEE colocados no mercado nos três anos anteriores (DIAS, 2017). Em seu trabalho Dias (2017) utilizou-se de uma escala contínua para mensurar a eficiência da coleta de REEE. Nesta pesquisa será utilizada a seguinte escala para representar os descriptores:

- $\geq 80\%$.
- 40,1 a 79,9%.
- $\leq 40\%$.

4.1.2.3 Estabelecimentos Inscritos para Instalação de Pontos de Coleta de Resíduo Eletroeletrônico (ECP)

Dias (2017), utilizou este indicador como forma de monitorar a participação das companhias no sistema de gestão de resíduos. É calculado pela Equação 3.

$$E_{CP} = \frac{Nº\ de\ estabelecimentos\ com\ pontos\ de\ coleta}{Nº\ de\ estabelecimentos\ totais} \times 100 \quad (3)$$

O indicador alcança seu valor máximo quando todo estabelecimento que comercializa EEE recebe o REEE, o que seria uma situação ideal, pois os consumidores teriam o conhecimento que poderiam devolver seu resíduo quando fosse comprar um novo, contribuindo na efetividade da logística reversa (DIAS, 2017).

4.1.2.4 Adesão ao Sistema de Logística Reversa de Resíduo Eletroeletrônico (KLR)

O indicador pode ser definido através do número de cidadãos e empresas que entregam seus REEE em pontos formais (DIAS, 2017). É calculado pela Equação 4.

$$K_{LR} = \frac{Nº\ de\ cidadãos\ e\ empresas\ que\ entregam\ REEE\ pontos\ formais}{Nº\ de\ cidadãos\ e\ empresas\ total} \times 100 \quad (4)$$

Nesta pesquisa será utilizada a seguinte escala para representar os descriptores:

- $\geq 80\%$.
- $40,1$ a $79,9\%$.
- $\leq 40\%$.

Segundo Dias (2017), o sistema de logística reversa é influenciado pela divulgação do mesmo, dentre outros fatores, isto é, para que o cidadão entregue seus resíduos, é necessário que ele tenha conhecimento de onde fica os pontos e que tipos de resíduos recebe. Portanto, é de grande importância a divulgação do sistema, da localização dos pontos de coleta e os tipos de resíduos que podem ser encaminhados.

4.1.2.5 Empresas de Reciclagem ou Gerenciadoras de Resíduo Eletroeletrônico na Região

Segundo Rodrigues (2016), investimentos em empresas recicladoras são fundamentais para implementação da logística reversa. Para terem viabilidade de operação, as empresas recicladoras necessitam de quantidades significativas e constantes de resíduos (DIAS, 2017). Este indicador foi adaptado de Dias (2017). Seus descritores foram:

- Existem empresas e as mesmas operam com capacidade de receber todos os resíduos que são encaminhados.
- Existem empresas, mas as mesmas operam acima da capacidade operacional e não suportam o volume de REEE encaminhados.
- Não existem empresas recicladoras/gerenciadoras de REEE na região.

4.1.2.6 Realização de Avaliação da Gestão dos Resíduo Eletroeletrônico de Forma Participativa

O indicador foi adaptado de Santiago e Dias (2012), para averiguar a existência de avaliação da gestão de REEE de forma participativa. Seus descritores são:

- Realizada anualmente.
- Realizada de forma esporádica.
- Não há.

4.1.3 Dimensão Econômica

4.1.3.1 Taxa de Reciclagem – TAR

A taxa de reciclagem é aplicada em diversos países, como uma das estratégias de financiamento do sistema de gestão de REEE (DIAS, 2017). Segundo Dias (2017), esse sistema que ocorre na Suíça, onde os consumidores pagam uma taxa de reciclagem incluso no valor da compra do EEE para ser aplicado no financiamento do sistema, e os produtores assumem total responsabilidade no gerenciamento de REEE, que é baseado na Responsabilidade Estendida do Produtor (REP). No presente trabalho utilizou-se o indicador para averiguar a existência, ou não, da TAR. Seus descritores são dois:

- Existe taxa específica para o serviço de reciclagem de REEE.

- Não existe cobrança de taxa deste serviço.

4.1.3.2 Recursos Alocados para Ações de Educação Ambiental no Gerenciamento de Resíduo Eletroeletrônico (RED)

Este indicador foi sugerido por Santiago e Dias (2012), para averiguar qual a porcentagem do recurso financeiro destinados a ações de educação ambiental no gerenciamento de resíduos sólidos. Portanto, houve a adaptação para o atual estudo. É calculado pela Equação 5.

$$R_{ED} = \frac{\text{Recurso alocado para educação ambiental}}{\text{Custo total do gerenciamento de REEE}} \times 100 \quad (5)$$

Foi adotada a seguinte escala:

- > 3%.
- 1 a 2,9%.
- < 1%.

Os intervalos de escala foram os mesmos utilizados pelos autores Santiago e Dias (2012), que foram baseados na Fundação Nacional de Saúde – FUNASA. De acordo com Brasil (2000), os recursos que devem ser direcionados ao Programa de Educação em Saúde e Mobilização Social – PESMS – são de 3 a 5% do valor da obra.

4.1.3.3 Viabilidade Econômica da Reciclagem (Ve)

Dias (2017) utilizou o atual indicador para comparar a viabilidade econômica de obtenção de um determinado insumo por meio de materiais recicláveis e por meio de fontes naturais. É calculado pela Equação 6.

$$Ve = \frac{Cn - Cr}{Cn} \times 100 \quad (6)$$

Onde:

CN = custo unitário no mercado do insumo de fonte natural.

CR = custo unitário no mercado do insumo obtido a partir de reciclagem.

Desenvolveu-se a seguinte escala para mensuração do indicador:

- $\geq 80\%$.
- 40,1 a 79,9%.
- $\leq 40\%$.

4.1.3.4 Aplicação dos Recursos Provenientes do Gerenciamento de Resíduo Eletroeletrônico

Este indicador também foi utilizado por Santiago e Dias (2012), para analisar a coleta seletiva, portanto, adaptou-se o indicador para identificar qual a aplicação dos recursos provenientes do gerenciamento de REEE. Seus descritores são:

- Na própria manutenção do gerenciamento de REEE.
- Atividades socioculturais e assistenciais.
- Outra.

4.1.4 Dimensão Social

4.1.4.1 Solidariedade

O indicador solidariedade tem por objetivo medir o impacto social gerado pelo empréstimo ou a doação de EEE para escolas públicas, organizações não governamentais e programas de ação social diversos (DIAS, 2017). É calculado pela Equação 7.

$$\text{Solidariedade} = \frac{\text{Kg de EEE emprestados ou doados}}{\text{Total de hab} \times 0,207} \times 100 \quad (7)$$

A escala adotada foi a seguinte:

- $\geq 80\%$.
- 40,1 a 79,9%.
- $\leq 40\%$.

O valor igual a 0,207 (kg.hab^{-1}), corresponde ao maior valor de reuso encontrado na literatura, que é a taxa de reuso de equipamentos de informática na Noruega (DIAS, 2017).

4.1.4.2 Abrangência dos Cursos de Capacitação Promovidos aos Atuantes da Rede de Logística Reversa (CRL)

Este indicador foi adaptado de Santiago e Dias (2012), para representar a abrangência dos cursos de capacitação promovidos aos atuantes da rede de Logística Reversa (LR). É calculado pela Equação 8:

$$C_{LR} = \frac{Nº\ de\ atuantes\ com\ cursos\ de\ capacitação}{Nº\ de\ atuantes\ totais} \times 100 \quad (8)$$

A escala adotada foi a seguinte:

- $\geq 80\%$.
- 40,1 a 79,9%.
- $\leq 40\%$.

4.1.4.3 Condições de Saúde e Trabalho (CST)

O indicador foi adaptado de Besen (2011) e, indica a geração de trabalho e renda em condições adequadas de saúde pública e segurança do trabalho aos membros da organização. É calculado pela Equação 9.

$$C_{ST} = \frac{Nº\ de\ requisitos\ atendidos}{Nº\ de\ requisitos\ desejáveis} \times 100 \quad (9)$$

Segundo Besen (2011), recomenda-se o atendimento aos requisitos do Ministério da Saúde e Trabalho: princípios de higiene e limpeza, controle de vetores de doenças, ausência de ratos, moscas e baratas, cobertura adequada, ventilação adequada, ausência de odores incômodos, sistema de prevenção de riscos acidentes e incêndios, plano de emergência, uso de EPIs, identificação de materiais perigosos, e outros. Utilizou-se a escala a seguir:

- $\geq 80\%$.
- 40,1 a 79,9%.
- $\leq 40\%$.

4.1.4.4 Capacitação Contínua de Agentes que Atuam no Manejo de Resíduo Eletroeletrônico

Sugerido por Santiago e Dias (2012), o indicador foi adaptado para averiguar a existência contínua de agentes que atuam na área de manejo de REEE. Seus descritores foram os seguintes:

- Existe capacitação contínua.
- Existe capacitação de forma esporádica.
- Não existe.

4.1.5 Dimensão Ambiental

4.1.5.1 Estabelecimentos que Comercializam Equipamento Eletrônico –EEE - de Segunda Mão (ESM)

Segundo Dias (2017), este indicador está diretamente relacionado a não geração de resíduos pelo prolongamento da vida útil do equipamento. É calculado pela Equação 10.

$$ESM = \frac{\text{Nº de lojas de EEE 2ª mão}}{\text{mil habitantes} \times 0,06} \times 100 \quad (10)$$

O valor de 0,06 (lojas por mil hab.) corresponde ao maior valor encontrado na literatura, que foi no Reino Unido (DIAS, 2017). Utilizou-se a escala a seguir:

- $\geq 80\%$.
- 40,1 a 79,9%.
- $\leq 40\%$.

4.1.5.2 Número de Serviços de Reparo de Equipamento Eletroeletrônico (SRE)

De acordo com Watson et al. (2013), este indicador também está relacionado ao prolongamento da vida útil de um equipamento, pois as possibilidades de reparo de um produto aumentam, se há mais locais determinados para este serviço, reduzindo na geração de resíduos. No entanto, este indicador não aborda diretamente o aumento do tempo de vida útil dos EEE, já que o reparo é apenas uma das formas de se estender a vida útil (DIAS, 2017). É calculado através da Equação 11.

$$S_{RE} = \frac{\text{Nº de serviços de reparo}}{\text{Mil habitantes}} \times 100 \quad (11)$$

Utilizou-se a escala a seguir:

- $\geq 80\%$.
- 40,1 a 79,9%.
- $\leq 40\%$.

4.1.5.3 Grau de Implementação das Medidas Recomendadas no Licenciamento das Atividades Relacionadas aos Resíduos Eletroeletrônicos

Segundo Polaz e Teixeira (2009), a implementação das medidas previstas no licenciamento das atividades relacionadas aos resíduos sólidos, incluem tanto às medidas mitigadoras quanto às medidas compensatórias visualizadas durante o licenciamento ambiental. O indicador é mensurado pela existência de licenciamento ambiental. Para isso, foram utilizados os descritores:

- Licenciamento ambiental foi devidamente realizado e as medidas atenuantes e compensatórias foram totalmente implementadas.
- Licenciamento ambiental foi devidamente realizado, porém as medidas compensatórias não foram completamente implementadas.
- Não existe licenciamento ambiental.

4.1.5.4 Preservação dos Recursos Naturais (PRN)

Dias (2017), usou este indicador de modo a medir o percentual de REEE coletado e que não é encaminhado para a disposição final. É calculado pela Equação 12.

$$P_{RN} = \frac{\text{REEE que não foi encaminhado para disposição final (kg)}}{\text{Total de REEE coletado (kg)}} \times 100 \quad (12)$$

A escala adotada foi a seguinte:

- $\geq 80\%$.
- 40,1 a 79,9%.
- $\leq 40\%$.

4.1.5.5 Efetividade de Programas Educativos Continuados Voltados para Boas Práticas de Gerenciamento de Resíduo Eletroeletrônico

Segundo Polaz e Teixeira (2009), investir em programas educativos continuados voltados para boas práticas de gestão de resíduos sólidos constitui uma alternativa importante e está à disposição das prefeituras. Sendo assim, os autores propuseram o indicador para avaliar a efetividade desses programas. Para este indicador, utilizou-se os descriptores:

- Existência de programas educativos continuados com alto envolvimento da população.
- Existência de programas educativos continuados, porém com baixo envolvimento da população.
- Inexistência de programas educativos.

4.1.6 Dimensão Atendimento a Lei Municipal de João Pessoa nº 12.160/2011

4.1.6.1 Gerenciamento das Categorias de Resíduo Eletroeletrônico estabelecidas na Lei Municipal (GCT)

Este indicador foi criado no atual estudo para servir como meio de averiguar se todos os resíduos, mencionados na Lei Municipal de João Pessoa, são gerenciados como REEE. É calculado pela Equação 13.

$$G_{CT} = \frac{\text{Nº de categorias de REEE gerenciadas}}{\text{Nº de categorias totais}} \times 100 \quad (13)$$

Na Lei nº 12.150/2011, art. 2º, é considerado REEE aparelhos eletrodomésticos, equipamentos e componentes eletroeletrônicos de uso doméstico, comercial e industrial de serviços, que estão em desuso e sujeitos a tratamento adequado, cujo descarte inadequado possa vir a prejudicar a saúde da população ou poluir o meio ambiente, tais como: I - componentes de computadores e seus periféricos; II - televisores e monitores; III - baterias, pilhas ou qualquer aparelho eletroeletrônico que acumule energia; IV - produtos magnéticos; V - lâmpadas fluorescentes; VI - frascos de aerossóis em geral; e VII - aparelhos de celular. A escala adotada foi a seguinte:

- $\geq 80\%$.
- 40,1 a 79,9%.
- $\leq 40\%$.

4.1.6.2 Disponibilização de Recipientes de Coleta de Resíduo Eletroeletrônico por Parte das Empresas

É usado para averiguar a disponibilização de recipientes de coleta, nos locais de comercialização de EEE e nos locais de grande fluxo de pessoas. Para isso, baseou-se no art. 2º, § 2º, da Lei Municipal de João Pessoa, que estabelece que os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes do produto tecnológico deverão disponibilizar recipientes de coleta desse tipo de bem, devidamente sinalizados, nos próprios locais de comercialização ou ainda de grande fluxo de pessoas, tais como hipermercados, supermercados, shopping centers, faculdades públicas ou privadas, órgãos públicos em geral, bancos, terminais de transportes coletivo, terminais rodoviários, aeroportos e grandes lojas de materiais de construção. Usou-se os descritores:

- Disponibilizam recipientes de coleta de REEE nos locais de comercialização e de grande fluxo de pessoas.
- Disponibilizam recipientes de coleta de REEE nos locais de comercialização.
- Não disponibilizam recipientes de coleta de REEE.

4.1.6.3 Apresentação do Plano de Gestão de Resíduos Tecnológicos por Parte das Empresas

Indicador criado para averiguar a existência de Planos de Gestão de Resíduos Tecnológicos por parte das empresas, baseando-se no art. 4º da Lei nº 12.160/2011, que torna obrigatória a apresentação de Plano de Gestão de Resíduos Tecnológicos por parte das empresas que fabricam, produzem, importam, distribuem e comercializam equipamentos eletroeletrônicos ou seus componentes, a ser avaliado e aprovado pelo órgão competente, observados os pontos definidos no artigo 3º e respeitando os prazos estabelecidos. Utilizou-se os descritores:

- Apresentação por parte das empresas que fabricam, produzem, importam, distribuem e comercializam EEE.

- Somente por parte das empresas que fabricam e produzem.
- Não é apresentado Plano de Gestão de Resíduos Tecnológicos por parte das empresas.

4.1.6.4 Parcerias entre as Empresas Responsáveis ou Contratadas para Destinação Final dos Resíduo Eletroeletrônico e as Associações e Organizações Não-Governamentais

Este indicador avalia a existência de parcerias entre as empresas responsáveis ou contratadas para destinação final dos REEE e as Associações e Organizações Não-Governamentais. Para isso, tomou-se como base o art. 6º da Lei Municipal, que esclarece que as empresas responsáveis ou contratadas para destinação final dos produtos e componentes eletroeletrônicos poderão criar parcerias para a realização de qualquer parte do gerenciamento (coleta seletiva, reutilização, reciclagem e deposição final de produtos tecnológicos) com Associações e Organizações Não-Governamentais, sempre observando a legislação ambiental vigente, normas de saúde, segurança pública e do trabalho, respeitando-se as vedações e restrições estabelecidas pelos órgãos públicos competentes. Utilizou-se os descritores:

- Apresentação por parte das empresas que fabricam, produzem, importam, distribuem e comercializam EEE.
- Somente por parte das empresas que fabricam e produzem.
- Não é apresentado Plano de Gestão de Resíduos Tecnológicos por parte das empresas.

