

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA – UFPB
Centro de Ciências Sociais Aplicadas – CCSA
Graduação em Administração – GADM

**GESTÃO DE RESÍDUOS ELETRÔNICOS NA PERSPECTIVA DOS
DISCENTES DO CENTRO DE ENERGIAS ALTERNATIVAS E
RENOVÁVEIS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA – UFPB.**

CRISTIANO MARCOS ZACARIAS BEZERRA

João Pessoa - PB

Abril de 2025

CRISTIANO MARCOS ZACARIAS BEZERRA

**GESTÃO DE RESÍDUOS ELETRÔNICOS NA PERSPECTIVA DOS
DISCENTES DO CENTRO DE ENERGIAS ALTERNATIVAS E
RENOVÁVEIS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA – UFPB.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Bacharel em Administração, pelo Centro de Ciências Sociais Aplicadas, da Universidade Federal da Paraíba / UFPB.

Docente Orientadora: Dra. Maria Camerina Maroja Limeira

João Pessoa - PB

Abril de 2025

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

B574g Bezerra, Cristiano Marcos Zacarias.

Gestão de resíduos eletrônicos na perspectiva dos discentes do Centro de Energias Alternativas e Renováveis da Universidade Federal da Paraíba - UFPB / Cristiano Marcos Zacarias Bezerra. - João Pessoa, 2025.
32 f.

Orientação: Maria Camerina Maroja Limeira.
TCC (Graduação) - UFPB/CCSA.

1. Gestão de resíduos eletrônicos. 2. Centro de Energias Alternativas e Renováveis. 3. UFPB. I. Limeira, Maria Camerina Maroja. II. Título.

UFPB/CCSA

CDU 658(043)

Folha de Aprovação

Trabalho apresentado à banca examinadora como requisito parcial para a Conclusão de Curso do Bacharelado em Administração.

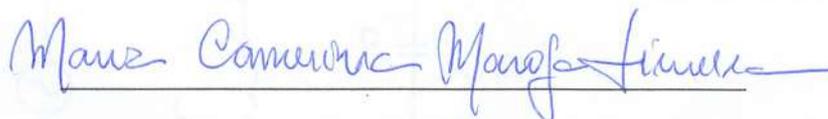
Aluno: Cristiano Marcos Zacarias Bezerra

Trabalho: Gestão de Resíduos Eletrônicos na Perspectiva dos Discentes do Centro de Energias Alternativas e Renováveis da Universidade Federal da Paraíba – UFPB.

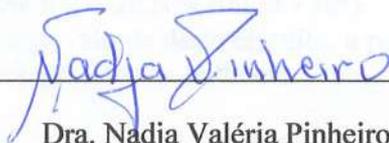
Área da pesquisa: Gestão Ambiental

Data de aprovação: 14/04/2025

Banca Examinadora



Dra. Maria Camerina Maroja Limeira
Orientadora



Dra. Nadja Valéria Pinheiro
Membro



Dra. Sandra Leandro Pereira
Membro

DEDICATÓRIA

Dedico à minha mãe, Maria Lenice Bezerra de Souza Silva (*in memoriam*), o meu maior exemplo de amor e força.

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus, por Sua presença inquestionável em todos os momentos dessa jornada.

À minha querida mãe, pelo exemplo de amor, cuja lembrança me inspira e traz sentido à minha existência.

Ao meu pai, pela força e resiliência diante dos desafios impostos por uma realidade desafiadora.

Ao meu irmão, Júnior Bezerra, pelas palavras de estímulo e por ter vibrado com cada uma das minhas conquistas.

À minha irmã, Ana Lúcia, que me fez tanta raiva que me impulsionou a seguir adiante, mas, sobretudo, pela disposição em me ajudar nos momentos em que mais precisei.

Ao meu amigo, Sóstenes Queiroz, que, apesar da pandemia da COVID-19, fez com que aquele momento marcasse minha história de uma forma paradoxal.

Às minhas melhores amigas, Ana Paula Duarte, carinhosamente cognominada “*Batistuta*”, e Larissa Duarte, que são minha família de sangue e de coração.

Às minhas sobrinhas, Madalena e Mariana, pela alegria que representam em minha vida; e ao meu sobrinho Estevão, que nascerá nos próximos meses.

Ao meu cunhado, Jeremias Justo, pela generosidade e virtude.

À minha cunhada, Lílian Duarte, pelo apoio e receptividade.

À Gécika, pela vida do meu irmãozinho Anthony Gabriel.

À minha orientadora, Professora Maria Camerina Maroja Limeira, por toda a condução para que eu conseguisse começar e concluir este trabalho de uma forma especial, pela compreensão e apoio dados.

Às minhas avaliadoras: Nadja Valéria Pinheiro, pela forma carinhosa e gentil, e Sandra Leandro Pereira, pela forma amável, bondosa e pelas palavras de apoio, as quais guardarei no coração.

À Coordenação do Curso de Administração, representada pela Professora Helen Gonçalves, pela competência e compromisso com a gestão.

Aos professores do Departamento de Administração, em especial à Professora Paula Luciana Brusch Sanches, pela sensibilidade e empatia no exercício da docência, e à Professora Fabiana Gama de Medeiros, pela disponibilidade e atenção.

Ao meu amigo-irmão, Eduardo Balbino, cuja colaboração foi fundamental para a permanência e conclusão do curso, e cuja amizade levarei para a vida, pela simplicidade, humanidade, sensibilidade e empatia.

À minha amiga, Elyzianne Lyra, por ter tornado a caminhada mais leve e suportável e, acima de tudo, pela parceria.

À Layane Batista, que, por sua alegria e força, será sempre lembrada.

À Maria Eduarda, pelo seu jeito singular de ser.

À Joana Cristina, pela companhia sempre agradável e jeito amável.

Além de tantos outros que contribuíram, direta ou indiretamente, para a concretização deste sonho: meu muito obrigado!

EPÍGRAFE

*Apeguemo-nos com firmeza à esperança que professamos, pois aquele que prometeu é fiel.
(Hebreus 10:23)*

RESUMO

Com o avanço tecnológico, observa-se uma produção em larga escala de dispositivos eletrônicos, que, devido ao ciclo de vida curto, geram grandes volumes de resíduos, apresentando desafios para a sua gestão adequada. Nesse sentido, o presente trabalho aborda a gestão de resíduos eletrônicos sob a perspectiva dos discentes do Centro de Energias Alternativas e Renováveis da UFPB, com foco nas etapas do gerenciamento, no potencial de reciclagem e nas práticas de descarte desses resíduos. Parte-se da seguinte problemática: qual o nível de compreensão dos discentes de graduação do CEAR/UFPB acerca da gestão de resíduos eletrônicos? O objetivo é analisar esse nível de compreensão por meio de uma pesquisa descritiva, de natureza aplicada e abordagem quantitativa. Para isso, foi aplicado um questionário estruturado, elaborado no *google forms*, contendo sete questões de múltipla escolha, com itens em escala *Likert*. A análise dos dados revelou o pouco conhecimento sobre as etapas do seu gerenciamento e, sobretudo, um entendimento limitado da legislação que disciplina essa temática. Verifica-se, ainda, que embora exista uma percepção significativa quanto à reciclabilidade dos componentes desses resíduos, a quase totalidade dos respondentes associa as principais dificuldades para a prática da reciclagem à falta de infraestrutura ou à escassez de informação. Além disso, o estudo indica que a maioria dos alunos não tem o hábito de descartar resíduos eletrônicos pessoais de forma adequada, fazendo-se necessárias, portanto, ações educativas que promovam práticas mais efetivas.

Palavras-Chave: Gestão de Resíduos Eletrônicos; Centro de Energias Alternativas e Renováveis, UFPB.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	CONTEXTO E REALIDADE INVESTIGADA	9
	2.1 MATERIAIS E MÉTODOS	10
3	DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA	11
	3.1 CONCEITOS E LEGISLAÇÕES PERTINENTES	11
	3.2 ETAPAS DA GESTÃO DE RESÍDUOS ELETRÔNICOS	14
	3.2.1 O Descarte	15
	3.2.2 A Coleta e o Recebimento	16
	3.2.3 O transporte	17
	3.2.4 Destinação Final Ambientalmente Adequada	17
	3.2.5 Formas de Reciclagem	18
4	ANÁLISE DA SITUAÇÃO-PROBLEMA	20
5	CONCLUSÕES E CONTRIBUIÇÃO SOCIAL	25
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

1 INTRODUÇÃO

A Revolução Industrial foi responsável por uma transformação profunda na forma como a sociedade se organiza, produz e vive, com consequências que se intensificam com o passar dos anos. Essas mudanças incluem o aumento da produtividade e a alteração no padrão de consumo. Nessa perspectiva, Baldé et al. (2017) destacam que o crescente avanço tecnológico tem impulsionado a produção em larga escala de dispositivos eletrônicos. Observa-se também o aumento da demanda por esses produtos, o que tem gerado preocupações significativas quanto ao volume de resíduos produzidos, uma vez que possuem ciclos de vida curtos, impondo desafios à sua gestão adequada.

Alguns desses dispositivos, principalmente os equipamentos de telecomunicações, tornam-se obsoletos ou ultrapassados devido ao surgimento de novas tecnologias ou à indisponibilidade de peças de reposição, o que leva à sua substituição e/ou descarte de forma mais rápida (XAVIER; OTTONI, 2022).

A publicidade, aliada à incessante criação de novos modelos tecnológicos, alimenta o desejo de consumo, fazendo com que os consumidores sintam que “necessitam” de determinados produtos. Esse impulso de compra está associado à expectativa de satisfação pessoal e ao desejo de se integrar a um determinado grupo social (ARAUJO et al., 2017).

O gerenciamento dos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) é complexo devido à natureza dinâmica do setor eletroeletrônico, em que a tecnologia está em constante evolução. Isso envolve não apenas mudanças nos produtos e seus componentes, mas também nas substâncias que os constituem, além das variações nos produtos consumidos, os quais, posteriormente, são descartados pela população. Uma das principais dificuldades na gestão desses resíduos está justamente na grande diversidade de equipamentos e seus componentes, o que torna o processo de descarte e de reciclagem mais desafiador (BALDÉ et al., 2017; FRANZ; SILVA, 2022).

