

POLÍTICAS PÚBLICAS E SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL: POTENCIALIDADES E DESAFIOS À GESTÃO DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS NO BRASIL¹

Heliana Rodrigues de Souza²

Universidade Federal do Ceará (UFC)

<https://orcid.org/0009-0009-4968-905X>

Wagner Bandeira Andriola³

Universidade Federal do Ceará (UFC)

<https://orcid.org/0000-0001-6459-0992>

Heráclito Lopes Jaguaribe Pontes⁴

Universidade Federal do Ceará (UFC)

<https://orcid.org/0000-0002-8199-7935>

RESUMO

Historicamente, a gestão de resíduos no Brasil esteve marcada por práticas fragmentadas e de difícil rastreabilidade, especialmente no que se refere aos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE). Com o avanço da globalização e da inovação tecnológica, a geração desses resíduos tornou-se uma das mais preocupantes questões ambientais contemporâneas. Frente a isso, as políticas públicas ambientais brasileiras passaram a incorporar a temática dos REEE em normativas e programas de gestão, destacando-se a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) como marco regulatório fundamental. Este artigo tem como propósito apresentar uma análise panorâmica dessas políticas, refletindo sobre os caminhos percorridos para a construção de uma governança ambiental efetiva voltada à sustentabilidade. Para tanto, adota-se como metodologia uma revisão narrativa da literatura e análise documental, com ênfase nos instrumentos legais e nas experiências institucionais. A realidade da Universidade Federal do Ceará (UFC), campus Crateús, é tomada como recorte empírico, evidenciando os desafios e as ações incipientes de gestão de REEE no contexto universitário. Embora se identifiquem avanços importantes, ainda há obstáculos estruturais, normativos e culturais a serem superados, como a informalidade, a ausência de dados, a fragilidade na responsabilização compartilhada e a baixa mobilização social. Diante disso, reforça-se a urgência de consolidar políticas públicas ambientais integradas, com ênfase em educação ambiental e logística reversa, que efetivem os princípios da economia circular e ampliem a corresponsabilidade na gestão sustentável dos resíduos eletroeletrônicos.

Palavras-Chave: Resíduos Eletroeletrônicos, Políticas Públicas, Sustentabilidade, Logística Reversa, Governança Ambiental.

POLÍTICAS PÚBLICAS Y SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL: POTENCIALIDADES Y DESAFÍOS PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS ELECTRÓNICOS EN BRASIL

RESUMEN

Históricamente, la gestión de residuos en Brasil se ha caracterizado por prácticas fragmentadas y difíciles de rastrear, especialmente en lo que respecta a los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE). Con el avance de la globalización y la innovación tecnológica, la generación de estos residuos se ha convertido en uno de los problemas ambientales más acuciantes en la actualidad. En vista de ello, las

¹ O artigo compôs a dissertação “Conhecimentos, atitudes e práticas relacionadas aos resíduos eletroeletrônicos: estudo de caso na Universidade Federal do Ceará (UFC)”, aprovada em 2025 no Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas e Gestão da Educação Superior (POLEDUC) da Universidade Federal do Ceará (UFC).

² Mestra em Políticas Públicas e Gestão da Educação Superior (POLEDUC/UFC). E-mail: heliana@crateus.ufc.br

³ Professor Titular da UFC; Pesquisador do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq – Nível 1B); Pós-Doutor em Psicologia Social e Antropologia da Educação pela *Universidad de Salamanca* (Espanha). E-mail: w_andriola@ufc.br

⁴ Professor Associado da UFC; Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade de São Paulo (USP). E-mail: hjaguaribe@ufc.br



políticas ambientales públicas brasileñas han comenzado a incorporar el tema de los RAEE en las regulaciones y programas de gestión, destacando la Política Nacional de Residuos Sólidos (PNRS) como marco regulatorio fundamental. Este artículo busca presentar una visión general de estas políticas, reflexionando sobre los caminos recorridos para construir una gobernanza ambiental eficaz centrada en la sostenibilidad. Para ello, se adopta como metodología una revisión narrativa de la literatura y un análisis documental, con énfasis en los instrumentos legales y las experiencias institucionales. Se utiliza la realidad de la Universidad Federal de Ceará (UFC), campus Crateús, como un estudio transversal empírico, destacando los desafíos y las incipientes iniciativas de gestión de RAEE en el contexto universitario. Si bien se han logrado avances significativos, aún quedan obstáculos estructurales, regulatorios y culturales por superar, como la informalidad, la falta de datos, la escasa rendición de cuentas compartida y la escasa movilización social. Por lo tanto, se refuerza la urgente necesidad de consolidar políticas ambientales públicas integradas, con énfasis en la educación ambiental y la logística inversa. Estas políticas implementan los principios de la economía circular y amplían la responsabilidad compartida en la gestión sostenible de los residuos electrónicos.

Palabras clave: Residuos electrónicos, Políticas públicas, Sostenibilidad, Logística inversa, Gobernanza ambiental.

PUBLIC POLICIES AND ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY: POTENTIALS AND CHALLENGERS FOR ELECTRONIC WASTE MANAGEMENT IN BRAZIL

ABSTRACT

Historically, waste management in Brazil has been marked by fragmented practices that are difficult to trace, especially regarding Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE). With the advancement of globalization and technological innovation, the generation of this waste has become one of the most pressing environmental issues today. In light of this, Brazilian public environmental policies have begun to incorporate the topic of WEEE into regulations and management programs, with the National Solid Waste Policy (PNRS) standing out as a fundamental regulatory framework. This article aims to present an overview of these policies, reflecting on the paths taken to building effective environmental governance focused on sustainability. To this end, a narrative literature review and documentary analysis are adopted as methodology, with an emphasis on legal instruments and institutional experiences. The reality of the Federal University of Ceará (UFC), Crateús campus, is used as an empirical cross-section, highlighting the challenges and incipient WEEE management initiatives within the university context. Although significant progress has been made, structural, regulatory, and cultural obstacles remain to be overcome, such as informality, lack of data, weak shared accountability, and low social mobilization. Therefore, the urgent need to consolidate integrated public environmental policies, with an emphasis on environmental education and reverse logistics, is reinforced. These policies implement the principles of the circular economy and expand shared responsibility in the sustainable management of electronic waste.

Keywords: Electronic Waste, Public Policies, Sustainability, Reverse Logistics, Environmental Governance.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o acelerado avanço tecnológico e a lógica do consumo imediato têm impulsionado o crescimento exponencial dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE), também conhecidos como lixo eletrônico. Estima-se que, globalmente, foram geradas 62 milhões de toneladas de REEE em 2022, o que representa um aumento de 82% em relação a 2010 (Baldé *et al.*, 2024). No Brasil, a geração de REEE é igualmente alarmante: o país ocupa a quinta posição entre os maiores geradores desse tipo de resíduo, com mais de dois milhões de toneladas em 2019, sendo superado apenas pela China, Estados Unidos, Índia e Japão (Forti *et al.*, 2020; Green Eletron, 2021).

O descarte inadequado dos REEE tem implicações severas para o meio ambiente



e para a saúde pública. Equipamentos eletroeletrônicos descartados de forma incorreta liberam substâncias tóxicas como chumbo, mercúrio, cádmio, que contaminam o solo, a água e o ar, além de representarem riscos ocupacionais àqueles que trabalham com a coleta e o reaproveitamento informal desses resíduos (Silva; Martins; de Oliveira, 2007; Tsydenova; Bengtsson, 2010; Seo; Fingerman, 2011). Apesar da existência de políticas públicas e diretrizes normativas que visam à gestão ambientalmente adequada desses resíduos, os desafios de implementação ainda são numerosos, especialmente a inviabilidade técnica e econômica de gerenciamento dos municípios brasileiros (Heber; Silva, 2014) e também de suas instituições.