4.1.6.5 Resíduos Eletroeletrônicos Destinados à Reutilização e Reciclagem em Relação ao Total Coletado

Visa medir a quantidade de REEE destinados à reutilização (incluindo a remanufatura e o recondicionamento) e reciclagem no município, em relação a quantidade total de REEE coletados. Tomou-se como referência a Lei municipal de João Pessoa, art. 1º, que especifica que os produtos descartados e resíduos tecnológicos deverão ser coletados, reutilizados, reciclados e receber tratamento final específico e ambientalmente adequado pelas empresas que fabricam, produzem, importam, distribuem e comercializam esses equipamentos ou seus componentes. A escala adotada foi a seguinte:

- $\geq 80\%$.
- 40,1 a 79,9%.
- $\leq 40\%$.

As faixas/escalas usadas para a avaliação das tendências à sustentabilidade dos indicadores foram fundamentadas inicialmente em diversos autores e bases públicas de indicadores e, posterior, padronização para facilitar a análise a ser feita pelos especialistas. Os valores de referência para as tendências devem ser atualizados continuamente como forma de garantir a sua aplicabilidade (FECHINE e MORAIS 2015).

4.2 Validação dos Indicadores de Sustentabilidade - 1^a rodada

Neste tópico apresenta-se os resultados da validação dos indicadores de sustentabilidade para REEE, a partir do ponto de vista dos especialistas, por intermédio do Método Delphi.

4.2.1 Perfil dos Especialistas

Os 32 especialistas que responderam ao questionário atuam em 6 estados brasileiros. O estado da Paraíba apresentou maior número de participantes, com 78,1% dos respondentes, seguido pelo estado do Ceará que apresentou 6,3%, Rio Grande do Norte (3,1%), Sergipe (3,1%), Minas Gerais (3,1%), Espírito Santo (3,1%) e Rio Grande do Sul (3,1%) (Figura 5). Os respondentes residem em 10 municípios, sendo: 62,5% em João Pessoa, 6,3% em Pombal, 6,3% em Campina Grande, 6,3% em Fortaleza, 3,1% em Cabedelo, 3,1% em Aracaju, 3,1% em Belo Horizonte, 3,1% em Vitória, 3,1% em Natal e 3,1% em Porto Alegre.

Dos respondentes, 71,9% eram do sexo feminino e 26,1% do sexo masculino (Figura 6). Com relação a idade dos participantes, 34,4% estavam na faixa de 25 a 35 anos, 31,3% na faixa de 36 a 45 anos, 25% na faixa de 46 a 55 anos e 9,4% maiores que 56 anos (Figura 7). A Figura 8 mostra a área de formação com maior número de respondentes foi engenharia (84,4%), seguida por ciências biológicas (12,5%) e ciências exatas e da terra (3,1%). Quanto ao grau de titulação acadêmica, 46,9% dos participantes possuíam doutorado, 21,9% mestrado, 15,6% curso técnico, 12,5% graduação e 31,1% especialização (Figura 9).

Localização dos respondentes

32 respostas

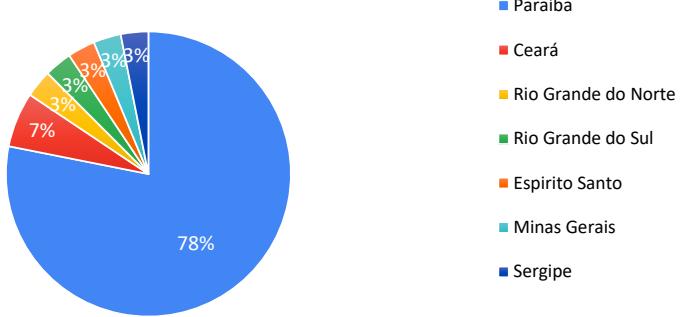


Figura 5 - Localização dos Participantes (Fonte: Elaborado pela autora, 2021).

Sexo

32 respostas

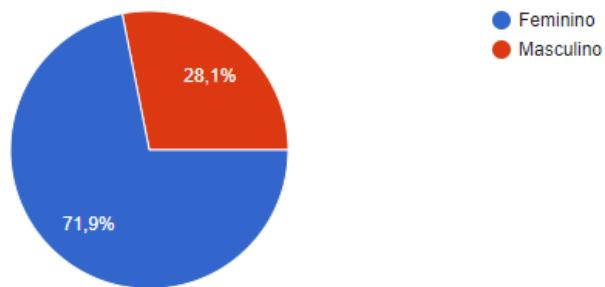


Figura 6 - Sexo dos Participantes (Fonte: Elaborado pela autora, 2021).

Idade

32 respostas

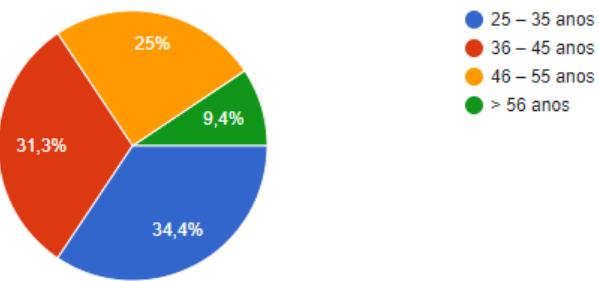


Figura 7 - Idade dos Participantes (Fonte: Elaborado pela autora, 2021).

Área de formação

32 respostas

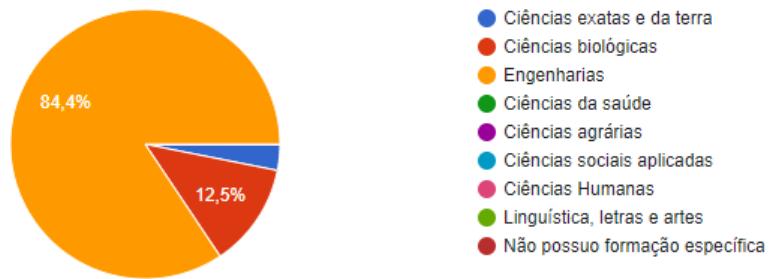


Figura 8 - Área de Formação dos Participantes (Fonte: Elaborado pela autora, 2021).

Maior titulação acadêmica

32 respostas

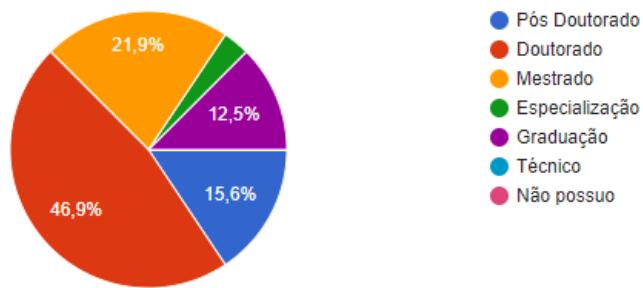


Figura 9 - Maior Titulação Acadêmica dos Participantes (Fonte: Elaborado pela autora, 2021).

Observa-se que a maioria do público participante da pesquisa foi do sexo feminino, morando no município de João Pessoa, ou seja, na capital paraibana, que está na faixa de 25 a 45 anos, com doutorado e com formação em engenharia. No entanto, este trabalho não se atreve a estudar a interferência que a mudança de público poderia gerar nos indicadores, visto as limitações e dificuldades de se obter respostas para o questionário, especialmente, se aplicado apenas a públicos específicos.

4.2.2 Resultados Estatísticos – 1^a Rodada

O resultado estatístico encontra-se no Apêndice B. A Tabela 3 mostra a relevância dos indicadores conforme a opinião dos especialistas.

Tabela 3 - Nível de relevância dos indicadores empregues na 1^a rodada (Fonte: Elaborado pela autora, 2021).

Indicadores	Relevância Σ 4 e 5 - %
01 - Legislação específica de REEE	96,9
02 - Plano Integrado de Gestão de REEE	100,0
03 - Acordo setorial	96,9
04 - Instrumentos legais na relação da prefeitura com prestadores de serviço de coleta de REEE	96,9
05 - Atendimento da população - %	100,0
06 - Ações de fiscalização relacionadas ao gerenciamento de REEE	93,8
07 - Informações sistematizadas e disponibilizadas sobre REEE para a população	96,9
08 - Número de pontos de coleta de REEE instalados	100,0
09 - Eficiência da coleta de REEE	87,5
10 - Estabelecimentos inscritos para instalação de pontos de coleta REEE	84,4
11 - Adesão ao sistema de logística reversa de REEE	84,4
12 - Empresas de reciclagem ou gerenciadoras de REEE na região	90,6
13 - Realização de Avaliação da gestão dos REEE de forma participativa	90,6
14 - Taxa de reciclagem - TAR	75,0
15 - Recursos alocados para ações de educação ambiental no gerenciamento de REEE	87,5
16 - Viabilidade econômica da reciclagem	93,8
17 - Aplicação dos recursos provenientes do gerenciamento de REEE	81,3
18 – Solidariedade	87,5
19 - Abrangência dos cursos de Capacitação promovidos aos atuantes da rede de LR	90,6
20 - Condições de saúde e trabalho	93,8
21 - Capacitação contínua de agentes que atuam na área de manejo de REEE	93,8
22 - Estabelecimentos que comercializam EEE de segunda mão	90,6
23 - Número de serviços de reparo de EEE	78,1
24 - Grau de implementação das medidas recomendadas no licenciamento das atividades relacionadas aos REEE	90,6
25 - Preservação dos recursos naturais	93,8
26 - Efetividade de programas educativos continuados voltados para boas práticas de gerenciamento de REEE	84,4
27 - Gerenciamento das categorias de REEE estabelecidas na lei municipal	84,4
28 - Disponibilização de recipientes de coleta de REEE por parte das empresas	96,9
29 - Apresentação do Plano de Gestão de Resíduos Tecnológicos por parte das empresas	90,6
30 - Parcerias entre as empresas responsáveis ou contratadas para destinação final dos REEE e as Associações e Organizações Não-Governamentais	93,8
31 - REEE destinados à reutilização e reciclagem em relação ao total coletado	100,0

Como todos os indicadores obtiveram consenso sobre sua relevância por mais de 75% dos especialistas, a exclusão de alguns indicadores foi baseada nas sugestões recebidas, que

também nortearam as alterações feitas no conjunto de indicadores para serem validados na 2^a rodada do método.

4.2.3 Alterações Realizadas – 1^a Rodada

Com base nas 204 sugestões, que foram analisadas e discutidas criteriosamente, foram feitas as seguintes alterações e exclusões dos indicadores (Quadro 16). A dimensão Legislação Municipal não foi mantida devido ao envio do questionário para fora do município de João Pessoa. Dessa forma, os indicadores desta dimensão foram realocados para as outras dimensões tornando a matriz mais abrangente e, consequentemente, aplicável a outros municípios. No total foram excluídos 9 indicadores e não houve inserção de novos, resultando em uma matriz composta por 22 indicadores.

Quadro 16 - Alterações realizadas com base na 1^a rodada (Fonte: Elaborado pela autora, 2021).

Indicadores	Alterações realizadas após 1^a rodada do método
01 - Legislação específica de REEE	Sem alterações
02 - Plano Integrado de Gestão de REEE	Na nomenclatura, na forma de mensuração e nos descritores
03 - Acordo setorial	Na nomenclatura, na forma de mensuração e nos descritores
04 - Instrumentos legais na relação da prefeitura com prestadores de serviço de coleta de REEE	Excluído
05 - Atendimento da população - %	Excluído
06 - Ações de fiscalização relacionadas ao gerenciamento de REEE	Na nomenclatura e na forma de mensuração
07 - Informações sistematizadas e disponibilizadas sobre REEE para a população	Sem alterações
08 - Número de pontos de coleta de REEE instalados	Na escala dos descritores
09 - Eficiência da coleta de REEE	Excluído
10 - Estabelecimentos inscritos para instalação de pontos de coleta REEE	Na forma de mensuração e na escala dos descritores
11 - Adesão ao sistema de logística reversa de REEE	Na forma de mensuração e na escala dos descritores
12 - Empresas de reciclagem ou gerenciadoras de REEE na região	Na nomenclatura e na forma de mensuração
13 - Realização de Avaliação da gestão dos REEE de forma participativa	Sem alterações
14 - Taxa de reciclagem - TAR	Excluído
15 - Recursos alocados para ações de educação ambiental no gerenciamento de REEE	Sem alterações
16 - Viabilidade econômica da reciclagem	Alteração na escala
17 - Aplicação dos recursos provenientes do gerenciamento de REEE	Sem alterações
18 – Solidariedade	Excluído

19 - Abrangência dos cursos de Capacitação promovidos aos atuantes da rede de LR	Na forma de mensuração e nos descritores
20 - Condições de saúde e trabalho	Na nomenclatura, na forma de mensuração e na escala dos descritores
21 - Capacitação contínua de agentes que atuam na área de manejo de REEE	Excluído
22 - Estabelecimentos que comercializam EEE de segunda mão	Na escala dos descritores
23 - Número de serviços de reparo de EEE	Na escala dos descritores
24 - Grau de implementação das medidas recomendadas no licenciamento das atividades relacionadas aos REEE	Excluído
25 - Preservação dos recursos naturais	Na nomenclatura, na forma de mensuração e na escala dos descritores
26 - Efetividade de programas educativos continuados voltados para boas práticas de gerenciamento de REEE	Na nomenclatura e na forma de mensuração.
27 - Gerenciamento das categorias de REEE estabelecidas na lei municipal	Excluído
28 - Disponibilização de recipientes de coleta de REEE por parte das empresas	Realocado para a Dimensão Conhecimento / Cobertura
29 - Apresentação do Plano de Gestão de Resíduos Tecnológicos por parte das empresas	Realocado para a Dimensão Ambiental
30 - Parcerias entre as empresas responsáveis ou contratadas para destinação final dos REEE e as Associações e Organizações Não-Governamentais	Realocado para a Dimensão Política / Institucional
31 - REEE destinados à reutilização e reciclagem em relação ao total coletado	Excluído

4.2.4 Disponibilidade de Dados – 1ª Rodada

Este campo foi adicionado ao questionário como forma de averiguar a disponibilidade dos dados necessários à implementação dos indicadores, através da opinião dos especialistas.

Dentre os 31 indicadores, 6,5% obteve resposta majoritária de alta disponibilidade, 48,4% foram avaliados majoritariamente como média disponibilidade e 45,1% como baixa disponibilidade (Tabela 4).

Tabela 4 - Resultado para a disponibilidade de dados dos indicadores (Fonte: Elaborado pela autora, 2021).