Nesse contexto, Moraes (2011) afirma que a falta de conscientização sobre a gravidade do descarte inadequado desses equipamentos traz consigo danos ao meio ambiente e à saúde humana. Isso porque, ao serem descartados de forma inadequada no meio ambiente, esses dispositivos podem contaminar o solo, devido à presença de metais pesados extremamente tóxicos em sua composição, como mercúrio, cádmio, berílio e chumbo. Ademais, quando incinerados, esses materiais liberam substâncias poluentes no ar, trazendo consequências prejudiciais à saúde não só dos responsáveis pelo manuseio, mas de toda a população.

Assim, o descarte inadequado de resíduos eletrônicos frequentemente resulta em sérios impactos ambientais e na saúde humana. No que diz respeito ao meio ambiente, um exemplo claro é a poluição hídrica, que ocorre devido à presença de metais pesados nos equipamentos eletrônicos. Esses metais podem se acumular nos seres vivos via cadeia alimentar e chegar aos seres humanos por meio da ingestão de alimentos contaminados. Além disso, a contaminação do solo é uma consequência direta da disposição inadequada desses resíduos. Quando não tratados de maneira adequada, os resíduos eletrônicos liberam substâncias tóxicas que contaminam o solo com metais pesados, acarretando problemas ambientais graves (BALDÉ et al., 2017; MORAES, 2011).

No meio organizacional, a falta de um processo estruturado de coleta, armazenamento e reciclagem desses materiais compromete o compromisso das instituições com os princípios de sustentabilidade e responsabilidade ambiental (FIORILLO FERREIRA, 2021).

O presente estudo se alinha a essa perspectiva, buscando compreender o seguinte problema: **qual o nível de compreensão dos discentes de graduação do Centro de Energias Alternativas e Renováveis (CEAR) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) acerca da gestão de resíduos eletrônicos?**

Com vistas a atingir o objetivo proposto, definiram-se os seguintes objetivos específicos:

- Identificar o conhecimento dos alunos sobre as principais etapas envolvidas na gestão adequada dos resíduos eletrônicos;
- Verificar o entendimento dos discentes sobre o potencial de reciclagem dos componentes dos resíduos eletrônicos;
- Observar as práticas de descarte de resíduos eletrônicos pessoais dos discentes.

Por conseguinte, acredita-se que esta pesquisa poderá apresentar um panorama da realidade atual sobre o conhecimento dos estudantes do CEAR da UFPB a respeito da gestão de resíduos eletrônicos. O presente estudo possibilitará também, no âmbito acadêmico, ampliar as discussões sobre as práticas relacionadas à gestão de resíduos eletrônicos, proporcionando maior visibilidade e sensibilidade ao tema. Além disso, mais à frente, poderá resultar em profissionais com perfil mais atento e comprometido com a agenda ambiental.

A estrutura deste artigo tecnológico compreende, além desta introdução, as seguintes seções: Contexto e realidade investigada, que apresenta o CEAR; Diagnóstico da situação-problema e/ou oportunidade, que detalha os desafios e as oportunidades relacionados à temática; Análise da Situação-Problema e propostas de inovação/intervenção/recomendação, que discute possíveis soluções e estratégias de ação; Conclusões e Contribuição Tecnológica/Social, que apresenta as considerações finais e a relevância do estudo; e, por fim, as Referências bibliográficas.

2 CONTEXTO E REALIDADE INVESTIGADA

A UFPB representa uma das mais importantes instituições de ensino superior do Nordeste, reconhecida tanto pela qualidade de ensino quanto pela relevância de suas atividades de pesquisa, extensão e inovação (AGUILLO, 2025). A Universidade possui uma estrutura multicampi, distribuída em vários municípios de diferentes regiões do estado, contribuindo substancialmente para o desenvolvimento científico, social e econômico da região. No entanto, como muitas outras instituições de ensino superior no país, a UFPB enfrenta desafios concernentes à gestão de seus resíduos, particularmente no que se refere aos resíduos eletrônicos (ALBANO; SILVA; CAROSI, 2023).

O presente estudo tem como foco o CEAR, um dos 17 centros de ensino da instituição, criado em 1º de setembro de 2011, por meio da Resolução nº 27/2011 do Conselho Universitário da UFPB. O Centro está localizado no município de João Pessoa, capital do estado da Paraíba, importante núcleo econômico, político e turístico. Como missão institucional, compreende: gerir conhecimentos científicos e tecnológicos, formar cidadãos profissionais e cientistas e prestar serviços à sociedade, tudo isso por meio do desenvolvimento de atividades integradas de ensino, pesquisa, extensão e inovação tecnológica nas áreas de Engenharia Elétrica e de Energias Renováveis.

O Centro possui dois cursos de graduação, Engenharia Elétrica e Engenharia de Energias Renováveis, e dois Programas de Pós-Graduação, na modalidade *stricto sensu*: o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica (mestrado) e o Programa de Pós-Graduação em Energias Renováveis (mestrado).

Em relação aos alunos de graduação, apresenta 661 alunos ativos, sendo 307 alunos do curso de Engenharia de Energias Renováveis e 354 alunos do curso de Engenharia Elétrica, conforme dados do sistema de controle acadêmico.

Portanto, o CEAR torna-se um espaço apropriado para a análise da gestão de resíduos eletrônicos, servindo de referência para outras Instituições de Ensino Superior (IES). Além disso, possibilita a promoção de melhorias de desempenho em outros setores da própria instituição, considerando que, para a eficácia de qualquer iniciativa de gestão ambiental, em qualquer segmento, é imprescindível a prática de educação ambiental. Afinal, somente por meio da conscientização e sensibilização é possível a mudança de hábitos e paradigmas (SILVA; PRZYBYSZ, 2014).

2.1 MATERIAIS E MÉTODOS

Foi realizado um estudo descritivo, de natureza aplicada e abordagem quantitativa, avaliando o nível de compreensão da população-alvo acerca da gestão de resíduos eletrônicos. Foi obtida uma amostra composta pelos discentes de graduação do CEAR da UFPB, que compreende os cursos de Engenharia de Energias Renováveis e Engenharia Elétrica.

A coleta dos dados foi realizada por meio da aplicação de um questionário estruturado, criado a partir da ferramenta *Google Forms*, contendo sete questões de múltipla escolha, organizadas em uma escala *Likert*, que permitiu avaliar a percepção dos respondentes diante de determinadas afirmações. O questionário avaliou a população-alvo a partir de perguntas sobre:

- Conhecimento acerca das principais etapas envolvidas na gestão de resíduos eletrônicos;
- Conhecimento sobre a legislação brasileira que trata da gestão de REEE;
- Crenças acerca do descarte de componentes eletrônicos;
- Locais de busca de informações sobre reciclagem de resíduos eletrônicos (REEE);
- Descarte pessoal adequado dos resíduos eletrônicos e busca de informações sobre como fazê-lo;
- Crenças acerca dos principais entraves para que a reciclagem de REEE seja mais difundida no Brasil.

O questionário foi direcionado à população amostral por meio do e-mail cadastrado no Sistema Integrado de Gestão de Atividades Acadêmicas (SIGAA), ferramenta de controle acadêmico utilizada pela UFPB, abrangendo 661 discentes com matrícula ativa no momento da divulgação do formulário. Dos e-mails enviados aos estudantes dos cursos de Engenharia de Energias Renováveis e Engenharia Elétrica, houve 57 respostas elegíveis para análise, correspondendo a uma taxa de resposta de 8,62% da população-alvo.

Os dados coletados foram digitados e organizados no *software* Microsoft Excel, à medida que os questionários eram respondidos. Para garantir a qualidade das informações, foram adotadas medidas de controle, incluindo a revisão dos questionários preenchidos e a checagem da digitação, a fim de identificar possíveis erros nos dados.

As respostas obtidas foram apresentadas em porcentagem, com o objetivo de visualizar a distribuição das variáveis estudadas. Para análise descritiva desses dados e identificação da proporção em cada categoria, foram investigados padrões nas respostas dos discentes, utilizando as frequências relativas. Por fim, procedeu-se à confecção de gráficos de barra, por meio da ferramenta Excel, para ilustrar os dados encontrados.

3 DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA

3.1 CONCEITOS E LEGISLAÇÕES PERTINENTES

Os resíduos eletrônicos, também denominados resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE), compreendem dispositivos e equipamentos que, com o término de sua vida útil, são descartados ou deixam de ser utilizados. Morselli (2009) conceitua equipamento eletroeletrônico como qualquer dispositivo que, por razões funcionais, dependa de correntes elétricas ou campos eletromagnéticos para sua operação.

De modo semelhante, a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2001) define os resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos como qualquer aparelho que utiliza uma fonte de energia elétrica e que tenha atingido o fim de sua vida útil. Similarmente, segundo Widmer et al. (2005), resíduo eletrônico é um termo genérico que engloba diversas formas de equipamentos eletroeletrônicos que perderam todo o valor para seus proprietários, seja por estarem danificados ou por não serem mais desejados.

Em relação às fontes geradoras de resíduos eletrônicos, incluem-se instituições, tanto públicas quanto privadas, que abrangem empresas de diversas áreas, e os domicílios, que compreendem os resíduos produzidos nas residências. Para que a gestão eficaz desses resíduos seja realizada, é fundamental dimensionar e caracterizar essas fontes (RODRIGUES, 2015).

Nesse viés, consoante a Diretiva nº 19, de 2012, do Parlamento Europeu, em seu artigo 3º, caracterizam-se os Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (EEE) como:

Equipamentos dependentes de corrente elétrica ou de campos eletromagnéticos para funcionarem corretamente, bem como os equipamentos para geração, transferência e medição dessas correntes e campos, e concebidos para utilização com uma tensão nominal não superior a 1.000 V para corrente alternada e 1.500 V para corrente contínua (PARLAMENTO EUROPEU, 2012).

