

CENTRO PAULA SOUZA

ETEC DE MAUÁ

Curso técnico em logística

LAIS ALVES DE OLIVEIRA

REBECCA VITÓRIA MORAES DA SILVA

**LOGÍSTICA REVERSA DE RESÍDUOS ELETRÔNICOS:
impactos ambientais e soluções inovadoras para o descarte adequado**

Mauá

2025

LAIS ALVES DE OLIVEIRA
REBECCA VITÓRIA MORAES DA SILVA

**LOGÍSTICA REVERSA DE RESÍDUOS ELETRÔNICOS:
impactos ambientais e soluções inovadoras para o descarte adequado**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico de Logística, da Escola Técnica Estadual (ETEC) Cidade Mauá, como requisito para obtenção do técnico de logística.

Orientadora: Prof. Lucíola de Almeida Pereira

Mauá
2025

Aos professores que cruzaram nossos caminhos e nos orienta a seguir em frente, nos ajudando e incentivando durante este processo. Este trabalho é fruto da perseverança e das lições que aprendemos ao longo dessa jornada.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradecemos a Deus, pela força, saúde e determinação durante todo o processo. E a nossa gratidão também ao professor Emerson, já que foi através de suas aulas de logística reversa que nos despertou a curiosidade e o interesse em aplicar o assunto em nosso tema de trabalho de conclusão de curso.

A realização deste trabalho só foi possível graças ao nosso comprometimento, esforço e dedicação. Nosso empenho fez toda diferença, e temos orgulho do que realizamos!

Por fim, estendemos nossos agradecimentos a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho. Cada palavra de apoio, gesto de carinho ou conselho fez toda a diferença para que este projeto se tornasse realidade.

Muito obrigada!

“No mundo dos negócios nunca se obtém aquilo
que se quer, mas sim aquilo que se negocia.”

(Chester Karrass)

RESUMO

Ao descartar resíduos eletrônicos de modo inadequado, os problemas ambientais crescem de maneira inesperada, causando um desafio sustentável, contaminando, assim, o solo e a água com os metais pesados e substâncias tóxicas presentes nos aparelhos. A escassez de pontos de coleta eficientes e a falta de conscientização da população sobre o problema agrava a situação. Este trabalho tem como objetivo verificar a implementação e os impactos das tecnologias avançadas na logística reversa, investigando soluções para potencializar a reciclagem e diminuir os custos do processo. São abordadas iniciativas como as parcerias público-privadas, campanhas educativas e sites que facilitam o descarte adequado. Além disso, é classificado programas corporativos de grandes empresas, como a Vivo e a *Samsung*, que promovem a reutilização e a reciclagem de dispositivos. A análise ressalta a importância da colaboração entre políticas públicas, incentivos econômicos e inovações tecnológicas para transformar a reciclagem de eletrônicos mais acessíveis e eficazes, diminuindo os impactos ambientais.

Palavras-chave: Vivo, descarte, eletrônicos, logística reversa, reciclagem, *Samsung*, sustentabilidade, tecnologias

ABSTRACT

By disposing of electronic waste improperly, environmental problems grow unexpectedly, causing a sustainable challenge and contaminating soil and water with the heavy metals and toxic substances present in the devices. The scarcity of efficient collection points and the population's lack of awareness of the problem exacerbate the situation. This work aims to verify the implementation and impact of advanced technologies in reverse logistics, investigating solutions to boost recycling and reduce the costs of the process. It looks at initiatives such as public-private partnerships, educational campaigns and websites that facilitate proper disposal. In addition, corporate programs from large companies, such as *Vivo* and *Samsung*, which promote the reuse and recycling of devices, are classified. The analysis highlights the importance of collaboration between public policies, economic incentives and technological innovations to make electronics recycling more accessible and effective, reducing environmental impacts.

Keywords: *Vivo*, disposal, electronics, reverse logistics, recycling, *Samsung*, sustainability, technologies.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fluxo Logístico	17
Figura 2 – Resumo do método proposto (estrutura do sistema de logística reversa a ser implementada).....	18
Figura 3 – E-lixo	21
Tabela 1 – Limites dos metais em percentual peso.....	22
Figura 4 – Impacto ambiental do descarte inadequado de resíduos eletrônicos	23
Figura 5 – Infiltração de metais pesados no solo e contaminação do lençol freáticos	26
Tabela 2 – Efeitos dos metais pesados na saúde humana	29
Figura 6 – Máquina de reciclagem tipo PEV para coleta do lixo eletrônico.....	32
Figura 7 – Funcionário recebendo equipamentos eletrônicos no CEDIR - USP	33
Figura 8 – Placas de computadores separados para reciclagem no CEDIR - USP	34
Figura 9 – Palestra sobre os impactos do descarte incorreto de resíduos eletrônicos na EMEF Nestor Fonseca, em Rio Verde (GO)	35
Figura 10 – Resíduos coletados durante campanha em escola pública do Rio Verde (GO).....	36
Figura 11 – Recolhimento de resíduos eletrônicos nas salas de aula da mesma escola.....	36
Figura 12 – Programa de Reciclagem Samsung.....	40
Figura 13 – Diagrama das atividades de descarte dos REEE no CEDIR-USP.....	44
Figura 14 – Equipamentos de informática doados durante a pesquisa	45
Figura 15 – Entrega dos equipamentos de informática pessoais no CEDIR-USP....	46
Figura 16 – Parceria entre o Esporte Clube Pinheiros e o CEDIR-USP para descarte sustentável de eletrônicos	47

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Análise do questionário aplicado	55
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT NBR – Normas Técnicas publicadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABREE – Associação Brasileira de Reciclagem de Eletroeletrônicos e Eletrodomésticos

Abrelpe – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

BFRs – *Brominated Flame Retardants* (Retardantes de Chama Bromados)

CCE – Coordenadoria de Comunicação Social da USP

CEDIR – Centro de Descarte e Reuso de Resíduos de Informática

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CFC – Clorofluorcarbono

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CRT – *Cathode Ray Tube* (Tubo de Raios Catódicos)

DTI – Departamento de Tecnologia da Informação

ECP – Escola Politécnica da USP

E-LIXO – Lixo eletrônico

ESG – *Environmental, Social and Governance* (Ambiental, Social e Governança)

IA – Inteligência Artificial

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LASSU – Laboratório de Sustentabilidade da USP

LCD – *Liquid Crystal Display* (Tela de Cristal Líquido)

LED – *Light Emitting Diode* (Diodo Emissor de Luz)

MIT – *Massachusetts institute of technology* (Instituto de Tecnologia de Massachusetts)

NIR – Near Infrared (Infravermelho Próximo)

OMS – Organização Mundial da Saúde

ONG – Organização Não Governamental

ONU – Organização das Nações Unidas

PCBs – *Polychlorinated Biphenyls* (Bifenilos Policlorados)

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

REEE – Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos

REP – Responsabilidade Estendida do Produtor

RoHS – *Restriction of Hazardous Substances* (Restrição de Substâncias Perigosas)

SIAFI – Sistema Integrado de Administração Financeira do Governo Federal

SICAF – Sistema de Cadastramento Unificado de Fornecedores

TI Verde – Tecnologia da Informação Verde

USP – Universidade de São Paulo

VREA – Vice-Reitoria Executiva de Administração

WEEE – *Waste Electrical and Electronic Equipment* (Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. PROBLEMÁTICA	13
3. HIPÓTESES	14
4. OBJETIVOS	15
4.1 Objetivo geral	15
4.2 Objetivos específicos	15
5. JUSTIFICATIVA	16
6. METODOLOGIA	16
7. REVISÃO DE LITERATURA	17
7.1 Definição da logística	17
7.2 Definição e importância da logística reversa	17
7.3 Principais tipos de resíduos eletrônicos	19
7.4 Normas e legislações aplicáveis no Brasil e no mundo	21
7.5 Impactos ambientais dos resíduos eletrônicos	22
7.6 Composição dos resíduos eletrônicos e seus riscos	24
7.7 Contaminação do solo e dos recursos hídricos	25
7.8 Efeitos na saúde humana	27
7.9 Boas práticas para o descarte adequado	30
8. MODELOS DE LOGÍSTICA REVERSA	31
8.1 Modelos de coleta e reciclagem eficientes	31
8.2 Tecnologias inovadoras para reaproveitamento de materiais	38
8.3 Programas de logística reversa em empresas e governos	39
8.4 O papel do consumidor e a conscientização ambiental	41
9. ESTUDOS DE CASO	42
9.1 Empresas que implementaram soluções sustentáveis	47
9.2 Estratégias de gerenciamento	49
10. DESAFIOS E OPORTUNIDADES NA IMPLEMENTAÇÃO DA LOGÍSTICA REVERSA	51
10.1 Barreiras econômicas e estruturais	51
10.2 Oportunidades de negócios sustentáveis na reciclagem de eletrônicos	52

10.3 Análise de resultados da pesquisa	53
10.4 Perspectiva para o futuro do setor	55
11. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57
REFERÊNCIAS.....	59

1. INTRODUÇÃO

Atualmente um dos maiores desafios ambientais é o descarte inadequado de resíduos eletrônicos. Com a tecnologia avançada, a depreciação dos dispositivos e a quantidade de equipamentos descartados, cresce, acarretando impactos negativos na natureza, e consequentemente ao sistema de saúde. Pode-se considerar que a maioria desses detritos, contém substâncias tóxicas e metais pesados como (chumbo, mercúrio, arsênio e cádmio) esses elementos podem se infiltrar no solo, atingir lençóis freáticos e prejudicar ecossistemas, igualmente a saúde humana. Estudos mostram que a exposição a esses contaminantes pode causar problemas neurológicos, câncer e outras doenças.

Há um amplo debate sobre o descarte incorreto dos eletrônicos, a população por exemplo, não se conscientiza sobre sua importância, e em como é limitado a estrutura para a coleta desses materiais. A falta de programas acessíveis de logística reversa e pontos de coletas adequados, é um dos grandes problemas que contribuem para o descarte incorreto. Outrossim, é a complexibilidade dos produtos eletrônicos, o que acaba se tornando um processo caro e desafiador, exigindo, assim, tecnologias avançadas e mão de obra qualificada, para separação e desmontagem dos componentes.

No entanto, é essencial que soluções inovadoras sejam implementadas, para que possam tornar o descarte e a reciclagem de eletrônicos sustentáveis e eficientes. Parcerias público-privadas, campanhas educativas, juntamente com gincanas e o uso de sites confiáveis para facilitar a localização de pontos de coleta são algumas das estratégias que podem contribuir para a redução. Muitas empresas já adotaram iniciativas próprias, como por exemplo a Vivo com o programa vivo recicle e a *Samsung* com o programa *Samsung* recicla, demonstrando o potencial de ações coordenadas entre setor público e privado. Promovendo, assim, a reutilização e a reciclagem dos dispositivos.

2. PROBLEMÁTICA

Com o crescimento do comércio eletrônico, aumentou o consumo de dispositivos e, consequentemente, a geração de resíduos. No entanto, a gestão desses produtos ao final da sua vida útil enfrenta diversos desafios, especialmente quando se é falado sobre logística reversa.

Os principais problemas são a coleta e o descarte inadequados pelos consumidores e a complexidade dos eletrônicos, que dificulta o reaproveitamento e a reciclagem.

A falta de conscientização sobre o descarte correto de eletrônicos e a escassez de pontos de coleta acessíveis levam muitos consumidores a fazerem o descarte inadequado, desencadeando em diversas contaminações no solo e na água. Portanto, sem um sistema adequado de logística reversa os eletrônicos são acumulados e descartados de maneira imprópria, dificultando seu restabelecimento na cadeia produtiva. Além disso, a complexidade dos dispositivos, que consiste em diversos materiais tóxicos, torna a reciclagem um desafio constante. Essa complexidade técnica, associada à falta de infraestrutura adequada, faz com que a reciclagem seja um desafio constante para o setor. Sem políticas claras e apoio governamental, esses negócios enfrentam dificuldades para implementar processos de coleta e reciclagem eficientes, o que acaba refletindo em baixos índices de reaproveitamento e um desperdício considerável de resíduos eletrônicos.

De acordo com os dados apresentadas, chegou-se à seguinte questão: Quais seriam os impactos ambientais e soluções inovadoras para o descarte adequado dos resíduos sólidos?

3. HIPÓTESES

De acordo com as expectativas estabelecidas para este do estudo e considerando a relevância e a criticidade do tema abordado, foram elaboradas as seguintes hipóteses para nortear a pesquisa:

1. A falta de pontos de coleta eficientes é um dos principais fatores que aumentaria o descarte inadequado de eletrônicos no Brasil;
2. A realização de programas de coleta seletiva de resíduos eletrônicos aumenta significativamente a taxa de descarte correto desses materiais;
3. O desenvolvimento de tecnologias mais eficientes e sustentáveis de reciclagem poderia reduzir a necessidade de processos especializados e melhorar a rentabilidade da indústria de reciclagem de eletrônicos;
4. A colaboração de políticas públicas e incentivos econômicos pode incentivar a criação de soluções de reciclagem mais acessíveis e eficientes.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a implementação e os impactos das tecnologias avançadas na logística reversa de resíduos eletrônicos, avaliando soluções eficientes para aprimorar a reciclagem, reduzir custos e diminuir os impactos ambientais, além de avaliar a eficácia dos sites e programas corporativos que incentivam o descarte adequado de dispositivos eletrônicos.

4.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Com base no objetivo geral proposto para este estudo, apresentam-se os seguintes objetivos específicos:

- Investigação dos impactos do descarte eletrônico no meio ambiente, com destaque na contaminação do solo, da água e do lençol freático, causada por metais pesados, juntamente com substâncias tóxicas (chumbo, mercúrio, cádmio e arsênio);
- Examinar e identificar os principais obstáculos que a logística reversa dos aparelhos enfrenta no Brasil, como a escassez de pontos de coleta eficiente e a falta de conscientização da população;
- Avaliar como a tecnologia avançada pode aprimorar processos automatizados e as reciclagens de eletrônicos;
- Examinar a utilização de sites e programas de incentivo ao descarte adequado de aparelhos eletrônicos;
- Estudar sobre grandes empresas, como Vivo e *Samsung*, que utilizam programas que promovem a reciclagem e a reutilização de dispositivos eletrônicos, analisando seus impactos e viabilidade no Brasil;
- Investigar como a influência de políticas públicas e incentivos econômicos, desenvolvem soluções de reciclagem mais eficientes e eficazes, considerando o papel do governo, da indústria e da população nesse processo;
- Propor estratégias para solucionar a logística reversa de resíduos eletrônicos no Brasil, sugerindo medidas que possam melhorar a reciclagem, reduzir custos e minimizar os impactos ambientais.

5. JUSTIFICATIVA

O descarte inadequado de resíduos eletrônicos é um problema ambiental significativo, pois impacta diretamente a qualidade do solo e da água, devido à presença de metais pesados e substâncias tóxicas. Esse cenário se agrava pela falta de conscientização da população sobre a importância do descarte correto e pela escassez de pontos de coleta eficientes. Como resultado, muitos dispositivos eletrônicos são descartados de maneira inadequada, aumentando os riscos ambientais e dificultando o processo de reciclagem.

Além disso, a complexidade dos produtos eletrônicos, que contêm diversos materiais e componentes perigosos, torna a reciclagem um processo custoso e tecnicamente desafiador. Esse fator reforça a necessidade de investimentos em tecnologias avançadas que tornem a desmontagem e separação de materiais mais eficientes, reduzindo os custos e aumentando a viabilidade da reciclagem.

Diante desse contexto, este estudo se justifica pela urgência de analisar e propor soluções inovadoras para aprimorar a logística reversa dos resíduos eletrônicos. A implementação de programas como a Responsabilidade Estendida do Produtor (REP), a ampliação de parcerias público-privadas, o desenvolvimento de campanhas educativas e o uso de sites para facilitar o descarte adequado são medidas essenciais para mitigar os impactos ambientais e promover um sistema mais sustentável.

Além disso, grandes empresas, como Vivo e *Samsung*, já adotam programas de reciclagem e reutilização de dispositivos, demonstrando que a colaboração entre o setor privado e políticas públicas pode impulsionar soluções eficazes. Portanto, este trabalho busca contribuir para o debate sobre a reciclagem de eletrônicos, avaliando estratégias que tornem esse processo mais acessível, eficiente e economicamente viável, além de incentivar a conscientização ambiental e a adoção de práticas sustentáveis pela sociedade.

6. METODOLOGIA

A pesquisa será de modo qualitativo e quantitativo, analisando a implementação e os impactos das tecnologias avançadas na logística reversa de resíduos eletrônicos, além de examinar a eficiência de programas e sites voltados para o descarte adequado. A metodologia será estruturada em quatro etapas principais: levantamento bibliográfico, análise de dados, estudos de caso e aplicação de questionários.