Indicadores	DISPONIBILIDADE DE DADOS				Predominância
	Alta - %	Média - %	Baixa - %	Não tenho conhecimento - %	
01 - Legislação específica de REEE	53,1	15,6	15,6	15,6	Alta

Continuação da Tabela 4

Indicadores	DISPONIBILIDADE DE DADOS				Predominância
	Alta - %	Média - %	Baixa - %	Não tenho conhecimento - %	
02 - Plano Integrado de Gestão de REEE	31,3	43,8	6,3	18,8	Média
03 - Acordo setorial	25,0	34,4	15,6	25,0	Média
04 - Instrumentos legais na relação da prefeitura com prestadores de serviço de coleta de REEE	15,6		12,5	28,1	Média
		43,8			
05 - Atendimento da população - %	12,5	53,1	12,5	21,9	Média
06 - Ações de fiscalização relacionadas ao gerenciamento de REEE	9,4	40,6	25,0	25,0	Média
07 - Informações sistematizadas e disponibilizadas sobre REEE para a população	15,6	18,8	40,6	25,0	Baixa
08 - Número de pontos de coleta de REEE instalados	28,1	25,0	21,9	25,0	Alta
09 - Eficiência da coleta de REEE	9,4	31,3	37,5	21,9	Baixa
10 - Estabelecimentos inscritos para instalação de pontos de coleta REEE	9,4	34,4	34,4	21,9	Média/Baixa
11 - Adesão ao sistema de logística reversa de REEE	12,5	18,8	40,6	28,1	Baixa
12 - Empresas de reciclagem ou gerenciadoras de REEE na região	25,0	28,1	25,0	21,9	Média
13 - Realização de Avaliação da gestão dos REEE de forma participativa	12,5	28,1	31,3	28,1	Baixa
14 - Taxa de reciclagem - TAR	25,0	21,9	28,1	25,0	Baixa
15 - Recursos alocados para ações de educação ambiental no gerenciamento de REEE	18,8	21,9	28,1	31,3	Baixa

Continuação da Tabela 4

Indicadores	DISPONIBILIDADE DE DADOS				Predominância
	Alta - %	Média - %	Baixa - %	Não tenho conhecimento - %	
16 - Viabilidade econômica da reciclagem	12,5	31,3	31,3	25,0	Média/Baixa
17 - Aplicação dos recursos provenientes do gerenciamento de REEE	12,5	18,8	31,3	37,5	Baixa
18 - Solidariedade	3,1	21,9	43,8	31,3	Baixa
19 - Abrangência dos cursos de Capacitação promovidos aos atuantes da rede de LR	6,3	34,4	25,0	34,4	Média
20 - Condições de saúde e trabalho	15,6	31,3	25,0	28,1	Média
21 - Capacitação contínua de agentes que atuam na área de manejo de REEE	18,8	18,8	34,4	28,1	Baixa
22 - Estabelecimentos que comercializam EEE de segunda mão	12,5	25,0	34,4	28,1	Baixa
23 - Número de serviços de reparo de EEE	6,3	25,0	37,5	31,3	Baixa
24 - Grau de implementação das medidas recomendadas no licenciamento das atividades relacionadas aos REEE	15,6	28,1	28,1	28,1	Média/Baixa
25 - Preservação dos recursos naturais	6,3	31,3	37,5	25,0	Baixa
26 - Efetividade de programas educativos continuados voltados para boas práticas de gerenciamento de REEE	18,8	21,9	31,3	28,1	Baixa
27 - Gerenciamento das categorias de REEE estabelecidas na lei municipal	15,6	25,0	31,3	28,1	Baixa

Continuação da Tabela 4

Indicadores	DISPONIBILIDADE DE DADOS				Predominância
	Alta - %	Média - %	Baixa - %	Não tenho conhecimento - %	
28 - Disponibilização de recipientes de coleta de REEE por parte das empresas	9,4	40,6	31,3	18,8	Média
29 - Apresentação do Plano de Gestão de Resíduos Tecnológicos por parte das empresas	21,4	39,3	25,0	14,3	Média
30 - Parcerias entre as empresas responsáveis ou contratadas para destinação final dos REEE e as Associações e Organizações Não-Governamentais	9,4	43,8	21,9	25,0	Média
31 - REEE destinados à reutilização e reciclagem em relação ao total coletado	3,1	34,4	34,4	28,1	Média/Baixa

Em alguns casos a baixa disponibilidade dos dados pode inviabilizar o uso de alguns indicadores, isto é, quando houver ausência dos dados necessários à sua implementação. Desta forma, tal informação pode constituir um dos parâmetros a ser levado em consideração no momento de decisão sobre exclusão ou alteração de determinados indicadores quando aplicados ao município.

4.2.5 Exclusão dos Indicadores – 1ª Rodada

O Indicador 4 – Instrumentos Legais na Relação da Prefeitura com Prestadores de Serviço de Coleta de REEE, foi originado de uma adaptação de indicadores para coleta seletiva como descrito em item anterior. No entanto, a prefeitura não tem obrigação de realizar convênios para coleta e tratamento de REEE, uma vez que esta responsabilidade fica ao encargo das empresas que importam, fabricam, distribuem e comercializam os EEE, conforme a PNRS. Também, este ponto foi levantado nas sugestões de alguns especialistas: “Cabe à Prefeitura licenciar e fiscalizar a prestação deste serviço e não realizar convênio”, “A prefeitura não tem obrigação de fazer esse tipo de coleta, exceto se ela for remunerada

pela indústria. Sugiro retirar esse indicador pois não tem sentido”. Dessa forma optou-se pela exclusão deste indicador.

A exclusão do Indicador – Atendimento da População, se deu pelo fato de que segundo a PNRS, a entrega dos REEE é responsabilidade da população e que isto deve ser feito através do sistema de logística reversa realizado pelas empresas de EEE. Dessa forma, o ponto de entrega deve ser todos os pontos que comercializam eletroeletrônicos e a existência de um ponto de coleta por bairro não mede o cumprimento da lei. Um dos especialistas comentou: “A legislação não impõe esse indicador. Há obrigatoriedade em função do número de habitante (população). Portanto, seria melhor avaliar o indicador com relação a população atendida”.

Embora houvesse consenso de 85,7% sobre a importância do Indicador 9 – Eficiência da Coleta de REEE, sua forma de medição e possibilidade de obtenção dos dados foi questionada por vários especialistas: “O cálculo da estimativa de geração sugerido no estudo vai subestimar a quantidade gerada, pois não considera o passivo já acumulado e o tempo médio de vida útil varia conforme o tipo de REEE. O cálculo deve ser realizado por tipo de REEE ou pelo menos por grupos/linhas”, “Dificuldade de saber a quantidade gerada”, “Utilizar alguma bibliografia para obtenção aproximada dos resíduos gerados, pois a obtenção real dos dados é bem específica e, acredito, de difícil obtenção”, “Não creio que seja de fácil mensuração a quantidade de REE gerado”. Portanto, o indicador foi excluído para a 2^a rodada.

O Indicador 14 – Taxa de Reciclagem foi excluído devido, principalmente, à divergência na opinião dos especialistas sobre a contribuição ou não dessa taxa no correto gerenciamento dos REEE. Este indicador foi o mais comentado, sendo algumas das sugestões mostradas a seguir:

- “Se já é difícil a população aderir a um sistema de reciclagem sem pagamento, se colocar a necessidade de taxa serão descartados de forma inadequada”
- “A cobrança de uma taxa específica de REEE ao cidadão não implicaria na realização de uma separação dos resíduos. A taxa de coleta regular já é suficiente”
- “REEE tem elevada rentabilidade, não necessitando de taxas”
- “A cobrança de taxa para o gerenciamento dos REEEs é importante para o fomento da gestão desses equipamentos, e também pode ser considerada

como uma ferramenta de redução do descarte desses resíduos pela sociedade.”

Segundo Bayão e Amorim (2018), experiências de países como a Suíça e o Japão, mostram que o sistema de taxas usadas para pagar os custos da logística reversa de REEE foram primordiais para seu funcionamento e eficiência. No entanto, ainda não se ajustam ao contexto da realidade brasileira, especialmente pelo fato de não aceitação da população em arcar com custos adicionais de uma taxa de reciclagem, e por não apresentar consciência ambiental para tal.

Devido à falta de um valor de referência que represente a melhor realidade possível no contexto do Brasil, o Indicador 18 – Solidariedade foi excluído. Além disso, os dados necessários à sua mensuração são de difícil obtenção, como comentaram dois especialistas: “Utilizar outra referência, pois não dá para comparar a realidade brasileira com a norueguesa” e “O indicador não é claro e a mensuração é muito difícil”.

A exclusão do Indicador 21 – Capacitação Contínua de Agentes que Atuam na Área de Manejo de REEE, foi excluído devido a sua semelhança com o indicador 19 - Abrangência dos Cursos de Capacitação Promovidos aos Atuantes da Rede de Logística Reversa. Dessa forma, optou-se por fazer uma união das informações em um só indicador para ser enviado para a 2^a rodada.

Para o Indicador 24 - Grau de Implementação das Medidas Recomendadas no Licenciamento das Atividades Relacionadas aos REEE, os especialistas sugeriram que o licenciamento ambiental só seria necessário para empresas recicadoras e talvez centros de manufatura reversa, foi questionado como grau de implementação das medidas recomendadas poderia ser mensurado através da mera existência de licenciamento ambiental e ainda foi opinado que não é fácil obter essa informação, podendo as empresas não revelá-la de forma real. Sendo assim, este indicador também foi excluído para evitar possíveis distorções nos resultados obtidos durante a aplicação da matriz em municípios.

O Indicador 27 – Gerenciamento das Categorias de REEE estabelecidas na lei municipal foi excluído, pois além da palavra gerenciamento não especificar o que se pretende medir, o indicador é de difícil mensuração, a categorização adotada não engloba todos os REEE e é muito específica para o município de João Pessoa, limitando a aplicação da matriz. Dentre outras, obteve-se as seguintes sugestões: “É importante que várias categorias façam parte do gerenciamento, mas não sei se este indicador auxilia na gestão do sistema. Na PNRS, pilhas e baterias, lâmpadas e frascos de aerossóis não estão no mesmo grupo que os

EEE”, “Se o que está chamando de categorias são os sete exemplos citados na lei, estas são apenas exemplos, a lei não cobre apenas as citadas. O questionário ficará sem coerência”.

Por fim, optou-se por excluir também o Indicador 31 – REEE destinados à reutilização e reciclagem em relação ao total coletado, pelo fato de parte das informações a serem levantadas com o indicador já estarem inseridas na modificação do Indicador 25, e pela dificuldade de mensuração do indicador, ponto levantado por um dos especialistas: “Indicador de difícil mensuração. Quem vai contar quem doou e quem recebeu? Banco de dados difícil e existe um indicador anterior que fala sobre isso”.

4.3 Validação dos Indicadores de Sustentabilidade – 2^a Rodada

Nesta etapa da pesquisa os especialistas puderam analisar os resultados alcançados na primeira rodada e todas as modificações efetuadas, refletir a possibilidade de alterar as notas atribuídas a relevância do indicador com base nas médias e medianas e a possibilidade de modificar as notas atribuídas aos descriptores da tendência à sustentabilidade. A matriz de indicadores enviados nesta rodada encontra-se no Apêndice C.

As modificações feitas, como alterações e exclusão de indicadores, e os resultados estatísticos, foram dispostos em cada seção da respectiva dimensão, no formato de quadro. Estas alterações deveriam ser analisadas, e, em caso de não concordância, os especialistas poderiam sugerir alterações.

4.3.1 Resultados Estatísticos – 2^a Rodada

Todos os resultados estatísticos encontram-se no Apêndice D deste documento. Os resultados mostraram que todos os indicadores são relevantes para a análise do gerenciamento dos REEE em municípios, com nível de consenso mínimo de 82,1% por parte dos respondentes. A medida que as rodadas do Método Delphi são aplicadas, o nível de consenso tende a se elevar, dessa forma, as rodadas acontecem até que se obtenham o nível de consenso desejado. A Tabela 5 mostra a relevância dos indicadores conforme a opinião dos especialistas.

Tabela 5 - Nível de relevância dos indicadores empregues na 2^a rodada (Fonte: Elaborado pela autora, 2021)

Indicadores	Relevância Σ 4 e 5 - %
01 - Legislação específica de REEE	100,0
02 - Plano Integrado Municipal de Gestão de REEE	85,7
03 - Acordo Setorial Municipal	96,4
04 - Ações de fiscalização relacionadas ao gerenciamento de REEE nos estabelecimentos comerciais de EEE, promovidas pelo poder público municipal	92,9
05 - Informações sistematizadas e disponibilizadas sobre REEE para a população	92,9
06 - Parcerias entre as empresas responsáveis ou contratadas para destinação final dos REEE e as Associações e Organizações Não-Governamentais	100,0
07 - Número de pontos de coleta de REEE instalados	96,4
08 - Estabelecimentos inscritos para instalação de pontos de coleta REEE	96,4
09 - Adesão ao sistema de logística reversa de REEE	100,0
10 - Empresas de reciclagem ou gerenciadoras de REEE que coleta na cidade	96,4
11 - Realização de Avaliação da gestão dos REEE com a participação da sociedade	96,4
12 - Disponibilização de recipientes de coleta de REEE por parte das empresas	96,4
13 - Recursos alocados para ações de educação ambiental no gerenciamento de REEE	96,4
14 - Viabilidade econômica da reciclagem	96,4
15 - Aplicação dos recursos provenientes da reciclagem e reuso dos REEE	96,4
16 - Abrangência dos cursos de capacitação promovidos aos atuantes da rede de Logística Reversa	96,4
17 - Condições de saúde e trabalho (nos pontos de coleta: empresa que recolhe REEE e etc.)	100,0
18 - Estabelecimentos que comercializam EEE de segunda mão	92,9
19 - Número de serviços de reparo de EEE	82,1
20 - Preservação dos recursos naturais contido nos REEE	96,4
21 - Programas educativos continuados voltados para boas práticas de gerenciamento de REEE	100,0
22 - Apresentação do Plano de Gestão de Resíduos Tecnológicos por parte das empresas	96,4

4.3.2 Alterações Realizadas – 2^a Rodada

Como não houve indicadores considerados irrelevantes para o estudo, ou sugestões que indicassem isto, não se excluiu nenhum indicador nesta rodada, no entanto, realizou-se algumas alterações nas nomenclaturas e descritores da tendência à sustentabilidade, baseando-se principalmente nas sugestões recebidas (Quadro 17).

Quadro 17 - Alterações realizadas para confecção da matriz final (Fonte: Elaborado pela autora, 2021).

Indicadores	Modificações realizadas
01 - Legislação específica de REEE	Sem alterações
02 - Plano Integrado Municipal de Gestão de REEE	Sem alterações
03 - Acordo Setorial Municipal	Sem alterações
04 - Ações de fiscalização relacionadas ao gerenciamento de REEE nos estabelecimentos comerciais de EEE, promovidas pelo poder público municipal	Sem alterações
05 - Informações sistematizadas e disponibilizadas sobre REEE para a população	Sem alterações
06 - Parcerias entre as empresas responsáveis ou contratadas para destinação final dos REEE e as Associações e Organizações Não-Governamentais	Na nomenclatura
07 - Número de pontos de coleta de REEE instalados	Sem alterações
08 - Estabelecimentos inscritos para instalação de pontos de coleta REEE	Sem alterações
09 - Adesão ao sistema de logística reversa de REEE	Sem alterações
10 - Empresas de reciclagem ou gerenciadoras de REEE que coleta na cidade	Sem alterações
11 - Realização de Avaliação da gestão dos REEE com a participação da sociedade	Sem alterações
12 - Disponibilização de recipientes de coleta de REEE por parte das empresas	Sem alterações
13 - Recursos alocados para ações de educação ambiental no gerenciamento de REEE	Nos descritores
14 - Viabilidade econômica da reciclagem	Sem alterações
15 - Aplicação dos recursos provenientes da reciclagem e reuso dos REEE	Sem alterações
16 - Abrangência dos cursos de capacitação promovidos aos atuantes da rede de Logística Reversa	Na nomenclatura
17 - Condições de saúde e trabalho (nos pontos de coleta: empresa que recolhe REEE e etc.)	Sem alterações
18 - Estabelecimentos que comercializam EEE de segunda mão	Sem alterações
19 - Número de serviços de reparo de EEE	Sem alterações
20 - Preservação dos recursos naturais contido nos REEE	Na nomenclatura
21 - Programas educativos continuados voltados para boas práticas de gerenciamento de REEE	Sem alterações
22 - Apresentação do Plano de Gestão de Resíduos Tecnológicos por parte das empresas	Sem alterações

4.4 Matriz Final

De posse dos resultados e alterações realizadas após a 2^a rodada foi possível a confecção da matriz final (Quadro 18). A matriz foi constituída de 22 indicadores distribuídos em cinco dimensões da sustentabilidade.

A matriz de indicadores possui a nomenclatura dos indicadores, sua forma de mensuração, seus descritores da tendência à sustentabilidade e suas respectivas notas. As notas dos descriptores foram obtidas a partir da mediana das notas atribuídas pelos participantes, segundo Souza e Lamounier (2006), a mediana representa a opinião majoritária dos respondentes.

Pereira (2018), recomenda que os dados para alimentação de indicadores para análise do sistema de logística reversa de REEE, sejam provenientes dos relatórios anuais a serem apresentadas aos órgãos ambientais pelos responsáveis dos sistemas, preferencialmente via sistema eletrônico.

Quadro 18 - Matriz final de indicadores (Fonte: Elaborado pela autora, 2021).

Dimensão Política / Institucional				
	Indicador	Mensuração	Descriptor	Nota
1	Legislação específica de REEE	Existência de legislação específica de REEE	Existe uma legislação específica de REEE	5
			Não existe legislação específica de REEE, porém existe uma classificação do REEE como resíduo especial na legislação de RSU	3
			Não existe legislação específica de REEE e a não há citação destes resíduos na legislação de RSU	0
2	Plano Integrado Municipal de Gestão de REEE	Existência do Plano Integrado Municipal de Gestão de REEE (Adaptado de Dias, 2017)	Existe um plano de gestão integrada municipal de REEE	5
			Plano de gestão integrada municipal de REEE em processo de conclusão ou menção dos REEE no plano de gestão integrada de RSU	3
			Inexistência de plano de gestão integrada municipal de REEE	0
3	Acordo Setorial Municipal	Existência de Acordo Setorial Municipal	Existe acordo setorial municipal	5
			Acordo setorial municipal em fase de elaboração	3
			Inexistência do acordo setorial municipal	0
4	Ações de fiscalização relacionadas ao gerenciamento de REEE nos estabelecimentos comerciais de EEE, promovidas pelo poder público municipal	Frequência das ações de fiscalização relacionadas ao gerenciamento de REEE nos estabelecimentos comerciais de EEE, promovidas pelo poder público municipal	Existe fiscalização com ocorrência permanente	5
			Existe fiscalização, porém com ocorrência esporádica	3
			Inexistência de fiscalização	0

Continuação do Quadro 18.