Tal definição se mostra crucial para delimitar os tipos de produtos que, ao se tornarem obsoletos, compõem o grupo de resíduos eletrônicos, exigindo gestão adequada. No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da NBR 16156, de 2013, adota abordagem semelhante ao conceituar equipamentos elétricos e eletrônicos como equipamentos, partes e peças cujo funcionamento adequado depende de correntes elétricas ou campos eletromagnéticos, bem como os equipamentos para geração, transmissão, transformação e medição dessas correntes e campos, podendo ser de uso doméstico, industrial, comercial e de serviços (DIAS, 2017).

No que diz respeito à classificação, no Brasil, os equipamentos eletroeletrônicos, assim como os seus resíduos, são usualmente agrupados em quatro categorias: linhas branca, marrom, azul e verde. Essa classificação é adotada pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI).

Tabela 1: Resíduos Eletrônicos por categoria.

Categoria	Exemplos de Equipamentos
Linha Verde	Computadores de mesa e laptops, acessórios de informática, tablets e celulares.
Linha Azul	Eletrodomésticos portáteis em geral, como batedeiras, liquidificadores, secadores de cabelo, furadeiras, cafeteiras e ferros elétricos.

Linha Marrom	Monitores e televisores — de tubo, plasma, LCD ou LED — além de aparelhos de DVD e VHS, equipamentos de som e áudio, e filmadoras.
Linha Branca	Eletrodomésticos de grande porte, como geladeiras, freezers, fogões, aparelhos de ar-condicionado, micro-ondas, máquinas de lavar e secadoras.

Fonte: ABDI - com adaptações (2013)

Sob o aspecto jurídico, no Brasil, a preservação do meio ambiente é um direito garantido pela Constituição Federal, em seu artigo 225, que estabelece a necessidade de um equilíbrio ecológico para assegurar a qualidade de vida e o bem-estar da população. Esse princípio vincula tanto o Poder Público quanto a coletividade à responsabilidade de proteger e conservar os recursos naturais, garantindo sua sustentabilidade para as gerações atuais e futuras (BRASIL, 1988).

Em vista disso, adotou-se, nas questões relacionadas à proteção ambiental, a responsabilidade compartilhada entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios, como pode ser observado no artigo 23 da Carta Magna:

Art. 23. É competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios:

I - zelar pela guarda da Constituição, das leis e das instituições democráticas e conservar o patrimônio público;

II - cuidar da saúde e assistência pública, da proteção e garantia das pessoas portadoras de deficiência;

III - proteger os documentos, as obras e outros bens de valor histórico, artístico e cultural, os monumentos, as paisagens naturais notáveis e os sítios arqueológicos;

IV - impedir a evasão, a destruição e a descaracterização de obras de arte e de outros bens de valor histórico, artístico ou cultural;

V - proporcionar os meios de acesso à cultura, à educação, à ciência, à tecnologia, à pesquisa e à inovação;

VI - proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas; [*grifo nosso*]

VII - preservar as florestas, a fauna e a flora; [*grifo nosso*]

VIII - fomentar a produção agropecuária e organizar o abastecimento alimentar;

IX - promover programas de construção de moradias e a melhoria das condições habitacionais e de saneamento básico;

X - combater as causas da pobreza e os fatores de marginalização, promovendo a integração social dos setores desfavorecidos;

XI - registrar, acompanhar e fiscalizar as concessões de direitos de pesquisa e exploração de recursos hídricos e minerais em seus territórios;

XII - estabelecer e implantar política de educação para a segurança do trânsito (BRASIL 1988).

Com a finalidade de aplicar os princípios e diretrizes trazidas pela Constituição Federal (CF), foi instituída a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), por meio da Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, representando um importante instrumento para permitir o avanço no enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos (ARNAUD, 2015). A PNRS estabelece diretrizes para a gestão integrada dos resíduos sólidos, visando à redução, reutilização, reciclagem e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos (MEDEIROS E PLAZA, 2024).

Nesse sentido, Barbosa (2012) afirma que o gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos envolve a participação de diferentes órgãos da administração pública e da

sociedade civil, com o propósito de realizar a limpeza urbana, a coleta, o tratamento e a disposição.

Considerando esse contexto, foi instituída a responsabilidade compartilhada pela PNRS, nos termos a seguir:

É instituída a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, a ser implementada de forma individualizada e encadeada, envolvendo fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, consumidores e os responsáveis pelos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

Ao distribuir a responsabilidade, a legislação visa suprir as lacunas da responsabilidade individual, promovendo um esforço coletivo mais efetivo (RODRIGUES, 2015; BALDÉ et al., 2017). Nesse sentido, Bomfim (2018) argumenta que a efetividade da responsabilidade compartilhada depende do engajamento ativo de todos os atores da cadeia produtiva, com a definição clara de papéis e responsabilidades e a criação de mecanismos de monitoramento e fiscalização. Essa perspectiva ressalta a importância de uma atuação coordenada e transparente entre os diferentes agentes para garantir a efetividade do gerenciamento.

Ainda que represente um avanço, de acordo com Ponte (2017), a Política Nacional de Resíduos Sólidos não traz disposições específicas sobre os resíduos eletrônicos, fazendo menção a eles apenas em seu artigo 33, ao estabelecer a responsabilidade pela implementação de sistemas de logística reversa para determinados produtos:

- I - agrotóxicos, seus resíduos e embalagens, assim como outros produtos cuja embalagem, após o uso, constitua resíduo perigoso, observadas as regras de gerenciamento de resíduos perigosos previstas em lei ou regulamento [...]
- II - pilhas e baterias;
- III - pneus;
- IV - óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens;
- V - lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista;
- VI - produtos eletroeletrônicos e seus componentes** [*grifo nosso*] (BRASIL, 2010).

Apesar dessa menção, uma regulamentação com disposições específicas relativas à gestão de resíduos eletrônicos só foi publicada 10 (dez) anos após a promulgação da referida lei, por meio do Decreto nº 10.240, que estabelece diretrizes para a implementação do sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico (BRASIL, 2020).

Quanto à delimitação, o decreto conceitua produtos eletroeletrônicos como equipamentos de uso doméstico cujo funcionamento depende de correntes elétricas com tensão nominal de, no máximo, duzentos e quarenta volts (BRASIL, 2020). Além disso, estabelece como deve ser a destinação adequada dos resíduos, incluindo processos como reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação, aproveitamento energético e outras formas de destinação aprovadas pelos órgãos competentes. Entre essas destinações, está a disposição final dos resíduos, que deve seguir normas operacionais específicas para evitar danos à saúde pública e à segurança, bem como para minimizar os impactos ambientais (BRASIL, 2020).

A despeito dessas iniciativas do poder público, Oliveira (2012) destaca que a produção de resíduos sólidos vem aumentando numa escala vertiginosa, exigindo soluções conjuntas entre o poder público e a sociedade civil para a correta gestão e gerenciamento desses resíduos.

3.2 ETAPAS DA GESTÃO DE RESÍDUOS ELETRÔNICOS

A Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), trouxe, em seu bojo, um conjunto de diretrizes relacionadas ao gerenciamento de resíduos sólidos. Como disposto no seu Artigo 3º, inciso X, o gerenciamento é composto pelas seguintes etapas: coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final, conforme detalhado a seguir:

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 (BRASIL, 2010).

Um dos pontos de destaque dessa política, na visão de Robles (2019), é o mecanismo de logística reversa, definido como um 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 eletrônicos ao setor empresarial. Dessa forma, a política orienta o reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010).

De forma semelhante, Leite (2003) descreve a logística reversa como a atividade que planeja, opera e controla o fluxo, e as informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-venda e de pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, através dos canais de distribuição reversos, agregando-lhes valor de diversas naturezas: econômico, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, entre outros.

Nessa perspectiva, a Política Nacional de Resíduos Sólidos estabelece a obrigatoriedade da implementação de sistemas de logística reversa, conforme visto a seguir:

Art. 33. São obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes [...] (BRASIL, 2020).

Com o avanço da tecnologia, produtos que não faziam parte do cotidiano até pouco tempo, como os eletroeletrônicos, passaram a exigir ações de regulamentação e controle, conforme discutido por Robles (2019). Nesse sentido, foi editado o Decreto nº 10.240/2020, que regulamenta a Lei nº 12.305/10, disciplinando o gerenciamento quanto à implementação do sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico.

Para fins deste estudo, serão adotadas as etapas de gerenciamento de resíduos previstas no Artigo 9º do Decreto nº 10.240, por se tratar de uma das principais normas relativas à gestão de resíduos eletrônicos: o descarte, o armazenamento temporário, o transporte e a destinação final.

Art. 9º Na operacionalização do sistema de logística reversa, o gerenciamento dos produtos eletroeletrônicos descartados obedecerá às seguintes etapas:

I - descarte, pelos consumidores, dos produtos eletroeletrônicos em pontos de recebimento;

II - recebimento e armazenamento temporário dos produtos eletroeletrônicos descartados em pontos de recebimento ou em pontos de consolidação, conforme o caso;

- III - transporte dos produtos eletroeletrônicos descartados dos pontos de recebimento até os pontos de consolidação, se necessário; e
- IV - destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2020).

Em virtude do desenvolvimento tecnológico, observa-se um aumento significativo na produção de equipamentos eletrônicos. Esses produtos, ao término da vida útil ou devido à introdução de novos modelos, passam a ser considerados resíduos, exigindo uma disposição adequada (Robles, 2019). Nesse cenário, Izidoro (2016, p. 11) destaca uma tendência à “descartabilidade de modelos ultrapassados, em função do próprio projeto, do uso de materiais de menor durabilidade e da dificuldade técnica e econômica de conserto”.

De acordo com o relatório da Organização das Nações Unidas (ONU), o Brasil está entre os maiores produtores de resíduos eletrônicos do mundo, ocupando a segunda posição no ranking das Américas e a quinta em escala global, com 2,4 milhões de toneladas produzidas anualmente (Baldé et al., 2024). Em termos de produção per capita, geram-se 11,4 kg ao ano.