Portanto, este artigo tem como objetivo apresentar as políticas públicas ambientais brasileiras relacionadas à gestão sustentável de REEE. Ao tomar como ponto de partida a trajetória normativa e os principais instrumentos regulatórios relacionados ao tema, busca-se identificar desafios, avanços e possibilidades para uma governança ambiental efetiva no contexto brasileiro e universitário.

A relevância dessa discussão reside na urgência de se fortalecer práticas institucionais sustentáveis diante da crescente geração de resíduos eletroeletrônicos, que configura-se como um problema ecológico, ético, educacional e de política pública. Além disso, a promoção da gestão adequada dos REEE dialoga diretamente com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que apontam para a necessidade de integração entre conhecimento científico, políticas públicas e ações concretas no enfrentamento das questões socioambientais contemporâneas (ONU, 2015).

A metodologia adotada neste estudo fundamenta-se em uma revisão narrativa da literatura, com o intuito de construir uma análise abrangente e contextualizada da temática. Para tanto, foram utilizados os mecanismos de busca avançada do Portal de Periódicos da CAPES e do *Google Scholar*, empregando-se os descritores “Resíduos Eletroeletrônicos”, “*Electronic Waste*” e “*Electronic Residues*”, combinados com operadores booleanos. A seleção incluiu publicações de diferentes períodos, de modo a evidenciar a evolução normativa e histórica da gestão de REEE. A revisão narrativa permitiu captar múltiplas abordagens teóricas, legais e institucionais sobre o tema.

Complementarmente, foi realizada uma análise documental por meio de pedidos de acesso à informação, protocolados na plataforma Fala.BR, junto a órgãos como a Universidade Federal do Ceará (UFC), o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), o Ministério do Meio Ambiente e Mudança do



Clima (MMA), o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), a Câmara dos Deputados e o Supremo Tribunal Federal (STF). As solicitações buscaram subsidiar a discussão com base em leis, decretos, portarias, relatórios e instruções normativas relacionadas à gestão de REEE. As entidades consultadas utilizaram filtros temáticos com base em termos como “lixo tecnológico”, “recolhimento de baterias e pilhas”, “equipamentos de informática”, e “descarte de celulares e computadores”, contribuindo para a construção de uma base documental robusta.

2. POLÍTICAS PÚBLICAS AMBIENTAIS

A crescente degradação ambiental provocada pelas mudanças climáticas — como secas severas, inundações, desertificação, poluição dos oceanos e o aumento da geração de resíduos sólidos, incluindo os eletroeletrônicos — torna urgente a implementação de políticas públicas eficazes de proteção ambiental. Como advertia Hardin (1968), a busca desenfreada por interesses individuais compromete direitos coletivos fundamentais, como o acesso à água e ao ar limpos. Desde então, a preservação ambiental passou a ser incorporada ao conceito de desenvolvimento, como reforçado por eventos como a Conferência de Estocolmo (1972), o Relatório *Brundtland* (1987), a Rio-92 e, mais recentemente, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), adotados pela ONU em 2015.

Segundo Smith e Larimer (2009) e Andriola (2021), políticas públicas são essencialmente respostas do Estado a problemas socialmente reconhecidos. Na seara ambiental, as políticas devem garantir o direito ao ambiente ecologicamente equilibrado, incluindo dimensões sociais, econômicas e políticas. No Brasil, as políticas públicas ambientais começaram a destacar-se na década de 1930, com o Código de Águas e o Código Florestal instituídos em 1934. Desde então, outras políticas públicas foram desenvolvidas para a preservação dos recursos naturais, conforme o Quadro 1.

Quadro 1 – Principais Políticas Públicas ambientais brasileiras.

Política	Lei	Objetivo	Principal Princípio	Principal Instrumento	Importância
Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA)	Lei nº 6.938/1981	Preservar, melhorar e recuperar a qualidade ambiental propícia à vida.	Ação governamental para manter o equilíbrio ecológico, tratando o ambiente como patrimônio público para uso coletivo.	Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA)	Base do sistema de gestão ambiental no Brasil.

Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH)	Lei nº 9.433/1997	Assegurar disponibilidade de água em padrões de qualidade adequados.	Integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental.	Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.	Gestão integrada e descentralizada dos recursos hídricos.
Lei de Crimes Ambientais	Lei nº 9.605/1998	Punir ações que causem danos ambientais.	Responsabilização e penalização.	Fiscalização e aplicação de sanções	Coibição de atividades lesivas ao ambiente; proteção dos recursos naturais.
Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA)	Lei nº 9.795/1999 alterada pela Lei nº 14.926/2024	Estimular e fortalecer uma consciência crítica sobre a problemática ambiental e social.	Abordagem articulada das questões ambientais locais, regionais, nacionais e globais.	Campanha Junho Verde	Conscientização e formação de cultura de preservação ambiental.
Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC)	Lei nº 9.985/2000	Proteger áreas de relevante interesse ecológico, biológico, histórico e cultural.	Conservação da biodiversidade e sustentabilidade econômica.	Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC)	Proteção de ecossistemas e espécies ameaçadas; promoção do desenvolvimento sustentável.
Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC)	Lei nº 12.187/2009	Compatibilização do desenvolvimento econômico-social com a proteção do sistema climático.	Mitigação da mudança do clima em consonância com o desenvolvimento sustentável	Planos de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento nos biomas	Mitigação e combate às mudanças climáticas.
Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)	Lei nº 12.305/2010	Gestão integrada e adequada dos resíduos sólidos.	Responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos	Sistemas de Logística Reversa (SLR)	Não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos.
Novo Código Florestal Brasileiro	Lei nº 12.651/2012	Proteção da vegetação nativa e desenvolvimento sustentável.	Proteção e uso sustentável de florestas, com a compatibilização entre o uso da terra e a preservação da água e da vegetação.	Cadastro Ambiental Rural (CAR)	Proteção da vegetação nativa e regulamentação do uso do solo.
Novo Marco Legal do Saneamento Básico	Lei nº 14.026/2020	Garantir o abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos de forma adequada à saúde pública e à conservação dos recursos naturais.	Universalização do acesso e efetiva prestação do serviço	Plano Nacional de Saneamento Básico	Melhoria da saúde pública e qualidade de vida da população.
Lei dos Agrotóxicos	Lei nº 14.785/2023	Regular o uso de agrotóxicos, a destinação dos seus resíduos, protegendo a saúde humana e o ambiente.	Precaução e segurança	Registro e fiscalização de agrotóxicos	Garantia da segurança no uso de agrotóxicos e minimização de riscos ambientais e à saúde humana.

Fonte: Adaptado de Brasil (1981, 1997, 1998, 1999, 2000, 2009, 2010, 2012, 2020, 2023 e 2024).

Estas Políticas Públicas formam a base do arcabouço legal e institucional que rege a proteção ambiental no Brasil, sendo fundamentais para a conservação dos recursos naturais e a promoção do desenvolvimento sustentável no país. Apesar do avanço



normativo, a efetivação destas políticas enfrenta obstáculos significativos. Muitos instrumentos legais carecem de implementação prática, fiscalização e participação cidadã. Conforme Souza (2006), políticas públicas só alcançam sua eficácia quando avaliadas continuamente, com ajustes que levem em conta desigualdades sociais e territoriais. A ausência de participação popular — como apontam Milbrath (1981) e Siqueira (2008) — compromete o controle social, favorecendo interesses específicos, como exemplificado na Lei nº 14.285/2021, que flexibiliza a proteção de Áreas de Preservação Permanente (APPs) urbanas.