7. REVISÃO DE LITERATURA

7.1 DEFINIÇÃO DA LOGÍSTICA

Logística é o planejamento, a execução e o controle de uma direção eficiente e eficaz de bens, serviços e informações, desde o ponto de origem até o consumidor final, com o objetivo de atender aos clientes de forma satisfatória. Essa área inclui diversas atividades, como armazenagem, transporte, processamento de pedidos, distribuição e gestão de estoques.

A área é de suma importância tanto para empresas como para os consumidores, pois tem como intuito otimizar custos, melhorar o tempo de entregas, garantindo a qualidade e a disponibilidade dos produtos em estoque, além de atender as expectativas dos clientes. Ela envolve a participação e coordenação de fornecedores, transportadoras, centros de distribuições e outros. A figura 1 a seguir mostra os processos do fluxo logístico:

Figura 1 – Fluxo Logístico



Fonte: COUTINHO (2020)

7.2 DEFINIÇÃO E IMPORTÂNCIA DA LOGÍSTICA REVERSA

A logística reversa pode ser definida como um grupo de estratégias que permitem a devolução dos itens e sobras pós-consumo para a cadeia de suprimentos ou para um destino sustentável. Esse processo inclui atividades desde a coleta e o transporte até a triagem, o

tratamento, a reciclagem e ao destino dos produtos, com a finalidade de reduzir os efeitos ambientais e fomentar a economia circular. Diante disso é importante ressaltar que:

A logística reversa, por sua vez, representa um fluxo reverso da logística, ou seja, se a logística tradicional tem como missão distribuir produto novo para seus clientes, a logística reversa coletará os produtos considerados velhos, obsoletos, danificados, ou inúteis e os movimentar de modo a fornecer disposição final ou tratamento adequado, que pode ser a reciclagem, a reutilização, a remanufatura, coprocessamento etc. (VAZ, 2012, p. 3).

Dentro da realidade brasileira, a aplicação da logística reversa ganha força com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída pela Lei nº 12.305 de/2010. Essa legislação determina o dever compartilhado entre fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e o poder público, requerendo que todos os agentes implementem medidas que assegurem a forma adequada do controle dos resíduos. Dessa forma, não consiste apenas de uma estratégia de descarte, mas de um modelo que tem como objetivo reintegrar os resíduos na cadeia produtiva, convertendo-os em modernos insumos e colaborando para a preservação dos bens naturais.

Figura 2: Resumo do método proposto (estrutura do sistema de logística reversa a ser implantada)



Fonte: LIMA et al. (2015, p. 122)

Além dos benefícios ambientais, a logística reversa representa um importante impulso para a economia circular. Ao possibilitar a reciclagem e o reuso dos materiais, essa prática diminui a necessidade de extração de novas matérias-primas e reduz os impactos decorrentes da exploração dos recursos naturais. Esse processo também estimula a inovação tecnológica e a criação de empregos em setores relacionados à reciclagem e ao gerenciamento de resíduos, fortalecendo uma cadeia produtiva mais sustentável e competitiva.

No entanto, a implementação de sistemas potentes de logística reversa enfrenta obstáculos marcantes, como a falta de infraestrutura adequada, a importância de uma colaboração entre os setores envolvidos e a educação dos consumidores sobre o descarte sustentável. A gestão entre o setor público e a iniciativa privada é essencial para definir canais de coleta eficazes, pontos de triagem e centros de reciclagem que garantam o correto encaminhamento dos resíduos.

A importância da logística reversa se sobressai no atual cenário da sustentabilidade e da economia circular, colaborando para a mudança dos modelos de produção e consumo. Ao impulsionar o retorno dos materiais e resíduos para a cadeia produtiva, esse método não só reduz os impactos ambientais provenientes do descarte inadequado, mas oferece também possibilidades para o aprimoramento dos processos produtivos e o reforço da responsabilidade socioambiental. Assim, a logística reversa afirma-se como uma ferramenta estratégica para um crescimento mais estável e ecológico, ao mesmo tempo que estimula inovações tecnológicas.

7.3 PRINCIPAIS TIPOS DE RESÍDUOS ELETRÔNICOS

O lixo eletrônico, também conhecido como e-lixo, *e-waste* (lixo eletrônico) e REEE, são termos designados a qualquer aparelho, resíduo eletrônico ou componentes obsoletos, quebrados ou que não são mais úteis e foram descartados. Atualmente, o seu descarte é considerado um dos maiores problemas e desafios, já que ao serem descartados de maneira inadequada podem ocasionar agravantes à saúde e ao meio ambiente. Esses resíduos podem ser classificados em diferentes categorias, dentre os principais estão:

- Computadores e Acessórios

Os computadores, *laptops*, *notebooks* e suas peças (*mouse*, monitor e teclado) são uma das principais fontes de resíduos eletrônicos. Além dos dispositivos completos, também incluem os seus componentes internos, como memória RAM, processadores, placa-mãe e o disco rígido, que contém materiais de difícil decomposição, como plásticos e metais pesados, além de peças recicláveis;

- Celulares e Dispositivos Móveis

Tendo em vista essa constante evolução tecnológica de celulares, *smartphones*, *tablets* e acessórios como carregadores e fones de ouvido, os descartes deles se tornaram um grande agravante, já que a composição deles contém itens valiosos, como ouro e prata, além dos que apresentam riscos ambientais, graças a substâncias tóxicas presentes na bateria, por exemplo;

- Televisores e Aparelhos de Vídeo

Televisores com modelos de tubo (CRT), LCD e LED também entram nas principais fontes de resíduos eletrônicos, por serem descartados em grandes quantidades. Os de tubo em particular se descartados incorretamente, são perigosos, já que contém mercúrio e chumbo em sua composição;

- Eletrodomésticos e Utensílios Eletrônicos

Micro-ondas, geladeiras, fogões e liquidificadores, assim como ar-condicionado, aspiradores de pó e secadores de cabelo, são naturalmente descartados quando não há mais utilidade. E muitos desses aparelhos tem peças que podem ser recicladas, assim como também podem liberar gases como o CFC e mercúrio, prejudiciais à saúde e ao ambiente;

- Peças e Componentes Eletrônicos

Peças menores, como baterias, lâmpadas e chips consideradas menores em volume, também são classificadas como resíduos eletrônicos. E embora muitas vezes considerados assim, sua presença é significativa devido à toxicidade e ao impacto ambiental de alguns.

Figura 3 – E-lixo



Fonte: NATURAL LIMP (2018)

7.4 NORMAS E LEGISLAÇÕES APLICÁVEIS NO BRASIL E NO MUNDO

São incluídos nos resíduos eletrônicos dispositivos descartados que possuem circuitos elétricos e componentes eletrônicos, como celulares, computadores, *tablets*, televisores e periféricos. Esses produtos contêm materiais preciosos, como ouro, prata e cobre, mas também metais pesados, como chumbo, mercúrio e cádmio, que podem acarretar danos ambientais e à saúde humana se descartados de maneira errada. Para diminuir essas consequências, vários países, incluindo o Brasil, adquiriram normas e legislações que regulamentam a gestão desses resíduos, motivando a logística reversa adequadamente, e a reciclagem com destinação correta.

A Lei nº 12.305/2010, que fundou a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), é a mais importante regulamentação brasileira sobre o descarte de resíduos eletrônicos. Essa lei determina a responsabilidade compartilhada envolvendo fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e o poder público para assegurar a coleta e o tratamento certo desses resíduos.

A PNRS obriga empresas do setor a implementar programas de logística reversa, permitindo o retorno de produtos eletrônicos inutilizados para a reciclagem ou destinação ambientalmente correta. Além disso, a Resolução CONAMA nº 401/2008 reforça essa legislação ao definir limites para substâncias perigosas presentes em produtos eletrônicos, como 0,1% de chumbo, 0,0005% de mercúrio e 0,002% de cádmio, reduzindo o impacto ambiental desses materiais quando descartados. Lima et al, (2015) afirmam:

O governo brasileiro, por sua vez, instituiu a Resolução CONAMA 401 para limitar as concentrações dos metais pesados na composição das baterias portáteis recarregáveis, e a PNRS que determina a implantação da Logística Reversa para resíduos como as pilhas e baterias (LIMA et al., 2015, p. 110).

A União Europeia possui uma das regulamentações mais avançadas sobre resíduos eletrônicos. A Directiva 2002/95/EC (RoHS - *Restriction of Hazardous Substances*) restringe o uso de substâncias perigosas na fabricação de equipamentos eletrônicos, forçando a indústria a buscar materiais menos poluentes. Complementando essa norma, a Diretiva 2012/19/UE (WEEE) estabelece metas obrigatórias para a coleta e reciclagem de resíduos eletrônicos, responsabilizando os fabricantes pela logística reversa desses produtos. A tabela 1 representa um corporativo entre as legislações brasileiras e europeias.

Tabela 1: Limites dos metais em percentual peso

Elementos	Diretiva 157/EC (1991)	Resolução CONAMA 401 (2008)
Cádmio	0,002%	0,002%
Mercúrio	0,0005%	0,0005%
Chumbo	Não determina	0,1%

Fonte: Lima et al. (2015, p. 117)

Nos Estados Unidos, a regulamentação sobre e-lixo varia de acordo com cada estado. Alguns estados, como Califórnia e Nova York, possuem leis que requerem que os disponibilizam programas de devolução e reciclagem de eletrônicos, enquanto em outras regiões a legislação ainda é menos rigorosa

A legislação europeia se destaca pela dureza e antecipação das regulamentações, garantindo uma boa estrutura para a gestão de resíduos eletrônicos. No Brasil, apesar da implementação da PNRS e da regulamentação do CONAMA, sua aplicação efetiva da logística reversa ainda, especialmente devido à falta de infraestrutura e conscientização da população.

Diante do aumento da quantidade de lixo eletrônico, o desenvolvimento e aprimoramento de normas internacionais são essenciais para reduzir impactos ambientais, promover a reciclagem e incentivar a economia circular, garantindo um futuro mais sustentável para o setor tecnológico.

7.5 IMPACTOS AMBIENTAIS DOS RESÍDUOS ELETRÔNICOS

Os resíduos eletrônicos representam um dos desafios mais graves nesses últimos anos, principalmente com a crescente evolução da tecnologia e do consumo excessivo dos mesmos, que geram uma quantidade de lixo eletrônico significativo, em especial no Brasil que segundo estudos da ONU, atualmente ocupa a posição de maior produtor de e-lixo na América Latina, e a 5º no mundo. Segundo ZHAO, (2018). “A gestão do lixo eletrônico é uma questão urgente no mundo digitalmente dependente de hoje, onde o uso de aparelhos eletrônicos está aumentando”

A afirmação do secretário-geral da União Internacional de Telecomunicações reforça a gravidade da situação e a necessidade de ações rápidas e eficazes.

O descarte inadequado do e-lixo pode vir a causar sérios danos ao meio ambiente, e muitos desses dispositivos contêm substâncias tóxicas como chumbo, cádmio e mercúrio, que ao serem liberadas na água e no solo, contaminam ecossistema e principalmente, apresentam riscos à saúde. No entanto, a queima ou trituração desses resíduos feita de forma errada, pode liberar gases tóxicos na atmosfera, assim, contribuindo e agravando com a poluição do ar e consequentemente, os problemas respiratórios nas populações expostas. A seguir, a Figura 4 ilustra o acúmulo de diversos tipos de resíduos eletrônicos descartados de forma inadequada, evidenciando o volume crescente desse material e a necessidade urgente de práticas responsáveis de descarte e reciclagem.

Figura 4 – Impacto ambiental do descarte inadequado de resíduos eletrônicos.



Fonte: BOOMI (2023).

Diante desses desafios, o Brasil atribuiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) através da Lei nº 12.305/2010, que estabelece diretrizes para o gerenciamento adequado dos resíduos sólidos, incluindo os eletrônicos. A PNRS adota o conceito de responsabilidade compartilhada, envolvendo fabricantes, importadores, comerciantes, consumidores, distribuidores e o poder público na gestão dos resíduos ao longo do ciclo de vida de produtos. Já no Estado de São Paulo, existe a Lei nº 13.576/2009 que regulamenta o descarte e a reciclagem do e-lixo, promovendo ações para o gerenciamento deles.

A reciclagem adequada desse tipo de resíduo é fundamental para diminuir seus impactos ambientais, além de permitir o recolhimento e a recuperação de materiais valiosos, como ouro e cobre, assim como reduzir a necessidade de extração de recursos naturais, e da contaminação ambiental.

7.6 COMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS ELETRÔNICOS E SEUS RISCOS

A preocupação em relação aos resíduos de equipamentos eletrônicos, frequentemente conhecidos como lixo eletrônico, vem crescendo de maneira alarmante, principalmente quando se fala do meio ambiente e da saúde pública. É fato que com o avanço da tecnologia, muitos dispositivos eletrônicos perdem a relevância, o que acaba levando ao seu esquecimento, resultando em uma potencialização notável na emissão desses resíduos. Globalmente, o consumo de eletrônicos cresce anualmente cerca de 2,5 toneladas, colaborando para um amontoamento de substâncias tóxicas e metais pesados na natureza.

Os eletrônicos contêm uma ampla gama de materiais como vidros, metais e plásticos, muitos desses elementos incluem substâncias altamente tóxicas e perigosas. Entre eles implicam os metais pesados como chumbo, mercúrio, cádmio, arsênio e berílio. O chumbo é normalmente utilizado em soldas e baterias, e sua exibição provoca problemas ao sistema nervoso central, sistema cardiovascular e os rins. Presente em lâmpadas fluorescentes e interruptores o mercúrio é neurotóxico, causando danos cerebrais e problemas renais. O cádmio é considerado um agente cancerígeno, ele é encontrado em baterias recarregáveis e semicondutores, sua disseminação de maneira inadequada pode causar danos aos rins, pulmões e ossos. O arsênio também utilizado em semicondutores, conduz a câncer de pulmão e problemas neurológicos. E para finalizar o berílio, ele geralmente é aplicado em ligas metálicas e conectores, que podem causar beriliose, uma doença pulmonar crônica, também designado como cancerígeno.

Junto aos metais pesados, os REEE, são constituídos por substâncias perigosas como retardantes de chama bromados (BFRs), implementados em plásticos para evitar incêndios, que ao serem queimados podem liberar dioxinas e furanos, compostos altamente tóxicos que podem causar distúrbios. Os clorofluorcarbonetos (CFCs), eles contribuem para a destruição da camada de ozônio, além de ter efeitos prejudiciais à saúde, ele está presente em sistemas de refrigeração antigos. E os (PCBs), mais usados em transportadores e capacitores, podem causar disfunções no sistema imunológico e são persistentes no ambiente. Vale ressaltar que esses componentes podem ser expostos por inalação, ingestão ou contato direto

O descarte inadequado de resíduos eletrônicos também pode levar à contaminação do solo, da água e do ar. Metais pesados podem se acumular no solo, tornando-o improdutivo e afetando a agricultura. A lixiviação de substâncias tóxicas pode contaminar lençóis freáticos e corpos d'água, prejudicando a vida aquática e a qualidade da água potável.

Dessa forma, a contaminação ao descartar esses resíduos pode levar a uma poluição do solo, da água e do ar. Os metais pesados ao se acumularem podem afetar principalmente a agricultura. O arraste de nutrientes pode contaminar os lençóis freáticos e os recursos hídricos, prejudicando o padrão da água potável e a fauna aquática. Incluindo a liberação de gases tóxicos, trazendo complicações respiratórias na população.

Perante tal circunstância, por meio de políticas públicas eficazes, educação ambiental e incentivo à reciclagem, é fundamental o incentivo do descarte adequado do e-lixo, com a intenção de proteger a saúde humana e mantendo o equilíbrio ambiental. A PNRS, determina orientações para a gestão unificada e a administração correta dos resíduos sólidos, o que inclui os eletrônicos, uma responsabilidade compartilhada entre todos os envolvidos.

7.7 CONTAMINAÇÃO DO SOLO E DOS RECURSOS HÍDRICOS

A contaminação do solo e dos recursos hídricos representam um dos impactos ambientais mais graves associados ao descarte inadequado de resíduos eletrônicos. Esses resíduos, contêm substâncias tóxicas como chumbo, mercúrio, cádmio, berílio e retardadores de chama bromados. Quando descartados sem os devidos cuidados, esses componentes podem infiltrar-se no solo e atingir os lençóis freáticos, comprometendo a qualidade da água consumida por humanos, animais e utilizada na agricultura.