Diante desse quadro, a Lei nº 12.305/10 disciplina a responsabilidade dos fabricantes e revendedores de produtos eletrônicos no que tange ao recebimento dos resíduos eletrônicos sem serventia e à destinação ambientalmente adequada. De forma análoga, Izidoro (2016, p. 19) afirma que “a responsabilidade do fabricante não se encerra com a venda, consumo e utilização do produto, mas somente quando o produto é reintegrado ao ciclo produtivo ou tem uma destinação final adequada do ponto de vista ecológico”.

3.2.1 O Descarte

O descarte trata-se da primeira etapa prevista na operacionalização de um sistema de logística reversa, consoante o Artigo 9º do Decreto nº 10.240/2020, descrito a seguir:

Art. 9º Na operacionalização do sistema de logística reversa, o gerenciamento dos produtos eletroeletrônicos descartados obedecerá às seguintes etapas:

I - descarte, pelos consumidores, dos produtos eletroeletrônicos em pontos de recebimento; (BRASIL, 2020).

Em seu Artigo 3º, inciso V, conceitua-se como o “ato por meio do qual consumidores e usuários domésticos dos produtos eletroeletrônicos, de que trata este Decreto, entregam os referidos produtos em um dos pontos de recebimento estabelecidos, para fins de logística reversa e destinação final ambientalmente adequada.” (BRASIL, 2020).

Conforme Oliveira (2016), os eletroeletrônicos podem ser amplamente aproveitados, por isso precisam ser descartados de forma correta após o fim de sua vida útil. Para o autor, a falta de descarte desses resíduos pelo consumidor pode comprometer o ciclo da logística reversa. Portanto, acredita que, para a implantação da logística reversa, é necessário aprimorar programas de incentivo ao consumidor, para que ele descarte seus resíduos de forma ambientalmente adequada.

É nesse viés que o Decreto nº 10.240/2020, em seu Capítulo VIII, destaca o papel da participação dos consumidores na logística reversa de produtos eletroeletrônicos:

I - segregare 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, 2020).

De acordo com Grippi (2006), o descarte incorreto do lixo faz com que ele não seja coletado, permanecendo nos domicílios ou em locais públicos, terrenos baldios ou cursos de água, sendo danoso para o meio ambiente e para a saúde pública. Esse cenário se deve ao fato de a maioria das pessoas desconhecer o potencial de reciclagem dos componentes eletrônicos, assim como a coleta e o manejo adequados.

Em se tratando de coleta e destinação, a Política Nacional de Resíduos Sólidos possui como objetivo prioritário a redução do descarte inadequado de resíduos eletrônicos no meio ambiente, mediante a colaboração entre empresas, estados e municípios (TANAUE, BEZERRA, CAVALHEIRO et al., 2015), nos termos do Artigo 7º, inciso VI, a saber: “articulação entre as diferentes esferas do poder público, e destas com o setor empresarial, com vistas à cooperação técnica e financeira para a gestão integrada de resíduos sólidos”.

As Organizações Não-Governamentais (ONGs) e cooperativas, consoante as disposições do Decreto nº 10.240/2020, também cumprem um papel fundamental na coleta de resíduos:

Art. 37. As cooperativas e as associações de catadores de materiais recicláveis poderão integrar o sistema de logística reversa de que trata este Decreto:
I - desde que sejam legalmente constituídas e habilitadas; e
II - por meio de instrumento legal firmado entre a cooperativa ou a associação e as empresas ou entidades gestoras, para prestação dos serviços, na forma da legislação (BRASIL, 2020).

3.2.2 A Coleta e o Recebimento

De acordo com o Artigo 3º, inciso XIII, considera-se ponto de recebimento, de entrega ou de coleta “os locais fixos ou móveis destinados ao recebimento e ao armazenamento temporário de produtos eletroeletrônicos descartados pelos consumidores”. Da mesma forma, Dias (2017) ressalta que, nessa etapa, é fundamental a criação desses pontos de coleta para viabilizar a logística reversa, além da adoção de selos de qualidade ambiental nos equipamentos eletroeletrônicos, com o objetivo de informar os consumidores sobre as empresas que adotam práticas ambientalmente responsáveis. Além disso, segundo o autor, para a efetividade do sistema de logística reversa, é fundamental o conhecimento do cidadão sobre os pontos de coleta e os tipos de resíduos recebidos no local (DIAS, 2017).

De acordo com Canejo (2021, p. 43), “a coleta seletiva pode ser realizada por meio de quatro modalidades distintas: porta a porta (domiciliar), postos de entrega voluntária, postos de troca e catadores”.

A modalidade porta a porta é semelhante à coleta regular, exceto pelo fato de o recolhimento ser feito em dias e horários específicos, destinados exclusivamente à retirada de materiais recicláveis (CANEJO, 2021).

As coletas seletivas podem ser feitas também por meio dos Postos de Entrega Voluntária, que são locais especialmente designados para receber resíduos, contendo caçambas ou contêineres especiais com cores regulamentadas por tipo de resíduo (GRIPPI, 2006, p. 51).

De acordo com Izidoro (2016, p. 69), os catadores são trabalhadores informais que praticamente vivem em aterros sanitários ou lixões, selecionando diversos materiais não orgânicos para a venda.

3.2.3 O transporte

O transporte de REEE pode ser conceituado como a movimentação desses materiais de um ponto a outro. Para essa finalidade, são utilizados diversos meios, como veículos, aviões, navios ou até sistemas ferroviários. No contexto da logística reversa, o transporte assume um caráter especial, pois, geralmente, está atrelado à coleta e ao destino final de resíduos de REEE, que, via de regra, requerem cuidados específicos devido à sua composição e ao potencial impacto ambiental (CAUMO e ABREU, 2013).

Nesse sentido, em estudo realizado por Sigrist e colaboradores (2013), foram avaliadas alternativas para o transporte de resíduos, focando-se em soluções tecnológicas e ambientalmente adequadas, com o objetivo de identificar o sistema de transporte mais eficiente. Os resultados do estudo indicam que, em muitos casos, o transporte dos REEE é realizado por empresas terceirizadas especializadas nesse tipo de resíduo, que também são responsáveis pela coleta e pelo transporte até a unidade de tratamento. Além disso, o estudo revelou que, além dos pontos de coleta, é essencial considerar fatores como a disponibilidade de recursos (veículos e trabalhadores) e as rotas de coleta mais adequadas para garantir um transporte eficiente até a planta de reciclagem (SIGRIST, 2013).

Outrossim, o transporte adequado dos REEE para um destino final apropriado representa, em muitos casos, uma das etapas mais onerosas de todo o processo de logística reversa. Isso se deve aos custos envolvidos, que podem ter um impacto significativo quando se considera o investimento necessário para campanhas de conscientização dos consumidores sobre a importância da reciclagem dos REEE, realizadas pelas empresas. Portanto, a otimização do processo de coleta, juntamente com a implementação de campanhas de divulgação eficazes sobre os programas de reciclagem, é crucial para a eficiência do processo de reciclagem dos REEE (JEAN-BAPTISTE, 2024).

Cabe salientar, portanto, que é fundamental garantir um transporte adequado e eficiente desses resíduos, de modo a minimizar os danos e promover a sustentabilidade, aproveitando ao máximo os recursos disponíveis e reduzindo a dependência de novos processos de extração. Os REEE são fontes valiosas de metais preciosos, e o seu não aproveitamento leva à necessidade de extrair novas matérias-primas para a produção de novos produtos. Esse processo resulta em uma considerável perda de recursos naturais e ocasiona sérios impactos ambientais, principalmente devido à extração, fabricação, transporte e ao consumo de energia necessários (CAUMO e ABREU, 2013; GOOSEY; GOOSEY, 2020; ISLAM, HUDA, 2020).

3.2.4 Destinação Final Ambientalmente Adequada

A destinação final compreende o tratamento e/ou a valorização dos resíduos gerados, coletados e transportados. Inclui as ações de reciclagem, compostagem, recuperação e reaproveitamento energético, dentre outras formas admitidas pelos órgãos ambientais (CANEJO, 2021, p. 13).

A destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos é um dos principais objetivos da PNRS, que visa garantir o tratamento responsável e sustentável dos resíduos, incluindo os REE. A política se destaca como um marco para a sociedade brasileira, abordando de forma moderna e avançada a maneira de lidar com esses resíduos. Ao enfatizar a logística reversa, a PNRS destaca a importância do gerenciamento adequado para promover o reaproveitamento dos materiais nos ciclos produtivos ou em outros ciclos, sempre com foco na sua devolução ao setor empresarial. Esse conjunto de ações e procedimentos busca contribuir para o desenvolvimento econômico e social sustentável, assegurando um futuro mais equilibrado e saudável para o meio ambiente (BRASIL, 2010; LIMA E MENESES, 2017).

A destinação inadequada de resíduos eletrônicos, como o descarte em lixões a céu aberto, tem gerado sérios impactos ambientais e sociais em escala global, como apontam Sant'Anna, Machado e Brito (2014). Dessa forma, quando esses materiais não retornam à cadeia produtiva, deixam de ser reciclados ou reutilizados e acabam contaminando o solo, a água e o ar com substâncias tóxicas, como metais pesados e produtos químicos prejudiciais. Assim, o processo adequado de recolhimento e reaproveitamento dos resíduos eletrônicos não só preserva os recursos naturais, mas também reduz significativamente a quantidade de substâncias perigosas despejadas em aterros e ambientes inadequados, como lixões e córregos. Isso, por sua vez, contribui para a minimização dos danos ambientais associados aos REE, promovendo um ciclo sustentável de gestão de resíduos (GERBASE E OLIVEIRA, 2012; CAUMO E ABREU, 2013; SANT'ANNA, MACHADO E DE BRITO, 2014).

A relevância da disposição final dos REEE de forma ambientalmente adequada reside no fato de que a grande maioria desses materiais apresenta substâncias tóxicas, que podem ser nocivas a plantas, animais, microrganismos, poluir rios e danificar o solo. Podem também, obviamente, causar transtornos à saúde humana. Patologias como câncer, problemas renais, danos ao pulmão, ao sistema digestivo, ao sistema endócrino, doenças de pele e no sistema neurológico são exemplos de enfermidades causadas por contatos diretos e indiretos com substâncias tóxicas presentes nos resíduos eletroeletrônicos (FONSECA et al., 2017).