Nesse contexto, Olson (2019) contribui ao demonstrar que grupos de interesse menores e organizados tendem a exercer maior influência sobre as decisões políticas do que a maioria da população, que arca com os custos da mobilização, mas compartilha os benefícios de forma difusa. Essa lógica torna desafiadora a construção de uma política ambiental democrática e inclusiva, pois abre espaço para que demandas particulares se sobreponham ao bem coletivo, especialmente em contextos onde a cidadania ambiental ainda é frágil.

Além disso, a mera disseminação de informações ambientais não garante engajamento prático da população. A educação ambiental, quando dissociada da vivência cotidiana, torna-se apenas discurso (Adger *et al.*, 2001; Hobson, 2003). Por isso, é essencial promover uma cultura de sustentabilidade que articule informação, participação e ação, fortalecendo a cidadania ambiental. Somente com o engajamento coletivo será possível garantir o direito das presentes e futuras gerações a um meio ambiente equilibrado, como preconiza a Constituição Federal de 1988.

2. 1. POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS (PNRS)

Os padrões de produção e consumo insustentáveis são responsáveis pela degradação ambiental, evidenciando a urgência de uma transformação substancial desse modelo, visando minimizar a quantidade de resíduos gerados em todas as etapas do ciclo de vida de um produto ou serviço. Essa orientação encontra-se em diversos documentos internacionais e culminou em um marco na política ambiental brasileira: a sanção da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). A PNRS estabelece conceitos, princípios, objetivos e instrumentos para a gestão integrada e o gerenciamento de resíduos sólidos, como consórcios, sistemas de logística reversa e planos de gerenciamento. Além disso,

fomenta a participação dos catadores de materiais recicláveis como forma de inclusão social e econômica (Brasil, 2010).

Segundo a diretriz da Agenda 21, o manejo ambientalmente saudável dos resíduos sólidos deve ir além do seu depósito ou aproveitamento. Isso requer políticas intersetoriais que considerem os aspectos sociais, ambientais, culturais e econômicos envolvidos (Maiello; Britto; Valle, 2018). A Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 institui o princípio da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos (art. 3º, XVII), exigindo a atuação de fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e poder público. Tal modelo rompe com a lógica linear de produção e descarte, responsabilizando todos os agentes pela minimização dos impactos ambientais (Zago; Barros, 2019).

Complementando esse princípio, o artigo 30 da PNRS estabeleceu objetivos como a redução da poluição e do desperdício de materiais, o incentivo ao uso de insumos sustentáveis e a promoção do consumo de produtos reciclados (Brasil, 2010). Esse princípio orienta também os instrumentos de apoio aos consórcios de manejo, à criação de associações de catadores e à coleta seletiva (Moraes, 2012). No estado do Ceará, essa diretriz é reforçada por políticas como o Índice Municipal de Qualidade do Meio Ambiente (IQM), instituído pelo Decreto Estadual nº 29.306/2008, que permite aos municípios receber parte do ICMS para aplicar em ações ambientais, com ênfase na gestão de resíduos sólidos (Ceará, 2008).

A regionalização tem sido uma estratégia relevante no Ceará. O município de Crateús integra o Consórcio Público de Manejo de Resíduos Sólidos da Região dos Sertões de Crateús (CPMRS-RSC2). Mesmo diante de desafios logísticos e financeiros, é exemplo de boas práticas: mantém desde 2012 o Programa de Coleta Seletiva com a Associação RECICRATIÚ, tendo sido premiada nacionalmente em 2013 como cidade pró-catador (Sousa; Alves; Sousa, 2014). Em 2017 Crateús implantou o Projeto LEVE (Local de Entrega Voluntária Escolar) para promover a educação ambiental nas escolas (Instituto Brasil Solidário, 2014; Lima; Cardoso; Pereira, 2017).

Outro instrumento essencial previsto na PNRS é a logística reversa, que permite o retorno dos produtos pós-consumo ao setor produtivo. Apesar de seus benefícios, sua implementação enfrenta desafios como custos logísticos, baixa adesão da comunidade e escassez de informação (Adlmaier; Sellito, 2007; Demajorovic; Migliano, 2013). Por isso, a efetividade da PNRS depende também dos Planos de Gerenciamento de Resíduos



Sólidos (PGRS), obrigatórios para as três esferas governamentais e para instituições como a Universidade Federal do Ceará (UFC).

No *campus* da UFC em Crateús, por exemplo, foram publicados estudos exploratórios que identificaram a necessidade de ampliar a coleta seletiva e melhorar o manejo de resíduos, especialmente no refeitório universitário (França *et al.*, 2017a; 2017b). A universidade elaborou seu plano de gerenciamento, recomendando ações educativas e acompanhamento específico dos resíduos eletroeletrônicos pela Secretaria de Meio Ambiente da UFC. Contudo, as ações de educação ambiental ainda são tímidas, e o acompanhamento dos resíduos eletroeletrônicos ainda não foi implementado (Universidade Federal do Ceará, 2021).

Nesse sentido, a pesquisa científica é um instrumento estratégico previsto na PNRS, ao contribuir para decisões baseadas em evidências e fomentar o aperfeiçoamento das práticas institucionais. Exemplo disso é o trabalho de Alcântara Filho, Pontes e Andriola (2024), que propôs indicadores validados para avaliar a gestão de resíduos sólidos nas instituições de ensino superior. O indicador mais relevante foi o da cobertura da coleta seletiva nos setores institucionais, evidenciando a preocupação dos gestores em expandir essa prática. A produção científica, nesse contexto, contribui para o aprimoramento das políticas públicas e o avanço da sustentabilidade universitária.

Dessa forma, a revisão dos instrumentos legais federais, estaduais e municipais; a proatividade dos diversos públicos envolvidos na legislação; o reconhecimento das oportunidades econômicas advindas do aproveitamento dos resíduos sólidos; e a crescente pressão da sociedade favoreceram consenso em torno de uma lei que estabelece diretrizes mínimas para enfrentar um dos mais graves problemas ambientais, cuja responsabilidade é compartilhada entre a sociedade, a iniciativa privada e os diversos níveis federativos: União, Estados, Distrito Federal e Municípios.

Por fim, no estado do Ceará, em resposta a essa política ambiental, foi promulgada a Lei Estadual nº 16.032, de 20 de junho de 2016, que regula a Política Estadual de Resíduos Sólidos (PERS), incentivando a cooperação entre os municípios e oferecendo apoio financeiro aos catadores (Ceará, 2016). Entre os principais resultados da PERS destacam-se: ampliação do sistema de monitoramento para controlar os tipos de resíduos gerados pela iniciativa privada; melhor fiscalização dos grandes geradores; aumento percentual na reciclagem; o novo marco regulatório permitiu a revisão da legislação sobre os deveres dos geradores (Torres Júnior; Cardoso, 2019). Além disso, a mesma

abordagem, de responsabilização dos geradores, está presente na Lei Municipal nº 569, de 28 de dezembro de 2016, que estabelece o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos no município de Crateús-CE (Crateús, 2016).

2.2. AGENDA 2030 E OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (ODS)

Diante da condição de que o meio ambiente ecologicamente equilibrado é um direito de todos e bem de uso comum do povo, sendo essencial à sadia qualidade de vida, cada geração tem o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (Brasil, 1988). Contudo, à geração atual recai uma missão mais urgente: evitar que o desequilíbrio ambiental se torne irreversível.