Dimensão Política / Institucional				
	Indicador	Mensuração	Descriptor	Nota
5	Informações sistematizadas e disponibilizadas sobre REEE para a população	Existência de informações sistematizadas e disponibilizadas para a população	Informações sistematizadas e disponibilizadas continuamente para a população	5
			Informações são sistematizadas, mas não estão acessíveis para a população	2
			Informações não são sistematizadas	0
6	Parcerias entre comerciantes de REEE e entidades gestoras, conforme decreto nº 10.240/2020.	Existência de parcerias	Existe parcerias	5
			Não existe parcerias	0
Dimensão Conhecimento/Cobertura				
	Indicador	Mensuração	Descriptor	Nota
7	Número de pontos de coleta de REEE instalados ¹	$Nº\ de\ pontos\ / (Mil\ habitantes \times 0,04)$	$\geq 80\%$	5
			20,1 a 79,9%	3
			$\leq 20\%$	2
8	Estabelecimentos inscritos para instalação de pontos de coleta REEE	$Nº\ de\ estabelecimentos\ com\ pontos\ de\ coleta \times 100\ / Nº\ de\ estabelecimentos\ comerciais\ de\ REEE$	$\geq 80\%$	5
			20,1 a 79,9%	3
			$\leq 20\%$	2
9	Adesão ao sistema de logística reversa de REEE	$Nº\ de\ empresas\ que\ entregam\ REEE\ pontos\ formais \times 100\ / Nº\ de\ empresas\ total$	$\geq 80\%$	5
			20,1 a 79,9%	3
			$\leq 20\%$	2

Continuação do Quadro 18.

Dimensão Conhecimento/Cobertura				
	Indicador	Mensuração	Descriptor	Nota
10	Empresas de reciclagem ou gerenciadoras de REEE que coleta na cidade	Existência de empresas de reciclagem ou gerenciadoras de REEE que coleta na cidade	Existem empresas e as mesmas operam com capacidade de receber todos os resíduos que são encaminhados	5
			Existem empresas, mas as mesmas operam acima da capacidade operacional e não suportam o volume de REEE encaminhados	3
			Não existem empresas recicladoras/gerenciadoras de REEE na região	0
11	Realização de Avaliação da gestão dos REEE com a participação da sociedade	Frequência da realização da avaliação da gestão dos REEE com a participação da sociedade	Realizada anualmente	5
			Realizada de forma esporádica	3
			Não há	0
12	Disponibilização de recipientes de coleta de REEE por parte das empresas	Disponibilização de recipientes de coleta, nos locais de comercialização de EEE e nos locais de grande fluxo de pessoas	Disponibilizam recipientes de coleta de REEE nos locais de comercialização e de grande fluxo de pessoas	5
			Disponibilizam recipientes de coleta de REEE nos locais de comercialização	4
			Não disponibilizam recipientes de coleta de REEE	0
Dimensão Econômica				
	Indicador	Mensuração	Descriptor	Nota
13	Recursos alocados para ações de educação ambiental no gerenciamento de REEE	$\text{Recurso alocado para educação ambiental} \times 100 / \text{Custo total do gerenciamento de REEE}$	> 3%	5
			1 a 2,9%	3
			Não há	1

Continuação do Quadro 18.

Dimensão Econômica					
Indicador	Mensuração		Descriptor	Nota	
14	Viabilidade econômica da reciclagem	$Ve = \frac{Cn - Cr}{Cn} \times 100$	$\geq 80\%$	5	
		• CN - custo unitário no mercado do insumo de fonte natural; • CR - custo unitário no mercado do insumo obtido a partir de reciclagem; • Ve - Viabilidade econômica da reciclagem.	20,1 a 79,9%	3	
			$\leq 20\%$	2	
15	Aplicação dos recursos provenientes da reciclagem e reuso dos REEE	Destinação dos recursos provenientes da reciclagem e reuso dos REEE	Na própria manutenção do gerenciamento de REEE	5	
			Atividades socioculturais e assistenciais	4	
			Outra	2	
Dimensão Social					
Indicador	Mensuração		Descriptor	Nota	
16	Capacitação promovida aos atuantes da rede de Logística Reversa	Existência de capacitação contínua promovida aos atuantes da rede de LR	Existe capacitação contínua	5	
			Existe capacitação de forma esporádica	3	
			Não existe	0	
17	Condições de saúde ² e trabalho ³ (nos pontos de coleta: empresa que recolhe REEE, centros de tratamento e etc.)	$\frac{\text{Nº de requisitos atendidos} \times 100}{\text{Nº de requisitos desejáveis}} \quad (\text{Média de todos os ambientes})$	$\geq 80\%$	5	
			20,1 a 79,9%	3	
			$\leq 20\%$	2	

Continuação do Quadro 18.

Dimensão Ambiental				
	Indicador	Mensuração	Descriptor	Nota
18	Estabelecimentos que comercializam EEE de segunda mão ⁴	$Nº\ de\ lojas\ de\ EEE\ 2^a\ mão \times 100 / (\text{mil habitantes} \times 0,06)$	$\geq 80\%$	5
			$20,1\ a\ 79,9\%$	3
			$\leq 20\%$	2
19	Número de serviços de reparo de EEE	$Nº\ de\ serviços\ de\ reparo \times 100 / \text{Mil habitantes}$	$\geq 80\%$	5
			$20,1\ a\ 79,9\%$	3
			$\leq 20\%$	2
20	Recuperação dos recursos naturais contidos nos REEE	Total de REEE reciclados (kg) $\times 100 / \text{Total de REEE coletado (kg)}$	$\geq 80\%$	5
			$20,1\ a\ 79,9\%$	3
			$\leq 20\%$	2
21	Programas educativos continuados voltados para boas práticas de gerenciamento de REEE	Existência de programas educativos continuados voltados para boas práticas de gerenciamento de REEE	Existe programas educativos continuados com alto envolvimento da população	5
			Existe programas educativos continuados, porém com baixo envolvimento da população	3
			Não existe programas educativos	0
22	Apresentação do Plano de Gestão de Resíduos Tecnológicos por parte das empresas	Apresentação do Plano de Gestão de Resíduos Tecnológicos por parte das empresas	Apresentação por parte das empresas que fabricam, produzem, importam, distribuem e comercializam EEE	5
			Somente por parte das empresas que fabricam e produzem	3
			Não é apresentado Plano de Gestão de Resíduos Tecnológicos por parte das empresas	0

¹O valor 0,04 corresponde a 1 ponto de recebimento para cada 25 mil habitantes. Valor considerado ideal para a realidade brasileira, segundo ABDI (2012)

²Recomendam-se o atendimento aos requisitos do Ministério da Saúde e Trabalho: Princípios de higiene e limpeza, controle de vetores de doenças, ausência de ratos, moscas e baratas, cobertura adequada, ventilação adequada, ausência de odores incômodos, sistema de prevenção de riscos acidentes e incêndios, plano de emergência, uso de EPIS, identificação de materiais perigosos, e outros.

³Vacinação regular, prevenção de lesão por esforços repetitivos, descanso pelo peso das atividades, limpeza e higiene no local de trabalho, exames médicos periódicos, comunicação visual nos ambientes, recolhimento de INSS pelos cooperados, prevenção, registro e atendimento aos acidentes de trabalho.

⁴O número de estabelecimentos que comercializam equipamentos de segunda mão é de 3880 para o ano de 2015 no Reino Unido. Isso corresponde a um valor de 0,06 lojas por mil habitantes considerando a população do Reino Unido (DIAS, 2017). Assim a escala proposta considera valor máximo de 5 (cinco) para o indicador, quando a relação entre o número de estabelecimentos de EEE de segunda mão e os milhares de habitantes resultar em valores iguais ou superiores a 0,06, e valor mínimo igual a 0 (zero), quando não houver estabelecimentos que comercializam equipamentos eletroeletrônicos de segunda mão.

4.4.1 Forma de Cálculo do Índice de Sustentabilidade

Após a aplicação da matriz, poderão ser calculados os índices representativos do gerenciamento dos REEE no município, obtendo seu nível de sustentabilidade. Para isso, após aplicação da matriz final propõe-se o cálculo do índice através da Equação 14, avaliando o Nível de Sustentabilidade (Tabela 6).

$$NS = \frac{\Sigma \text{ das notas na avaliação}}{\Sigma \text{ da máxima pontuação}} \times 100 \quad (14)$$

Onde:

NS = Nível de Sustentabilidade.

Tabela 6 - Nível de sustentabilidade (Fonte: Adaptação de Dias (2017)).

Intervalo de Sustentabilidade	Nível de Sustentabilidade
$0 \leq NS < 0,1$	Insustentável
$0,1 \leq NS < 0,5$	Baixa sustentabilidade
$0,5 \leq NS < 0,9$	Media sustentabilidade
$0,9 \leq NS \leq 1$	Alta sustentabilidade

Trabalhar com índices incentiva debates que levam a repensar políticas, revisão da legislação existente e criação de novas legislações, e promovem melhor avaliação dos investimentos públicos e privados nas atividades de gerenciamento dos REEE. O uso dos índices fornece aos municípios a possibilidade de avaliarem as suas fortalezas e fragilidades quanto à sustentabilidade, para que sejam capazes de planejar e empregar políticas e ações direcionadas (BESEN, 2011).

4.4.2 Disponibilidade de Dados da Matriz Final

Levando em consideração os resultados obtidos ainda na primeira rodada, a disponibilidade de dados da matriz final é a seguinte: à 9,1% dos indicadores foi registrado resposta majoritária de alta disponibilidade, 50% média e 40,9% baixa disponibilidade (Quadro 19).

Importante descartar que a categorização em alta, média ou baixa disponibilidade de dados pode não ser a realidade de muitos municípios brasileiros. Nos casos dos indicadores com baixa disponibilidade de dados, não implica necessariamente na impossibilidade de aplicação do indicador, apenas oferece um indicativo do nível de dificuldade que pode ser encontrado ao tentar aplicar um determinado indicador em uma localidade.

Em estudo realizado por Pereira, Ribeiro e Günther (2017), dentre os 49 indicadores resultantes de duas publicações internacionais, pode-se observar que 30,6% dos indicadores foram classificados como alta disponibilidade de dados, 22% média e 46,9% baixa. De posse dos resultados, os autores puderam concluir que a maioria dos indicadores propostos poderiam ser aplicados ao contexto brasileiro, com adaptações e sempre levando em conta a disponibilidade de acesso aos dados para alimentar os indicadores.

Quadro 19 - Disponibilidade de dados da matriz final (Fonte: Elaborado pela autora, 2021).

Dimensão Política / Institucional		
	Indicador	Disponibilidade de dados
1	Legislação específica de REEE (Adaptado de Dias, 2017)	Alta
2	Plano Integrado Municipal de Gestão de REEE (Adaptado de Dias, 2017)	Média
3	Acordo Setorial Municipal (Adaptado de Dias, 2017)	Média
4	Ações de fiscalização relacionadas ao gerenciamento de REEE nos estabelecimentos comerciais de EEE, promovidas pelo poder público municipal (Adaptado de Polaz e Teixeira, 2009)	Média
5	Informações sistematizadas e disponibilizadas sobre REEE para a população (Adaptado de Polaz e Teixeira, 2009)	Baixa
6	Parcerias entre comerciantes de REEE e entidades gestoras, conforme decreto nº 10.240/2020.	Média

Continuação do Quadro 19.

Dimensão Conhecimento/Cobertura		
	Indicador	Disponibilidade de dados
7	Número de pontos de coleta de REEE instalados (Adaptado de Dias, 2017)	Alta
8	Estabelecimentos inscritos para instalação de pontos de coleta REEE (Adaptado de DIAS, 2017)	Média/Baixa
9	Adesão ao sistema de logística reversa de REEE (Adaptado de DIAS, 2017)	Baixa
10	Empresas de reciclagem ou gerenciadoras de REEE que coleta na cidade (Dias, 2017)	Média
11	Realização de Avaliação da gestão dos REEE com a participação da sociedade (Adaptado de SANTIAGO e DIAS, 2012)	Baixa
12	Disponibilização de recipientes de coleta de REEE por parte das empresas	Média
Dimensão Econômica		
	Indicador	Disponibilidade de dados
13	Recursos alocados para ações de educação ambiental no gerenciamento de REEE (Adaptado de SANTIAGO E DIAS, 2012)	Baixa
14	Viabilidade econômica da reciclagem (Adaptado de Dias, 2017)	Média/Baixa
15	Aplicação dos recursos provenientes da reciclagem e reuso dos REEE (Adaptado de Santiago e Dias, 2012)	Baixa
Dimensão Social		
	Indicador	Disponibilidade de dados
16	Capacitação promovida aos atuantes da rede de Logística Reversa (Adaptado de Santiago e Dias, 2012)	Média
17	Condições de saúde e trabalho (nos pontos de coleta: empresa que recolhe REEE, centros de tratamento e etc.) (Besen, 2011)	Média
Dimensão Ambiental		
	Indicador	Disponibilidade de dados
18	Estabelecimentos que comercializam EEE de segunda mão (Adaptado de Dias, 2017)	Baixa
19	Número de serviços de reparo de EEE (Adaptado de Dias, 2017)	Baixa

Continuação do Quadro 19.

Dimensão Ambiental		
	Indicador	Disponibilidade de dados
20	Recuperação dos recursos naturais contidos nos REEE (Adaptado de Dias, 2017)	Baixa
21	Programas educativos continuados voltados para boas práticas de gerenciamento de REEE (Adaptado de Polaz e Teixeira, 2009)	Baixa
22	Apresentação do Plano de Gestão de Resíduos Tecnológicos por parte das empresas	Média

5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÃO

Os resultados obtidos neste trabalho alcançaram o objetivo proposto, que foi desenvolver um conjunto de indicadores de sustentabilidade para servir como subsídio aos órgãos ambientais brasileiros na análise do gerenciamento de REEE.

Durante a realização desta pesquisa observou-se que o tema indicadores para a gestão e o gerenciamento de REEE ainda é pouco difundida na literatura, encontrando-se dificuldade para o levantamento de indicadores aplicáveis ao contexto brasileiro, com forma clara de mensuração e descritores da tendência a sustentabilidade.

O conjunto de indicadores propostos permite levantar um índice que avalie o gerenciamento dos REEE nos municípios brasileiros e o atendimento a determinados quesitos da legislação.

A utilização do Método Delphi mostrou-se eficaz para a validação de um conjunto de indicadores, selecionados da literatura, adaptados e criados. No entanto, apesar de muito aplicado, pode ser limitado devido à dificuldade de retorno dos especialistas, sendo necessário em muitos casos reenvio, novas solicitações e extensão do prazo para recebimento das respostas.

O modelo de matriz de indicadores levantado apresenta a forma de mensuração dos indicadores e seus descritores da tendência à sustentabilidade com suas respectivas notas, permitindo a sua aplicação em qualquer município, desde que levando em consideração as particularidades do local, implicando em adaptações em muitos casos.

Também foi possível a determinação da disponibilidade de dados da matriz final, onde 59,1% dos indicadores foram avaliados como alta e média disponibilidade, fornecendo um indicativo do nível de dificuldade de se aplicar um determinado indicador.

É esperado que os indicadores levantados sejam utilizados na prática. Dessa forma, sugere-se que futuras pesquisas sejam realizadas aplicando a matriz de indicadores com dados reais e atuais dos municípios, especialmente em João Pessoa, pois inicialmente o foco do trabalho era a capital paraibana, e obtenha como resultado o reflexo da qualidade do gerenciamento dos REEE implantado no município. Espera-se que a aplicação dos indicadores seja útil aos gestores, ao poder público, e a sociedade, promovendo a transparência das informações levantadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ABINEE - Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica. Panorama Econômico e Desempenho Setorial. 2016.

ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018/2019. Novembro de 2019. Disponível em: <http://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em: 09 de mar 2020.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, ABDI. *Logística Reversa de Equipamento Eletroeletrônico: Análise de Viabilidade Técnica e Econômica.* ABDI, Brasília. 2012.

ALBUQUERQUE, Vitor Baluz Saboya de. **Gestão de resíduos eletroeletrônicos: a cadeia de reciclagem na cidade do Rio de Janeiro.** Orientador: Tácio Mauro Pereira de Campos. 2013. 139 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

ALENCAR, Tatiane dos Santos. **Logística reversa de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos no município do Rio de Janeiro: Desafios e oportunidades.** 2017. 202 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

ARAÚJO, Marcelo Guimarães. **Modelo de avaliação do ciclo de vida para a gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos no Brasil.** 2013. 217 f. Tese (Doutorado em Ciências em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR 10004. Classificação de Resíduos. Rio de Janeiro 2004.

BALDÉ C. P. WANG, F., KUEHR, R. HUISMAN, J. *The global e-waste monitor 2014.* United Nations University, IAS – SCYCLE, Bonn, Germany. 2015.

BAYÃO, Darlan Vale; AMORIM, Cintya Mércia Monteiro Penido. Logística reversa do lixo eletrônico: Uma comparação do cenário brasileiro com alguns países desenvolvidos. **37º Seminário de Logística – Suprimentos, PCP, Transportes, parte integrante da ABM Week,** 2018.

BELLEN, H. M. V. **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa.** Rio de Janeiro: Ed. FGV, 2005.

BESEN, G. R. **Coleta seletiva com inclusão de catadores: construção participativa de indicadores e índices de sustentabilidade.** 2011. 274f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

BESEN, Gina Rizpah; GUNTHER, Wanda Maria Risso; RODRIGUES, Angela Cassia; *et al.* Resíduos sólidos: vulnerabilidades e perspectivas: a insustentabilidade da geração excessiva de resíduos sólidos. **Meio ambiente e saúde: o desafio das metrópoles**, 2010.

BOHR, P. **The Economics of Electronics Recycling: New Approaches to Extended Producer Responsibility**. 2007. 164 f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Technische Universität Berlin, Berlim, 2007.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília: Senado Federal; Subsecretaria de Edições Técnicas. 1998.

_____. **Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. DOU, S.1 – Atos Poder Legislativo, Ed.147 de 3, de agosto de 2010.

_____. **Decreto nº 10.240, de fevereiro de 2020**. Regulamenta o inciso VI do caput do art. 33 e o art. 56 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, e complementa o Decreto nº 9.177, de 23 de outubro de 2017, quanto à implementação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico. 2020a.

_____. **Decreto nº 7.217, de dezembro de 2010**. Regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências. Brasília, DF, 2010b. BRASIL. Decreto nº 10.388, de junho de 2020. Regulamenta o § 1º do caput do art. 33 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, e institui o sistema de logística reversa de medicamentos domiciliares vencidos ou em desuso, de uso humano, industrializados e manipulados, e de suas embalagens após o descarte pelos consumidores. Brasília, DF, 2020b.

_____. **Portaria MMA nº 641, de 29 de dezembro de 2020**. Torna pública a abertura de processo de consulta pública da proposta de Decreto que regulamenta o §1º do caput do art. 33 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, e institui o sistema de logística reversa de embalagens de vidro, com a participação de fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes e consumidores. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 2020c. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-mma-n-641-de-29-de-dezembro-de-2020-296880045>. Acesso em: 09 de fev. 2021.

_____. **Portaria nº 176, de 28 de março de 2000**. Critérios e procedimentos para aplicação de recursos financeiros. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. 2000.

BRIGGS, D. **Making a Difference: Indicators to improve Children's Environmental Health**. Genebra: WHO, 2003.

CARDOSO, Erica; ROTOLI, Mona; VALLE, Tatiana Freitas; *et al.* Desafios da Logística Reversa de equipamentos eletroeletrônicos no Brasil. **Revista Ineana**, n. October, 2019.

CARVALHO, Mário Ricardo Bento de. **Logística reversa e coleta seletiva do lixo: a educação ambiental como ferramenta auxiliar no processo de reciclagem do lixo eletrônico**. 2016. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2016.

CEMPRE. **1º Relatório de Desempenho do Sistema de Logística Reversa de Embalagens em Geral** – Relatório Final Fase 1. Nov, 2017.

CIFRIAN, E.; COZ, A.; VIGURI, J.; ANDRÉS, A. Indicators for valorisation of municipal solid waste and special waste. *Waste and Biomass Valorization*, v. 1, n. 4, p. 479–486, 2010.

CORREIA, Auro de Jesus Cardoso. **Avaliação econômica e ambiental por meio do mapeamento da logística reversa de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos: estudo de múltiplos casos no Brasil**. Orientador: Geraldo Cardoso de Oliveira Neto. 2017. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Nove de Julho – UNINOVE, São Paulo, 2017.

CUCCHIELLA, Federica; D'ADAMO, Idiano; KOH, S. C. Lenny. *et al.* Recycling of WEEEs: An economic assessment of present and future e-waste streams. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 51, p. 263–272, 2015.

DESA, U. N. **World population prospects**: The 2015 revision, key findings and advance tables, 2015.

DIAS, Marcelo Vizeu. **Avaliação da gestão de resíduos eletroeletrônicos**. 189 f. Tese (Doutorado em Gestão Ambiental) – Universidade Positivo, Curitiba, 2017.

DUAN, Huabo; WANG, Jiayuan; HUANG, Qifei. Encouraging the environmentally sound management of C&D waste in China: an integrative review and research agenda. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 43, p. 611-620, 2015.

EEA. EEA Core Set of Indicators-Guide. European Environment Agency, Copenhagen. Report no 1/2005, 37pp. 2005.

EUROPEAN UNION. Directive 2002/96/EC of the European Parliament and the Council of 27 January 2003 on waste electrical and electronic equipment (WEEE). **Official Journal of the European Union**, v. 46, p. 24-39, 2003.

EUROPEAN UNION. Directive 2012/19/EU of the European Parliament and of the Council of the 4 July 2012 on Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE). **Official Journal of the European Union**, v. L, n. June, p. 38–71, 2012.

FECHINE, Roberta; MORAES, Luiz Roberto Santos. Matriz de indicadores de sustentabilidade de coleta seletiva com a utilização do método Delphi. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 10, p. 22–35, 2015.

FERREIRA, Jhony Fernandes; PACHECO, Elen B. A. Vasques; SILVA, Ana Lúcia N. Uma proposta para identificação de indicadores de sustentabilidade para avaliação do gerenciamento de resíduos eletroeletrônicos com foco na reciclagem. **Gestão e Gerenciamento**, v. 10, n. 10, p. 18–26, 2018.

FLICK, U. **Uma introdução à pesquisa quantitativa**. 2^a edição. Porto Alegre: Bookman, 2004.

FORTI, Vanessa; BALDÉ, Cornelis Peter; KUEHR, Ruediger; *et al.* **The Global E-waste Monitor 2020**. [s.l.: s.n.], 2020. Disponível em: <<http://ewastemonitor.info/>>; acesso em: 16 de nov. 2020.

FORTI, Vanessa; BALDÉ, Kees; KUEHR, Ruediger. **E-waste Statistics: Guidelines on Classifications, Reporting and Indicators**. 2018. Disponível em:

<http://collections.unu.edu/eserv/UNU:6477/RZ_EWaste_Guidelines_LoRes.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2020.

GARLAPATI, Vijay Kumar. E-waste in India and developed countries: Management, recycling, business and biotechnological initiatives. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 54, p. 874-881, 2016.

GIANNETTI, Biagio F; ALMEIDA, Cecilia M. V. B.; BONILLA, Silvia H. A ecologia industrial dentro do contexto empresarial. **Banas Qualidade**, p. 76–83, 2007.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4^a edição. São Paulo: Atlas, 2007.

GONCALVES, M. E.; MARINS, F. A. Logística reversa numa empresa de laminação de vidros: um estudo de caso. **Gestao & Producao**. V. 13, n.3, p. 397 – 410, set./dez. 2006.

GOOSEY, EMMA; GOOSEY, MARTIN. Introduction and Overview. In: **Electronic Waste Management**. p. 1–32. 2020.

Grant, Kristen; Goldizen, F. C.; Sly, P. D.; Brune, M. N.; Neira, M.; VAN DEN BERG, M.; Norman, R. E. Health consequences of exposure to e-waste: a systematic review. **The Lancet Global Health**, v. 1, n. 6, p. e350–e361, 2013.

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

HOUSE OF COMMONS ENVIRONMENTAL AUDIT COMMITTEE. Growing a circular economy: Ending the throwaway society. **HC-214**. Londres: House of Commons/Environmental Audit Committee, v. 18, p. 434-441, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2010**. 2010. Acesso em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 08 de fev. 2021.

_____. Cidades @. João Pessoa. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. População estimada 2020 – João Pessoa**. 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/joao-pessoa/panorama>>. Acesso em: 04 de set. 2020.

_____. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2008.

INSTITUTO ETHOS. **Política Nacional de Resíduos Sólidos: Desafios e Oportunidades para as Empresas**. p. 1–72, 2012.

ISLAM, Md Tasbirul; HUDA, Nazmul. Assessing the recycling potential of “unregulated” e-waste in Australia. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 152, 2020.

IWASAKA, Fernanda Yumi. **Políticas públicas e economia circular: levantamento internacional e avaliação da Política Nacional de Resíduos**. Orientador: Aldo Roberto Ometto. 2018. 139 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

JARDIM, Arnaldo; YOSHIDA, Consuelo Yatsuda Moromizato; FILHO, José Valverde Machado. **Política nacional, gestão e gerenciamento de resíduos sólidos**. Barueri, São Paulo: Manole, 2012.

JOÃO PESSOA. 2011. **Lei 12.160, de 15 de setembro de 2011**. Institui normas, prazos e procedimentos para gerenciamento, coleta, reutilização, reciclagem e destinação final do lixo tecnológico e dá outras providências. 2011.

KOBAL, A.; SANTOS, S. M.; SOARES, F.; LÁZARO, J. C. Cadeia de suprimento verde e logística reversa - os desafios com os resíduos eletrônicos. **Produto & Produção**, v. 14, n. 1, p. 55–83, 2013.

LEOPOLDINO, Carolina Calazans Lopes; BARBOSA, Djanine Carolina; MENDONÇA, Fabrício Molica de; *et al.* Impactos ambientais e financeiros da implantação do gerenciamento de resíduos sólidos em um complexo siderúrgico: um estudo de caso. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, n. 6, p. 1239–1250, 2019. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522019000601239&tlang=pt>. Acesso em: 13 de mar 2020.

LIEDER, Michael; RASHID, Amir. Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. **Journal of cleaner production**, v. 115, p. 36-51, 2016.

LINSTONE, H. A.; TUROFF, M. (Orgs). The Delphi Method: Techniques and Applications. Newark: New Jersey Institute of Technology. 2002.

LOZANO, M.C. **Um olhar para a gestão de resíduos sólidos urbanos a partir de indicadores de sustentabilidade**. 2012. 100f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

MAGALHÃES, D.C.S. **Panorama dos Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE): O Lixo Eletroeletrônico - E-lixo**. Dissertação – Pontifícia Universidade Católica de Goiás. 241f. 2011.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados**. 5^a edição. São Paulo: Atlas, 2002.

MARTINS, Wanessa Alves. **Avaliação do ciclo de vida do programa de coleta seletiva do município de João Pessoa- PB, Brasil**. Orientadora: Claudia Coutinho Nóbrega. 2017. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

MASSUKADO, L. M. **Sistema de apoio à decisão: avaliação de cenários de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos domiciliares**. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de São Carlos Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana. São Carlos: UFSCar, 2004, 230 p.

MELONI, Marco A. A Circular Economy for Consumer Electronics. In: **Electronic Waste Management**. p. 66–100. 2020.

MENDES, Henrique Manoel Riani; RUIZ, Mauro Silva; SHIBAO, Fábio Ytoshi; *et al.*

Gestão da Logística Reversa de Eletroeletrônicos: Conceitos, Princípios e Desafios. **Revista em Gestão, Inovação e Sustentabilidade**, v. 0, n. 2, p. 61–80, 2016.

MILANEZ, B. **Resíduos sólidos e sustentabilidade: princípios, indicadores e instrumentos de ação**. 2002. 207 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2002.

MILANEZ, B.; TEIXEIRA, B.A.N. Proposta de método de avaliação de indicadores de sustentabilidade para gestão de resíduos sólidos urbanos. In: FRANKENBERG, C.L.C. RAYA-RODRIGUEZ, M.T.; CANTELLI, M. (Coord.). **Gestão ambiental urbana e industrial**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2003. p. 272-283.

MOTTA, Letícia Bacellar; BARRETO, Renata da Costa; XAVIER, Lúcia Helena. Uso De Indicadores Como Ferramenta Pra O Planejamento Instituições Públcas. In: **XXVII Jornada de Iniciação Científica e III Jornada de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação**. 2019.

MÜLLER, Esther; WIDMER, Rolf. Materialflüsse der elektrischen und elektronischen Geräte in der Schweiz. p. 1–25, 2010.

NETO, Paulo Nascimento. Resíduos sólidos urbanos: perspectivas de gestão intermunicipal em regiões metropolitanas. São paulo: **Atlas**, 2013.

NÓBREGA, Patricia Brito Souza da. **Mapeamento dos resíduos eletroeletrônicos em um hospital público: inventário e a logística reversa**. Orientadora: Elisângela Maria Rodrigues Rocha. 2018. 74 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

NOVAES, Maiana Portella de. **Indicadores de desempenho para a cadeia reversa do reuso de computadores pós-consumo: estudo de caso do Projeto Computadores para Inclusão**. 220 f. 2012. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 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.

OPRIS, Sabine. Electronics: A Broken Story about Production and Consumption. In: **Electronic Waste Management**. p. 213–245. 2020.

PAFUME, Robson; MARTINS, Harley Moraes; SANTOS, Hudson; et al. Panorama da reciclagem de eletroeletrônicos no Brasil. **3º Congresso Sul - Americano De Resíduos Sólidos E Sustentabilidade**, n. 2014, p. 1–6, 2020.

PEREIRA, R. S. C; RIBEIRO, F. M.; GÜNTHER, W. M. R. Indicadores para gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos: uma comparação inicial. **6th International Workshop Advances in Cleaner Production**, 2017.

PEREIRA, Raissa Silva de Carvalho. **Logística reversa de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos: proposta de indicadores de monitoramento para órgãos ambientais**. 2018. 163 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

PEREIRA, S.S.; CURI, R.C.; CURI, W.F. Uso de indicadores na gestão dos resíduos sólidos urbanos: uma proposta metodológica de construção e análise para municípios e regiões. **Eng Sanit Ambient**, v. 23, n. 3, p. 471-483, 2018.

PEREIRA, Suellen Silva; LIMA, Guilherme Amisterdan Correia; CURI, Rosires Catão. Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos urbanos: análise do atual cenário na cidade de Serra Redonda/PB. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 2, p. 87–117, 2017.

POKHAREL, Shaligram; MUTHA, Akshay. Perspectives in reverse logistics: a review. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 53, n. 4, p. 175-182, 2009.

POLAZ, Carla Natacha Marcolino; TEIXEIRA, Bernardo Arantes do Nascimento. Indicadores de sustentabilidade para gestão municipal de resíduos sólidos urbanos: um estudo para São Carlos (SP). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 14, n. 3, p. 411–420, 2009.

QUIROGA, M. R. Indicadores ambientales y de desarollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe. **Serie Manuales**, nº 55: Cepal, 2007. Disponível em: <http://www.cepal.org/deype/publicaciones/xml/4/34394/LCL2771e.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2020.

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 Sanitária e Ambiental**, v. 20, n. 3, p. 437–447, 2015.

RODRIGUES, J.T.M.C. **Seleção de Variáveis para Prever a Demanda de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos no Contexto da Logística Reversa**. 2016. 176f. Tese (Doutorado em Engenharia, na área de concentração em Sistemas de Qualidade), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2016.

ROGERS, D S.; TIBBEN-LEMBKE, R S. Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices. University of Nevada, Reno - **Center for Logistics Management**. Disponível em: <<http://equinox.unr.edu/homepage/logis/reverse.pdf>>. Acesso em 30 jun. 2015.

ROMAN, G. **Diagnóstico sobre la generación de basura electrónica**. Instituto Politécnico Nacional México, Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo México D. F., 2007.

SANTIAGO, L. S.; DIAS, S. M. F. Matriz de indicadores de sustentabilidade para a gestão de resíduos sólidos urbanos. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 17, n. 2, p. 203–212, 2012.