Nesse sentido, quando o produto não volta à cadeia produtiva e é descartado de forma inadequada — geralmente em lixões a céu aberto e em outros locais impróprios — os impactos são agravados (SANT'ANNA, MACHADO E BRITO, 2014). Dessa forma, a destinação adequada é fundamental para o recolhimento e reaproveitamento dos resíduos, preservando os recursos naturais e diminuindo a quantidade de materiais perigosos despejados nos aterros, em lixões e em córregos a céu aberto, minimizando os impactos ambientais causados pelos REE.

3.2.5 Formas de Reciclagem

A reciclagem consiste no processo de reaproveitamento de materiais descartados, possibilitando sua reintegração como matéria-prima na produção de novos itens. Trata-se, ainda, do retorno desses materiais ao ciclo produtivo, englobando todas as etapas necessárias para viabilizar esse reaproveitamento (RAZZOLINI FILHO; BERTÉ, 2013).

No mesmo sentido, na PNRS, a reciclagem implica no reaproveitamento dos materiais que compõem os resíduos, sendo uma técnica que consiste em transformar esses materiais, por meio da alteração de suas características físico-químicas, em novos produtos — o que a diferencia da reutilização. Esta última implica no uso do material sem a sua alteração físico-química.

Embora a reciclagem segura de eletrônicos esteja recebendo cada vez mais atenção dos formuladores de políticas e da indústria, muitos consumidores ainda não sabem como descartar com segurança computadores, smartphones ou outros aparelhos eletrônicos antigos (LEBLANC, 2019).

O cenário da reciclagem no Brasil é complexo, com avanços e desafios. As taxas de reciclagem ainda são baixas. Segundo dados de 2024, a reciclagem de resíduos alcança cerca de 8% no país (CEMPRE, 2024). Uma perspectiva mais cautelosa, datada de 2022, aponta para uma taxa de reciclagem em torno de 4%, mesmo após mais de uma década da instituição da PNRS (IPEA, 2022).

Em 2018, o Brasil gerou aproximadamente 79 milhões de toneladas de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), com 92% coletadas, mas 40,5% com destinação inadequada (ABRELPE, 2019). A coleta seletiva ainda enfrenta desafios, com dados variando entre 32% e 75% dos municípios brasileiros (ABRELPE, 2022).

Tabela 2: Etapas da Reciclagem

Etapas	Descrição
Coleta	É o recolhimento dos materiais nos locais onde são descartados. Em geral, esses locais são predeterminados.
Separação	Os materiais recolhidos são separados de acordo com a sua natureza (vidros, plásticos, papéis etc.)
Revalorização	Os materiais são preparados para ser transformados em novos produtos.
Transformação	É o processamento dos materiais revalorizados com a finalidade de gerarem novos produtos.

Fonte: (RAZZOLINNI FILHO; BERTÉ, 2013, apud IZIDORO, 2016)

As etapas de tratamento e reciclagem dos REEE envolvem processos que buscam a recuperação de materiais e a descontaminação dos resíduos. Esses processos são realizados por meio de diferentes abordagens, como métodos físicos, químicos e metalúrgicos (GIGANTE, 2016; AUGUSTO, 2014). A reciclagem consiste em separar os materiais que compõem um objeto e prepará-los para serem usados novamente como matéria-prima dentro do processo industrial. Nem sempre a reciclagem se destina à reinserção dentro do mesmo ciclo produtivo: um computador reciclado, por exemplo, pode gerar materiais que serão utilizados em outras indústrias (FERREIRA, SILVA & GALDINO, 2010).

Cabe mencionar os perigos relacionados ao tratamento de REEE, especialmente em relação à presença de substâncias nocivas para o meio ambiente e para a saúde de quem manipula esses materiais. Por isso, são necessárias medidas de segurança e proteção aos trabalhadores e à coletividade (AWASTHI et al., 2018).

As principais formas de reciclagem de resíduos eletrônicos incluem a desmontagem manual, a separação mecânica e os processos pirometalúrgicos e hidrometalúrgicos. Cada técnica visa recuperar metais valiosos e reduzir o impacto ambiental desses resíduos (CUCIELLA et al., 2015). Um dos grandes desafios do gerenciamento dos REEE consiste na falta de informação específica sobre a composição física dos produtos, que deveria ser fornecida pelos fabricantes de produtos eletrônicos (GIESE, 2021). Além disso, observa-se que os eletroeletrônicos disponíveis no mercado não foram produzidos de forma a considerar a viabilidade da desmontagem, reciclagem e reaproveitamento de seus componentes (XAVIER et al., 2017).

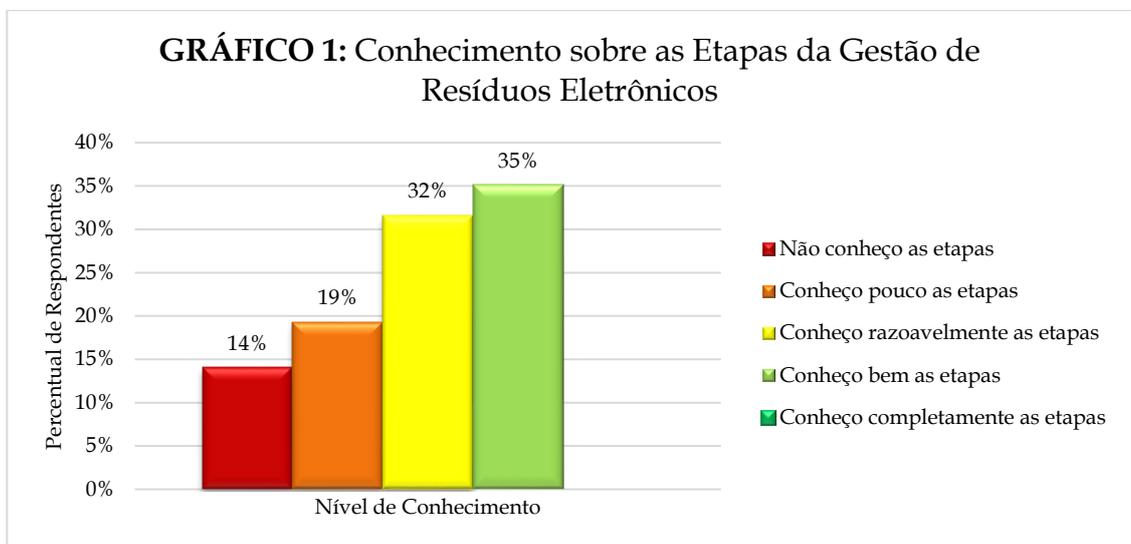
A implementação de sistemas de reciclagem apresenta desafios no que se refere ao alto custo operacional (BIDONE, 2006). A viabilidade financeira varia entre regiões e municípios, sobretudo nos municípios de pequeno porte, devido à escassez de recursos (IBGE, 2021). Na visão de Cunha (2024), a falta de infraestrutura adequada em várias regiões limita a recuperação de materiais valiosos e aumenta a dependência de aterros sanitários, uma solução inadequada devido aos riscos de contaminação e desperdício de recursos recicláveis.

Como já foi discutido ao longo deste trabalho, o nível de conhecimento e adesão às práticas de reciclagem ainda é baixo (BESEN, 2011). Essa falta de entendimento claro sobre as responsabilidades dificulta a implementação de uma política de gestão efetiva (REZENDE, 2014). Nesse sentido, Demajorovic, Augusto e Souza (2016) destacam que a conscientização sobre os impactos ambientais do descarte inadequado e a adesão aos sistemas de coleta seletiva e logística reversa são determinantes para o sucesso nessa área. Portanto, investir em educação ambiental e campanhas informativas é essencial para orientar os consumidores sobre o descarte correto de seus dispositivos eletrônicos.

Ademais, há deficiências na infraestrutura de coleta e processamento (MONTEIRO, et. al., 2001). O mercado de materiais reciclados enfrenta desafios como baixa demanda e volatilidade de preços (JACOBI, 2012). Corroborando essa ideia, Maiello et al. (2018) apontam que a logística reversa de equipamentos eletrônicos ainda enfrenta dificuldades em sua operacionalização, principalmente devido à falta de infraestrutura adequada e à baixa adesão dos consumidores.

Nesse contexto, o cliente, que na cadeia de suprimentos direta é o ponto final de consumo, torna-se o primeiro elemento da cadeia reversa. Assim, para iniciar o processo de retorno dos itens de pós-consumo e pós-venda, é indispensável que os usuários compreendam a importância de sua participação nessa cadeia e saibam onde e como enviar os itens para a destinação mais adequada. Portanto, o cliente desempenha um papel extremamente relevante para impulsionar as práticas de logística reversa (ASAMOA et al., 2023).

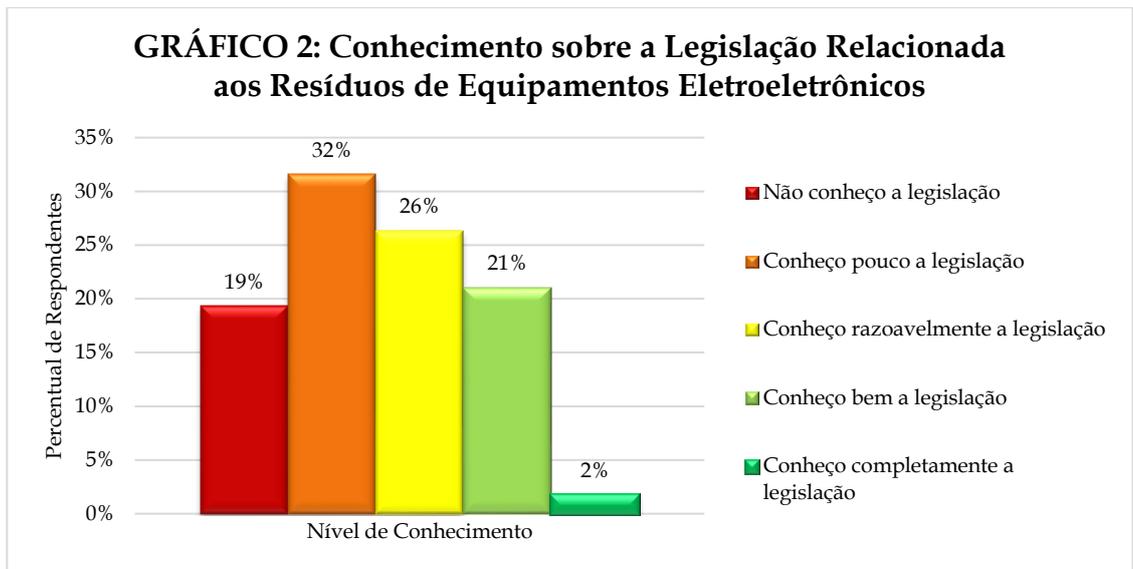
4 ANÁLISE DA SITUAÇÃO-PROBLEMA



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Com base nos dados expostos no gráfico, observa-se que existe um conhecimento pouco consistente entre os alunos do CEAR no que se refere às etapas da gestão de resíduos eletrônicos. Apesar de a opção mais selecionada pelos respondentes ter sido “conheço bem as etapas”, ela representa apenas 35% dos participantes, enquanto 33% desconhecem ou conhecem pouco sobre o tema. Além disso, destaca-se o fato de não haver nenhuma indicação de conhecimento completo das etapas, sugerindo que não há um domínio amplo entre o público da pesquisa.