Como principal instrumento de enfrentamento desse desafio, o desenvolvimento sustentável vem sendo pautado nos debates globais desde a década de 1960. Essa discussão ganhou força com o lançamento do Relatório de Brundtland, intitulado “*Our Common Future*” (Nosso Futuro Comum), em 1987, o qual enfatizou que o desenvolvimento não deveria comprometer o direito das atuais e futuras gerações a um ambiente saudável (Savegnago *et al.*, 2022).

Nesse cenário, o documento que atualmente norteia ações, projetos e políticas públicas com base no desenvolvimento sustentável é a “*Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*” (Transformando Nosso Mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável), adotado na Assembleia Geral das Nações Unidas em 2015. O plano de ação reúne 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), fundamentados no tripé da sustentabilidade — ambiental, social e econômico — conforme proposto por Elkington (1999) (Organização das Nações Unidas, 2015).

Dentre os ODS, podem-se destacar alguns principais para a gestão ambiental sustentável com enfoque na gestão de resíduos sólidos: ODS 6, ODS 11, ODS 12, ODS 13 e ODS 14, a saber:

[...]

Objetivo 6. Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos;

[...]

Objetivo 11. Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis;

Objetivo 12. Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis;

Objetivo 13. Tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos;

Objetivo 14. Conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável;

[...] (Organização das Nações Unidas, 2015, p. 19 e 20).



Dado que a responsabilidade pelo desenvolvimento sustentável não recai apenas sobre o poder público, mas também sobre toda a coletividade (Brasil, 1988), torna-se fundamental articular saberes e práticas da academia, da sociedade civil e do setor privado (SDSN Australia/Pacific, 2017). Nesse sentido, as universidades têm papel de destaque, não apenas por sua capacidade de investigação científica, mas também por sua função formadora e transformadora.

Conforme apontam SDSN Australia/Pacific (2017) e Savegnago *et al.* (2022), é essencial que as universidades incorporem os ODS às suas atividades de ensino, pesquisa e extensão, além de mobilizarem a comunidade acadêmica, alinharem sua governança aos princípios da Agenda 2030 e apresentarem relatórios institucionais de sustentabilidade. As instituições de ensino superior precisam estar comprometidas com os desafios contemporâneos e atuarem como catalisadoras das transformações necessárias para um desenvolvimento mais justo e equilibrado.

No entanto, um dos desafios mais urgentes da Agenda 2030 é justamente a gestão de resíduos sólidos, cujas metas encontram-se em situação crítica. De acordo com o IV Relatório Luz da Sociedade Civil para a Agenda 2030 no Brasil (Grupo de Trabalho da Sociedade Civil Para a Agenda 2030, 2022), a maioria das metas relacionadas aos resíduos está estagnada ou em retrocesso. A ausência de saneamento básico, a má gestão dos resíduos e os efeitos das mudanças climáticas têm agravado tragédias socioambientais, como as enchentes ocorridas no Rio Grande do Sul em 2024⁵.

Apesar de o Brasil contar com a PNRS, entre 2019 e 2020 houve redução dos municípios com coleta seletiva: 38,7% para 36,3%; aumento da geração de resíduos sólidos urbanos (RSU): 390 kg/hab/ano em 2020 contra 379,2 kg/hab/ano em 2019. Esses dados revelam cenário preocupante, pois o Brasil continua sendo o maior produtor de lixo marinho da América Latina, destacando a urgência da mudança do padrão de consumo, especialmente de plástico de uso único, e da melhoria da gestão dos resíduos gerados em terra (GT Sociedade Civil para a Agenda 2030, 2022).

Os dados e informações apresentados evidenciam que os desafios relacionados à gestão de resíduos sólidos constituem uma preocupação global, uma vez que representantes dos 193 Estados-membros da ONU assumiram o compromisso de reduzir a geração e garantir a destinação adequada dos resíduos. No entanto, no contexto

⁵ Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/articles/cd18p5zpp0no>. Acesso em: 24 fev. 2025.



brasileiro, percebe-se a ausência de ações, projetos ou programas eficazes e eficientes que gerem resultados concretos para o cumprimento das metas estabelecidas na Agenda 2030. Além disso, a implementação da PNRS enfrenta atrasos nos prazos estabelecidos para sua execução nos Municípios, Estados e União, o que sinaliza que a Agenda 2030 também está caminhando para o descumprimento desses compromissos.

Evidencia-se, mais uma vez, a importância das universidades como responsáveis pela geração e difusão de conhecimento. É fundamental que a comunidade universitária esteja ciente e se aproprie dos objetivos da Agenda, de modo a poder contribuir posteriormente na elaboração das estratégias institucionais e na implementação de ações para atingir as metas dos ODS (Savegnago *et al.*, 2022).

3. RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS (REEE)

Na sociedade globalizada atual o *Homo Sapiens* está se transformando em *Homo Conectus* (Harari, 2011). Essa transformação traz duas consequências principais: por um lado, o avanço tecnológico; por outro, o agravamento da poluição do solo, hídrica, atmosférica e visual. Ou seja, à medida que a população aprimora seus dispositivos e sistemas tecnológicos, cresce a geração de resíduos, especialmente os de equipamentos eletroeletrônicos (REEE), cuja gestão inadequada compromete o equilíbrio ambiental. Os REEE são resultantes do descarte de equipamentos que dependem de corrente elétrica com tensão nominal de, no máximo, 240 volts (Brasil, 2020). Esses resíduos abrangem uma variedade de produtos e, para fins de educação ambiental, Xavier *et al.* (2020) sugerem sua categorização em oito grupos: Eletrodomésticos, Eletroportáteis, Monitores, Informática e Telecomunicações, Fios e Cabos, Pilhas e Baterias, Equipamentos de Iluminação (lâmpadas) e Painéis fotovoltaicos.

A nomenclatura e-lixo (Carrasco *et al.*, 2024) tem sido utilizada para se referir aos REEE, e ganha novo significado ao dialogar com o conceito contemporâneo de lixo. Segundo o Dicionário Houaiss (2023), lixo é “qualquer material que ainda não pode ser reciclado, reutilizado ou compostado”, o que implica uma ressignificação do termo: o que antes era visto como inútil pode hoje ser interpretado como recurso em potencial. A *Step Initiative* (2014) reforça essa ideia ao definir o e-lixo como equipamentos e componentes descartados sem intenção de reutilização, mas com potencial de revalorização por meio de reciclagem, desmanche ou outra tecnologia. Os REEE são compostos por uma diversidade de materiais, como plásticos, vidros, componentes eletrônicos e mais de vinte

tipos de metais pesados. Alguns ainda recebem jatos de substâncias químicas específicas, como retardantes de chamas ou agentes anticorrosivos (Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, 2013). Devido a essas características, seu descarte inadequado representa riscos consideráveis ao meio ambiente e à saúde humana. Por esse motivo, pode ser enquadrado como resíduos perigosos, de acordo com a definição da PNRS, definidos como aqueles que apresentam inflamabilidade, corrosividade, toxicidade ou outras propriedades nocivas à saúde pública.