SANTOS, Aline Santana Dos; DIAS, Sandra Maria Furiam; VAZ, Luciano Mendes Souza. Avaliação da sustentabilidade na gestão de resíduos sólidos urbanos: estudo de caso envolvendo segmentos sociais do município de Ferreira de Santana, Bahia. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 5, p. 119–141, 2016.

SANTOS, Carlos Alberto Frantz dos. **A gestão dos resíduos eletroeletrônicos e suas consequências para a sustentabilidade: Um Estudo de Múltiplos Casos na Região**

Metropolitana de Porto Alegre. 2012. 131 f. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

SANTOS, R. F. DOS; MARINS, F. A. S. Integrated model for Reverse Logistics Management of Electronic Products and Components. **Procedia Computer Science**, v. 55, n. Itqm, p. 575–585, 2015.

SEGNESTAM, L. Indicators of Environment and Sustainable Development. Theories and Parctical Experience. Washington: **The International Bank for Reconstruction and Development**, 2002.

SEI – Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. **Indicadores de Sustentabilidade Ambiental**. Salvador: SEI, 2006. 87p.

SERI. Overconsumption? Our use of the world's natural resources. Sustainable Europe Research Institute, p. 1–36, 2009.

SILVA, Bruna Daniela da; MARTINS, Dalton Lopes; OLIVEIRA, Flávia Cremonesi de. **Resíduos eletroeletrônicos no Brasil**, Santo André, 2007.

SILVA, et. al. **O Descarte de Componentes Eletrônicos como Oportunidade Empresarial**. In: REVISTA RETC – Edição 11^a, revista nº 3, outubro de 2012.

SIQUEIRA, Valdilene S; MARQUES, Denise Helena França. Gestão e descarte de resíduos eletrônicos em belo horizonte: algumas considerações. **Caminhos de Geografia**, v. 13, n. 43, pp. 174–187, 2012.

SOUZA, A.; LAMOUNIER, B. O futuro da democracia: cenários político- institucionais até 2022. **Estudos Avançados**. São Paulo: IEA, v. 20, n. 56, jan. /abr., 2006.

SOUZA, M. A. P.; SOUZA, S. J. O.; CASTRO, M. N.; CASTRO, R. M.; MESQUITA, G. M.; SOUZA, P. C., Destinação final de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos e uso da análise SWOT na logística reversa – um estudo teórico. **Revista Eletrônica de Educação da Faculdade Araguaia**, 5; 130-149, 2014.

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

STEP INITIATIVE. **Solving the E-Waste Problem (Step) White Paper: One Global Definition of E-waste**. v. 3576, p. 13, 2014. Disponível em: <http://www.step-initiative.org/files/_documents/whitepapers/StEP_WP_One_Global_Definition_of_E-waste_20140603_amended.pdf>. Acesso em: 15 de abr. 2020.

TEIXEIRA, Izabella. **Vamos Cuidar do Brasil: 4º Conferência Nacional do Meio Ambiente – Resíduos Sólidos**. Texto Orientador. 2º Edição. Brasília, maio de 2013.

TIBBEN-LEMBKE, R. S., ROGERS, D. S. **Differences between forward and reverse logistics in a retail environment**. Supply Chain Management: An International Journal, 2002.

TOXICS LINK. **E-waste - Designing Take Back Systems: A National Workshop Report**, 2012.

VALENTE, Daniel Baratieri. **Análise econômica da gestão de resíduos sólidos eletroeletrônicos no município de Volta Redonda-RJ.** Orientador: Ricardo Cézer da Silva Guabiroba. 2017. 142 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Administração) – Instituto de Ciências Humanas e Sociais da Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, Rio de Janeiro, 2017.

VAZ, Caroline Rodrigues; MALDONADO, Mauricio Uriona. Efeito Chicote em Redes de Logística Reversa: um Modelo de Simulação Dinâmica. **Produto & Produção**, Santa Catarina, v. 18, n. 2, p.13-29, maio 2017. Disponível em: <https://www.seer.ufrgs.br/ProdutoProducao/article/view/60112/47448>. Acesso em: 16 mar. 2020.

VEIGA, T. B. **Indicadores de sustentabilidade na gestão de resíduos sólidos urbanos e implicações para a saúde humana Indicadores de sustentabilidade na gestão de resíduos sólidos urbanos e implicações para a saúde humana.** 2014. 261f. Tese. Universidade de São Paulo, Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública. São Paulo, SP. 2014.

VEIT, H. M.; BERNARDES, A. M. Reciclagem de Sucata Eletrônicas através da combinação de processos eletrônicos e eletroquímicos. 17º CBECIMat – **Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais**, 15 a 19 de novembro, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2006.

WATSON, David; MILIOS, Leonidas; BAKAS, Ioannis; HERCZEG, Márton; KJAER, Birgitte; TOJO, Naoko. **Proposals for targets and indicators for waste prevention in four waste streams.** Nordic Council of Ministers, Copenhagen. 235 p. 2013.

WIDMER, R.; OSWALD-KRAPF, H.; SINHA-KHETRIWAL, D.; SCHNELLMANN, M.; BONI, H. **Global perspectives on e-waste Environmental Impact Assessment Review,** 2005.

WRIGHT, J.; GIOVINAZZO, R. Delphi – Uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo. **Caderno de Pesquisas em Administração**, São Paulo: FIA/FEA/USP, v. 01, n.12, p. 54-65, 2º trimestre 2000.

XAVIER, Lúcia Helena; LINS, Fernando A. Freitas. Mineração Urbana de Resíduos Eletroeletrônicos: Uma nova fronteira a explorar no Brasil. **Brasil Mineral**, v. 1, n. 379, p. 22–26, 2018.

APÊNDICE A

MATRIZ DE INDICADORES UTILIZADA NA 1^a RODADA DO MÉTODO DELPHI

Quadro 20 – Indicadores da Dimensão Política/Institucional da Matriz Inicial (Fonte: Elaborado pela autora, 2021).

	Indicador	Mensuração	Relevância do indicador	Descriptor	Nota (0-5)	Dispon. de dados / Obs.
Dimensão Política / Institucional	1 Legislação específica de REEE (Adaptado de Dias, 2017)	Existência de legislação específica de REEE		Existe uma legislação específica de REEE		
				Não existe legislação específica de REEE, porém existe uma classificação do REEE como resíduo especial na legislação de RSU		
				Não existe legislação específica de REEE e a não há citação destes resíduos na legislação de RSU		
	2 Plano Integrado de Gestão de REEE (Adaptado de Dias, 2017)	Existência de Plano Integrado de Gestão de REEE		Existe um plano de gestão integrada de REEE		
				Plano de gestão integrada de REEE em processo de conclusão ou menção dos REEE no plano de gestão integrada de RSU		
				Inexistência de plano de gestão integrada de REEE		
	3 Acordo setorial (Adaptado de Dias, 2017)	Existência de acordo setorial		Existe acordo setorial		
				Acordo setorial em fase de elaboração		
				Inexistência do acordo setorial		

	4	Instrumentos legais na relação da prefeitura com prestadores de serviço de coleta de REEE (Adaptado de Besen, 2011)	Existência e modalidade de instrumentos legais		Existe contrato ou convênio remunerado		
	5	Atendimento da população - % (Adaptado de Besen, 2011)	Nº de bairros com pontos de coleta × 100 / Nº de bairros do município		≥ 80%		
					40,1 a 79,9%		
					≤ 40%		
	6	Ações de fiscalização relacionadas ao gerenciamento de REEE (Adaptado de Polaz e Teixeira, 2009)	Quantidade de ações de fiscalização relacionadas ao gerenciamento de REEE promovidas pelo poder público municipal		Existe fiscalização com ocorrência permanente		
					Existe fiscalização, porém com ocorrência esporádica		
					Inexistência de fiscalização		
	7	Informações sistematizadas e disponibilizadas sobre REEE para a população (Adaptado de Polaz e Teixeira, 2009)	Existência de informações sistematizadas e disponibilizadas para a população		Informações sistematizadas e disponibilizadas continuamente para a população		
					Informações são sistematizadas, mas não estão acessíveis para a população		
					Informações não são sistematizadas		

Quadro 21 - Indicadores da Dimensão Conhecimento/Cobertura da Matriz Inicial (Fonte: Elaborado pela autora, 2021).

	Indicador	Mensuração	Relevância do indicador	Descriptor	Nota	Dispon. de dados / Obs.
Dimensão Conhecimento/Cobertura	8 Número de pontos de coleta de REEE instalados (Adaptado de Dias, 2017)	Nº de pontos / (Mil habitantes × 0,04) ¹		≥ 80%		
				40,1 a 79,9%		
				≤ 40%		
Dimensão Conhecimento/Cobertura	9 Eficiência da coleta de REEE (Adaptado de DIAS, 2017)	Quantidade de REEE coletado (kg) × 100/ Quantidade de REEE gerado (Kg) ²		≥ 80%		
				40,1 a 79,9%		
				≤ 40%		
Dimensão Conhecimento/Cobertura	10 Estabelecimentos inscritos para instalação de pontos de coleta REEE (Adaptado de DIAS, 2017)	Nº de estabelecimentos com pontos de coleta × 100 / Nº de estabelecimentos totais		≥ 80%		
				40,1 a 79,9%		
				≤ 40%		
Dimensão Conhecimento/Cobertura	11 Adesão ao sistema de logística reversa de REEE (Adaptado de DIAS, 2017)	Nº de cidadãos e empresas que entregam REEE pontos formais × 100 / Nº de cidadãos e empresas total		≥ 80%		
				40,1 a 79,9%		
				≤ 40%		
Dimensão Conhecimento/Cobertura	12 Empresas de reciclagem ou gerenciadoras de REEE na região (Dias, 2017)	Existência de empresas de reciclagem ou gerenciadoras de REEE na região		Existem empresas e as mesmas operam com capacidade de receber todos os resíduos que são encaminhados		
				Existem empresas, mas as mesmas operam acima da capacidade operacional e não suportam o volume de REEE encaminhados		

					Não existem empresas recicadoras/gerenciadoras de REEE na região		
1 3	Realização de Avaliação da gestão dos REEE de forma participativa (Adaptado de SANTIAGO e DIAS, 2012)	Realização de Avaliação da gestão dos REEE de forma participativa			Realizada anualmente		
					Realizada de forma esporádica		
					Não há		

¹O valor 0,04 corresponde a 1 ponto de recebimento para cada 25 mil habitantes. Valor considerado ideal para a realidade brasileira, segundo ABDI (2012)

²O peso total dos REEE gerados em um dado ano, será calculado a partir do peso médio dos EEE colocados no mercado três anos atrás.

Quadro 22 - Indicadores da Dimensão Econômica da Matriz Inicial (Fonte: Elaborado pela autora, 2021).

Dimensão Econômica	Indicador	Mensuração	Relevância	Descriptor	Nota	Dispon. de dados / Observações
	14	Taxa de reciclagem - TAR (Adaptado de Dias, 2017)	Existência de cobrança de taxa específica para o gerenciamento dos REEE	Existe taxa específica para o serviço de reciclagem de REEE		
	15	Recursos alocados para ações de educação ambiental no gerenciamento de REEE (Adaptado de SANTIAGO E DIAS, 2012)	Recurso alocado para educação ambiental × 100 / Custo total do gerenciamento de REEE	> 3% 1 a 2,9% < 1%		
	16	Viabilidade econômica da reciclagem (Adaptado de Dias, 2017)	$\frac{Ve}{Cn} = \frac{Cr}{Cn} \times 100$ • CN - custo unitário no mercado do	≥ 80% 40,1 a 79,9% ≤ 40%		

			insumo de fonte natural. • CR - custo unitário no mercado do insumo obtido a partir de reciclagem. • Ve - Viabilidade econômica da reciclagem.				
17	Aplicação dos recursos provenientes do gerenciamento de REEE (Adaptado de Santiago e Dias, 2012)	Aplicação dos recursos provenientes do gerenciamento de REEE		Na própria manutenção do gerenciamento de REEE			

Quadro 23 - Indicadores da Dimensão Social da Matriz Inicial (Fonte: Elaborado pela autora, 2021).

		Indicador	Mensuração	Relevância do indicador	Descriptor	Nota	Dispon. de dados / Observações
Dimensão Social	18	Solidariedade (Adaptado de Dias, 2017)	Kg de EEE emprestados ou doados × 100 / (Total de hab × 0,207) ³		≥ 80%		
					40,1 a 79,9%		
					≤ 40%		
	19	Abrangência dos cursos de Capacitação promovidos aos atuantes da rede de LR (Adaptado de Santiago e Dias, 2012)	Abrangência dos cursos de Capacitação promovidos aos atuantes da rede de LR		≥ 80%		
Dimensão Social	20	Condições de saúde ⁴ e trabalho ⁵ (Besen, 2011)	Nº de requisitos atendidos × 100 / Nº de requisitos desejáveis		≥ 80%		
					40,1 a 79,9%		
					≤ 40%		
Dimensão Social	21	Capacitação contínua de agentes que atuam na área de manejo de REEE (Adaptado de SANTIAGO e DIAS, 2012)	Existência de capacitação contínua de agentes que atuam na área de manejo de REEE		Existe capacitação contínua		
					Existe capacitação de forma esporádica		
					Não existe		

³O valor igual a 0,207 (kg.hab-1), corresponde ao maior valor de reuso encontrado na literatura, que é a taxa de reuso de equipamentos de informática na Noruega. Obs: a taxa de reuso da Noruega foi usada devido à falta deste parâmetro na literatura brasileira.

⁴Recomendam-se o atendimento aos requisitos do Ministério da Saúde e Trabalho: Princípios de higiene e limpeza, controle de vetores de doenças, ausência de ratos, moscas e baratas, cobertura adequada, ventilação adequada, ausência de odores incômodos, sistema de prevenção de riscos acidentes e incêndios, plano de emergência, uso de EPIS, identificação de materiais perigosos, e outros.

⁵Vacinação regular, prevenção de lesão por esforços repetitivos, descanso pelo peso das atividades, limpeza e higiene no local de trabalho, exames médicos periódicos, comunicação visual nos ambientes, recolhimento de INSS pelos cooperados, prevenção, registro e atendimento aos acidentes de trabalho.

Quadro 24 - Indicadores da Dimensão Ambiental da Matriz Inicial (Fonte: Elaborado pela autora, 2021).

	Indicador	Mensuração	Relevância do indicador	Descriptor	Nota	Dispon. de dados / Obs.
Dimensão Ambiental	22 Estabelecimentos que comercializam EEE de segunda mão (Adaptado de Dias, 2017)	$Nº\ de\ lojas\ de\ EEE\ 2^{\text{a}}\ mão \times 100 / (\text{mil habitantes} \times 0,06)^6$		$\geq 80\%$		
				40,1 a 79,9%		
				$\leq 40\%$		
	23 Número de serviços de reparo de EEE (Adaptado de Dias, 2017)	$Nº\ de\ serviços\ de\ reparo \times 100 / \text{Mil habitantes}$		$\geq 80\%$		
				40,1 a 79,9%		
				$\leq 40\%$		
	24 Grau de implementação das medidas recomendadas no licenciamento das atividades relacionadas aos REEE (Polaz e Texeira, 2009)	Existência de licenciamento ambiental		Licenciamento ambiental foi devidamente realizado e as medidas atenuantes e compensatórias foram totalmente implementadas		
				Licenciamento ambiental foi devidamente realizado, porém as medidas compensatórias não foram completamente implementadas		
				Não existe licenciamento ambiental		
	25 Preservação dos recursos naturais (Adaptado de Dias, 2017)	$Total\ de\ REEE\ que\ não\ foi\ encaminhado\ para\ disposição\ final\ (kg) \times 100 / Total\ de\ REEE\ coletado\ (kg)$		$\geq 80\%$		
				40,1 a 79,9%		
				$\leq 40\%$		
	26 Efetividade de programas educativos continuados	Efetividade de programas educativos continuados		Existência de programas educativos continuados		

		voltados para boas práticas de gerenciamento de REEE (Adaptado de Polaz e Teixeira, 2009)	voltados para boas práticas de gerenciamento de REEE		com alto envolvimento da população Existência de programas educativos continuados, porém com baixo envolvimento da população Inexistência de programas educativos		
--	--	---	--	--	---	--	--

⁶O número de estabelecimentos que comercializam equipamentos de segunda mão é de 3880 para o ano de 2015 no Reino Unido. Isso corresponde a um valor de 0,06 lojas por mil habitantes considerando a população do Reino Unido (DIAS, 2017). Assim a escala proposta considera valor máximo de 5 (cinco) para o indicador, quando a relação entre o número de estabelecimentos de EEE de segunda mão e os milhares de habitantes resultar em valores iguais ou superiores a 0,06, e valor mínimo igual a 0 (zero), quando não houver estabelecimentos que comercializam equipamentos eletroeletrônicos de segunda mão.