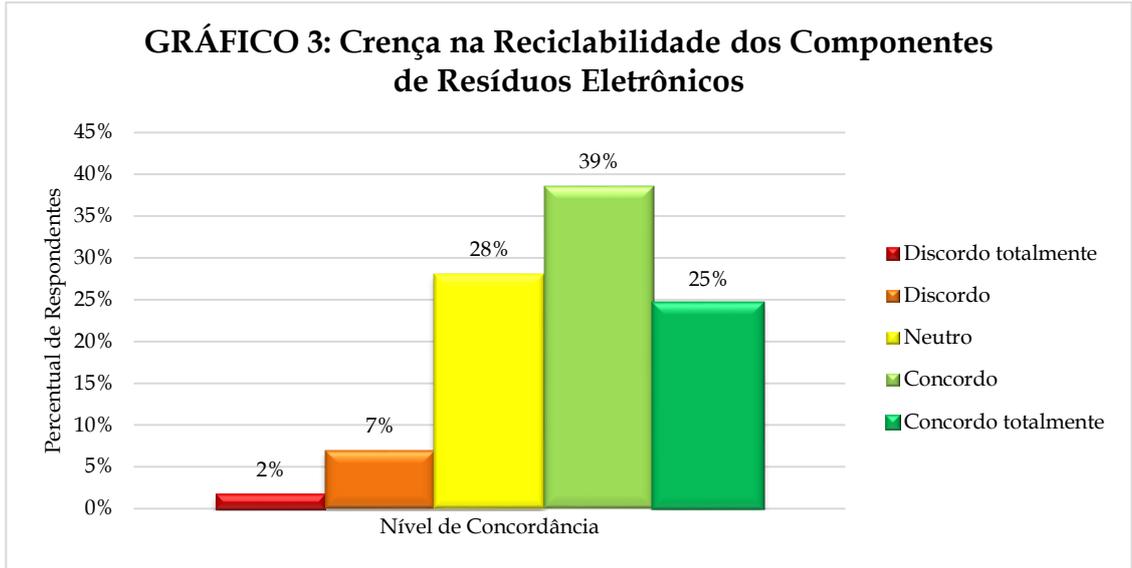
Nesse sentido, os dados apontam para a necessidade de implementação de ações educativas, visando instruir as pessoas a reconhecerem o quão importante é agir corretamente em relação ao meio ambiente. Corroborando o exposto, Guimarães (2020) destaca que ações relativas à educação ambiental devem se pautar pela participação ativa de diferentes agentes, que contribuam com suas experiências acumuladas e sua visão de mundo para o enfrentamento dos problemas diagnosticados.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Ao analisarmos o segundo gráfico, evidencia-se um baixo nível de familiaridade com as normas legais concernentes aos resíduos eletrônicos, uma vez que os que afirmaram não ter conhecimento da legislação e os que afirmaram ter pouco conhecimento, quando somados, correspondem à maioria (51%) dos participantes. Nota-se ainda que uma parcela significativa (26%) diz conhecer razoavelmente os dispositivos legais, sinalizando insegurança e escassez de conhecimento sobre a temática. Ademais, há uma parcela ínfima (1,8%) que indicou ter conhecimento mais robusto. Portanto, é possível afirmar que o conhecimento sólido sobre a legislação de resíduos eletrônicos representa uma condição excepcional dentro do grupo analisado, sendo imperioso realizar iniciativas que fortaleçam a compreensão dos discentes sobre o assunto.

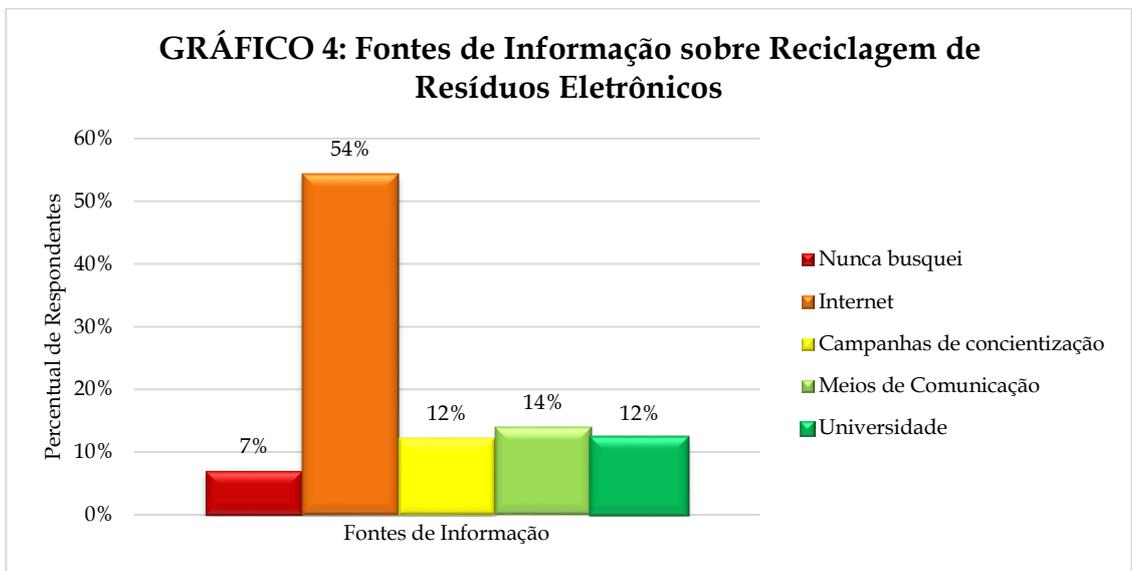
Nessa perspectiva, Curi (2010) menciona que, em se tratando de gestão ambiental, conhecer a legislação é indispensável, visto que permite que as atividades sejam executadas nos termos da lei, evitando problemas judiciais e outros decorrentes da exploração irresponsável da natureza.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Quando questionados se acreditam que a maioria dos componentes eletrônicos pode ser reciclada, a maioria sinalizou positivamente. Considerando-se a somatória daqueles que responderam que concordam e concordam totalmente, temos o equivalente a aproximadamente 67% da amostra. Esse resultado expressa uma visão otimista sobre a possibilidade de reciclar esses materiais, o que pode ser fundamental para motivar a participação em programas de reciclagem e a adoção de práticas de descarte adequadas.

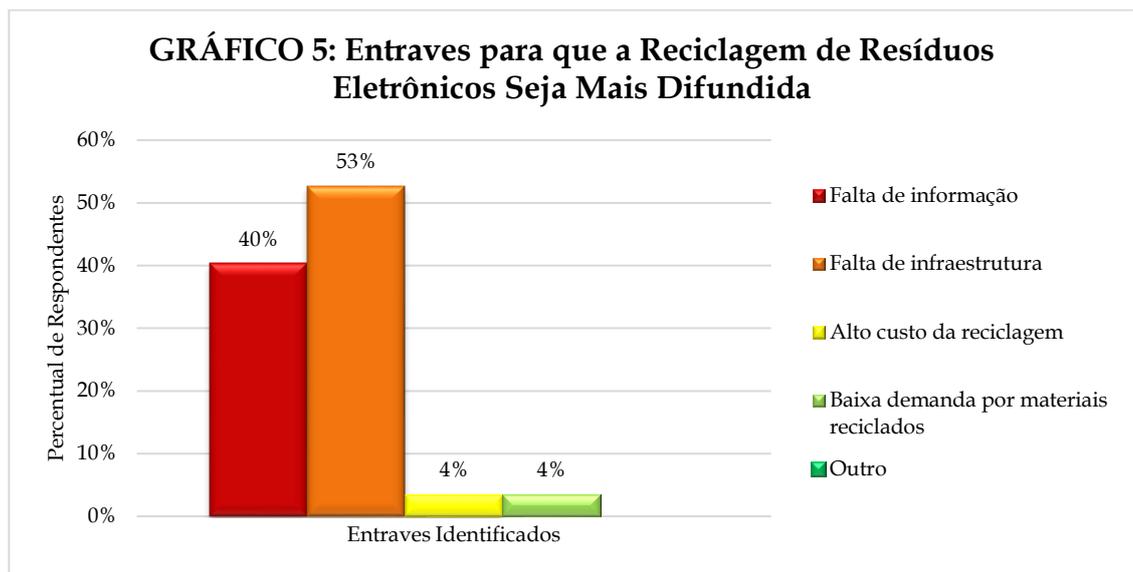
Em contrapartida, é importante observar a parcela considerável que indicou neutralidade, assim como 7% demonstraram descrença no potencial de reciclagem dos resíduos eletrônicos. Essa percepção pode estar associada, consoante Canejo (2021), à escassez da indústria de reciclagem em algumas regiões do país, concentrando-se principalmente no Sul e no Sudeste.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

No que se refere às fontes de informação sobre a reciclagem, os dados revelam que a internet é a fonte de informação mais utilizada pelos discentes para buscar conhecimento (54,4%), seguida pelos meios de comunicação (14,0%). Por outro lado, observa-se a baixa utilização de fontes institucionais, uma vez que a universidade e as campanhas de conscientização (ambas com 12,3%) apresentam uma utilização relativamente baixa. Essa predominância da internet e dos meios de comunicação sobre os outros instrumentos reflete a crescente importância da mídia como ferramenta de pesquisa e acesso à informação.