3.1 REGULAMENTAÇÃO DOS REEE

Diante da evolução tecnológica e da geração de resíduos sólidos, a regulamentação dos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) tornou-se essencial. Seu potencial poluidor exige um gerenciamento cuidadoso, que envolva definição, armazenamento, coleta, transporte e destinação final ambientalmente adequada (Townsend, 2011). Apesar disso, a PNRS faz apenas uma referência direta aos REEE no Art. 33, que estabelece a obrigatoriedade de implementação da logística reversa para pilhas, baterias, lâmpadas, produtos eletroeletrônicos e seus componentes, independentemente do serviço público de limpeza urbana (Brasil, 2010). Como complementação normativa foram instituídos acordos setoriais e decretos específicos para cada categoria de resíduo, conforme apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 – Regulamentações específicas dos REEE no Brasil.

Resíduos	Regulamentação	Entidade Gestora
Baterias de chumbo ácido Pilhas e baterias	Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 401, de novembro de 2008 - Estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado, e dá outras providências. Instrução Normativa Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) nº 8, de 30 de setembro de 2012 - Institui, para fabricantes nacionais e importadores, os procedimentos relativos ao controle do recebimento e da destinação final de pilhas e baterias ou de produtos que as incorporem. Acordo Setorial - O Acordo Setorial para implementação de Sistema de Logística Reversa (SLR) de Baterias Chumbo Ácido publicado no D.O.U de 27/09/2019.	Instituto Brasileiro de Energias Renováveis (IBER). Gestora para REEE Nacional (Green Eletron)

Eletrônicos e seus componentes	Acordo Setorial - O Acordo Setorial para implantação de SLR de Produtos Eletrônicos e seus Componentes publicado no D.O.U de 19/11/2019. Decreto nº 10.240, de 12 de fevereiro de 2020 - Dispõe sobre a implementação de SLR de produtos eletrônicos e seus componentes de uso doméstico.	Associação Brasileira de Reciclagem de Eletrônicos e Eletrodomésticos. Gestora para REEE Nacional (Green Eletron).
Lâmpadas Fluorescentes, de Vapor de Sódio e Mercúrio e de Luz Mista	Acordo Setorial - O Acordo Setorial para implantação do SLR de Lâmpadas Fluorescentes, de Vapor de Sódio e Mercúrio e de Luz Mista publicado no D.O.U de 12/03/2015.	Associação Brasileira para a Gestão da Logística Reversa de Produtos de Iluminação (Reciclus)

Fonte: Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (2024).

A Resolução CONAMA nº 401/2008 estabelece limites máximos de metais pesados como chumbo, cádmio e mercúrio em pilhas e baterias comercializadas no Brasil. A incineração e a disposição desses resíduos em aterros sanitários são proibidas, sendo obrigatória sua coleta e destinação ambientalmente adequada (Brasil, 2008). Essa mesma resolução impõe obrigações de rotulagem com advertências claras sobre riscos e destinação adequada. A Instrução Normativa IBAMA nº 08/2012 complementa essa regulamentação, exigindo laudos físico-químicos atualizados para esses produtos e planos de gerenciamento enviados ao IBAMA, fortalecendo o controle e a rastreabilidade desses resíduos perigosos.

O Decreto nº 10.240/2020 regula a logística reversa de produtos eletrônicos de uso doméstico, consolidando o princípio da responsabilidade compartilhada entre fabricantes, importadores, comerciantes, consumidores e o poder público. As entidades gestoras ABREE e Green Eletron coordenam esse processo, que inclui metas e prazos regionais.

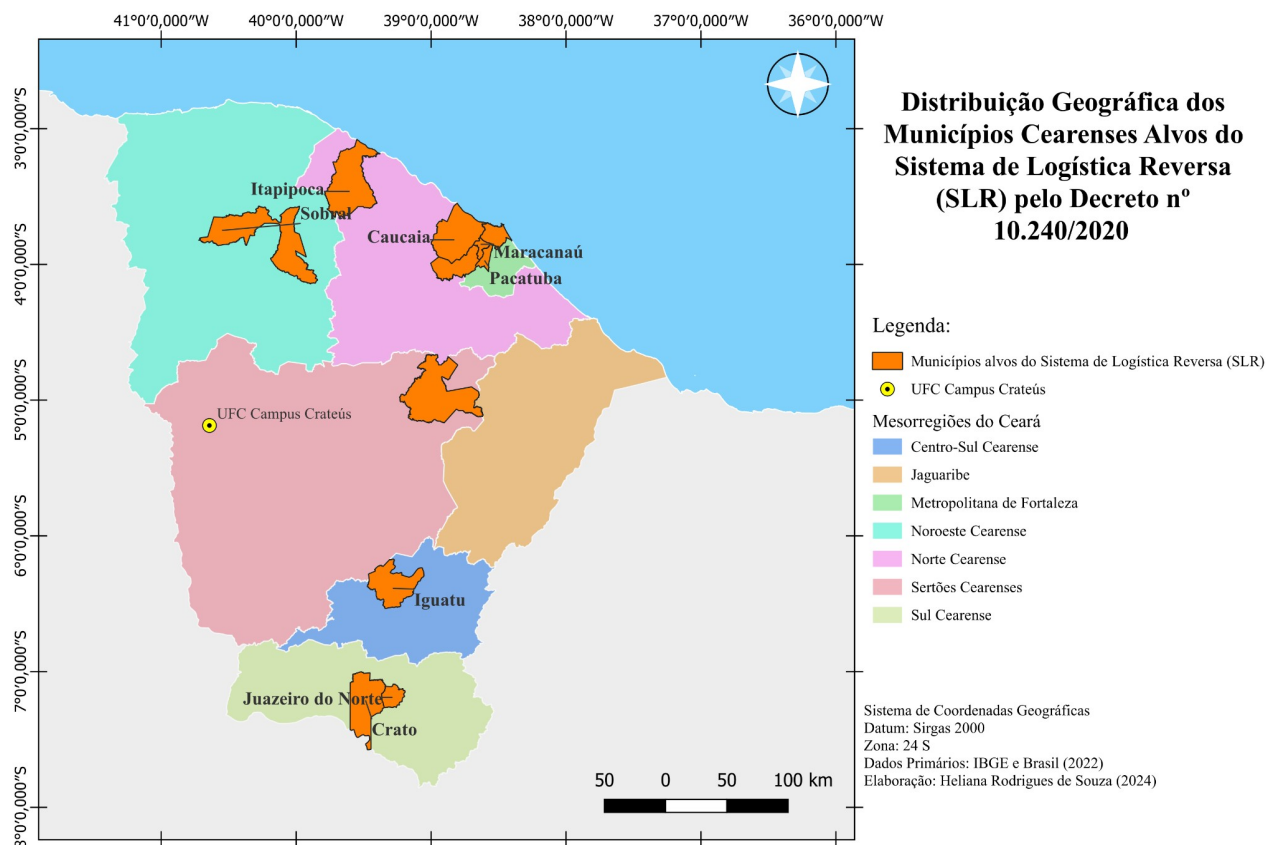
No estado do Ceará, a meta de coleta e destinação para o ano de 2025 é de 17%. Foram selecionados 11 municípios com população superior a 80 mil habitantes: Fortaleza, Caucaia, Juazeiro do Norte, Maracanaú, Sobral, Crato, Itapipoca, Maranguape, Iguatu, Quixadá e Pacatuba (Figura 1). Juntas, essas cidades somam uma população de aproximadamente 4,14 milhões de pessoas, conforme o Censo 2022 do IBGE. Embora representem cerca de 47,06% da população cearense, os demais 173 municípios, que concentram os outros 52,94% da população, de menor porte, ficam de fora, evidenciando a urgência de expansão territorial da política pública.