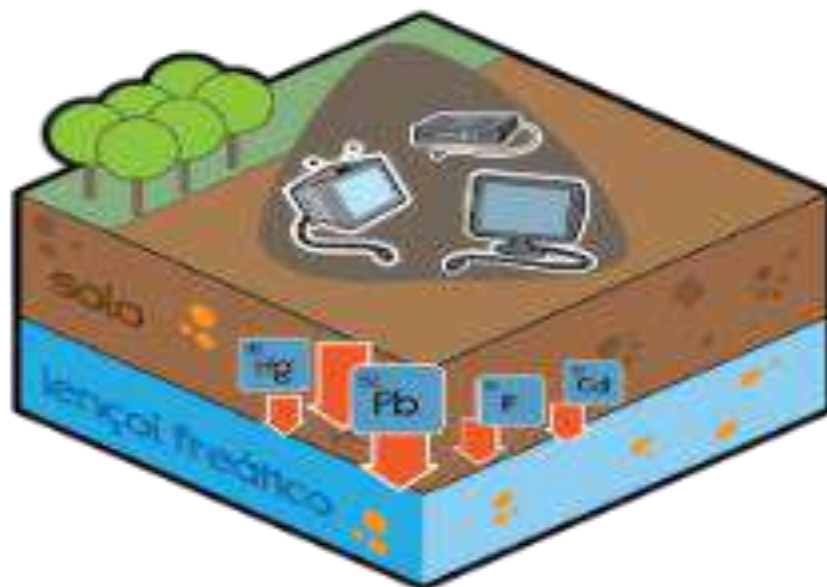
De acordo com o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), apenas cerca de 17,4% dos resíduos eletrônicos gerados globalmente em 2019 foram reciclados

de forma adequada. No Brasil, dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe) indicam que grande parte desse tipo de resíduo ainda é descartado junto com o lixo comum ou abandonado em terrenos baldios, agravando a poluição ambiental.

O solo contaminado por metais pesados perde sua fertilidade e pode afetar a cadeia alimentar local, já que essas substâncias se acumulam em vegetais, animais e, eventualmente, no ser humano. A água subterrânea, por sua vez, ao ser contaminada, torna-se imprópria para consumo, exigindo tratamentos complexos e caros para descontaminação. Estudos da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) reforçam que a infiltração de substâncias tóxicas no solo é uma das principais fontes de poluição das águas subterrâneas em centros urbanos.

A seguir a Figura 5, que representa de forma esquemática o processo de contaminação do solo e dos lençóis freáticos pelo descarte inadequado de resíduos eletrônicos. A imagem evidencia como metais pesados presentes nesses materiais, como chumbo (Pb), mercúrio (Hg), cádmio (Cd) e fósforo (P), infiltram-se nas camadas do solo, atingindo as águas subterrâneas e comprometendo a qualidade ambiental.

Figura 5 - Infiltração de metais pesados no solo e contaminação do lençol freático.



Fonte: Telessaúde UERJ (2014).

Diante desse cenário, a logística reversa surge como uma ferramenta essencial para mitigar esses impactos. Através da coleta, transporte e tratamento adequados dos resíduos eletrônicos, é possível evitar que esses materiais cheguem ao meio ambiente. Além disso, o reaproveitamento de componentes e a reciclagem de materiais valiosos reduzem a necessidade de extração de novos recursos naturais, promovendo uma economia circular e sustentável.

Portanto, compreender a relação entre o descarte incorreto de resíduos eletrônicos e a contaminação do solo e da água é fundamental para desenvolver soluções inovadoras e eficazes, que aliem responsabilidade ambiental e eficiência logística.

7.8 EFEITOS NA SAÚDE HUMANA

Ao descartar os resíduos eletrônicos de maneira inadequada pode acarretar ameaças significativas à saúde humana em razão da presença de substâncias tóxicas nesses aparelhos. Metais pesados como chumbo, mercúrio, cádmio, arsênio entre outros, são comuns em dispositivos eletrônicos, provocando diversos prejuízos. Segundo Tanaue et al. (2015) ao descartar o lixo eletrônico de forma inadequada, os materiais pesados utilizados nos componentes de placas eletrônicas trazem danos à saúde da população.

Para além dos metais pesados, existem outros componentes presentes no lixo eletrônico que são prejudiciais. O níquel, por exemplo, pode provocar reações alérgicas e irritações pulmonares, enquanto o zinco, está ligado a sintomas como náusea e vômito. A Organização Mundial da Saúde (OMS) sinaliza que o crescimento do lixo eletrônico impacta negativamente a sociedade, incluindo a saúde de milhões de crianças, principalmente menores que participam de coletas, separação ou reutilização de materiais recicláveis sem a proteção de um sistema formal. Isso geralmente ocorre em situações de vulnerabilidade social, onde famílias dependem da reciclagem como fonte de renda. Essas crianças estão expostas a altos riscos de intoxicação por metais pesados, comprometendo seu desenvolvimento cognitivo e físico.

Substâncias tóxicas são liberadas com o descarte inadequado de lixo eletrônico, expondo a população a diversos riscos à saúde. O chumbo, por exemplo, é utilizado em soldas e tubos de raios catódicos, sendo tóxico, a sua exposição pode causar danos ao sistema nervoso central e periférico, distúrbios hematológicos como anemia, comprometimento renal, problemas gastrointestinais, incluindo cólicas abdominais, e, em casos graves, convulsões e coma.

[...] a intoxicação por chumbo no homem pode ocasionar doenças renais, anemias, problemas de coagulação, sangramento gengival, dores abdominais, fraqueza muscular, obnubilação mental, perda de memória, osteoporose entre outros (FERREIRA DA ROCHA, 2009, o. 28 apud TANAUE et al, 2015, p.132).

O mercúrio, existente em monitores LCD e lâmpadas fluorescentes, é danoso mesmo em poucas quantidades. Sua exposição pode levar a danos neurológicos, afetando funções cognitivas e motoras, fora as alterações comportamentais, como irritabilidade e tremores. De acordo com Bruno et al. (2012, p. 5), citado por Tanaue et al., (2015, p. 132), “[...] o mercúrio, por exemplo, causar problemas estomacais e distúrbios renais”

O cádmio, encontrado em baterias recarregáveis e semicondutores, é carcinogênico e sua exposição duradoura pode desencadear danos renais severos, fragilidade óssea, osteoporose, doenças pulmonares, como enfisema, e um risco aumentado de câncer de pulmão. Tanaue et al. (2015), afirmam que o cádmio, metal amplamente utilizado na fabricação de baterias de dispositivos móveis, pode acarretar diversos problemas à saúde humana, incluindo desmineralização óssea, dificuldades nas articulações, hipertensão, além do mais, impactar o sistema nervoso e causar dores reumáticas, distúrbios metabólicos, problemas pulmonares e doenças cardíacas.

O arsênio, utilizado em componentes semicondutores, também é altamente tóxico e pode provocar lesões cutâneas, neuropatias periféricas, doenças cardiovasculares e cânceres de pele, pulmão e bexiga. Segundo Silva et al. (2007, p. 10 apud Tanaue, 2015 p. 131) afirmam que “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 (má formação fetal) e carcinogênico (câncer)”.

O berílio, presente em contatos elétricos e molas, é perigoso quando inalado e pode causar doença crônica por berílio (beriliose), afetando os pulmões, além de provocar lesões cutâneas e elevar o risco de câncer de pulmão. O bário, utilizado em velas de ignição e lâmpadas fluorescentes, pode ser tóxico e sua exposição pode resultar em danos ao coração, fígado e baço, fraqueza muscular, edema cerebral e alterações na pressão arterial.

A partir de uma anamnese eficaz realizada por um profissional de saúde e de sinais e sintomas apresentados pelos indivíduos que se expunham a metais pesados, é que se pode dar um passo na investigação, a fim de chegar à causa das manifestações clínicas e busca do diagnóstico correto. (TANAUE et al. 2015, p. 132).

A seguir, a Tabela 2 detalha os efeitos na saúde humana de alguns dos principais componentes encontrados em dispositivos eletrônicos, bem como suas aplicações mais comuns.

Tabela 2 –Efeitos dos metais pesados na saúde humana

Componente	Efeito na Saúde	Onde é usado
Chumbo	Causa danos ao sistema Nervoso e sanguíneo.	Computador, celular, televisores.
Mercúrio	Causa danos cerebrais e ao fígado.	Computador, monitor e TV de tela plana.
Cádmio	Causa envenenamento, danos aos ossos, rins, pulmões e afeta o sistema nervoso.	Computador, monitores de tubos antigos, baterias de laptop.
Arsênico	Causa doenças de pele, prejudica o sistema nervoso e pode causar câncer no pulmão.	Celular.
Berílio	Causa câncer no pulmão.	Computador, Celular.
Retardantes de chamas (BRT)	Causam desordens hormonais, nervosas, reprodutivas.	Diversos componentes eletrônicos para prevenir incêndios.

Fonte: Adaptado de Favera (2008) por Tanaue et al. (2015).

Diante desse cenário de riscos que podem levar à morte, é crucial impulsionar práticas adequadas de descarte e reciclagem de resíduos eletrônicos, visando proteger a saúde humana e preservar o meio ambiente. A conscientização da população e a implementação de políticas públicas eficazes são fundamentais para reduzir os efeitos adversos desses resíduos, garantindo um ambiente mais seguro e sustentável.

7.9 BOAS PRÁTICAS PARA O DESCARTE ADEQUADO DE RESÍDUOS ELETRÔNICOS

O descarte correto de resíduos eletrônicos (e-lixo) é fundamental para proteger o meio ambiente e a saúde pública. Algumas boas práticas que podem ser adotadas incluem:

- Evitar o descarte no lixo comum de aparelhos eletrônicos

Aparelhos eletrônicos não devem ser jogados no lixo doméstico. Eles contêm metais pesados e substâncias tóxicas que contaminam o solo e a água;

- Reutilizar ou doar

Antes do descarte, é importante verificar se o equipamento ainda pode ser utilizado por outra pessoa. A doação para ONGs, escolas ou programas sociais é uma alternativa viável;

- Levar a pontos de coleta especializados

Devem-se utilizar os pontos de coleta de resíduos eletrônicos, como postos de reciclagem municipais, lojas de eletrônicos e grandes redes de varejo (muitas contam com programas de logística reversa);

- Apagar os dados pessoais

Antes do descarte de celulares, computadores ou HDs, é essencial apagar todas as informações pessoais, restaurar para as configurações de fábrica e remover cartões de memória e chips.

- Verificar a destinação final

Sempre que possível, é recomendável certificar-se de que os resíduos serão encaminhados a recicladoras certificadas, que sigam normas ambientais. Caso contrário, o esforço pode ser em vão;

- Educar e conscientizar

Deve-se compartilhar informações sobre o descarte correto com familiares, amigos e colegas. Quanto mais pessoas informadas, maior será o impacto positivo na sociedade e no meio ambiente.

8. MODELOS DE LOGÍSTICA REVERSA

8.1 MODELOS DE COLETA E RECICLAGEM EFICIENTES

A tecnologia e o consumo excessivo de dispositivos eletrônicos trazem um crescimento considerável na formação desses resíduos. Efetivamente, os REEE são classificados como responsáveis pela maior taxa de crescimento, de maneira que sejam necessárias abordagens específicas de gestão, devido ao seu conteúdo tóxico e ao alto valor de seus componentes, simbolizando, assim, altos riscos ao ambiente e à saúde pública (Araújo et al., 2020).

No Brasil, a PNRS institui a obrigatoriedade da logística reversa para resíduos eletroeletrônicos, com metas e responsabilidades claras para os diversos agentes da cadeia. Então a coleta adequada é fundamental para garantir o retorno desses resíduos ao ciclo produtivo, e pode ocorrer por meio de sistemas porta-a-porta ou da entrega direta em PEVs. Nesse contexto a ABREE (Associação Brasileira de Reciclagem de Eletroeletrônicos e Eletrodomésticos), fundada em 29 de junho de 2011, atua como o principal ente gestor da logística reversa de REEE no Brasil, em conformidade com a PNRS. Através do site, o consumidor pode inserir seu CEP e escolher o tipo de produto que ele vai descartar, de fones de ouvido a geladeira, para identificar os PEVs mais próximos, disponíveis em mais de 1,3 mil municípios, com quase 4 mil pontos de coleta em todo o país.

Após o descarte nesses locais, os resíduos são coletados, transportados para centros de consolidação e unidades de manufatura reversa, onde passam por triagem, desmontagem, descaracterização e tratamento de substâncias perigosas como mercúrio, chumbo e cádmio, além da recuperação de materiais valiosos via mineração urbana. No entanto, essas etapas ainda são feitas majoritariamente de forma manual, o que limita a produtividade, a qualidade da separação e representa riscos à saúde dos trabalhadores.

Para aprimorar esse processo, tecnologias avançadas de triagem automatizada vêm ganhando espaço, um exemplo é o *Recycleye* uma empresa de tecnologia sediada no Reino Unido, registrada na Inglaterra e no País de Gales. A empresa atua no setor de automação e inteligência artificial para triagem de resíduos e através disso criou o *QualiBot*, um robô equipado com inteligência artificial e visão computacional que realiza cerca de 33.000 seleções por turno de 10 horas, operando 24 horas por dia sobre as esteiras existentes, sem necessidade de reformas estruturais.

Sua adoção no Brasil poderia elevar a eficiência do sistema, melhorar a qualidade do material reciclado, reduzir custos operacionais e aumentar a segurança dos trabalhadores, alinhando-se aos objetivos da economia circular.

Diante as várias estratégias disponíveis que tornam possíveis a logística reversa no Brasil a implementação de sistemas de logística reversa com os PEVs é essencial para a gestão eficaz dos REEE. O estudo de Araújo et al. (2020) propõe uma metodologia para a destinação estratégica desses pontos na cidade do Rio de Janeiro, considerando variáveis como densidade populacional, IDS e área territorial das regiões administrativas.

O objetivo foi assegurar que os PEVs estejam acessíveis às populações com maior potencial de geração de REEE, devido ao grande poder aquisitivo e consumo de produtos eletrônicos. A figura 6 a seguir mostra uma campanha de PEVs (Pontos de Entrega Voluntária) para a coleta de lixo eletrônico:

Figura 6 – Máquina de reciclagem tipo PEV para coleta do lixo eletrônico



Fonte: JUCON (2020)

A metodologia utilizada para decidir quantos PEVs instalar em cada região não considera só a quantidade de pessoas que moram lá, ela também leva em conta o tanto de resíduos eletrônicos que a região gera e as condições econômicas e sociais das pessoas que moram na área, sendo esses critérios mais preciosos do que olhar apenas o número de habitantes. A análise apontou que os bairros de Campo Grande, Jacarepaguá, Santa Cruz e Barra da Tijuca são os que mais geram lixo eletrônico no Rio de Janeiro, com necessidade estimada de 53, 39, 38 e 37 PEVs, respectivamente. Embora outras cidades tenham sido avaliadas, não apresentaram alto acúmulo de resíduos, por isso foram destacados apenas os bairros mais críticos. Em contraste, Paquetá, Jacarezinho e Cidade de Deus tiveram as menores demandas, com um, dois e dois PEVs.

De acordo com os resultados, considerando só a população, leva a desvalorização de demandas por pontos de coleta que são realmente necessários. Logo, incluir fatores como Índice de desenvolvimento social, ajuda no melhor planejamento de onde e quantos pontos de coleta colocar, facilitando a vida das pessoas ao fazer o descarte correto dos resíduos e deixando o sistema mais eficiente.

É fundamental considerar aspectos técnicos de capacidade de coleta, sociais relacionadas às características da população e territoriais ao localizar as areias, ao criar sistemas de coleta para reciclagem dos REEEs.

Os Centros especializados no descarte e reciclagem de equipamentos eletroeletrônicos, como o CEDIR da Universidade de São Paulo, são responsáveis por lidar corretamente com os lixos eletrônicos, realizando etapas importantes como separação dos materiais recebidos, desmontagem dos equipamentos e a classificação das peças por tipo e destino, garantindo que os dados armazenados nos dispositivos sejam apagados de forma segura, protegendo a privacidade dos cidadãos. A atuação desses centros ajuda a proteger o meio ambiente de duas maneiras, impedindo que metais tóxicos presentes nos aparelhos sejam causadores de contaminação do meio ambiente.

Figura 7 - Funcionário recebendo equipamentos eletrônicos no CEDIR da USP



Fonte: SANTOS (2010)

Segundo Varela e Medeiros (2014), quando o lixo eletrônico é encaminhado para centros especializados como é o exemplo do CEDIR, os benefícios gerados como tratamento correto, evita que substâncias tóxicas e poluentes sejam jogados no meio ambiente. Além de conscientizar as pessoas para que elas possam entender a importância de um descarte eficiente. De acordo com os autores Varela; Medeiros (2014, p. 6), “a logística reversa está intimamente relacionada com o descarte correto e a reciclagem do e-waste”.