Quadro 25 - Indicadores da Dimensão Atendimento à Lei 12.160/2011 da Matriz Inicial
(Fonte: Elaborado pela autora, 2021).

Dimensão Atendimento à Lei nº 12.160/2011	Indicador	Mensuração	Relevância do indicador	Descriptor	Nota	Dispon . de dados / Obs.
						≥ 80% 40,1 a 79,9% ≤ 40%
	27	Gerenciamento das categorias de REEE estabelecidas na lei municipal ⁷	Nº de categorias de REEE gerenciadas × 100 / Nº de categorias totais			
	28	Disponibilização de recipientes de coleta de REEE por parte das empresas ⁸	Disponibilização de recipientes de coleta, nos locais de comercialização de EEE e nos locais de grande fluxo de pessoas		Disponibiliza m recipientes de coleta de REEE nos locais de comercializaç o e de grande fluxo de pessoas Disponibiliza m recipientes de coleta de REEE nos locais de comercializaç o Não disponibilizam recipientes de	

					coleta de REEE		
29	Apresentação do Plano de Gestão de Resíduos Tecnológicos por parte das empresas ⁹	Apresentação do Plano de Gestão de Resíduos Tecnológicos por parte das empresas			Apresentação por parte das empresas que fabricam, produzem, importam, distribuem e comercializam EEE		
					Somente por parte das empresas que fabricam e produzem		
					Não é apresentado Plano de Gestão de Resíduos Tecnológicos por parte das empresas		
30	Parcerias entre as empresas responsáveis ou contratadas para destinação final dos REEE e as Associações e Organizações Não-Governamentais ¹⁰	Existência de parcerias			Existe parcerias		
31	REEE destinados à reutilização e reciclagem em relação ao total coletado ¹¹	Quantidade de REEE destinados à reutilização (incluindo a remanufatura e o recondicionamento) e reciclagem no município / Quantidade total de REEE coletados			≥ 80%		
					40,1 a 79,9%		
					≤ 40%		

⁷ Art. 2º - Serão considerados lixo tecnológico, para efeitos desta lei (Lei nº 12.160/2011), aparelhos eletrodomésticos, equipamentos e componentes eletroeletrônicos de uso doméstico, comercial e industrial de serviços, que estão em desuso e sujeitos a tratamento adequado, cujo descarte inadequado possa vir a prejudicar a saúde da população ou poluir o meio ambiente, tais como:

- I - componentes de computadores e seus periféricos;
- II - televisores e monitores;
- III - baterias, pilhas ou qualquer aparelho eletroeletrônico que acumule energia;

IV - produtos magnéticos;
V - lâmpadas fluorescentes;
VI - frascos de aerossóis em geral; e
VII - aparelhos de celular.

⁸ Art. 2º, § 2º Os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes do produto tecnológico deverão disponibilizar recipientes de coleta desse tipo de bem, devidamente sinalizados, nos próprios locais de comercialização ou ainda de grande fluxo de pessoas, tais como hipermercados, supermercados, shopping centers, faculdades públicas ou privadas, órgãos públicos em geral, bancos, terminais de transportes coletivo, terminais rodoviários, aeroportos e grandes lojas de materiais de construção.

⁹ Lei nº 12.160/2011, art. 4º - Fica obrigatória a apresentação de Plano de Gestão de Resíduos Tecnológicos por parte das empresas que fabricam, produzem, importam, distribuem e comercializam equipamentos eletroeletrônicos ou seus componentes, a ser avaliado e aprovado pelo órgão competente, observados os pontos definidos no artigo 3º e respeitando os prazos estabelecidos.

I - cento e oitenta dias para apresentar o Plano de Gestão de Resíduos Tecnológicos á apreciação do órgão competente;

II - dois anos, a partir da validação do Plano de Gestão de Resíduos Tecnológicos, para gerenciar (coletar, reciclar e depositar adequadamente) 30% (trinta por cento), em volume, dos produtos eletroeletrônicos comercializados pela empresa;

III - três anos para atingir a marca de 50% (cinquenta por cento) de resíduos gerenciados;

IV - cinco anos para atingir 80% (oitenta por cento) de resíduos gerenciados; e

V - sete anos para ultrapassar a marca dos 95% (noventa e cinco por cento) de resíduos gerenciados.

Parágrafo Único - As empresas definidas nesta lei deverão enviar relatórios anuais da evolução e andamento de seu Plano de Gestão de Resíduos ao órgão competente.

¹⁰ Art. 6º - As empresas responsáveis ou contratadas para destinação final dos produtos e componentes eletroeletrônicos poderão criar parcerias para a realização de qualquer parte do gerenciamento (coleta seletiva, reutilização, reciclagem e deposição final de produtos tecnológicos) com Associações e Organizações Não-Governamentais, sempre observando a legislação ambiental vigente, normas de saúde, segurança pública e do trabalho, respeitando-se as vedações e restrições estabelecidas pelos órgãos públicos competentes.

¹¹ Art. 1º - Os produtos descartados e resíduos tecnológicos deverão ser coletados, reutilizados, reciclados e receber tratamento final específico e ambientalmente adequado pelas empresas que fabricam, produzem, importam, distribuem e comercializam esses equipamentos ou seus componentes.

APÊNDICE B

RESULTADOS ESTATÍSTICOS DA 1^a RODADA DO MÉTODO DELPHI

Tabela 7 - Resultados estatísticos da Dimensão Política/Institucional da 1^a rodada (Fonte: Elaborado pela autora, 2021).

		Indicadores – Dimensão Política/Institucional	Relevância	Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1	Descriptor 2	Descriptor 3	Frequência		
								Média	Mediana	Moda
01 - Legislação específica de REEE			Relevância		4,78	5	5	31	96,9	
			Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1	4,56	5	5			
				Descriptor 2	2,91	3	4			
				Descriptor 3	0,63	0	0			
02 - Plano Integrado de Gestão de REEE			Relevância		4,78	5	5	32	100,0	
			Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1	4,59	5	5			
				Descriptor 2	3,16	3	3			
				Descriptor 3	0,88	0	0			
03 - Acordo setorial			Relevância		4,72	5	5	31	96,9	
			Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1	4,63	5	5			
				Descriptor 2	2,88	3	3			
				Descriptor 3	0,78	0	0			
04 - Instrumentos legais na relação da prefeitura com prestadores de serviço de coleta de REEE			Relevância		4,81	5	5	31	96,9	
			Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1	4,13	5	5			
				Descriptor 2	3,00	3	4			
				Descriptor 3	0,84	0	0			
05 - Atendimento da população - %			Relevância		4,91	5	5	32	100,0	
			Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1	4,44	5	5			
				Descriptor 2	3,38	3	3			
				Descriptor 3	2,22	2	1			
06 - Ações de fiscalização relacionadas ao gerenciamento de REEE			Relevância		4,50	5	5	30	93,8	
			Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1	4,13	5	5			
				Descriptor 2	2,66	3	3			
				Descriptor 3	0,94	0	0			
07 - Informações sistematizadas e disponibilizadas sobre REEE para a população			Relevância		4,63	5	5	31	96,9	
			Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1	4,09	5	5			
				Descriptor 2	2,34	2	2			
				Descriptor 3	0,97	0	0			

Tabela 8 - Resultados estatísticos da Dimensão Conhecimento/Cobertura da 1^a rodada (Fonte: Elaborado pela autora, 2021).

		Indicadores – Dimensão Conhecimento / Cobertura	Relevância	Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1	Descriptor 2	Descriptor 3	Frequência		
								Média	Mediana	Moda
08 - Número de pontos de coleta de REEE instalados			Relevância		4,88	5	5	32	100	
			Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1	4,41	5	5			
				Descriptor 2	3,28	3	3			
				Descriptor 3	2,13	2	1			
09 - Eficiência da coleta de REEE			Relevância		4,63	5	5	28	87,5	
			Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1	4,34	5	5			
				Descriptor 2	3,25	3	3			
				Descriptor 3	1,97	2	1			

10 - Estabelecimentos inscritos para instalação de pontos de coleta REEE	Relevância Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1 Descriptor 2 Descriptor 3	4,34 4,28 3,25 2,06	5 5 3 2	5 5 3 1	27	84,375
11 - Adesão ao sistema de logística reversa de REEE	Relevância Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1 Descriptor 2 Descriptor 3	4,50 4,31 3,25 2,00	5 5 3 2	5 5 3 1	27	84,375
12 - Empresas de reciclagem ou gerenciadoras de REEE na região	Relevância Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1 Descriptor 2 Descriptor 3	4,66 4,47 2,66 1,19	5 5 3 0	5 5 3 0	29	90,625
13 - Realização de Avaliação da gestão dos REEE de forma participativa	Relevância Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1 Descriptor 2 Descriptor 3	4,41 3,81 2,53 0,94	5 4 2 0	5 5 2 0	29	90,625

Tabela 9 - Resultados estatísticos da Dimensão Econômica da 1ª rodada (Fonte: Elaborado pela autora, 2021).

Indicadores – Econômica	Relevância Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1 Descriptor 2 Descriptor 3	Média	Mediana	Frequência		
					Moda	$\Sigma 4 e 5$	$\Sigma 4 e 5 - \%$
14 - Taxa de reciclagem - TAR	Relevância Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1 Descriptor 2	4,00 2,81 2,44	4 3,5 2,5	5 5 0	24	75
15 - Recursos alocados para ações de educação ambiental no gerenciamento de REEE	Relevância Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1 Descriptor 2 Descriptor 3	4,53 3,66 2,72 1,66	5 4,5 3 1,5	5 5 4 0	28	87,5
16 - Viabilidade econômica da reciclagem	Relevância Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1 Descriptor 2 Descriptor 3	4,56 4,44 3,28 2,00	5 5 3 2	5 5 3 1	30	93,75
17 - Aplicação dos recursos provenientes do gerenciamento de REEE	Relevância Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1 Descriptor 2 Descriptor 3	4,31 4,44 3,25 2,25	5 5 3,5 2	5 5 4 1	26	81,25

Tabela 10 - Resultados estatísticos da Dimensão Social da 1ª rodada (Fonte: Elaborado pela autora, 2021).

Indicadores – Dimensão Social	Relevância	Descriptor 1 Descriptor 2 Descriptor 3	Média	Mediana	Frequência		
					Moda	$\Sigma 4 e 5$	$\Sigma 4 e 5 - \%$
18 - Solidariedade	Relevância		4,38	5	5	28	87,5

	Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1	4,31	5	5			
		Descriptor 2	3,25	3	3			
		Descriptor 3	2,19	2	3			
19 - Abrangência dos cursos de Capacitação promovidos aos atuantes da rede de LR	Relevância		4,50	5	5	29	90,625	
	Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1	4,13	5	5			
		Descriptor 2	3,19	3	3			
		Descriptor 3	2,28	2	2			
20 - Condições de saúde e trabalho	Relevância		4,66	5	5	30	93,75	
	Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1	4,41	5	5			
		Descriptor 2	3,28	3	3			
		Descriptor 3	1,94	2	1			
21 - Capacitação contínua de agentes que atuam na área de manejo de REEE	Relevância		4,56	5	5	30	93,75	
	Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1	4,16	5	5			
		Descriptor 2	2,75	3	3			
		Descriptor 3	0,88	0	0			

Tabela 11 - Resultados estatísticos da Dimensão Ambiental da 1ª rodada (Fonte: Elaborado pela autora, 2021).

	Indicadores – Dimensão Ambiental			Média	Mediana	Frequência		
						Moda	Σ 4 e 5	Σ 4 e 5 - %
						5		
22 - Estabelecimentos que comercializam EEE de segunda mão	Relevância		4,34	4,5	5	29	90,625	
	Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1	4,19	5	5			
		Descriptor 2	3,16	3	3			
		Descriptor 3	2,13	2	1			
23 - Número de serviços de reparo de EEE	Relevância		4,13	4	5	25	78,125	
	Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1	4,22	5	5			
		Descriptor 2	3,16	3	3			
		Descriptor 3	1,91	2	1			
24 - Grau de implementação das medidas recomendadas no licenciamento das atividades relacionadas aos REEE	Relevância		4,56	5	5	29	90,625	
	Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1	4,22	5	5			
		Descriptor 2	2,56	2,5	2			
		Descriptor 3	0,63	0	0			
25 - Preservação dos recursos naturais	Relevância		4,75	5	5	30	93,75	
	Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1	4,31	5	5			
		Descriptor 2	3,34	3	3			
		Descriptor 3	2,06	2	1			
26 - Efetividade de programas educativos continuados voltados para boas práticas de gerenciamento de REEE	Relevância		4,38	5	5	27	84,375	
	Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1	4,13	5	5			
		Descriptor 2	2,50	2	2			
		Descriptor 3	0,78	0	0			

Tabela 12 - Resultados estatísticos da Dimensão Atendimento à Lei nº 12.160/2011 da 1^a rodada (Fonte: Elaborado pela autora, 2021).

Indicadores – Dimensão Atendimento a Lei nº 12.160/2011			Frequência				
			Média	Mediana	Moda	Σ 4 e 5	Σ 4 e 5 - %
							5
27 - Gerenciamento das categorias de REEE estabelecidas na lei municipal	Relevância	Descriptor 1	4,44	5	5	27	84,375
	Tendência à sustentabilidade	Descriptor 2	4,34	5	5		
		Descriptor 3	3,13	3	3		
			2,00	2	1		
28 - Disponibilização de recipientes de coleta de REEE por parte das empresas8	Relevância	Descriptor 1	4,84	5	5	31	96,875
	Tendência à sustentabilidade	Descriptor 2	4,31	5	5		
		Descriptor 3	3,41	4	4		
			0,88	0	0		
29 - Apresentação do Plano de Gestão de Resíduos Tecnológicos por parte das empresas9	Relevância	Descriptor 1	4,72	5	5	29	90,625
	Tendência à sustentabilidade	Descriptor 2	4,31	5	5		
		Descriptor 3	2,81	3	3		
			0,78	0	0		
30 - Parcerias entre as empresas responsáveis ou contratadas para destinação final dos REEE e as Associações e Organizações Não-Governamentais10	Relevância	Descriptor 1	4,66	5	5	30	93,75
	Tendência à sustentabilidade	Descriptor 2	4,09	5	5		
			1,13	0	0		
31 - REEE destinados à reutilização e reciclagem em relação ao total coletado	Relevância	Descriptor 1	4,81	5	5	32	100
	Tendência à sustentabilidade	Descriptor 2	4,41	5	5		
		Descriptor 3	3,25	3	3		
			2,00	2	2		

APÊNDICE C

MATRIZ DE INDICADORES UTILIZADA NA 2^a RODADA DO MÉTODO DELPHI

Quadro 26 - Indicadores da Dimensão Política/Institucional da 2^a rodada (Fonte: Elaborado pela autora, 2021).

Dimensão Política / Institucional	Indicador	Mensuração	Relevância	Descriptor	Notas	Dispon. de dados / Obs.
	1 Legislação específica de REEE (Adaptado de Dias, 2017)	Existência de legislação específica de REEE		Existe uma legislação específica de REEE		
				Não existe legislação específica de REEE, porém existe uma classificação do REEE como resíduo especial na legislação de RSU		
				Não existe legislação específica de REEE e a não há citação destes resíduos na legislação de RSU		
2 Plano Integrado Municipal de Gestão de REEE (Adaptado de Dias, 2017)	Plano Integrado Municipal de Gestão de REEE (Adaptado de Dias, 2017)	Existência do Plano Integrado Municipal de Gestão de REEE (Adaptado de Dias, 2017)		Existe um plano de gestão integrada municipal de REEE		
				Plano de gestão integrada municipal de REEE em processo de conclusão ou menção dos REEE no plano de gestão integrada de RSU		
				Inexistência de plano de gestão integrada		

				municipal de REEE		
3	Acordo Setorial Municipal (Adaptado de Dias, 2017)	Existência de Acordo Setorial Municipal		Existe acordo setorial municipal		
				Acordo setorial municipal em fase de elaboração		
				Inexistência do acordo setorial municipal		
4	Ações de fiscalização relacionadas ao gerenciamento de REEE nos estabelecimentos comerciais de EEE, promovidas pelo poder público municipal (Adaptado de Polaz e Teixeira, 2009)	Frequência das ações de fiscalização relacionadas ao gerenciamento de REEE nos estabelecimentos comerciais de EEE, promovidas pelo poder público municipal		Existe fiscalização com ocorrência permanente		
				Existe fiscalização, porém com ocorrência esporádica		
				Inexistência de fiscalização		
5	Informações sistematizadas e disponibilizadas sobre REEE para a população (Adaptado de Polaz e Teixeira, 2009)	Existência de informações sistematizadas e disponibilizadas para a população		Informações sistematizadas e disponibilizadas continuamente para a população		
				Informações são sistematizadas, mas não estão acessíveis para a população		
				Informações não são sistematizadas		
6	Parcerias entre as empresas responsáveis	Existência de parcerias		Existe parcerias		
				Não existe parcerias		

		ou contratadas para destinação final dos REEE e as Associações e Organizações Não-Governamentais					
--	--	--	--	--	--	--	--

Quadro 27 - Indicadores da Dimensão Conhecimento/Cobertura da 2ª rodada (Fonte: Elaborado pela autora, 2021).