Além dos instrumentos legais, o país conta com normas técnicas da ABNT voltadas à reciclagem de REEE: a NBR 15.833:2010 (refrigeração) e a NBR 16.156:2013 (equipamentos eletrônicos em geral), reconhecidas como marcos regulatórios pioneiros na América Latina (Xavier; Lins, 2018). O Decreto nº 9.373/2018 também merece



destaque, pois estabelece diretrizes para a alienação, cessão, transferência, destinação e disposição final ambientalmente adequada de bens móveis no âmbito da administração pública federal. Entre as práticas previstas, ressalta-se a doação de equipamentos, peças e componentes de tecnologia da informação e comunicação classificados como ociosos, recuperáveis ou antieconômicos para escolas e instituições sem fins lucrativos, promovendo inclusão digital e sustentabilidade ambiental (Brasil, 2018).

Figura 1 – Distribuição geográfica dos municípios cearenses alvos do SLR.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

3.2 IMPACTOS AMBIENTAIS ASSOCIADOS AOS REEE

Os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) têm se consolidado como um dos principais problemas ambientais contemporâneos, impulsionados pela globalização, modernização tecnológica e obsolescência programada. A crescente demanda por dispositivos eletrônicos e a necessidade de constante conectividade transformaram os hábitos de consumo e aceleraram a geração de resíduos, muitos dos quais são descartados de forma inadequada. No Brasil, a disposição final incorreta, seja em lixões ou mesmo em aterros sanitários, compromete a saúde pública e o equilíbrio ecológico (Xavier *et al.*, 2010; Andrade; Fonseca; Mattos, 2010), pois esses resíduos contêm substâncias tóxicas como cádmio, chumbo, mercúrio, bário, cobre, alumínio, entre

outros, com efeitos danosos à saúde e ao ambiente (Silva; Martins; Oliveira, 2007; Tsydenova; Bengtsson, 2010; Seo; Fingerman, 2011; Brito; Aguiar, 2014).

Esses impactos não se restringem à fase de descarte. A poluição associada aos REEE tem início na extração das matérias-primas, como a mineração de metais utilizados na fabricação dos equipamentos. Essa atividade, intensiva em recursos naturais, provoca desequilíbrios irreversíveis nos ecossistemas (Mechi; Sanches, 2010). Um exemplo grave é o uso de mercúrio na mineração artesanal de ouro na Amazônia, prática comum em garimpos ilegais. O mercúrio, altamente tóxico, é despejado nos rios e contamina peixes, solos e comunidades ribeirinhas. Segundo Basta *et al.* (2023), 21,3% dos peixes comercializados em centros urbanos da Amazônia, como Belém, Manaus e Porto Velho, apresentam níveis de mercúrio acima dos limites seguros. Os efeitos sobre a saúde humana são devastadores, e a circulação do mercúrio nos ecossistemas evidencia a urgência de políticas públicas eficazes para conter essa cadeia de contaminação.

Além disso, a presença de metais pesados nos oceanos — em parte decorrente do descarte inadequado de REEE — tem levado à contaminação de produtos de origem marinha. Leite *et al.* (2022) identificaram níveis preocupantes de arsênico, cádmio e chumbo em sardinhas enlatadas no Brasil, o que demonstra que os impactos dos resíduos eletroeletrônicos ultrapassam o ambiente terrestre. A exposição aos metais pesados pode ocorrer por inalação, ingestão ou absorção cutânea, afetando trabalhadores da cadeia de reciclagem, catadores, técnicos e também consumidores que armazenam dispositivos antigos em casa (Heacock; Kelly; Suk, 2015). Assim, da Silva; Martins e de Oliveira (2007) destacam duas formas principais de contaminação: a humana, pela manipulação direta dos resíduos, e a ambiental, quando os metais entram em contato com a água e o solo, comprometendo ecossistemas inteiros.

Por essas razões, os REEE exigem um tratamento diferenciado, que envolva rigorosas medidas de prevenção e mitigação. O uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) por trabalhadores do setor, conforme recomendado pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (2013), é essencial, mas insuficiente se não vier acompanhado de políticas públicas articuladas, conforme defendido por Araújo *et al.* (2020). O gerenciamento adequado desses resíduos deve incluir também ações de comunicação e educação ambiental para informar a população sobre os riscos associados ao consumo e descarte irresponsável de eletrônicos. Transformar o

comportamento consumista em ações conscientes é um passo fundamental para um desenvolvimento verdadeiramente sustentável.

3.1 GESTÃO SUSTENTÁVEL DE REEE

A PNRS distingue gestão e gerenciamento de resíduos sólidos. A gestão envolve as diretrizes e estratégias políticas, enquanto o gerenciamento trata da operacionalização das ações como coleta, transporte e destinação final dos resíduos (Brasil, 2010). Essa distinção é fundamental para implementar ações alinhadas ao desenvolvimento sustentável, priorizando a não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e, por fim, a disposição ambientalmente adequada dos rejeitos (Brasil, 2010).

Nesse sentido, a política dos 5 R's — Repensar, Recusar, Reduzir, Reutilizar e Reciclar — integra uma abordagem educativa que estimula mudanças comportamentais e a reflexão sobre o consumo excessivo. Repensar e recusar estão na base da pirâmide de prioridades, incentivando a reflexão crítica sobre os impactos socioambientais do consumo e a rejeição de produtos prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente (Alkmin, 2015). Reduzir e reutilizar prolongam o ciclo de vida dos produtos, minimizando a extração de recursos naturais, e a reciclagem permite o reaproveitamento de materiais, conectando-se ao conceito de mineração urbana, ou seja, à extração de matérias-primas a partir de resíduos já gerados.

A economia circular, articulada à PNRS, é operacionalizada por meio da logística reversa, prevista no Art. 33 da Lei nº 12.305/2010, que exige que fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes recebam de volta produtos como pilhas, baterias, lâmpadas fluorescentes e equipamentos eletroeletrônicos para reaproveitamento ou destinação final ambientalmente adequada (Brasil, 2010). O ciclo de vida dos REEE, quando bem gerido, evita a exploração excessiva de recursos primários, diminui a geração de resíduos e valoriza os recursos extraídos.

A logística reversa abrange etapas sequenciais: o descarte correto pelo consumidor; o recebimento em pontos apropriados; o transporte aos pontos de consolidação ou destinação; o tratamento; e, por fim, a disposição adequada dos rejeitos. Essa lógica se aplica às baterias de chumbo-ácido (Figura 2), que devem ser devolvidas no ponto de venda; aos equipamentos eletroeletrônicos, que passam por desmontagem e triagem em centros especializados, com reaproveitamento e reciclagem de componentes

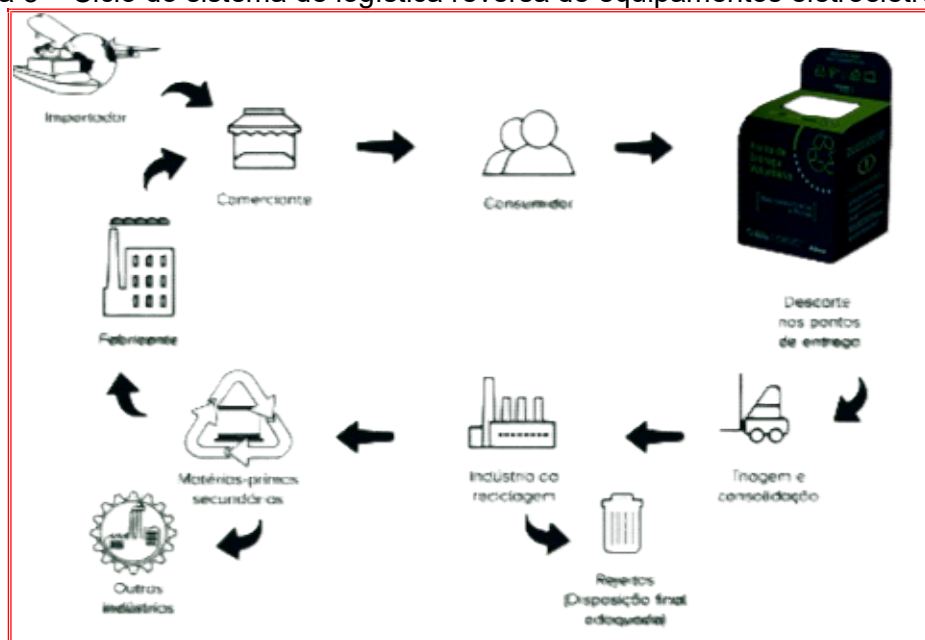
(Figura 3); e às lâmpadas, que devem ser devolvidas em pontos específicos no comércio (Figura 4).