A seguir, a Figura 8 mostra placas de computadores devidamente separadas para reciclagem no espaço da CEDIR-USP. A imagem evidencia o compromisso da instituição com a gestão sustentável de resíduos eletrônicos, demonstrando a importância do descarte correto e da triagem adequada desses materiais.

Figura 8 - Placas de computadores separados para reciclagem no CEDIR – USP



Fonte: SANTOS (2011)

A educação ambiental exerce um papel essencial na formação de indivíduos conscientes e comprometidos com a preservação ambiental. De acordo com a Lei nº 9.795/1999, trata-se dos “processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente” (BRASIL, 1999, Art. 1º).

Quanto aos resíduos eletrônicos, a educação ambiental é fundamental para ensinar as pessoas, especialmente aquelas que não tem acesso a informações sobre o descarte adequado desses materiais, conhecidos como celulares, computadores etc. Isso se torna ainda mais importante porque muitos desses eletrônicos contém substâncias altamente tóxicas, que causam danos sérios ao meio ambiente e na saúde humana. Segundo Santos et al., 2019, p. 239), a ausência de fiscalização nas políticas de destinação de resíduos eletrônicos agrava os impactos ambientais devido à presença de substâncias químicas e metais pesados.

Experiências práticas mostram o impacto positivo de campanhas de educação ambiental nesse campo. Um exemplo foi um projeto em uma escola pública de Rio Verde (GO), que por meio de palestras, gincanas e replicação de questionários, “promoveu a coleta de resíduos eletrônicos e iniciou um processo de conscientização nos alunos” (SANTOS et al., 2019, p. 240). De acordo com os dados, foi coletado cerca de 674 kg de resíduos eletrônicos durante todo mês da campanha, que instigou os alunos e professores e envolveu também a comunidade local, a experiência mostra que ações simples podem gerar um grande impacto quando bem planejados.

Dessa forma, ações como campanhas e conscientização pública são extremamente necessárias pois elas transformam o conhecimento em prática, fazendo as pessoas agirem com responsabilidade, além de criar uma consciência coletiva sobre o meio ambiente.

Durante a palestra realizada na escola pública de Rio Verde (GO), foram utilizadas imagens ilustrativas sobre a reciclagem de resíduos eletrônicos. As Figuras 9, 10 e 11, apresentadas aos alunos, foram extraídas de um trabalho anterior (AUTORES, 2018), conforme reproduzido por Santos et al. (2019), com o objetivo de reforçar visualmente os impactos e benefícios do descarte adequado.

Figura 9 - Palestra sobre os impactos do descarte incorreto de resíduos eletrônicos na EMEF Nestor Fonseca, em Rio Verde (GO).



Fonte: AUTORES (2018, apud SANTOS et al., 2019, P. 242.)

Figura 10 - Resíduos coletados durante campanha em escola pública de Rio Verde (GO).



Fonte: AUTORES (2018, apud SANTOS et al., 2019, P. 242.)

Figura 11 - Recolhimento de resíduos eletrônicos nas salas de aula da mesma escola.



Fonte: AUTORES (2018, apud SANTOS et al., 2019, P. 242.)

- Benefícios da Reciclagem de Resíduos Eletrônicos;

A tecnologia vem evoluindo rapidamente e, com isso a crescente produção e descarte de resíduos eletrônicos aumenta com mais frequência, esse consumo traz sérios problemas ambientais e sociais. A reciclagem ela é apresentada como a melhor saída para esses desafios, com soluções estratégicas que alia responsabilidade ambiental, onde ajuda o meio ambiente, desenvolvimento econômico e inclusão social, já que ajuda pessoas em situações de vulnerabilidade.

Entre os principais benefícios da reciclagem de resíduos eletrônicos, destaca-se a extração de matérias-primas valiosas como ouro e alumínio que, quando reaproveitados, diminui a necessidade de extrair novos metais diretamente da natureza por meio de mineração, afinal, a atividade mineradora causa muitos danos ambientais, como poluição da água e do solo. Além disso, plásticos e vidros presentes nos equipamentos também podem ser reutilizados, isso significa que esses materiais podem ser recolhidos, processados e reaproveitados para fabricar novos produtos, promovendo a economia circular e diminuindo os resíduos sólidos dispostos em aterros sanitários ou lixões a céu aberto. Os autores afirmam:

Existe também a possibilidade de reciclagem ou recuperação de valor econômico dos resíduos eletrônicos, já que possuem uma quantidade significativa de metais preciosos em seu interior” (Santos e Silva, 2011 apud SANTOS et al., 2019, p. 239).

O reaproveitamento desses materiais contribui, ainda, para a geração de empregos, já que diversas pessoas podem trabalhar diretamente nesse processo, como os catadores criando empregos com renda em cooperativas e centros de triagem, locais organizados onde os resíduos são separados e preparados para reciclagem, como evidenciado no projeto conduzido em Rio Verde (GO). A ação que envolveu estudantes, professores e a comunidade local mostra que o projeto teve caráter educativo e uniu diferentes setores da sociedade. Os resíduos foram encaminhados à Cooperativa de Reciclagem do Sudoeste Goiano (COOP RECICLA), promovendo a destinação correta dos itens e a inclusão de catadores no processo produtivo (SANTOS et al., 2019).

Além do viés ambiental e econômico, a reciclagem de eletrônicos possui relevante papel educativo. A Educação Ambiental, conforme definida pela Lei nº 9.795/1999, torna-se uma ferramenta essencial que deve ocorrer em todos os níveis de ensino e fora da escola para formar cidadãos informados e responsáveis. As ações das pessoas promovida por meio de campanhas,

palestras e gincanas escolares, como demonstrado no estudo, mostra que o conhecimento da comunidade escolar sobre o problema é eficaz na mudança de atitudes.

Portanto, a reciclagem de resíduos eletrônicos representa uma demanda que preserva o meio ambiente, melhora a saúde pública, promove justiça social e gera benefícios econômicos sustentáveis, ação conhecida multidimensional, que vai além de um procedimento simples. Sua implementação e ampliação, porém, ainda requerem políticas públicas mais eficazes como ações governamentais, investimentos em infraestrutura de coleta seletiva e campanhas de conscientização contínuas que envolvam todos os setores da sociedade.

8.2 TECNOLOGIAS INOVADORAS PARA O REAPROVEITAMENTO DE MATERIAIS

O reaproveitamento de materiais provenientes de resíduos eletrônicos exige soluções tecnológicas cada vez mais eficientes, tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico. De acordo com Baldé et al. (2020), “os resíduos eletrônicos contêm até 69 elementos químicos, muitos deles críticos ou valiosos, como ouro, prata, paládio e cobre”, o que torna o seu reaproveitamento altamente estratégico para a indústria e para a sustentabilidade ambiental.

Uma das tecnologias mais avançadas nesse setor é a recuperação por hidrometalurgia, especialmente a lixiviação seletiva, que utiliza soluções aquosas para extrair metais valiosos de placas de circuito impresso. Segundo Forti et al. (2020), “o processo de lixiviação com ácido nítrico e tiosulfato tem se mostrado eficaz na recuperação de ouro com até 90% de eficiência, sem a necessidade de cianeto, reduzindo o risco ambiental”.

Outra inovação importante é a biolixiviação, um processo biotecnológico que utiliza bactérias como *Acidithiobacillus ferrooxidans* para recuperar metais. Essa técnica, além de ambientalmente mais limpa, consome menos energia. “A biolixiviação apresenta grande potencial como alternativa sustentável à pirometalurgia, com custos operacionais menores e baixa emissão de gases poluentes” (Ilyas; Lee, 2018).

No que diz respeito aos materiais plásticos presentes nos resíduos eletrônicos, tecnologias de extrusão e impressão 3D têm permitido a reutilização de polímeros como ABS e policarbonato. Conforme destacou Ribeiro et al. (2021), “os resíduos plásticos de equipamentos de informática podem ser triturados, fundidos e transformados em filamentos para impressoras 3D, criando novas aplicações industriais e domésticas”.

Além disso, os sistemas de triagem automatizada com sensores NIR (*Near Infrared*) e inteligência artificial estão sendo cada vez mais adotados em centros de reciclagem. Esses

sistemas conseguem identificar e separar diferentes tipos de materiais com maior precisão, aumentando a eficiência do reaproveitamento. “A automação da triagem de resíduos eletrônicos pode aumentar a produtividade em até 50%, reduzindo perdas de materiais recicláveis” (Cucchiella et al., 2015).

Essas tecnologias inovadoras, quando integradas a uma política eficaz de logística reversa, não só reduzem os danos ambientais, mas também fortalecem a economia circular, gerando emprego e renda para as pessoas. Além de preservar o ar, solo, fauna, flora, minerais e energia solar.

8.3 PROGRAMAS DE LOGÍSTICA REVERSA EM EMPRESAS E GOVERNOS

A logística a reversa é o processo de recolher produtos e embalagens pós consumo, para que eles possam ser reaproveitados, reciclados ou descartados corretamente, esse fluxo reverso dos produtos faz parte da economia circular, que busca diminuir o desperdício. Sua principal ideia é, ao invés de jogar fora reutilizar, dando a eles um novo uso. No Brasil a PNRS, estabelecida pela Lei nº 12.305/2010, conhecida como a lei que destaca que os fabricantes se organizem e lidem com os resíduos que geram, assim como preza que os consumidores devolvam os produtos usados nos pontos indicados, como por exemplo em PEVs.

As empresas são a peça-chave na estrutura da logística reversa, já que elas precisam criar sistemas e iniciativas que recebam de volta os produtos usados e quebrados, reaproveitem parte desses produtos no processo de produção ou encaminhem para um ponto de descarte seguro e responsável, evitando que acabem em lixões ou poluam o meio ambiente. Esses programas não apenas cumprem exigências legais, mas também é uma forma de demonstrar valores corporativos como sustentabilidade e responsabilidade social.

A *Samsung* por meio do programa *Samsung* recicla, permite que qualquer pessoa entregue eletrônicos para descarte sem custo, dispositivos de pequeno, médio e grande porte, independentemente da marca, demonstrando um compromisso além do interesse comercial. Desde seu lançamento em 2017, o programa vem funcionando e crescendo muito bem, dados apontam que em 2023 a quantidade de lixo eletrônico recolhido mais que dobrou em relação ao ano de 2022, o aumento chegou em cerca de 115% no volume de resíduos eletrônicos. Os consumidores podem depositar qualquer tipo de aparelho eletrônico como celulares, *tablets*, notebooks e acessórios em urnas de coletas localizadas em lojas e centros de serviço da

Samsung. Em relação aos produtos grandes como televisores e eletrodomésticos a empresa oferece o serviço de coleta domiciliar mediante agendamento.

Após a coleta, os dispositivos são enviados para empresas especializadas em reciclagem que possuam licenciamento ambiental pelos órgãos reguladores competentes como IBAMA, onde passam por processos de triagem, desmontagem, trituração e separação de componentes.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 401/2008, esses dispositivos são submetidos os materiais recicláveis são reinseridos na cadeia produtiva, enquanto os resíduos não recicláveis recebem destinação final ambientalmente adequada, ou seja, em aterros industriais controlados onde não há risco de contaminação, ou são tratados de forma específica em como é o caso das baterias, que contêm substâncias tóxicas como chumbo, cádmio e mercúrio.

Figura 12 - Programa de Reciclagem *Samsung*



Fonte: *Samsung* (2025)

Os governos desempenham um papel essencial na implementação da logística reversa, sendo responsáveis por criar e implementar políticas públicas que incentivem e regulamentem essa prática. Incluindo a PNRS.

Em 2022, o governo federal publicou o Decreto nº 10.936, que regulamenta a PNRS e institui o Programa Nacional de Logística Reversa. Esse programa visa coordenar e integrar os sistemas de logística reversa existentes, promovendo ganhos de escala e sinergia entre os diferentes sistemas no país. Além disso, o decreto estabelece que os sistemas de logística reversa devem ser integrados ao Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (Sinir) em até 180 dias após sua publicação.

O governo também tem incentivado a participação de cooperativas e associações de catadores de materiais recicláveis na cadeia de reciclagem. O Decreto nº 10.936/2022 prioriza a participação dessas entidades, constituídas por pessoas físicas de baixa renda, nos sistemas de coleta seletiva.

Além das ações regulatórias, o governo tem promovido campanhas educativas para conscientizar a população sobre a importância do descarte adequado de resíduos e os benefícios da economia circular. Essas iniciativas visam engajar os cidadãos na implementação da logística reversa, reforçando a responsabilidade compartilhada entre fabricantes, consumidores e poder público.

Em resumo, o governo brasileiro tem atuado de forma ativa na criação e implementação de políticas públicas que incentivam e regulamentam a logística reversa, promovendo a gestão sustentável dos resíduos sólidos e a inclusão social na cadeia de reciclagem.

8.4 O PAPEL DO CONSUMIDOR E A CONSCIENTIZAÇÃO AMBIENTAL

O sucesso da logística reversa de resíduos eletrônicos depende diretamente da participação do consumidor no descarte correto desses produtos. Apesar do Brasil contar com a Lei nº 12.305/2010, o envolvimento da população ainda é um dos maiores desafios para a efetividade desse sistema.

De acordo com a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (IBGE, 2020), apenas 2% dos entrevistados declararam saber exatamente onde e como descartar corretamente equipamentos eletroeletrônicos. Isso se reflete no destino inadequado de resíduos que contêm substâncias tóxicas, como chumbo, mercúrio e cádmio. Quando descartados incorretamente, esses elementos contaminam o solo e os recursos hídricos, gerando sérios riscos à saúde humana e à biodiversidade.

Além disso, muitos consumidores seguem trocando dispositivos eletrônicos por modelos mais recentes, ainda que os aparelhos antigos estejam funcionando. Essa cultura de

consumo impulsionada pela obsolescência programada e pela publicidade agressiva agrava a geração de e-lixo. Segundo o *Global E-waste monitor 2020*, cada brasileiro gera, em média, mais de 9 kg de resíduos eletrônicos por ano — porém, menos de 3% são reciclados ou encaminhados de forma adequada.

A conscientização ambiental, nesse contexto, torna-se essencial. Campanhas informativas, projetos educacionais e incentivos ao descarte correto são ferramentas eficazes para mudar esse cenário. Algumas iniciativas, como o programa Descarte Consciente da ABREE, já implantaram mais de 3.000 pontos de coleta em todo o país, porém o alcance ainda é limitado, especialmente em cidades do interior.

Iniciativas em países como Japão e Alemanha mostram que a educação ambiental, desde o ensino básico, associada à ampla oferta de pontos de coleta e incentivos fiscais, resulta em taxas superiores a 80% de retorno de produtos eletroeletrônicos (UNU, 2020). Isso demonstra que o consumidor precisa ser informado, mas também precisa encontrar infraestrutura acessível e confiança no sistema de logística reversa.