Em contrapartida, nota-se a pouca expressividade da universidade e das campanhas de conscientização na difusão de informações, seja por dificuldades técnicas ou baixa divulgação. Nesse aspecto, Grippi (2006) associa a falta de cooperação da população com as questões ambientais à desinformação, destacando a educação ambiental como um instrumento de promoção da consciência e mudança de comportamento e atitude.

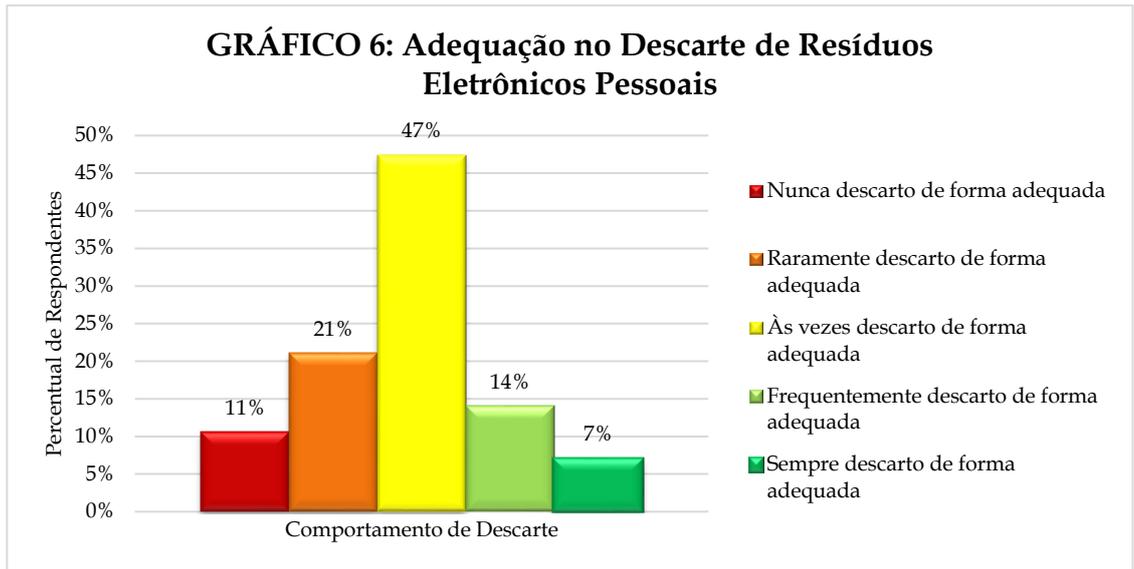


Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Ao analisar o gráfico 5, verifica-se que 52,6% dos participantes consideram que a falta de infraestrutura é o principal obstáculo para a difusão da reciclagem dos resíduos eletrônicos. A falta de informação também é percebida como um entrave preponderante (40,4%), enquanto o alto custo da reciclagem e a baixa demanda por materiais reciclados, ambos representando 3,5% das respostas, são considerados menos relevantes.

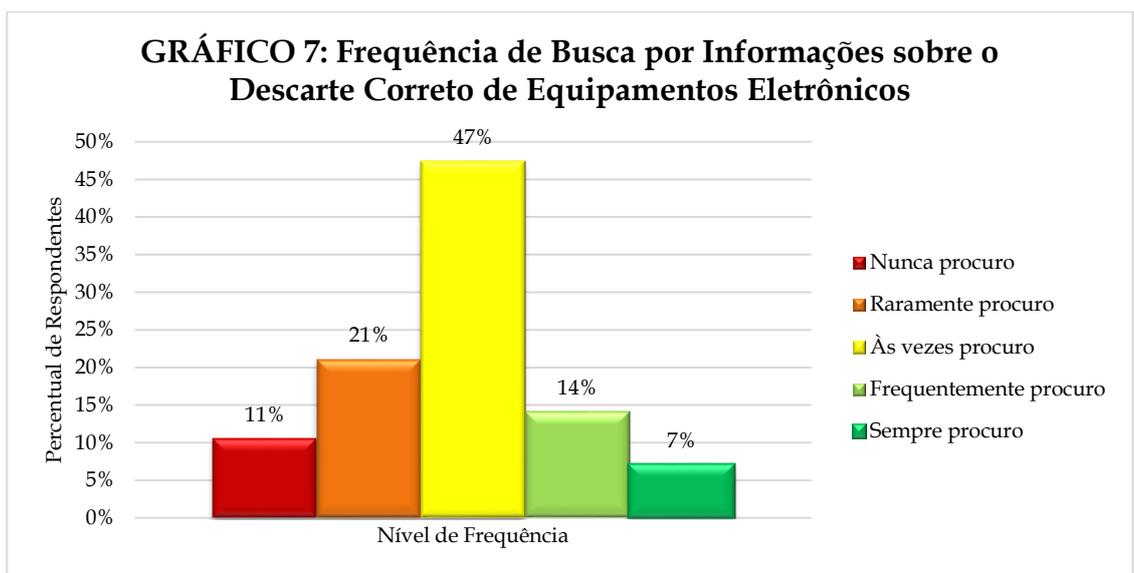
Diante desse cenário, no que tange ao alto custo da reciclagem, Izidoro (2016) alega que, além de visar à proteção do meio ambiente, a reciclagem possui valor econômico. No entanto, envolve custos associados à sua operacionalização, devendo, portanto, ser gerenciada com eficiência, sob o risco de causar prejuízos (RAZZOLINI FILHO; BERTÉ, 2013, apud IZIDORO, 2016).

Em se tratando dos desafios na implementação da logística reversa, destaca-se também a falta de informação. Berté e Razzolini (2013, p. 75), sobre o tema, afirmam: “Existe a necessidade de criação de programas educacionais para fornecedores, colaboradores, vendedores, consumidores [...], de modo a ampliar a sensibilidade socioambiental, ainda incipiente, podendo garantir que a percepção de valor ocorra em todos os elos da cadeia.”



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Em relação ao descarte dos resíduos eletrônicos pessoais, 47% afirmam descartar de forma adequada "às vezes", demonstrando uma prática instável e pouco conclusiva. Quando avaliados os percentuais daqueles que acreditam descartar frequentemente e sempre de forma adequada, temos, respectivamente, 14% e 7%, representando uma fração diminuta. Esse dado levanta a hipótese de que a maioria dos discentes pode estar adotando práticas que contribuem para a poluição e o desperdício de recursos. Essa hipótese é corroborada pelo alto percentual que afirma nunca ou raramente realizar o descarte adequado, somando 33%.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Ao serem interrogados sobre a procura de informações acerca do descarte correto de equipamentos eletrônicos, o resultado mais expressivo refere-se ao "às vezes procuro", com 40,4% das respostas assinaladas, seguido pela soma (33,3%) das categorias dos que afirmam raramente ou nunca procurar informações. Esse percentual, quando comparado à soma (26,3%) das categorias que procuram com frequência e sempre procuram, revela que a busca por

informações sobre o descarte correto de REEE não é um comportamento rotineiro para muitos discentes.

Dessa forma, isso pode ser um indicativo de que a procura por informações ocorre apenas quando há uma necessidade imediata de descartar um equipamento, o que sugere que os discentes parecem esperar que as informações sejam fornecidas, em vez de buscá-las ativamente.

5 CONCLUSÕES E CONTRIBUIÇÃO SOCIAL

O estudo evidenciou que, embora os discentes do CEAR apresentem relativo grau de conhecimento relacionado à gestão de resíduos eletrônicos, ainda há lacunas significativas no que se refere ao conhecimento das etapas do seu gerenciamento e, sobretudo, um entendimento limitado da legislação que disciplina esta temática. Os dados coletados revelam que a maioria dos alunos não possuem o hábito de descarte de resíduos eletrônicos pessoais de forma adequada. Esse comportamento pode estar associado à falta de informação e a dificuldade de acesso à pontos de descarte, reforçando a necessidade de ações educativas voltadas à conscientização e à mudança de hábitos.

À vista disso, propõe-se a inserção de campanhas de incentivo à destinação adequada dos resíduos na propaganda institucional dos governos em âmbito federal, estadual e municipal, utilizando a imagem de personalidades envolvidas com a causa ambiental que tenham o apreço da população.

No âmbito da Universidade, poderiam ser utilizados os perfis institucionais para a divulgação de ações e projetos relacionados ao tema. De forma pragmática, poderia ser utilizado o espaço destinado à recepção dos calouros para apresentar as principais iniciativas do CEAR que estão alinhadas com sua missão institucional de oferecer soluções sustentáveis em energia.

Em paralelo a essas ações de conscientização, caberia ao poder público fornecer a estrutura necessária para permitir o descarte adequado, sendo, inclusive, realizado por meios próprios, quando na impossibilidade do desenvolvimento de parcerias público-privadas. Ademais, nos casos de municípios de pequeno porte, devido à baixa arrecadação tributária, poderiam ser instituídos consórcios públicos com vistas a viabilizar esta política.

Desse modo, como disciplina a Constituição da República, tanto o poder público quanto a sociedade devem atuar na preservação do meio ambiente. Logo, se há omissão de um desses agentes, é improvável a obtenção de resultados efetivos e consistentes.

Por último, vale destacar que as contribuições deste estudo não se limitam apenas à análise do cenário atual, mas podem e devem servir de base para o desenvolvimento de novas iniciativas que visem à preservação e conservação do meio ambiente. A conscientização sobre a gestão de resíduos eletrônicos é fundamental para a construção de uma cultura sustentável que perpassa as fronteiras do ambiente universitário, contribuindo para a formação de cidadãos mais responsáveis, preparados para enfrentar os desafios ambientais do futuro.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ABRELPE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2018/2019**. São Paulo, 2019. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/download-panorama-2018-2019>. Acesso em: 13 abr. 2025.