Figura 2 – Ciclo do sistema de logística reversa de baterias de chumbo ácido.



Fonte: Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (2024).

Figura 3 – Ciclo do sistema de logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos.



Fonte: Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (2024).

A viabilidade da logística reversa exige condições estruturais, legais, sociais e econômicas. Quatro fatores fundamentais se destacam: a viabilidade econômica, já que o reaproveitamento pode ser mais vantajoso que o descarte; a legislação, que impõe a responsabilidade pós-consumo às empresas; a consciência social, com consumidores mais atentos às consequências ambientais; e a mentalidade verde, que confere vantagem

competitiva às empresas comprometidas com práticas sustentáveis (Ravi; Shankar; Tiwari, 2005).

Figura 4 – Ciclo do sistema de logística reversa de lâmpadas.



Fonte: Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (2024).

Apesar disso, diversos desafios persistem: grandes distâncias territoriais dificultam o transporte; o alto índice de retenção de REEE nas residências (85%) reduz o fluxo para os canais oficiais; a tecnologia de reciclagem ainda é majoritariamente importada e cara; e a falta de um banco de dados nacional dificulta a rastreabilidade. A informalidade também compromete o tratamento adequado dos resíduos, apesar do papel essencial dos cerca de 800 mil catadores no Brasil (Movimento Nacional dos Catadores, 2021).

Os catadores, embora atuem informalmente, desempenham um papel fundamental na cadeia de coleta e triagem, contribuindo para o ciclo reverso e para a preservação ambiental. No entanto, o manuseio de REEE exige qualificação técnica, pois muitos componentes são tóxicos e oferecem riscos à saúde e ao ambiente. A capacitação e o investimento em infraestrutura são, portanto, indispensáveis (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013; Araujo *et al.*, 2020).

A mineração urbana, nesse contexto, apresenta-se como uma alternativa sustentável e estratégica, permitindo a extração de insumos valiosos a partir de resíduos descartados. Essa prática pode reduzir até 20% da demanda por materiais virgens até 2030 (Meyer *et al.*, 2011). Para isso, é essencial classificar corretamente os REEE,

consolidar informações em bancos de dados confiáveis, e promover alternativas viáveis de coleta, tratamento e reaproveitamento (Xavier; Lins, 2018).

O fluxo de informações também é um dos pilares para a efetivação da logística reversa. Segundo Razzolini Filho e Berté (2013), o fluxo informacional deve estar articulado com os fluxos físico e financeiro para garantir a eficácia do processo. Essa articulação também é crucial para orientar o consumidor quanto à destinação correta dos REEE (Migliano; Demajorovic; Xavier, 2014), pois a mudança de comportamento do consumidor é primordial para que a sustentabilidade aconteça.

No *campus* da UFC em Crateús, a gestão dos resíduos eletroeletrônicos ainda é limitada. A empresa EcoEletro, licenciada para logística reversa, realiza a coleta de REEE não patrimoniados, como eletroportáteis, monitores, pilhas e baterias, com exceção das lâmpadas fluorescentes. Apesar disso, a parceria ainda não foi formalizada por meio de convênio. Já os equipamentos patrimoniados, quando inservíveis, permanecem por longos períodos no almoxarifado central, sem destinação adequada. Para facilitar o descarte, a EcoEletro fornece uma lixeira específica, devidamente identificada, para o acondicionamento desses resíduos (Figura 5).

Figura 5 – Lixeira específica para acondicionamento dos REEE na UFC *campus* de Crateús.



Fonte: Acervo dos autores, 2025.

Embora representem um avanço inicial, essas ações ainda são pontuais e revelam a urgência de políticas institucionais mais sólidas, articuladas à economia circular, à formalização de parcerias e ao fortalecimento da educação ambiental para consolidar uma gestão sustentável dos REEE no contexto universitário.

4. CONCLUSÕES

O artigo teve como objetivo apresentar as Políticas Públicas ambientais brasileiras

relacionadas à gestão sustentável dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE), destacando os desafios e oportunidades que permeiam esse campo no Brasil e, em especial, no ambiente universitário. Ao percorrer a trajetória normativa do país, identificou-se que, apesar dos avanços legais e conceituais expressos na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e na institucionalização da logística reversa, a efetivação dessas diretrizes ainda enfrenta inúmeros entraves.

Entre os principais obstáculos estão a carência de infraestrutura adequada, a predominância da informalidade, a ausência de informações consolidadas e a baixa articulação entre os atores envolvidos. Tais dificuldades comprometem a implementação de um sistema de logística reversa eficiente e dificultam o cumprimento da responsabilidade compartilhada prevista na legislação. Esses elementos revelam que o caminho para uma governança ambiental eficaz ainda é permeado por lacunas estruturais, normativas e culturais.

A análise da realidade do campus da Universidade Federal do Ceará em Crateús ilustra como, mesmo em instituições de ensino superior, há fragilidades no gerenciamento dos REEE. A coleta ainda é parcial e desarticulada, e a ausência de planejamento institucional limita ações mais estruturantes. Por outro lado, a parceria com empresas licenciadas, ainda que informal, e o uso de pontos de coleta específicos sinalizam potenciais a serem fortalecidos.

Diante disso, reafirma-se a urgência de consolidar políticas públicas ambientais mais sólidas, que incorporem a sustentabilidade como eixo estruturante, promovam a educação ambiental crítica e fortaleçam os instrumentos de governança voltados à economia circular. Consolidar a corresponsabilidade entre poder público, setor privado, academia e sociedade civil é essencial para transformar os REEE de problema ambiental em oportunidade de inovação, inclusão e transformação social.

REFERÊNCIAS

ADGER, W. N. *et al.* Advancing a Political Ecology of Global Environmental Discourses. **Development and Change**, v. 32, n. 4, p. 681-715, 2001.

ADLMAIER, D.; SELLITTO, M. A. Embalagens retornáveis para transporte de bens manufaturados: um estudo de caso em logística reversa. **Production**, [S.L.], v. 17, n. 2, p. 395-406, 2007.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos**: análise de viabilidade técnica e econômica. Brasília, 2013.



ALCÂNTARA FILHO, A.G.; PONTES, H. L.J.; ANDRIOLA, W. B. Proposição e validação de indicadores voltados à gestão de resíduos sólidos em instituições de ensino superior (IES). **Revista Eletrônica ACTA SAPIENTIA**, v. 11, n. 1, 2024.