Portanto, além de campanhas educativas, é necessário facilitar o processo de devolução de produtos eletrônicos, seja por meio de postos de coleta em supermercados, escolas, comércios ou até logística reversa via correios, como já testado por algumas marcas no Brasil

9. ESTUDOS DE CASO

Uma das principais questões ambientais da atualidade são os REEE, especialmente quando se aborda de uma universidade que utiliza diversos equipamentos próprios para estudo. A Universidade de São Paulo, percebendo o problema em relação ao descarte inadequado de resíduos eletrônicos, criou em 2009 o Centro de Descarte e Reuso de Resíduos de informática (CEDIR-USP), vinculado ao Centro de Computação Eletrônica (CCE), a fim de garantir o reuso, descarte e reciclagem adequados, além de acolher doações das comunidades (ALVES, 2015). Vale ressaltar que em 2013, o CCE foi incorporado ao Departamento de Tecnologia da Informação (DTI), da ViceReitoria Executiva de Administração (VREA). e, atualmente, o CEDIR continua suas atividades dentro da estrutura do DTI/VREA, garantindo o reuso, descarte e reciclagem adequados, além de acolher doações das comunidades

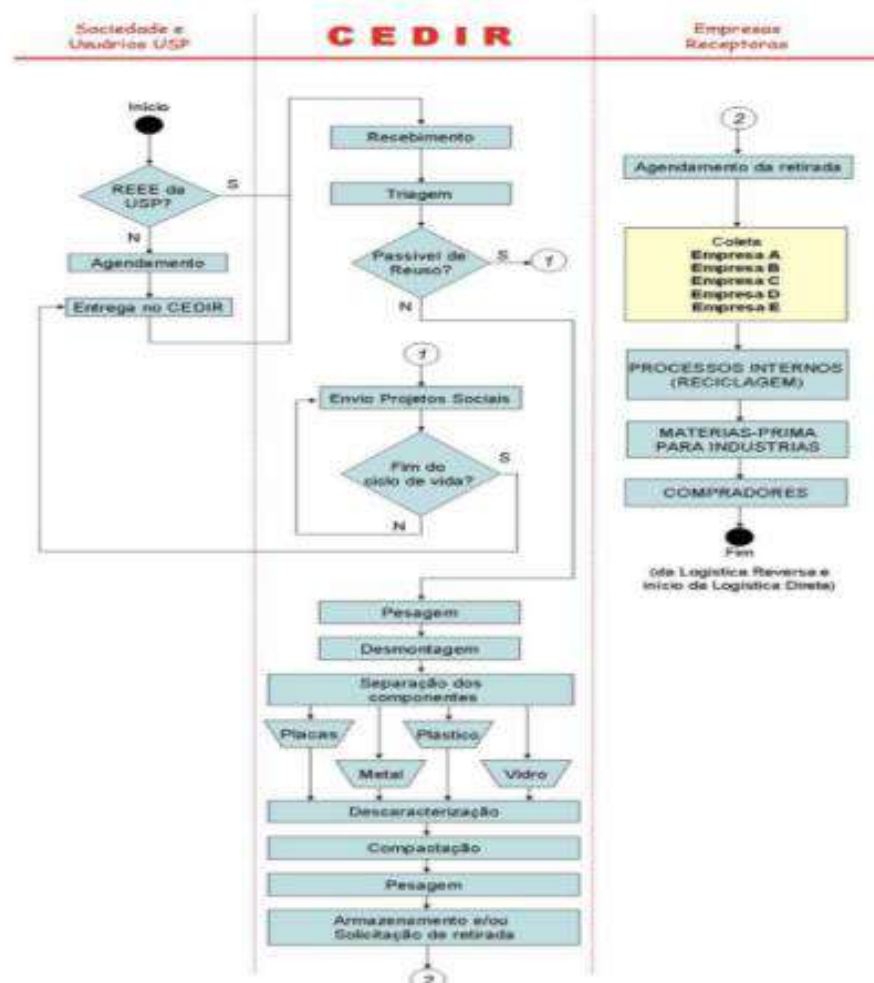
Iniciativas como CEDIR são fundamentais para estabelecer a sustentabilidade, competindo às diretrizes da PNRS (Lei nº 12.305/2010), que estabelece comprometimento mútuo pelo ciclo de vida dos produtos.

Etapas sistemáticas englobam a operação do CEDIR-USP, desde o agendamento da entrega até a triagem, desmontagem, descaracterização, compactação e armazenagem dos equipamentos. Segundo ALVEZ, os processos são realizados por uma equipe em um galpão de 200 metros quadrados. A USP financia o centro com seu próprio recurso, enquanto os custos de transportes para as empresas recicladoras, são assumidas pelas mesmas, já que os órgãos públicos não podem arcar com custos de frente de materiais não utilizados.

Entre os resíduos que são aceitos pelo CEDIR, temos os CPUs, monitores, mouses, teclados, impressoras, scanners, telefones e celulares. Depois do recebimento, os materiais são separados e enviados para uma rede de cinco empresas recicladoras, cada uma focada em um tipo de componente: Empresa A (resíduos eletrônicos), Empresa B (materiais ferrosos), Empresa C (hardwares e periféricos), Empresa D (fios e cabos) e Empresa E (cartuchos e toners). O CEDIR monta essa rede por meio de visitas técnicas, onde eles escolhem de acordo com a norma ABNT NBR 16156 e licenciamento ambiental pela CETESB. É uma rede onde há controle direto, onde o CEDIR coordena a operação.

A seguir, na figura 13 apresenta-se um diagrama de atividades que ilustra as principais etapas envolvidas no processo de coleta, triagem, tratamento e destinação adequada de resíduos eletroeletrônicos recebidos pela instituição. Por meio dessa representação, é possível visualizar de forma clara e sistemática as ações desempenhadas pelo CEDIR.

Figura 13 - Diagrama das atividades de descarte dos REEE no CEDIR-USP



Fonte: ALVES (2015, p. 82)

O pesquisador Alves no ano de 2015 utilizou um método de abordagem descritiva e envolvimento direto. Ele estudou detalhadamente, realizou doações voluntárias de equipamentos e observou como funciona o CEDIR, com a ajuda de entrevistas com os responsáveis. O autor concluiu que o centro da USP, é um exemplo positivo em relação a sustentabilidade, além de lidar corretamente com os resíduos eletrônicos, podendo assim servir de expiração para outras universidades e diversos outros centros.

Destaca-se que o CEDIR funciona de maneira organizada e profissional, operando de contrato assinado, trabalhando com fluxogramas de processos, além de uma equipe treinada, com pessoas capacitadas para lidar com os processos de forma correta.

O centro não apenas descarta os resíduos eletrônicos, mas também os reaproveita, distribuindo na própria universidade ou realizando doações para instituições beneficentes. Vale ressaltar que quando USP precisa comprar novos equipamentos ela prioriza aos que tem selos ambientais nas licitações públicas.

Mesmo com os avanços e bom funcionamento do CEDIR, o estudo apresenta que ainda existem problemas e preocupações que precisam resolvidas, essas dificuldades englobam os operacionais e estratégicos, sendo assim necessário expandir o centro, juntamente com a necessidade de mais profissionais qualificados, além de englobar sites onde as pessoas possam acessar e agendar doações ou até mesmo tirar dúvidas em relação ao programa.

Para que o estudo se concretizasse Alves fez uma análise documental, lendo estudos existentes sobre o projeto, através de informações na internet e trabalhos acadêmicos anteriores, como o de Carvalho (2010) e Santos (2012). Depois do estudo o autor entrou em contato com o centro, como pessoa física e fez a doação dos equipamentos velhos de informática que ele tinha, para entender melhor o funcionamento do serviço.

Figura 14 – Equipamentos de informática doados durante a pesquisa



Fonte: ALVES (2015, p. 125)

Os seguintes equipamentos (três monitores, dois microcomputadores e três nobreaks) foram entregues pelo autor ao CEDIR-USP, seguindo integralmente o fluxo de atividades já descrito anteriormente na Figura 13, que representa as etapas do processo de descarte dos resíduos eletroeletrônicos. Depois de agendar a entrega, o pesquisador foi até a USP entregar, a experiência foi registrada e mostrada na figura 15.

Figura 15 – Entrega dos equipamentos de informática pessoais no CEDIR-USP



Fonte: ALVES (2015, p. 125)

O trabalho feito pelo CEDIR-USP, na época chamou a atenção de instituições muito importantes no mundo como o MIT, que mandou pesquisadores para o Brasil para estudar e entender o projeto. Embora não haja informações recentes sobre novas colaborações diretas entre o MIT e o CEDIR, a influência dos programas do MIT permanece presente nas práticas e na filosofia do centro, que continua a ser uma referência em sustentabilidade e gestão de resíduos eletrônicos no Brasil. Isso mostra que quando há um trabalho em conjunto, uma diferença muito grande no modo como os resíduos são tratados, reforçando a sustentabilidade. Fortalecendo uma cultura ambiental mais consciente e responsável em relação a preservação do meio ambiente. O estudo de caso do CEDIR mostra que é viável unir inovação, sustentabilidade e responsabilidade institucional no descarte de resíduos tecnológicos. O trabalho feito pela USP destaca que as universidades públicas têm um papel importante na liderança e nas ações que visam a sustentabilidade. E é ainda mais relevante considerando as leis políticas públicas brasileiras que incentivam o tratamento correto dos resíduos (PNRS) e a prática de logística reversa.

Atualmente em 2025 o CEDIR-USP ainda é muito importante, garantindo que os resíduos eletrônicos sejam tratados de forma sustentável. Criado em 2009 o centro faz parte do LASSU, que é um laboratório focado em sustentabilidade dentro da escola politécnica da universidade.

No mês de abril de 2025, o centro fez um acordo com o Esporte Clube Pinheiro (ECP), para garantir que os resíduos eletrônicos do centro sejam reciclados e descartados de maneira correta, respeitando o meio ambiente. Além do descarte correto o programa vai oferecer cursos de tecnologia, como por exemplo aulas de programação em *Python*, para as crianças dos funcionários do ECP, promovendo a inclusão digital e a educação tecnológica.

A concretização da parceria contou com o suporte fundamental do diretor adjunto de Sustentabilidade do ECP, senhor José Luiz Ridolpho, assim como da professora Tereza Cristina Melo de Brito Carvalho, do CEDIR. Ambos desempenharam papel decisivo para que essa colaboração pudesse ser estabelecida com sucesso.

Figura 16 - Parceria entre o Esporte Clube Pinheiros e o CEDIR-USP para descarte sustentável de eletrônicos



Fonte: ESPORTE CLUBE PINHEIROS, 2025.

9.1 EMPRESAS QUE IMPLEMENTARAM SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS

A crescente preocupação com os impactos ambientais dos resíduos eletrônicos tem levado diversas marcas e empresas a adotarem práticas sustentáveis, especialmente no que diz respeito à logística reversa. Essas iniciativas não apenas atendem às exigências legais, mas também reforçam o compromisso das organizações com a responsabilidade socioambiental.

- *Samsung*

A *Samsung* implementou o programa "*Samsung Recicla*", que disponibiliza pontos de coleta para o descarte de eletrônicos quebrados e sem uso em todo o Brasil. O objetivo principal é o descarte correto do lixo eletrônico, seguindo o princípio da logística reversa;

- *Vivo*

A operadora *Vivo* desenvolveu o programa "*Futuro Vivo | Recicle*", que permite aos clientes devolverem aparelhos e acessórios antigos em lojas físicas. Os equipamentos coletados passam por triagem e, quando possível, são reutilizados por outros clientes, contribuindo para a redução do impacto ambiental e fomentando a economia circular;

- *Green Eletron*

A *Green Eletron* é uma gestora para a logística reversa de eletroeletrônicos e pilhas no Brasil. A organização coordena a coleta e o encaminhamento adequado desses resíduos, trabalhando em parceria com fabricantes, importadores e varejistas para cumprir as metas estabelecidas pela legislação ambiental;

- ABREE (Associação Brasileira de Reciclagem de Eletroeletrônicos e Eletrodomésticos)

A ABREE atua na implementação de sistemas de logística reversa em conformidade com a Política Nacional de Resíduos Sólidos. A associação representa empresas que fabricam ou importam eletroeletrônicos, promovendo a coleta e o tratamento adequado dos produtos ao final de sua vida útil;

- *Tim*

A operadora *Tim* lançou iniciativas para incentivar o descarte consciente de celulares e acessórios. Por meio de parcerias com empresas especializadas, os materiais coletados são reciclados ou destinados de forma ambientalmente correta;

- HP

A HP desenvolveu o programa "HP *Planet Partners*", que permite aos clientes devolverem cartuchos de tinta e toners usados para reciclagem. A iniciativa visa reduzir o impacto ambiental e promover a reutilização de materiais;

- *Philips*

A *Philips* promove a coleta e reciclagem de equipamentos eletrônicos ao final de sua vida útil, buscando minimizar os impactos ambientais e fomentar a economia circular;

- Descarte Correto

Com sede em Manaus, a Descarte Correto é uma empresa social que realiza a coleta e reciclagem de resíduos eletrônicos. Além disso, promove projetos de inclusão digital e capacitação profissional para moradores de áreas carentes da Amazônia;

- MetaReciclagem

A MetaReciclagem é uma rede que atua na reapropriação tecnológica e inclusão digital. Recebe computadores e peças de artigos eletrônicos, que são utilizados para montar laboratórios de informática em projetos sociais, promovendo a sustentabilidade e a educação tecnológica;

9.2 ESTRATÉGIAS DE GERENCIAMENTO

A lei nº 12.305/2010 a PNRS, introduz uma responsabilidade compartilhada da vida útil do produto, juntando fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores, através disso o poder público entra e divide as responsabilidades, desde a sua fabricação até o descarte final. Segundo Souza (2020), a logística reversa é uma estratégia eficaz para minimizar o descarte inadequado de resíduos eletrônicos, permitindo o retorno dos produtos ao ciclo produtivo por meio da reciclagem e reutilização de componentes.

De acordo com Contador et al. (2022) existe um alto custo em relação a logística reversa e a chamada mineração urbana, entre os desafios os mais recorrentes são a falta de infraestrutura

adequada a população pouco consciente, onde em diversas situações a população nem ao menos sabe como funciona e onde deixas seus resíduos e para finalizar a falta apoio das políticas públicas para auxiliar em todo processo. Tudo isso dificulta principalmente no funcionamento da economia circular.

A adoção de tecnologias emergentes pode contribuir para superar esses desafios. Dasaklis et al. (2020) propõem um *framework* baseado em *blockchain* para rastrear e auditar a logística reversa de equipamentos eletrônicos, como *smartphones*, aumentando a transparência e a eficiência do processo.

Além disso, iniciativas de organizações não governamentais têm desempenhado um papel importante na gestão de resíduos eletrônicos. A ONG E-Lixo, por exemplo, atua na coleta e destinação adequada desses resíduos, contribuindo para a sustentabilidade e preenchendo lacunas deixadas pela atuação estatal e empresarial.

Para enfrentar os desafios mencionados, diversas estratégias de gerenciamento de resíduos eletrônicos têm sido adotadas, entre elas está a gestão eficiente dos resíduos eletrônicos baseia-se em estratégias integradas que visam à sustentabilidade ambiental, econômica e social. Entre elas, destaca-se a prevenção, considerada prioridade na hierarquia de gestão de resíduos. Essa abordagem incentiva o desenvolvimento de produtos com design sustentável, mais duráveis, reparáveis e recicláveis, buscando reduzir a geração de resíduos desde a origem e promovendo práticas conscientes desde a concepção dos bens de consumo. É também a coleta seletiva e a logística reversa também ocupam papel central nesse processo. Sistemas específicos para resíduos eletroeletrônicos (REEs) facilitam sua separação e encaminhamento adequado.

A logística reversa, por sua vez, permite o retorno dos produtos ao ciclo produtivo, seja por meio da reciclagem ou da reutilização de componentes, contribuindo diretamente para a economia circular.

Após a coleta, os resíduos são submetidos a etapas de triagem, desmontagem e separação de materiais. Plásticos, metais e vidros são reciclados, enquanto substâncias tóxicas, como metais pesados, recebem tratamento apropriado para evitar a contaminação ambiental. Quando possível, equipamentos e peças ainda funcionais são reaproveitados, prolongando sua vida útil e reduzindo a demanda por novos recursos.

Outro elemento fundamental da gestão de resíduos eletrônicos é a Responsabilidade Estendida do Produtor (REP). Esse princípio transfere aos fabricantes a responsabilidade sobre o ciclo de vida de seus produtos, desde a fabricação até o descarte final, obrigando-os a adotar

práticas sustentáveis e sistemas eficazes de recolhimento e reaproveitamento. Segundo a Fundação Ellen MacArthur (2023), “A Responsabilidade Estendida do Produtor (REP) é a única maneira comprovada e provável de fornecer financiamento dedicado, contínuo e suficiente”.

Por fim, a inovação tecnológica desempenha um papel cada vez mais relevante na gestão de resíduos eletrônicos. Tecnologias emergentes, como o uso de *blockchain*, têm sido aplicadas para aumentar a rastreabilidade e transparência dos processos de logística reversa. Além disso, o desenvolvimento contínuo de novas técnicas de reciclagem permite a recuperação mais eficiente de materiais, reduzindo impactos ambientais e aumentando a sustentabilidade do sistema como um todo.

10. DESAFIOS E OPORTUNIDADES NA IMPLEMENTAÇÃO DA LOGÍSTICA REVERSA

10.1 BARREIRAS ECONÔMICAS E ESTRUTURAIS

A REEE no Brasil enfrenta barreiras econômicas e estruturais que comprometem sua eficácia e sustentabilidade. Do ponto de vista econômico, os altos custos operacionais associados à coleta, transporte e reciclagem de REEE representam um obstáculo considerável.

No que diz respeito aos resíduos eletrônicos no Brasil, é enfrentado diversas barreiras econômicas e estruturais que acabam comprometendo a eficácia e sustentabilidade. Sob a expectativa econômica, os altos custos operacionais associados à coleta, transporte e reciclagem desses resíduos representam um obstáculo considerável.