Dimensão Conhecimento/Cobertura	Indicador	Mensuração	Relevância	Descriptor	Notas	Dispon. de dados / Obs.
	7	Número de pontos de coleta de REEE instalados (Adaptado de Dias, 2017)	Nº de pontos / (Mil habitantes × 0,04) ¹	≥ 80% 20,1 a 79,9% ≤ 20%		
	8	Estabelecimentos inscritos para instalação de pontos de coleta REEE (Adaptado de DIAS, 2017)	Nº de estabelecimentos com pontos de coleta × 100 / Nº de estabelecimentos comerciais de REEE	≥ 80% 20,1 a 79,9% ≤ 20%		
	9	Adesão ao sistema de logística reversa de REEE (Adaptado de DIAS, 2017)	Nº de empresas que entregam REEE pontos formais × 100 / Nº de empresas total	≥ 80% 20,1 a 79,9% ≤ 20%		
	10	Empresas de reciclagem ou gerenciadoras de REEE que coleta na cidade (Dias, 2017)	Existência de empresas de reciclagem ou gerenciadoras de REEE que coleta na cidade	Existem empresas e as mesmas operam com capacidade de receber todos os resíduos que são encaminhados		
				Existem empresas, mas		

				as mesmas operam acima da capacidade operacional e não suportam o volume de REEE encaminhados		
				Não existem empresas recicadoras/gerenciadoras de REEE na região		
11	Realização de Avaliação da gestão dos REEE com a participação da sociedade (Adaptado de SANTIAGO e DIAS, 2012)	Frequência da realização da avaliação da gestão dos REEE com a participação da sociedade		Realizada anualmente		
				Realizada de forma esporádica		
				Não há		
12	Disponibilização de recipientes de coleta de REEE por parte das empresas	Disponibilização de recipientes de coleta, nos locais de comercialização de EEE e nos locais de grande fluxo de pessoas		Disponibilizam recipientes de coleta de REEE nos locais de comercialização e de grande fluxo de pessoas		
				Disponibilizam recipientes de coleta de REEE nos locais de comercialização		
				Não disponibilizam recipientes de coleta de REEE		

¹O valor 0,04 corresponde a 1 ponto de recebimento para cada 25 mil habitantes. Valor considerado ideal para a realidade brasileira, segundo ABDI (2012)

Quadro 28 - Indicadores da Dimensão Econômica da 2^a rodada (Fonte: Elaborado pela autora, 2021).

Dimensão	Indicador	Mensuração	Relevância	Descriptor	Notas	Dispon. de dados / Obs.
13	Recursos alocados para ações de educação ambiental ×	Recurso alocado para educação ambiental ×		> 3%		
				1 a 2,9%		
				< 1%		

		ambiental no gerenciamento de REEE (Adaptado de SANTIAGO E DIAS, 2012)	100 / Custo total do gerenciamento de REEE				
14	Viabilidade econômica da reciclagem (Adaptado de Dias, 2017)	$Ve = \frac{Cn - Cr}{Cn} \times 100$ <ul style="list-style-type: none"> • CN - custo unitário no mercado do insumo de fonte natural. • CR - custo unitário no mercado do insumo obtido a partir de reciclagem. • Ve - Viabilidade econômica da reciclagem. 		$\geq 80\%$			
				20,1 a 79,9%			
				$\leq 20\%$			
15	Aplicação dos recursos provenientes da reciclagem e reuso dos REEE (Adaptado de Santiago e Dias, 2012)	Destinação dos recursos provenientes da reciclagem e reuso dos REEE		Na própria manutenção do gerenciamento de REEE			
				Atividades socioculturais e assistenciais			
				Outra			

Quadro 29 - Indicadores da Dimensão Social da 2ª rodada (Fonte: Elaborado pela autora, 2021).

Dimensão Social	Indicador	Mensuração	Relevância	Descriptor	Notas	Dispon. de dados / Obs.
	16 Abrangência dos cursos de Capacitação promovidos aos atuantes da rede de LR (Adaptado de Santiago e Dias, 2012)	Existência de capacitação contínua promovida aos atuantes da rede de LR		Existe capacitação contínua		
				Existe capacitação de forma esporádica		
				Não existe		
	17 Condições de saúde** e trabalho*** (nos pontos de coleta:	$Nº\ de\ requisitos\ atendidos \times 100 / Nº\ de$		$\geq 80\%$		
				20,1 a 79,9%		
				$\leq 20\%$		

		empresa que recolhe REEEE e etc.) (Besen, 2011)	requisitos desejáveis (Média de todos os ambientes)				
--	--	---	--	--	--	--	--

²Recomendam-se o atendimento aos requisitos do Ministério da Saúde e Trabalho: Princípios de higiene e limpeza, controle de vetores de doenças, ausência de ratos, moscas e baratas, cobertura adequada, ventilação adequada, ausência de odores incômodos, sistema de prevenção de riscos acidentes e incêndios, plano de emergência, uso de EPIS, identificação de materiais perigosos, e outros.

³Vacinação regular, prevenção de lesão por esforços repetitivos, descanso pelo peso das atividades, limpeza e higiene no local de trabalho, exames médicos periódicos, comunicação visual nos ambientes, recolhimento de INSS pelos cooperados, prevenção, registro e atendimento aos acidentes de trabalho.

Quadro 30 - Indicadores da Dimensão Ambiental da 2^a rodada (Fonte: Elaborado pela autora, 2021).

Dimensão Ambiental	Indicador	Mensuração	Relevância	Descriptor	Notas	Dispon. de dados / Obs.
18	Estabelecimentos que comercializam EEE de segunda mão (Adaptado de Dias, 2017)	$Nº\ de\ lojas\ de\ EEE\ 2^a\ mão \times 100 / (\text{mil habitantes} \times 0,06)^4$		$\geq 80\%$		
				20,1 a 79,9%		
				$\leq 20\%$		
19	Número de serviços de reparo de EEE (Adaptado de Dias, 2017)	$Nº\ de\ serviços\ de\ reparo \times 100 / \text{Mil habitantes}$		$\geq 80\%$		
				20,1 a 79,9%		
				$\leq 20\%$		
20	Preservação dos recursos naturais contido nos REEEE (Adaptado de Dias, 2017)	$Total\ de\ REEEE\ reciclados\ (kg) \times 100 / Total\ de\ REEEE\ coletado\ (kg)$		$\geq 80\%$		
				20,1 a 79,9%		
				$\leq 20\%$		
21	Programas educativos continuados voltados para boas práticas de gerenciamento de REEEE (Adaptado de Polaz e Teixeira, 2009)	Existência de programas educativos continuados voltados para boas práticas de gerenciamento de REEEE		Existe programas educativos continuados com alto envolvimento da população		
				Existe programas educativos continuados, porém com baixo envolvimento da população		

				Não existe programas educativos		
22	Apresentação do Plano de Gestão de Resíduos Tecnológicos por parte das empresas	Apresentação do Plano de Gestão de Resíduos Tecnológicos por parte das empresas		Apresentação por parte das empresas que fabricam, produzem, importam, distribuem e comercializam EEE		
				Somente por parte das empresas que fabricam e produzem		
				Não é apresentado Plano de Gestão de Resíduos Tecnológicos por parte das empresas		

⁴O número de estabelecimentos que comercializam equipamentos de segunda mão é de 3880 para o ano de 2015 no Reino Unido. Isso corresponde a um valor de 0,06 lojas por mil habitantes considerando a população do Reino Unido (DIAS, 2017). Assim a escala proposta considera valor máximo de 5 (cinco) para o indicador, quando a relação entre o número de estabelecimentos de EEE de segunda mão e os milhares de habitantes resultar em valores iguais ou superiores a 0,06, e valor mínimo igual a 0 (zero), quando não houver estabelecimentos que comercializam equipamentos eletroeletrônicos de segunda mão.

APÊNDICE D

RESULTADOS ESTATÍSTICOS DA 2^a RODADA DO MÉTODO DELPHI

Tabela 13 - Resultados estatísticos da Dimensão Política/Institucional da 2^a rodada (Fonte: Elaborado pela autora, 2021).

		Indicadores – Dimensão Política/Institucional	Média	Mediana	Moda	Frequência		
						$\Sigma 4$	$\Sigma 4 e 5$	$\Sigma 4 e 5 - \%$
01 - Legislação específica de REEE	Relevância	4,79	5	5	28	100,0		
	Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1 Descriptor 2 Descriptor 3	4,61 2,89 0,50	5 3 0	5 3 0			
	Relevância	4,61	5	5	24	85,7		
	Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1 Descriptor 2 Descriptor 3	4,43 2,93 0,61	5 3 0	5 3 0			
02 - Plano Integrado Municipal de Gestão de REEE	Relevância	4,68	5	5	27	96,4		
	Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1 Descriptor 2 Descriptor 3	4,46 2,96 0,79	5 3 0	5 3 0			
	Relevância	4,79	5	5	26	92,9		
	Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1 Descriptor 2 Descriptor 3	4,43 2,64 0,64	5 3 0	5 3 0			
03 - Acordo Setorial Municipal	Relevância	4,64	5	5	26	92,9		
	Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1 Descriptor 2 Descriptor 3	4,36 2,29 0,64	5 2 0	5 2 0			
	Relevância	4,71	5	5	28	100,0		
	Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1 Descriptor 2	4,57 0,79	5 0	5 0			
04 - Ações de fiscalização relacionadas ao gerenciamento de REEE nos estabelecimentos comerciais de EEE, promovidas pelo poder público municipal	Relevância	4,64	5	5	26	92,9		
	Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1 Descriptor 2 Descriptor 3	4,43 2,64 0,64	5 3 0	5 3 0			
	Relevância	4,64	5	5	26	92,9		
	Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1 Descriptor 2 Descriptor 3	4,36 2,29 0,64	5 2 0	5 2 0			
05 - Informações sistematizadas e disponibilizadas sobre REEE para a população	Relevância	4,71	5	5	28	100,0		
	Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1 Descriptor 2 Descriptor 3	4,57 0,79	5 0	5 0			
	Relevância	4,71	5	5	28	100,0		
	Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1 Descriptor 2	4,57 0,79	5 0	5 0			
06 - Parcerias entre as empresas responsáveis ou contratadas para destinação final dos REEE e as Associações e Organizações Não-Governamentais	Relevância	4,71	5	5	28	100,0		
	Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1 Descriptor 2	4,57 0,79	5 0	5 0			
	Relevância	4,71	5	5	28	100,0		
	Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1 Descriptor 2	4,57 0,79	5 0	5 0			

Tabela 14 - Resultados estatísticos da Dimensão Conhecimento/Cobertura da 2^a rodada (Fonte: Elaborado pela autora, 2021).

		Indicadores – Dimensão Conhecimento/Cobertura	Média	Mediana	Moda	Frequência		
						$\Sigma 4$	$\Sigma 4 e 5$	$\Sigma 4 e 5 - \%$
07 - Número de pontos de coleta de REEE instalados	Relevância	4,86	5	5	27	96,4		
	Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1 Descriptor 2	4,79 3,29	5 3	5 3			
	Relevância	4,86	5	5	27	96,4		

			Descriptor 3	1,75	1,5	1		
08 - Estabelecimentos inscritos para instalação de pontos de coleta REEE	Relevância			4,68	5	5	27	96,4
	Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1	4,68	5	5			
		Descriptor 2	3,29	3	3			
		Descriptor 3	1,82	2	1			
09 - Adesão ao sistema de logística reversa de REEE	Relevância			5,00	5	5	28	100,0
	Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1	4,82	5	5			
		Descriptor 2	3,25	3	3			
		Descriptor 3	1,82	2	1			
10 - Empresas de reciclagem ou gerenciadoras de REEE que coleta na cidade	Relevância			4,82	5	5	27	96,4
	Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1	4,64	5	5			
		Descriptor 2	2,75	3	3			
		Descriptor 3	0,75	0	0			
11 - Realização de Avaliação da gestão dos REEE com a participação da sociedade	Relevância			4,50	5	5	27	96,4
	Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1	4,39	5	5			
		Descriptor 2	2,57	2,5	2			
		Descriptor 3	0,75	0	0			
12 - Disponibilização de recipientes de coleta de REEE por parte das empresas	Relevância			4,86	5	5	27	96,4
	Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1	4,54	5	5			
		Descriptor 2	3,32	4	4			
		Descriptor 3	0,89	0	0			

Tabela 15 - Resultados estatísticos da Dimensão Econômica da 2^a rodada (Fonte: Elaborado pela autora, 2021).

Indicadores – Dimensão Econômica	Relevância	Descriptor 1	4,64	5	5	27	Frequência	
							$\Sigma 4 e 5$	$\Sigma 4 e 5 - \%$
13 - Recursos alocados para ações de educação ambiental no gerenciamento de REEE	Relevância		4,71	5	5	27	96,4	
	Tendência à sustentabilidade	Descriptor 2	3,25	3	4			
		Descriptor 3	1,43	1	1			
14 - Viabilidade econômica da reciclagem	Relevância		4,68	5	5	27	96,4	
	Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1	4,75	5	5			
		Descriptor 2	3,29	3	3			
		Descriptor 3	1,79	2	1			
15 - Aplicação dos recursos provenientes da reciclagem e reuso dos REEE	Relevância		4,54	5	5	27	96,4	
	Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1	4,50	5	5			
		Descriptor 2	3,54	3,5	3			
		Descriptor 3	1,96	2	1			

Tabela 16 - Resultados estatísticos da Dimensão Social da 2^a rodada (Fonte: Elaborado pela autora, 2021).

		Indicadores – Dimensão Social		Média	Mediana	Frequência		
						Moda	$\Sigma 4$	$\Sigma 4 e 5$
						- %		
16 - Abrangência dos cursos de capacitação promovidos aos atuantes da rede de Logística Reversa	Relevância		4,57	5	5	27	96,42	
	Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1	4,61	5	5			
		Descriptor 2	2,93	3	3			
		Descriptor 3	0,82	0	0			
17 - Condições de saúde e trabalho (nos pontos de coleta: empresa que recolhe REEE e etc.)	Relevância		4,75	5	5	28	100	
	Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1	4,75	5	5			
		Descriptor 2	3,29	3	3			
		Descriptor 3	1,82	2	1			

Tabela 17 - Resultados estatísticos da Dimensão Ambiental da 2^a rodada (Fonte: Elaborado pela autora, 2021).

		Indicadores – Dimensão Ambiental		Média	Mediana	Frequência		
						Moda	$\Sigma 4$	$\Sigma 4 e 5$
						- %		
18 - Estabelecimentos que comercializam EEE de segunda mão	Relevância		4,54	5	5	26	92,9	
	Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1	4,54	5	5			
		Descriptor 2	3,25	3	3			
		Descriptor 3	1,96	2	1			
19 - Número de serviços de reparo de EEE	Relevância		4,29	4,5	5	23	82,1	
	Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1	4,46	5	5			
		Descriptor 2	3,11	3	3			
		Descriptor 3	1,79	2	2			
20 - Preservação dos recursos naturais contido nos REEE	Relevância		4,75	5	5	27	96,4	
	Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1	4,71	5	5			
		Descriptor 2	3,21	3	3			
		Descriptor 3	1,75	1,5	1			
21 - Programas educativos continuados voltados para boas práticas de gerenciamento de REEE	Relevância		4,75	5	5	28	100,0	
	Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1	4,68	5	5			
		Descriptor 2	2,75	3	3			
		Descriptor 3	0,64	0	0			
22 - Apresentação do Plano de Gestão de Resíduos Tecnológicos por parte das empresas	Relevância		4,68	5	5	27	96,4	
	Tendência à sustentabilidade	Descriptor 1	4,54	5	5			
		Descriptor 2	2,93	3	3			
		Descriptor 3	0,57	0	0			