AGUILLO, I. F. Ranking Web of Universities (webometrics.info). January edition. figshare. Preprint. Disponível em: <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.28284617.v2>. 2025

ALBANO, C. S.; CRAVEIRO, G. S.; CAROSI, D. F. "Oferta e demanda de dados abertos governamentais: um estudo em universidades federais brasileiras". **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 14, n. 9, p. 15191-15213, 2023.

ARAÚJO, D. R. R.; OLIVEIRA, J. D.; SELVA, V. F.; SILVA, M. M.; SANTOS, S. M. "Generation of domestic waste electrical and electronic equipment on Fernando de Noronha Island: qualitative and quantitative aspects". **Environmental Science and Pollution Research**, v. 24, n. 24, p. 19703-19713, 2017.

ARNAUD, Debora. **Diagnóstico e proposição de estratégias para a implantação do plano de gestão de resíduos sólidos em cidades de pequeno porte**. Edição do Kindle.

ASAMOAHA, D. et al. "Achieving green firm reputation through green customer salience and reverse logistics practices". **International Journal Of Productivity And Performance Management**, v. 1, n. 1, p. 1-18, 2023.

ASSIS, A. H. C. **Análise ambiental e gestão de resíduos**. 1. ed. Curitiba: Intersaberes, 2020. E-book. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 08 abr. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 16156:2013 Requisitos para Atividade de manufatura Reversa**. Rio de Janeiro, ABNT, 2013.

AUGUSTO, E. E. F. **Logística reversa de computadores e celulares: desafios e perspectivas para o modelo brasileiro**. Dissertação (Mestrado) - Centro Universitário da FE, 2014.

AWASTHI, A. K.; CUCCHIELLA, F.; D'ADAMO, I.; LI, J.; ROSA, P.; TERZI, S.; WEI, G.; ZENG, X. "Modelling the correlations of e-waste quantity with economic increase". **Science of the Total Environment**, v.613-614, p.46-53, 2018.

BALDÉ, C. P. et al. **Monitor Global de Resíduos Eletrônicos 2024 União (UIT) e Estados Unidos**. Geneva/Bonn: International Telecommunication Union (ITU) e United Nations Institute for Training and Research (UNITAR), 2024. Disponível em: https://ewastemonitor.info/wp-content/uploads/2024/03/GEM_2024_18-03_web_page_per_page_web.pdf. Acesso em: 26 mar. 2025.

BOMFIM, V. C. **O custo da gestão dos resíduos oriundos de embalagens em geral: de quem é essa conta?** Tese (Doutorado) - Pontifícia Universidade Católica de Campinas, 2018.

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

BRASIL. Decreto nº 10.240, de 12 de fevereiro de 2020. Regulamenta a logística reversa de produtos eletroeletrônicos de uso doméstico e seus componentes. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 13 fev. 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/d10240.htm. Acesso em: 26 mar. 2025.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 26 de março de 2025.

CAETANO, M. O.; LEON, L. G. D.; PADILHA, D. W.; GOMES, L. P. "Análises de risco na operação de usinas de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos (REEE)". **Gestão & Produção**, 26, e3018. 2019.

CANEJO, Carlos. **Gestão integrada de resíduos sólidos: múltiplas perspectivas para um gerenciamento sustentável e circular**. 1. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2021. E-book. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 08 abr. 2025.

CAUMO, ABREU, M. C. "Resíduos eletroeletrônicos: produção, consumo e destinação final". **Maiêutica-Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente**, v. 1, n. 1, 2013.

CUCCHIELLA, F.; D'ADAMO, I.; KOH, S. C. L.; ROSA, P. "Recycling of WEEEs: An economic assessment of present and future e-waste streams". **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [S. l.], v. 51, p. 263-272, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.06.010>. Acesso em: 6 abr. 2025.

CUNHA, F. G. **Modelagem e simulação para análise de viabilidade econômica da logística reversa de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE)**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Itajubá, 2024.

CURI, Denise (org.). **Gestão ambiental**. São Paulo: Pearson, 2010. E-book. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 08 abr. 2025.

DA COSTA FERREIRA, D.; SILVA, J. B.; GALDINO, J. C. S. "Reciclagem de lixo eletrônico". **HOLOS** 5 (2010): 104-112. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=481549223011>. Acesso em: 7 abr. 2025.

DE OLIVEIRA SOARES, D. R.; DE CARVALHO GUIMARÃES, J. "Gestão ambiental e o papel social de uma cachaçaria artesanal no Piauí". **Tópicos em Administração** Volume 30, p. 70. 2020.

DEMAJOROVIC, J.; AUGUSTO, E. E. F.; SOUZA, M. T. S. D. "Logística reversa de REEE em países em desenvolvimento: desafios e perspectivas para o modelo brasileiro". **Ambiente & Sociedade**, 19, 117-136. 2016.

DIAS, M. V. **Avaliação da gestão de resíduos eletroeletrônicos**. 189 f. Tese (Doutorado em Gestão Ambiental) - Universidade Positivo, Curitiba, 2017.

FERREIRA, Dérick da Costa et al. Reciclagem de lixo eletrônico. **Holos**, Mossoró, v. 26, n. 5, p. 104–112, 2010.

FIORILLO, C. A. P.; FERREIRA, R. M. "Responsabilidade ambiental das empresas no âmbito do sistema normativo chinês, em face da responsabilidade ambiental das empresas no Brasil". **Revista Direito Ambiental e Sociedade**, 2021.

FONSECA, E. R.; LAGE, M. A.; SOUZA, D. A. I. D.; DELGADO, S. S. "Análise da logística reversa nas operações de telefonia móvel em uma cidade do interior de Minas Gerais". In: **Anais do V Simpósio de Engenharia de Produção - SIMEP**, 2017.

FRANZ, N. M.; SILVA, C. L. "Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE): desafio global e contemporâneo às cadeias produtivas e ao ambiente urbano". **Gestão & Produção**, v. 29, p. e6621, 2022.

GIANNETTI, B. F; ALMEIDA, C. M. V. B.; BONILLA, S. H. "A ecologia industrial dentro do contexto empresarial". **Banas Qualidade**, p. 76-83, 2007

GIESE, E. C.; LINS, F. A. F.; XAVIER, L. H. "Desafios da reciclagem de lixo eletrônico e as cooperativas de mineração urbana / Challenges of e-waste recycling and urban mining cooperatives". **Brazilian Journal of Business**, [S. l.], v. 3, n. 5, p. 3647-3660, 2021. DOI: 10.34140/bjbv3n5-010. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJB/article/view/37950>. Acesso em: 7 abr. 2025.

GIGANTE, L. C. **Políticas de regulação e inovação: reciclagem de resíduos eletroeletrônicos** (Doctoral dissertation, Universidade Estadual de Campinas). 2016.

GOOSEY, E.; GOOSEY, M. "Introduction and Overview". In: **Electronic Waste Management**. p. 1-32. 2020.

GRIPPI, Sidney. **Lixo, reciclagem e sua história: um guia para as prefeituras brasileiras**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2006. E-book. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 08 abr. 2025.

GUBEREV, Natália. **Políticas públicas dos resíduos sólidos: Aspectos jurídicos e gerenciais** (Portuguese Edition). Edição do Kindle.

GUIMARÃES, Mauro. **A dimensão ambiental na educação**. 1. ed. Campinas: Papyrus, 2020. E-book. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 08 abr. 2025.

ISLAM, M. T.; HUDA, N. "Assessing the recycling potential of 'unregulated' e-waste in Australia". **Resources, Conservation and Recycling**, v. 152, 2020.

JEAN-BAPTISTE, E. **Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos: O desafio do descarte na cidade de Uberlândia-MG**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia Instituto de Geografia (IGUFU), 2024.

LEBLANC, R. E-Waste and the Importance of Electronics Recycling. *The balance small business*, v. 30, 2019.

MAIELLO, A.; BRITTO A. L. N. P.; VALLE, T. F.; Implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, *Revista de Administração Pública (RAP)*. Fundação Getúlio Vargas (FGV). Rio de Janeiro, 2018.

SANT'ANNA, L. T.; MACHADO, R. T. M.; BRITO, M. J. de. **A logística reversa de resíduos eletroeletrônicos no Brasil e no mundo: o desafio da desarticulação dos atores**. *Sustentabilidade em Debate*, Brasília, v. 6, n. 2, p. 88-105, mai./ago. 2015.

SIGRIST, C. S. L. et. al. Desenvolvimento de ponto de coleta de resíduos eletroeletrônicos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. v. 19, n. 2, p. 1423- 1438, 2015.

TANAUE, Ana Claudia Borlina; BEZERRA, Deivid Mendes; CAVALHEIRO, Luana; PISANO, Lilian Cristiane. **Lixo eletrônico:** agravos à saúde e ao meio ambiente. *Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde*, v. 19, n. 3, 2015. Disponível em: <https://ensaioseciencia.pgsskroton.com.br/article/view/3193>. Acesso em: 23 mar. 2025. DOI: <https://doi.org/10.17921/1415-6938.2015v19n3p%25p>.

UNIÃO EUROPEIA. Diretiva 2012/19/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 4 de julho de 2012, relativa aos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE). *Jornal Oficial da União Europeia*, L 197, p. 38–71, 24 jul. 2012. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012L0019>. Acesso em: 13 abr. 2025.

WIDMER, R.; OSWALD-KRAPF, H.; SINHA-KHETRIWAL, D.; SCHNELLMANN, M.; BONI, H. Global perspectives on e-waste. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 25, p. 436–458, 2005.

XAVIER, L.H.; DUTHIE, A.C.; GIESE, E.C.; LINS, F.A.F. "Sustainability and Circular Economy: a theoretical approach focused on e-waste urban mining". **Resources Policy**, v. 1, p. 101.

XAVIER, L. H.; OTTONI, M. (org.). **Mineração urbana:** conceitos e análise do potencial dos resíduos eletroeletrônicos. 1. ed. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral – CETEM/MCTI, 2021.