A ausência de estímulos fiscais adequados e a competição desleal com operadores informais, que não seguem as regulamentações ambientais, desmotivam investimentos no setor. Além disso, o mercado de reciclagem no Brasil ainda é pouco desenvolvido, com demanda limitada por materiais reciclados, o que reduz a viabilidade econômica das atividades de reciclagem.

Além dos desafios relacionados à viabilidade econômica, a complexidade da logística reversa é intensificada por fatores como a fiscalização inadequada, a ausência de um mercado robusto para absorção de materiais reciclados e a rápida obsolescência tecnológica. (Lincar et al., 2024, p. 6)

Estruturalmente, a falta de infraestrutura adequada, como centros de coleta dificulta o acesso da população aos pontos de descarte apropriados, especialmente em regiões mais afastadas dos grandes centros urbanos. As deficiências na logística reversa, apesar das diretrizes estabelecidas pela PNRS, evidenciam a necessidade de uma integração mais eficaz entre os diferentes atores da cadeia e a implementação de sistemas eficientes de rastreamento dos resíduos.

A implementação da logística reversa de resíduos eletrônicos enfrenta uma série de barreiras, que vão desde questões financeiras e legais até a falta de infraestrutura e incentivos econômicos. Embora a legislação, como a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabeleça diretrizes importantes, a prática muitas vezes esbarra em obstáculos que dificultam a adoção de soluções eficazes e sustentáveis.” (Lincar et al., 2024, p. 6)

A conscientização sobre os riscos ambientais do descarte inadequado de eletrônicos e a importância da reciclagem ainda é insuficiente, campanhas precisam ser feitas.

Entretanto, para superar essas barreiras, é fundamental o desenvolvimento de políticas públicas que ofereçam incentivos econômicos para empresas do setor, o investimento em infraestrutura adequada, a promoção de campanhas de educação ambiental e a formação de parcerias público-privadas. A colaboração entre governo e empresas é essencial para impulsionar iniciativas inovadoras e sustentáveis na gestão de REEE, promovendo a economia circular e minimizando os impactos ambientais negativos.

10.2 OPORTUNIDADES DE NEGÓCIOS SUSTENTÁVEIS NA RECICLAGEM DE ELETRÔNICOS

A crescente geração de resíduos eletrônicos no Brasil tem despertado o interesse por soluções ambientalmente responsáveis e economicamente viáveis. A reciclagem de eletrônicos, representa uma oportunidade para o desenvolvimento de negócios sustentáveis que unem inovação, impacto social e preservação ambiental.

Segundo a ONU, o Brasil é o maior gerador de lixo eletrônico da América Latina, com mais de 2 milhões de toneladas por ano, mas recicla menos de 3% desse total (ONU Brasil, 2021).

Uma das principais oportunidades está na recuperação de materiais valiosos presentes nos dispositivos descartados, como ouro, prata, cobre, alumínio e terras raras.

De acordo com a *ESG Inside* (2024), a reutilização desses metais pode representar uma economia de até 20% nos custos de produção de equipamentos eletrônicos. Essa recuperação não só reduz a pressão sobre os recursos naturais, como também gera valor econômico direto.

Além disso, a reciclagem de eletrônicos pode promover a criação de empregos e a inclusão social, especialmente em comunidades de baixa renda. Iniciativas como a do projeto “Descarte Correto”, em Manaus, mostram que é possível unir a reciclagem com capacitação profissional e educação ambiental, contribuindo para a economia circular e a redução das desigualdades sociais (Ecobraz, 2023).

Do ponto de vista empresarial, investir na reciclagem de eletrônicos fortalece a imagem corporativa, já que consumidores estão cada vez mais atentos ao comportamento ambiental das marcas. Isso representa um diferencial competitivo importante e pode resultar em maior fidelização de clientes (Ecobraz, 2023).

Outro fator relevante é a necessidade de conformidade legal. A PNRS exige que empresas implementem sistemas de logística reversa e façam a destinação adequada de seus resíduos eletrônicos. Além de evitar multas, mostra compromisso com a sustentabilidade (Sebrae, 2023). Por fim, esse setor incentiva a inovação tecnológica, isso pode estimular o surgimento de startups, patentes e novos modelos de negócios focados na economia verde.

10.3 ANÁLISE DE RESULTADOS DA PESQUISA

Com o objetivo de compreender a percepção da população em relação ao descarte de resíduos eletrônicos e à logística reversa, foi realizada uma pesquisa pelas autoras deste trabalho, por meio de um questionário. A pesquisa buscou identificar os níveis de conhecimento, os hábitos de descarte, as principais dificuldades enfrentadas e a visão sobre a responsabilidade das empresas nesse processo.

O primeiro ponto avaliado foi o conhecimento sobre o que são resíduos eletrônicos. A maioria dos respondentes afirmou saber do que se trata esse tipo de resíduo, o que demonstra uma base de conscientização existente entre os participantes. Esse dado é positivo, pois indica um primeiro passo rumo ao descarte consciente. No entanto, o conhecimento teórico não garante, por si só, a prática correta de descarte, como revelam os demais resultados.

Em relação aos tipos de resíduos eletrônicos mais comumente descartados, destacaram-se os celulares, pilhas e baterias, computadores/*laptops* e impressoras. Esses equipamentos, em sua maioria, possuem vida útil limitada e são frequentemente substituídos, o que contribui para

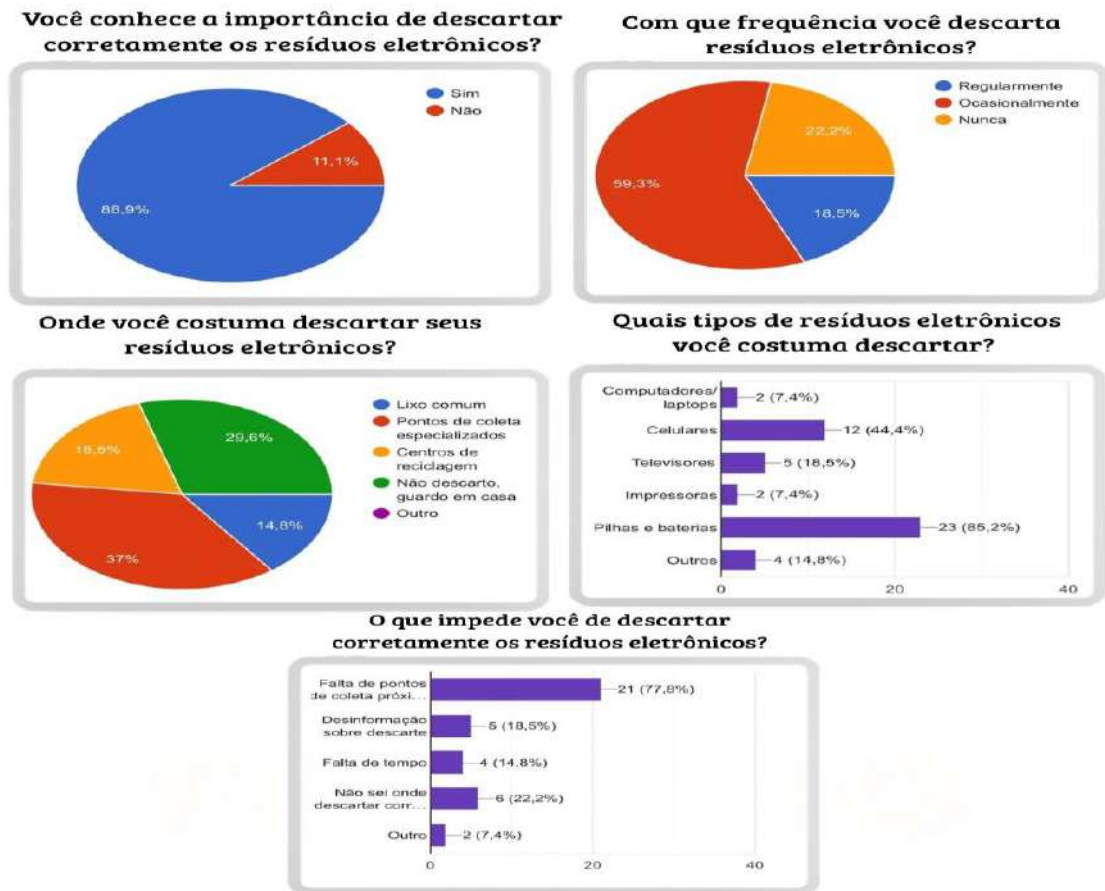
o aumento do volume de resíduos. Pilhas e baterias, em especial, requerem atenção, pois contêm metais pesados e substâncias tóxicas que, se descartadas de forma incorreta, podem contaminar o solo e os recursos hídricos.

Ao serem questionados sobre o que impede o descarte correto desses resíduos, a maioria dos participantes apontaram a falta de pontos de coleta próximos, seguido pela desinformação sobre onde descartar e pela falta de tempo ou interesse. Esses obstáculos revelam um cenário de fragilidade na infraestrutura de coleta seletiva e na divulgação de informações. Muitas pessoas demonstram disposição para contribuir com a logística reversa, mas não encontram meios acessíveis e práticos para isso.

Outro dado relevante diz respeito à responsabilidade das empresas na destinação final dos resíduos eletrônicos. A maioria dos entrevistados acredita que as empresas deveriam ser mais responsáveis pelo descarte dos produtos que comercializam. Isso reforça a importância da logística reversa como uma obrigação do setor produtivo, conforme previsto na Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010), que estabelece que fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes devem estruturar e implementar sistemas de retorno dos produtos após o uso pelo consumidor.

Diante disso, pode-se concluir que, embora a população tenha conhecimento sobre os resíduos eletrônicos e demonstre intenção de realizar o descarte correto, ainda existem barreiras estruturais e informacionais que dificultam a logística reversa. Para superá-las, é fundamental investir em soluções inovadoras, como sites como o da ABREE que localizem pontos de coleta, campanhas de conscientização, parcerias entre empresas e governos, além de políticas públicas mais eficazes e acessíveis. A educação ambiental contínua e a responsabilidade compartilhada entre consumidores, empresas e poder público são caminhos essenciais para promover o descarte adequado e minimizar os impactos ambientais gerados por esses tipos de resíduos.

Gráfico 1 – Análise do questionário aplicado



Fonte: elaboração própria.

10.4 PERSPECTIVA PARA O FUTURO DO SETOR

O Brasil apresenta uma grande lacuna a ser preenchida quando falamos dos resíduos eletrônicos, o país recicla apenas 3,3% desse montante. Sendo assim, desafios significativos são adquiridos, mas também novas oportunidades são obtidas para um território mais adequado sustentável, como a adoção de práticas sustentáveis.

Uma estratégia eficaz na redução desse problema é a economia circular. Segundo o movimento Circular, a reciclagem dos eletrônicos pode criar 40 mil empregos e até R\$ 800 milhões anuais, além de minimizar a tensão sobre o aterro sanitário. Por outro lado, obstáculos

são enfrentados, como a informalidade no setor e a complexidade regulatória, que impedem a certificação dos responsáveis de logística reversa.

Algumas inovações tecnológicas como IA e robôs reciclados desempenham um papel fundamental na evolução da reciclagem de eletrônicos. A utilização desses meios tecnológicos tem melhorado na separação e classificação dos materiais, elevando assim, a eficiência dos processos. Dados recentes indicam que resíduos microeletrônicos podem ser reaproveitados na fabricação de artefatos de concreto, adequando-se as ideias da economia circular.

A PNRS, determina uma responsabilidade distribuída pelo ciclo de vida dos produtos, estabelecendo responsabilidades para fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes e consumidores. Diante disso, propósitos precisam ser alcançados, em 2018 foi elaborado a estimativa de coleta e reciclagem e para 2025, 17% dos resíduos precisaram ser coletados. Apesar da boa iniciativa, mesmo com a reciclagem de mais de 160 mil toneladas de matérias em 156 cidades brasileiras, a estimativa de reciclagem de resíduos eletrônicos permanece baixa com 3%, indicando que a meta ainda não foi alcançada.

Em suma, as perspectivas para o setor de resíduos eletrônicos no país são promissoras, desde que ocorra uma dedicação em conjunto com governos, empresas e sociedade para superar os desafios existentes. A implementação de ações sustentáveis, vinculada à inovação tecnológica e ao fortalecimento da legislação, pode modificar o setor em um modelo de economia circular eficiente e benéfico para todos.

11. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da crescente geração de resíduos eletrônicos impulsionada pelo avanço acelerado da tecnologia e pelo consumo desenfreado, este trabalho evidenciou a importância da logística reversa como instrumento fundamental para a gestão sustentável desses materiais. A pesquisa permitiu compreender que o descarte inadequado de aparelhos eletrônicos representa um grave problema ambiental e de saúde pública, uma vez que tais resíduos contêm substâncias tóxicas e metais pesados capazes de contaminar o solo, a água e comprometer a saúde humana, especialmente em comunidades vulneráveis.

Além dos riscos ambientais, foi identificado que a ausência de políticas públicas mais eficazes, a escassez de pontos de coleta, o desconhecimento da população e a falta de incentivo às empresas dificultam a consolidação de uma cadeia logística reversa funcional e acessível. Apesar dos avanços legais com a PNRS, sua aplicação prática ainda enfrenta dificuldades estruturais e econômicas.

Contudo, a partir da revisão teórica, da análise de casos e dos dados levantados com a pesquisa de campo, observa-se que há caminhos promissores. Soluções inovadoras como o uso de tecnologias para rastreamento de resíduos, a implementação de sites que orientam o descarte adequado, e os sistemas de triagem automatizados com inteligência artificial demonstram um forte potencial de transformação. Além disso, empresas como Vivo, *Samsung* e iniciativas como a ABREE, mostraram que a participação do setor privado pode ser decisiva para o fortalecimento da logística reversa.

A pesquisa também apontou que a educação ambiental exerce papel central no processo de conscientização coletiva. A falta de informação adequada sobre os impactos do lixo eletrônico ainda é um desafio a ser enfrentado com políticas de comunicação, campanhas públicas e ações nas escolas e comunidades. Iniciativas locais, como as campanhas em escolas de ensino fundamental, mostram que é possível formar uma nova cultura de responsabilidade ambiental desde cedo.

Dessa forma, conclui-se que a solução para os impactos causados pelos resíduos eletrônicos exige uma atuação conjunta entre governo, setor privado e sociedade civil. É essencial o investimento contínuo em tecnologias sustentáveis, programas de reaproveitamento e reciclagem, e na capacitação de cooperativas e centros de triagem.

A promoção de negócios sustentáveis, além de contribuir para o meio ambiente, também é uma oportunidade real de inclusão social e geração de renda.

Portanto, a logística reversa não deve ser vista apenas como uma exigência legal, mas como uma estratégia essencial para a preservação dos recursos naturais, a proteção da saúde pública e a construção de um futuro mais consciente, justo e sustentável. O sucesso dessa prática está diretamente relacionado ao nível de comprometimento de todos os agentes envolvidos, desde a indústria até o consumidor final, no sentido de transformar o descarte em oportunidade e a responsabilidade ambiental em um valor coletivo.

REFERÊNCIAS

- 123ECOS. Resíduos Eletrônicos (e-lixo) – Causas, consequências e soluções. Disponível em: <https://123ecos.com.br/docs/residuos-eletronicos/>. Acesso em: 1 abr. 2025.
- ABES – Associação Brasileira das Empresas de Software. O ciclo da logística reversa: desafios e oportunidades para as transportadoras. 2022. Disponível em: <https://abes.com.br/o-ciclo-da-logistica-reversa-desafios-e-oportunidades-para-as-transportadoras>. Acesso em: 11 maio 2025.
- ABREE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RECICLAGEM DE ELETROELETRÔNICOS E ELETRODOMÉSTICOS. Pontos de coleta em todo o Brasil. São Paulo: ABREE, 2024. Disponível em: <https://abree.org.br>. Acesso em: 11 maio 2025.
- ABREE. Associação Brasileira de Reciclagem de Eletroeletrônicos e Eletrodomésticos. Disponível em: <https://abree.org.br/>. Acesso em: 11 maio 2025.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. Atlas da qualidade da água subterrânea no Brasil. Brasília: ANA, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/ana>. Acesso em: 11 maio 2025.
- AMBIENSYS. Logística reversa: conheça os 4 grupos de resíduos eletrônicos. 2023. Disponível em: <https://www.ambiensys.com.br/logistica-reversa-conheca-os-4-grupos-de-residuos-eletronicos/>. Acesso em: 11 maio 2025.
- AMBIENTE BRASIL. Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos. Disponível em:
https://ambientes.ambientebrasil.com.br/residuos/artigos/residuos_de Equipamentos_e letricos_e_eletronicos.html. Acesso em: 1 abr. 2025.
- ANCAT. Atlas da reciclagem. Disponível em:
<https://atlasbrasileirodareciclagem.ancat.org.br/reciclagem-em-numeros>. Acesso em: 12 maio 2025.
- ANEPEC. A gestão dos resíduos eletroeletrônicos no Brasil: um estudo. Disponível em: https://anepecp.org.br/anais2020/trabalhos/st20/01_a_gestao_dos_residuos_eletroeletronicos_no_br.pdf. Acesso em: 1 abr. 2025.
- ARAÚJO, Raíssa; CUGULA, Jessica; APOLONIO, Luca; GOMES, Carlos Francisco Moraes Simões; OTTONI, Marianna; XAVIER, Lúcia Helena. ALOCAÇÃO DE

PONTOS DE ENTREGA VOLUNTÁRIA DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS NA CIDADE DE SÃO PAULO POR MEIO DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO EM SIG. Fórum Internacional de Resíduos Sólidos, [S.l.], v. 3, p. 1-10, 2021. Disponível em: <https://institutoventuri.org/ojs/index.php/FIRS/article/view/80> . Acesso em: 5 maio 2025.

- ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE SÃO PAULO. Lei Estadual nº 13.576, de 6 de julho de 2009. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/noticia/?id=480443>. Acesso em: 11 maio 2025.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RECICLAGEM DE ELETROELETRÔNICOS E ELETRODOMÉSTICOS. Pontos de recebimento. Disponível em: <https://abree.org.br/pontos-de-recebimento>. Acesso em: 5 maio 2025.
- BALDÉ, C. P. et al. The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, flows and the circular economy potential. Bonn/Geneva/Rotterdam: United Nations University (UNU), 2020. Disponível em: <https://ewastemonitor.info/> .Acesso em: 11 maio 2025.
- BOOMI. O impacto dos resíduos eletrônicos no meio ambiente e como fazer o descarte correto. Disponível em: <https://boomi.com.br/o-impacto-dos-residuos-eletronicos-no-meio-ambiente-e-como-fazer-o-descarte-correto/>. Acesso em: 15 maio 2025.
- Bosquesi, R. M.; Ferreira, R. L. (2018). Lixo eletrônico e seus impactos aos recursos naturais: uma abordagem sobre a logística reversa. Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade, v. 13, n. 7, p. 124-132.
- BRASIL DE FATO. Brasil é 5º país que mais gera lixo eletrônico, mas só 3% são descartado corretamente. Disponível em: <https://www.brasildefato.com.br/2024/12/26/brasil-e-5-pais-que-mais-gera-lixo-eletronico-mas-so-3-e-descartado-corretamente-saiba-como-fazer/>. Acesso em: 11 maio 2025.
- BRASIL ESCOLA. Chumbo (Pb). Disponível em: <https://m.brasilescola.uol.com.br/amp/quimica/chumbo-pb.htm>. Acesso em: 01 abr. 2025.
- Brasil vai aumentar pontos de coleta de lixo eletrônico. Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/meio-ambiente-e-clima/2020/01/brasil-vai-aumentar-pontos-de-coleta-de-lixo-eletronico>>. Acesso em: 1 abr. 2025.

- BRASIL. Brasil conta com mais de 3,4 mil pontos de coleta para descarte e destinação correta do lixo eletrônico em todo o país. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/meio-ambiente-e-clima/2022/04/brasil-conta-com-mais-de-3-4-mil-pontos-de-coleta-para-descarte-e-destinacao-correta-do-lixo-eletronico-em-todo-o-pais>. Acesso em: 1 abr. 2025.
- BRASIL. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 28 abr. 1999. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9795.htm. Acesso em: 28 maio 2025.
- BRASIL. Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/d10936.htm. Acesso em: 10 maio 2025.
- BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 03 ago. 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 11 maio 2025.
- BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 7, n. 7, p. 3, 3 ago. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 11 maio 2025.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Brasil conta com mais de 3,4 mil pontos de coleta para descarte e destinação correta do lixo eletrônico em todo o país. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/meio-ambiente-e-clima/2022/04/brasil-conta-com-mais-de-3-4-mil-pontos-de-coleta-para-descarte-e-destinacao-correta-do-lixo-eletronico-em-todo-o-pais>. Acesso em: 5 maio 2025.
- BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2010. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/portarias/2010/05/18/politica-nacional-de-residuos-solidos.html>. Acesso em: 1 abr. 2025.

- CASOTTI, A. C. Descarte inadequado de resíduos eletrônicos afeta meio ambiente e saúde da população. *Jornal da USP*, 10 out. 2024. Disponível em: <https://jornal.usp.br/campus-ribeirao-preto/descarte-inadequado-de-residuos-eletronicos-afeta-meio-ambiente-e-saude-da-populacao/>. Acesso em: 05 maio 2025.
- CONTADOR, Luciana Silva; FREIRE, Larissa Sampaio; XAVIER, Lúcia Helena da Silva Maciel. Paradoxos da logística reversa de resíduos eletroeletrônicos e a mineração urbana no Brasil. *Revista Tecnologia e Sociedade*, Curitiba, v. 18, n. 53, p. 1–17, 2022. Disponível em: <https://revistas.utfpr.edu.br/rts/article/view/15790>. Acesso em: 11 maio 2025.
- CORREIO BRAZILIENSE. Brasil tem até 2025 para criar 5 mil pontos de coleta de lixo eletrônico. Disponível em: <https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/brasil/2020/02/17/interna-brasil%2C828559/brasil-tem-ate-2025-para-criar-5-mil-pontos-de-coleta-de-lixo-eletroni.shtml>. Acesso em: 12 maio 2025.
- CORREIO BRAZILIENSE. Mundo gera 62 milhões de toneladas de lixo eletrônico em 2022, alerta relatório da ONU. Disponível em: <https://www.correiobraziliense.com.br/ciencia-e-saude/2024/03/6822092-mundo-gera-62-milhoes-de-toneladas-de-lixo-eletronico-em-2022-alerta-relatorio-da-onu.html>. Acesso em: 5 maio 2025.
- COUTINHO, Thiago. Fluxo logístico. [imagem ilustrativa]. 2020. Disponível em: <https://voitto.com.br/blog/artigo/o-que-sao-processos-logisticos>. Acesso em: 15 maio 2025.
- CUCCHIELLA, F. et al. Recycling of WEEEs: An economic assessment of present and future e-waste streams. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 51, p. 263–272, 2015.
- DA SILVA, A.; MARTINS, M. R.; DE OLIVEIRA, R. Metais perigosos nos REEs. Projeto TREE – Tratamento de Resíduos Eletroeletrônicos. Universidade Federal da Paraíba. Disponível em: <https://www.cear.ufpb.br/tree/metais-perigosos-no-rees/>. Acesso em: 05 maio 2025.
- DASAKLIS, Thomas K.; CASINO, Fran; PATSAKIS, Constantinos. A traceability and auditing framework for electronic equipment reverse logistics based on blockchain: the

- case of mobile phones. arXiv preprint arXiv:2005.11556, 2020. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2005.11556>. Acesso em: 11 maio 2025.
- DIA MUNDIAL DA LIMPEZA. Componentes tóxicos do lixo eletrônico que podem afetar a saúde. Disponível em: <https://diamundialdalimpeza.com.br/componentes-toxicos-do-lixo-eletronico/>. Acesso em: 05 maio 2025.
 - DIAMUNDIALDALIMPEZA.COM.BR. Os Impactos do Lixo Eletrônico na Saúde e no Meio Ambiente. Disponível em: <https://diamundialdalimpeza.com.br/impactos-do-lixo-eletronico/>. Acesso em: 5 maio 2025.
 - DIÁRIO DO COMÉRCIO. Lixo eletrônico chega a 2,4 mi de toneladas em 2024 no Brasil. Disponível em: <https://diariodocomercio.com.br/sustentabilidade/descarte-lixo-eletronico-cresce-chega-a-24-mi-toneladas-brasil/>. Acesso em: 5 maio 2025.
 - ECOBRAZ. A verdade sobre a reciclagem de lixo eletrônico no Brasil: desafios e oportunidades. 2023. Disponível em: https://www.ecobraz.org/pt_BR/blog/a-verdade-sobre-a-reciclagem-de-lixo-eletronico-no-brasil-desafios-e-oportunidades. Acesso em: 11 maio 2025.
 - ECOBRAZ. Inovações no Reciclagem de Eletrônicos: Tecnologia e Sustentabilidade. Disponível em: https://ecobraz.org/pt_BR/blog/tecnologia-e-meio-ambiente-as-inovacoes-que-estao-transformando-a-reciclagem-de-lixo-eletronico-no-mundo. Acesso em: 11 maio 2025.
 - ECYCLE. Lixo eletrônico e seus componentes tóxicos. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/lixo-eletronico-componentes-toxicos>. Acesso em: 1 abr. 2025.
 - ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. Responsabilidade estendida do produtor. 2023. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt/responsabilidade-estendida-do-produtor/visao-geral>. Acesso em: 11 maio 2025.
 - ESCOLA POLITÉCNICA DA USP. Esporte Clube Pinheiros firma parceria com CEDIR-USP para descarte sustentável de eletrônicos. 2025. Disponível em: <https://www.poli.usp.br/noticias/polinamidia/127151-esporte-clube-pinheiros-firma-parceria-com-cedir-usp-para-descarte-sustentavel-de-eletronicos.html>. Acesso em: 17 maio 2025.
 - ESG INSIDE. Descarte sustentável de lixo eletrônico é oportunidade para lucrar em 2025. 10 dez. 2024. Disponível em: <https://esginside.com.br/2024/12/10/descarte->

sustentavel-de-lixo-eletronico-e-oportunidade-para-lucrar-em-2025. Acesso em: 11 maio 2025.

- ESPORTE CLUBE PINHEIROS. ECP firma parceria com CEDIR-USP para descarte sustentável de eletrônicos. 2025. Disponível em: <https://www.ecp.org.br/ecp-firma-parceria-com-cedir-usp-para-descarte-sustentavel-de-eletronicos/>. Acesso em: 17 maio 2025.
- FERREIRA, Thalita Geovana Cassiano. Impactos dos resíduos eletrônicos no meio ambiente. Mata Nativa, 2022. Disponível em: <https://matanativa.com.br/impactos-dos-residuos-eletronicos-no-meio-ambiente/>. Acesso em: 11 maio 2025.
- FORTI, V. et al. E-waste Statistics: Guidelines on Classification, Reporting and Indicators. 2. ed. Bonn: United Nations University, 2020.
- FRÖHLICH, A. Impactos ambientais do descarte dos resíduos sólidos dos serviços de saúde. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/366/1/FR%C3%96HLICH.pdf?sequence=1>. Acesso em: 1 abr. 2025.
- GOVERNO FEDERAL. Participa + Brasil - Plano Nacional de Economia Circular. Disponível em: <https://www.gov.br/participamaisbrasil/plano-nacional-de-economia-circular>. Acesso em: 11 maio 2025.
- GREEN ELETRON. Green Eletron reciclou quase 4,5 mil toneladas de eletroeletrônicos e pilhas em 2023. Disponível em: <https://greeneletron.org.br/blog/green-eletron-reciclou-quase-45-mil-toneladas-de-eletroeletronicos-e-pilhas-em-2023/>. Acesso em: 12 maio 2025.
- GREEN ELETRON. Quais países produzem mais lixo eletrônico no mundo? Veja como está o Brasil neste ranking. Green Eletron, 16 jul. 2021. Disponível em: <https://greeneletron.org.br/blog/quais-paises-produzem-mais-lixo-eletronico-no-mundo-veja-como-esta-o-brasil-neste-ranking/>. Acesso em: 28 maio 2025.
- GREEN ELETRON. Sobre. Disponível em: <https://greeneletron.org.br/sobre>. Acesso em: 11 maio 2025.
- GREEN ELETRON. Tudo o que você precisa saber sobre o lixo eletrônico. 2021. Disponível em: <https://greeneletron.org.br/blog/tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-o-lixo-eletronico/>. Acesso em: 5 maio 2025.

- GRUPO RECICLO. Maioria do lixo eletrônico produzido não é reciclado, diz ONU. 2018. Disponível em: <https://gruporeciclo.com/maioria-do-lixo-eletronico-produzido-nao-e-reciclado-diz-onu/>. Acesso em: 11 maio 2025.
- HP. Reciclagem de cartuchos de tinta e toner HP. Disponível em: <https://www.hp.com/br-pt/hp-information/recycling/ink-toner.html>. Acesso em: 11 maio 2025.
- IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. Desafios e oportunidades da logística reversa nas pequenas e médias empresas brasileiras. In: Congresso Nacional de Meio Ambiente, 2019. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2019/II-028.pdf>. Acesso em: 11 maio 2025.
- IBER BRASIL. Desafios e oportunidades na implementação da logística reversa em pequenas empresas. 2024. Disponível em: <https://iberbrasil.org.br/blog/2024/11/18/desafios-e-oportunidades-na-implementacao-da-logistica-reversa-em-pequenas-empresas>. Acesso em: 11 maio 2025.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. PNAD Contínua 2020: Gestão de Resíduos. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 11 maio 2025.
- ILYAS, S.; LEE, J.-C. Biotechnology for the recovery of metals: From industrial applications to mineral bioleaching. *Environmental Engineering Research*, v. 23, n. 3, p. 242–256, 2018.
- INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. Resíduos sólidos urbanos no Brasil: desafios tecnológicos, políticos e econômicos. 2023. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/217-residuos-solidos-urbanos-no-brasil-desafios-tecnologicos-politicos-e-economicos>. Acesso em: 11 maio 2025.
- INSTITUTO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. Procedimentos ideais para o descarte de lixo eletrônico. Vitória, 2023. Disponível em: <https://prodest.es.gov.br/procedimentos-ideais-para-o-descarte-de-lixo-eletronico>. Acesso em: 5 maio 2025.
- INVESTIDURA. Lixo eletrônico: descarte e impactos ambientais. Disponível em: <https://investidura.com.br/artigos/direito-ambiental-artigos/lixo-eletronico-descarte-e-impactos-ambientais/>. Acesso em: 1 abr. 2025.

- JORNAL DA USP. Quando descartados de forma correta, elementos químicos e plásticos presentes em aparelhos eletrônicos podem ser reciclados. Jornal da USP, [S.l.], [data]. Disponível em: <https://search.app/FNYCEj1NWrTz1T8e9>. Acesso em: 1 abr. 2025.
- JUCON, Sofia. [Máquina de reciclagem tipo PEV (Ponto de Entrega Voluntária) para lixo eletrônico]. [imagem]. 2020. Disponível em: <https://ecowords.com.br/lixo-eletronico-conta-com-novos-pontos-de-entrega-voluntaria/>. Acesso em: 15 maio 2025.
- Leite, P. R. (2009). Logística Reversa: Meio Ambiente e Competitividade. São Paulo: Pearson Prentice Hall
- LICAR, Leilde Vieira; GONÇALVES, Evelly Cristiane Guimarães; SILVA, Felipe Santos; NUNES, Denilson Ricardo de Lucena; MELO, André Cristiano Silva. Abordagens sobre as barreiras na implementação da logística reversa para resíduos eletrônicos: uma revisão de escopo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (CONBREPRO), 1.; CONGRESSO INTERNACIONAL DE GESTÃO E ENGENHARIA LUSO-BRASILEIRO (CIGELUBRA), 1., 2024, Castanhal. Anais [...]. Castanhal: Universidade do Estado do Pará, 2024. p. 6. Disponível em: https://aprepro.org.br/conbrepro/anais/2024/arquivos/09232024_070907_66f5873f652.pdf. Acesso em: 11 maio 2025.
- LIMA, Anna Flávia de Oliveira; SABIÁ, Rodolfo José; TEIXEIRA, Raimundo Nonato Pereira; SOBREIRA JÚNIOR, Francisco de Assis Vilar. GESTÃO DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS E SEUS IMPACTOS NA POLUIÇÃO AMBIENTAL. Latin American Journal of Business Management, v. 6, n. 2, p. 110-126, 2015. Disponível em: <https://www.lajbm.com.br/journal/article/view/256/140>. Acesso em: 28 maio 2025.
- LIMA, Maria Yara Gomes; FERNANDES, Érica Ávila; AMÂNCIO-VIEIRA, Simone Ferreira. Logística reversa na indústria eletrônica: um estudo sobre a Ong e-Lixo e sua contribuição à sustentabilidade. Organizações e Sustentabilidade, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 92–107, 2017. Disponível em: <https://revistas.unifacs.br/index.php/os/article/view/4513>. Acesso em: 11 maio 2025.
- MALUF, R. S. (Org.). Gestão de resíduos sólidos: teoria e prática. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2018.

- MANUTENÇÃO.NET. ABNT incentiva descarte correto de resíduos eletrônicos através de certificação. Disponível em: <https://manutencao.net/abnt-incentiva-descarte-correto-de-residuos-eletronicos-atraves-de-certificacao-2/>. Acesso em: 12 maio 2025.
- Martins, J. D. D.; Ribeiro, M. F.; Silva, M. O. C. (2023). Reflexões sobre a economia circular e a logística reversa dos resíduos eletroeletrônicos: a concessão dos incentivos fiscais para cooperativas de reciclagem como eficiente instrumento de promoção do desenvolvimento sustentável. *Revista Brasileira de Políticas Públicas*, v. 13, n. 3, p. 53-79.
- MATA NATIVA. Impactos dos resíduos eletrônicos no meio ambiente. Disponível em: <https://matanativa.com.br/impactos-dos-residuos-eletronicos-no-meio-ambiente/>. Acesso em: 05 maio 2025.
- METARECICLAGEM. Campanha Lixo Eletrônico. Disponível em: <https://metareciclagem.github.io/conectaz/Campanha-Lixo-Eletronico.html>. Acesso em: 11 maio 2025.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA. Logística Reversa. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/meio-ambiente-urbano-recursos-hidricos-qualidade-ambiental/logistica-reversa>. Acesso em: 12 maio 2025.
- MPI TECHNOLOGY. 6 dicas práticas para reciclagem de lixo eletrônico. 2022. Disponível em: <https://www.reciclagembrasil.com.br/blog/categorias/artigos/6-dicas-praticas-para-reciclagem-de-lixo-eletronico>. Acesso em: 5 maio 2025.
- NATURAL LIMP. [Imagem ilustrativa sobre reciclagem de lixo eletrônico]. [imagem]. 2018. Disponível em: <https://www.naturallimp.com.br/blog/o-que-e-e-por-que-devemos-reciclar-o-lixo-eletronico>. Acesso em: 15 maio 2025.
- O GLOBO. No Brasil, reciclagem atinge só 3,3% dos eletrônicos. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/economia/noticia/2025/02/17/no-brasil-reciclagem-atinge-so-33percent-dos-eletronicos.ghtml>. Acesso em: 11 maio 2025.
- O POVO. Lixo eletrônico: o que é, quais os impactos e como descartar corretamente. Disponível em: <https://www.opovo.com.br/noticias/fortaleza/2025/01/31/lixo-eletronico-o-que-e-quais-os-impactos-e-como-descartar-de-forma-correta.html>. Acesso em: 1 abr. 2025.

- OLIVEIRA, J. D. de; SELVA, V.; PIMENTEL, R. M. de M.; SANTOS, S. M. Resíduos eletroeletrônicos: geração, impactos ambientais e gerenciamento. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 10, n. 5, p. 1655-1667, 2017.
- ONU BRASIL. ONU quer transformar lixo eletrônico em oportunidades de negócios sustentáveis. 2021. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/62157-onu-quer-transformar-lixo-eletr%C3%B4nico-em-oportunidades-de-neg%C3%B3cios-sustent%C3%A1veis>. Acesso em: 11 maio 2025.
- OTTINI, Marianna; ARAUJO, Raíssa; XAVIER, Lúcia Helena. Quantificação de pontos de entrega voluntária (PEVs) de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) na cidade do Rio de Janeiro. *Fórum Internacional de Resíduos Sólidos*, [S. l.], v. 11, n. 1, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/360333867_Alocacao_de_pontos_de_entrega_voluntaria_de_residuos_de Equipamentos_eletroeletronicos_na_cidade_de_Sao_Paulo_por_meio_de_Analise_Multicriterio_em_SIG. Acesso em: 10 maio 2025.
- Pereira, R. S. C. (2018). *Logística Reversa de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos: Proposta de Indicadores de Monitoramento para Órgãos Ambientais*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo.
- PERIÓDICOS UNIPÊ. A logística reversa e seus desafios jurídicos. *Revista Direito e Desenvolvimento*, 2020. Disponível em: <https://periodicos.unipe.br/index.php/direitoedesenvolvimento/article/download/1624/807>. Acesso em: 11 maio 2025.
- PHILIPS. Use menos. Reutilize mais. Disponível em: <https://www.philips.com.br/c-e/sustainability/sustentabilidade.html>. Acesso em: 11 maio 2025.
- PORTAL PACKAGING. Investimentos e profissionalização impulsionam a reciclagem no Brasil em 2025. Disponível em: <https://portalpackaging.com.br/investimentos-e-profissionalizacao-impulsionam-a-reciclagem-no-brasil-em-2025/>. Acesso em: 12 maio 2025.
- PORTAL TELA. Reciclagem de eletrônicos no Brasil atinge apenas 3,3% do total gerado em 2022. Disponível em: <https://www.portaltela.com/noticias/geral/2025/02/17/reciclagem-de-eletronicos-no-brasil-atinge-apenas-33percent-do-total-gerado-em-2022>. Acesso em: 11 maio 2025.

- PREFEITURA MUNICIPAL DE ECHAPORÃ. Com o avanço da tecnologia e a rápida obsolescência de eletrônicos, o lixo eletrônico se torna um grande desafio ambiental. Prefeitura Municipal de Echaporã, [S.l.], [data]. Disponível em: <https://search.app/yQJdK77yW68nc4vA9>. Acesso em: 1 abr. 2025.
- PRODEST – Instituto de Tecnologia da Informação e Comunicação do Estado do Espírito Santo
- RÁDIO ITATIAIA. Maior programa de logística reversa do Brasil recicla quase 160 mil toneladas de materiais. Disponível em: <https://www.itatiaia.com.br/brasil/2025/05/03/maior-programa-de-logistica-reversa-do-brasil-recicla-quase-160-mil-toneladas-de-materiais>. Acesso em: 12 maio 2025.
- RECICLA SAMPA. Green Eletron reciclou 4,5 mil toneladas de pilhas e eletrônicos em 2023. Disponível em: <https://www.reciclasampa.com.br/artigo/green-eletron-reciclou-4-5-mil-toneladas-de-pilhas-e-eletronicos-em-2023>. Acesso em: 12 maio 2025.
- RECICLAGEM BRASIL. 6 dicas práticas para reciclagem de aparelhos eletrônicos. Disponível em: <https://www.reciclagembrasil.com.br/blog/categorias/artigos/6-dicas-praticas-para-reciclagem-de-aparelhos-eletronicos>. Acesso em: 5 maio 2025.
- RECICLAGEM BRASIL. Coleta de resíduos eletrônicos: guia completo. Disponível em: <https://www.reciclagembrasil.com.br/blog/categorias/artigos/coleta-de-residuos-eletronicos-guia-completo>. Acesso em: 5 maio 2025.
- RECICLAGEM BRASIL. Reciclagem de lixo eletrônico: um guia completo. Disponível em: <https://www.reciclagembrasil.com.br/blog/categorias/artigos/reciclagem-de-lixo-eletronico-um-guia-completo>. Acesso em: 5 maio 2025.
- REECICLAR. Impactos ambientais do descarte inadequado de resíduos. Disponível em: <https://reeciclar.com.br/sustentabilidade/descarte-inadequado-de-residuos/>. Acesso em: 1 abr. 2025.
- RIBEIRO, A. P. et al. Reciclagem de plásticos de equipamentos eletroeletrônicos para produção de filamento para impressão 3D. Revista Matéria, v. 26, n. 1, 2021.
- SAMSUNG. Samsung Recicla – Programa de Reciclagem. Disponível em: <https://www.samsung.com/br/support/programa-reciclagem/>. Acesso em: 10 maio 2025.

- SAMSUNG. Samsung Recicla registra aumento de 115% no volume de resíduos eletrônicos coletados e destinados à reciclagem em 2023. Disponível em: [https://imagens.usp.br/editorias/tecnologia-categorias/cedir-cce/](https://news.samsung.com/br/samsung-recicla-registra-aumento-de-115-no-volume-de-residuos-eletronicos-coletados-e-destinados-a-reciclagem-em-2023#:~:text=Programa%20de%20log%C3%ADstica%20reversa%20da,um%20processo%20de%20reciclagem%20correto&text=O%20Samsung%20Recicla%2C%20programa%20de,em%20compara%C3%A7%C3%A3o%20ao%20ano%20anterior. Acesso em: 10 maio 2025.
● SANTOS, Marcos. [Funcionário recebendo equipamentos eletrônicos no CEDIR da USP]. [imagem] 2010. Disponível em: <a href=). Acesso em: 15 maio 2025.
- SANTOS, Marcos. [Placas de computadores separadas para reciclagem no CEDIR – CCE – USP]. [imagem] 2011. Disponível em: https://imagens.usp.br/editorias/tecnologia-categorias/cedir/attachment/27092011_mscedirrecebimento011/. Acesso em: 15 maio 2025.
- SANTOS, Stefany Ledy Fiuza; SANTOS, Gilmar Oliveira; DINIZ, Raísa Gomes. Resíduos eletrônicos: conscientização, campanhas e benefícios socioambientais. Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA), São Paulo, v. 14, n. 3, p. 238–251, 2019. Disponível em:

<https://semil.sp.gov.br/educacaoambiental/2019/09/descarte-adequado-de-lixo-eletronico/>. Acesso em: 1 abr. 2025.

- SCIELO. Os resíduos de serviço de saúde e seus impactos ambientais. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/inter/a/CjwFxcQcPrxcn9BYTNwFQvJ/>. Acesso em: 1 abr. 2025.
- SEBRAE. Como montar um serviço de reciclagem de lixo eletrônico. 2023. Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ideias/como-montar-um-servico-de-reciclagem-de-lixo-eletronico%2Ce4397a51b9105410VgnVCM1000003b74010aRCRD>. Acesso em: 11 maio 2025.
- SENAC. O lixo eletrônico e os danos ao meio ambiente. 2018. Disponível em: <https://www.ead.senac.br/detalhe-noticia/2018/6/o-lixo-eletronico-e-os-danos-ao-meio-ambiente/>. Acesso em: 1 abr. 2025.
- SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. Descarte corretamente os rejeitos eletrônicos. 2022. Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/descarte-corretamente-os-rejeitos-eletronicos%2C0cedd15a9567d410VgnVCM1000003b74010aRCRD>. Acesso em: 5 maio 2025.
- SETE AMBIENTAL. Descarte incorreto de resíduos eletrônicos pode provocar liberação de componentes tóxicos no meio ambiente. Sete Ambiental, [S.l.], [data]. Disponível em: <https://search.app/Sz2obhR4XB7ZXaL58>. Acesso em: 1 abr. 2025.
- SETE AMBIENTAL. Lixo Eletrônico: 62 milhões de toneladas em 2022. Disponível em: <https://www.seteambiental.com.br/62-milhoes-de-toneladas-de-lixo-eletronico-foram-produzido-no-mundo-em-2022/> zAcesso em: 5 maio 2025.
- SETE AMBIENTAL. Lixo Eletrônico: Impacto Ambiental e Soluções Sustentáveis. Disponível em: <https://www.seteambiental.com.br/lixo-eletronico-impacto-ambiental-e-solucoes-sustentaveis/> .Acesso em: 5 maio 2025.
- SGA/USP. Descarte inadequado de resíduos eletrônicos afeta meio ambiente e saúde da população. Disponível em: <https://sga.usp.br/descarte-inadequado-de-residuos-eletronicos-afeta-meio-ambiente-e-saude-da-populacao/>. Acesso em: 1 abr. 2025.

- SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS (SINIR). Baterias de chumbo-ácido. Disponível em: <https://sinir.gov.br/perfis/logistica-reversa/logistica-reversa/baterias-de-chumbo-acido/>. Acesso em: 01 abr. 2025.
- SOUZA, Flavia Rufino de. Logística reversa: um estudo acerca de uma nova visão de gestão de resíduos eletrônicos de informática e de telefonia. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Gestão Ambiental) – Instituto Federal da Paraíba, João Pessoa, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ifpb.edu.br/handle/177683/2262>. Acesso em: 11 maio 2025.
- SOUZA, R. M.; OLIVEIRA, S. F. Tecnologia e Gestão de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro: LTC, 2019.
- SUPER VAREJO. Logística reversa no Brasil: desafios e oportunidades para um futuro sustentável. 2023. Disponível em: <https://www.supervarejo.com.br/especial/logistica-reversa-no-brasil-desafios-e-oportunidades-para-um-futuro-sustentavel>. Acesso em: 11 maio 2025.
- T4H. ABNT publica a norma ABNT NBR 17100-1:2023 – Gerenciamento de resíduos. Disponível em: <https://ambiental.t4h.com.br/em-foco/abnt-publica-a-norma-abnt-nbr-17100-12023-gerenciamento-de-residuos/>. Acesso em: 12 maio 2025.
- TANAUE, Borlina; Ana Claudia; BEZERRA, Deivid Mendes; CAVALHEIRO, Luana; PISANO, Lilian Cristiane. Lixo eletrônico: agravos à saúde e ao meio ambiente. Ensaios Científicos, Ciências Biológicas, Agrárias e Saúde, v. 19, n. 3, p. 130-134 2015. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/260/26042169006.pdf> Acesso em: 12 maio 2025.
- TECHTRASH BRASIL. Lixo eletrônico e a contaminação do meio ambiente. 2018. Disponível em: <https://www.techtrashbrasil.com.br/single-post/2018/02/20/lixo-eletr%C3%B4nico-e-a-contamina%C3%A7%C3%A3o-do-meio-ambiente>. Acesso em: 11 maio 2025.
- TECNOLÓGISTICA. DHL Supply Chain aprimora logística reversa de eletroeletrônicos da Green Eletron. Disponível em: <https://www.tecnologista.com.br/noticias/logistica-reversa/19303/dhl-supply-chain-aprimora-logistica-reversa-de-eletroeletronicos-da-green-eletron/>. Acesso em: 12 maio 2025.

- TIM. TIM se une à Associação Brasileira de Reciclagem de Eletroeletrônicos e Eletrodomésticos. Disponível em: <https://www.tim.com.br/sobre-a-tim/sala-de-imprensa/tim-se-une-a-associacao-brasileira-de-reciclagem-de-eletroeletronicos-e-eletrodomesticos>. Acesso em: 11 maio 2025.
- TELESSAÚDE UERJ. Lixo eletrônico. Rio de Janeiro: Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <https://www.telessaude.uerj.br/lixo/lixoeletronico>. Acesso em: 15 maio 2025.
- TODA MATERIA. Lixo eletrônico: o que é e principais exemplos. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/lixo-eletronico/>. Acesso em: 1 abr. 2025.
- UFSC. Resíduos Eletrônicos: Reutilização e Reciclagem do e-lixo. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/240683/ANAIS%20ENSUS%202017%20%281%29-1649-1653.pdf?sequence=1>. Acesso em: 1 abr. 2025.
- UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Superintendência de Gestão Ambiental. CEDIR – Centro de Descarte e Reúso de Resíduos de Informática. 2025. Disponível em: <https://sites.usp.br/sga/acoes-da-sga/cedir/>. Acesso em: 17 maio 2025.
- UNU – UNITED NATIONS UNIVERSITY. The Global E-waste Monitor 2020. Bonn/Geneva/Rotterdam: UNU/ITU/ISWA, 2020. Disponível em: <https://ewastemonitor.info/>. Acesso em: 11 maio 2025.
- VALOR ECONÔMICO. Metas sobre gestão de resíduos eletrônicos estão distantes. Disponível em: <https://valor.globo.com/publicacoes/especiais/revista-sustentabilidade/noticia/2023/08/31/metas-sobre-gestao-de-residuos-eletronicos-estao-distantes.ghtml>. Acesso em: 11 maio 2025.
- VARELA, Carmen Augusta; MEDEIROS, Juliana Romero de. O lixo eletrônico de pequenos usuários: descarte e reciclagem. São Paulo: EAESP-FGV, 20. Disponível em: <https://www.engema.org.br/XVIENGEMA/7.pdf>. Acesso em 11 maio 2025.
- VAZ, Leticia. Educação Ambiental e Logística Reversa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 3., 2012, Goiânia. Anais... Goiânia: IBEAS 2012. p.1 – 9. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2012/VII-022.pdf> Acesso em: 11 de maio 2025.
- VIVO. Futuro Vivo | Recicle. Disponível em: <https://vivo.com.br/a-vivo/sustentabilidade/recicle>. Acesso em: 11 maio 2025.

- ZHAO, Houlin. Lixo eletrônico representa crescente risco ao meio ambiente e à saúde humana, diz relatório da ONU. Nações Unidas Brasil, 2018. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/78844-lixo-eletrônico-representa-crescente-risco-ao-meio-ambiente-e-à-saúde-humana-diz-relatório-da> .Acesso em: 11 maio 2025.