ALKMIM, E. B. **Conscientização Ambiental E A Percepção Da Comunidade Sobre A Coleta Seletiva Na Cidade Universitária Da UFRJ**. 2015. 150 p. Dissertação (Mestrado de Engenharia Urbana)- Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2015.

ANDRADE, R. T. G.; FONSECA, C. S.; MATTOS, K. M. **Geração e destino dos resíduos eletrônicos de informática nas instituições de ensino superior de Natal-RN**. Revista HOLOS, [S.l.], v. 2, p. 100-112, jul. 2010.

ANDRIOLA, W. B. Impactos da robótica no ensino básico: estudo comparativo entre escolas públicas e privadas. **Ciência & Educação**, v. 27, p. e21050, 2021.

ARAUJO, R. *et al.* Spatial distribution analysis of e-waste Voluntary Delivery Points (VDP) by Green Eletron manager in São Paulo city (SP, Brazil). In: **SYMPOSIUM ON URBAN MINING AND CIRCULAR ECONOMY – SUM**, 5., 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15.833:2010**. Estabelece os procedimentos para o transporte, armazenamento e desmonte com reutilização, recuperação dos materiais recicláveis e destinação final de resíduos dos aparelhos de refrigeração.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16.156:2013**. Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos. Requisitos para a Atividade de Fabricação Reversa.

BALDÉ, Cornelis P. *et al.* **THE GLOBAL E-WASTE MONITOR 2024**. Geneva/Bonn: United Nations Institute For Training And Research (Unitar), 2024.

BASTA, P. C. *et al.* Risk assessment of mercury-contaminated fish consumption in the Brazilian Amazon: an ecological study. **Toxics**, v. 11, p. 800, 2023.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Promulgada em 05 de outubro de 1988. Brasília, 1988.

BRASIL. Instrução Normativa IBAMA nº 8, de 3 de setembro de 2012. Institui para fabricantes nacionais e importadores, os procedimentos relativos ao controle do recebimento e da destinação final de pilhas e baterias ou produto que as incorporem. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 04 set. 2012.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Regulamento Mensagem de veto (Vide Decreto de 15 de setembro de 2010) Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, DF: **Diário Oficial da União**.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, DF: **Diário Oficial da União**.

BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília, DF: **Diário Oficial da União**.



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. Brasília, DF: **Diário Oficial da União**.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, DF: **Diário Oficial da União**.

BRASIL. Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. Brasília, DF: **Diário Oficial da União**.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 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**.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, DF: **Diário Oficial da União**.

BRASIL. Decreto nº 9.373, de 11 de maio de 2018. Dispõe sobre a alienação, a cessão, a transferência, a destinação e a disposição final ambientalmente adequadas de bens móveis no âmbito da administração pública federal direta, autárquica e fundacional.. Brasília: **Diário Oficial da União**, 2018.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Brasília, DF: **Diário Oficial da União**.

BRASIL. Lei nº 10.240, de 12 de fevereiro de 2020. Regulamenta o inciso VI do caput do art. 33 e o art. 56 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, e complementa o Decreto nº 9.177, de 23 de outubro de 2017, quanto à implementação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 13 fev. 2020.

BRASIL. Lei nº 14.285, de 29 de dezembro de 2021. Altera as Leis nºs 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Brasília, DF: **Diário Oficial da União**.

BRASIL. Lei nº 14.785, de 27 de dezembro de 2023. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem, a rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e das embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, de produtos de controle ambiental, de seus produtos técnicos e afins. Brasília, DF: **Diário Oficial da União**.

BRASIL. Lei nº 14.926, de 17 de julho de 2024. Altera a Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999, para assegurar atenção às mudanças do clima, à proteção da biodiversidade e aos riscos e vulnerabilidades a desastres socioambientais no âmbito da Política Nacional de Educação Ambiental. Brasília: **Diário Oficial da União**, 18 jul. 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Acordo Setorial para implantação do Sistema de Logística Reversa de Lâmpadas Fluorescentes, de Vapor de Sódio e Mercúrio e de Luz Mista. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 12 mar. 2015.



BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Acordo Setorial para implementação de Sistema de Logística Reversa de Baterias Chumbo Ácido. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 27 set. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Acordo Setorial para implantação de Sistema de Logística Reversa de Produtos Eletroeletrônicos e seus Componentes. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 19 nov. 2019.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 401, de 04 de novembro de 2008. Estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 05 nov. 2008. Seção 1, p. 108-109.

BRITO, S.C.; AGUIAR, A.O. A relação entre o desenvolvimento de produtos verdes e as estratégias ambientais - o caso de uma empresa multinacional do setor de produtos eletroeletrônicos. **Revista de Administração e Inovação**. v. aa, n.4, p. 287-309, 2014.

CARRASCO, E.V.M. *et al.* Electronic waste management in Contagem: challenges and proposals for a sustainable future. **Aracê**, v. 6, n. 4, p. 18451-18479, 2024.

CEARÁ. (2008). Decreto nº 29.306, de 05 de junho de 2008. Dispõe sobre os critérios de apuração dos índices percentuais destinados à entrega de 25% (vinte e cinco por cento) do ICMS pertencente aos municípios e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado**, Fortaleza. Ceará, 06 jun. 2008.

CEARÁ. Lei nº 16.032, de 20 de junho de 2016. INSTITUI A POLÍTICA ESTADUAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO ÂMBITO DO ESTADO DO CEARÁ. Fortaleza: **Diário Oficial do Estado**, 22 jun. 2016.

CRATEÚS. Lei nº 569, de 28 de dezembro de 2016. Institui o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, capítulo do Plano Municipal de Saneamento Básico e dá outras providências. **Diário Oficial do Município de Crateús**. Edição Extra nº 01, Crateús, 2016.

DA SILVA, B.D.; OLIVEIRA, F.C.; MARTINS, D.L. **Estudo dos Resíduos Eletroeletrônicos no Brasil**. Santo André, 2007.

DEMAJOROVIC, J.; MIGLIANO, J. E. B. Política nacional de resíduos sólidos e suas implicações na cadeia da logística reversa de microcomputadores no Brasil. **Gestão & Regionalidade**, v. 29, n. 87, p. 64-80, 2013.

ELKINGTON, J. **Cannibals with forks: triple bottom line of 21st century business**. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 1999.

FORTI, V. *et al.* The Global E-waste Monitor 2020: quantities, flows and the circular economy potential. Bonn; Geneva; Vienna: United Nations University; **International Telecommunication Union**; International Solid Waste Association, 2020. Disponível em: https://www.itu.int/en/ITU-D/Environment/Documents/Toolbox/GEM_2020_def.pdf. Acesso em: 08 abr. 2025.

FRANÇA, M. E. *et al.* UFC letiva: a importância de estudos preliminares para propostas de gerenciamento de resíduos. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL**, 8., 2017, Campo Grande. Anais [...]. Campo Grande: [s.n.], 2017a.

FRANÇA, M. E. *et al.* UFC letiva: a importância de estudos preliminares para propostas de gerenciamento de resíduos orgânicos nos restaurantes universitários. In: **CONGRESSO**



BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 8., 2017, Campo Grande. Anais [...]. Campo Grande: [s.n.], 2017b.

GREEN ELETRON – Gestora para Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos. **Resíduos eletrônicos no Brasil 2021**. São Paulo: Green Eletron, 2021.

GRUPO DE TRABALHO DA SOCIEDADE CIVIL PARA A AGENDA 2030 (org.). **VI RELATÓRIO LUZ DA SOCIEDADE CIVIL DA AGENDA 2030 DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL BRASIL**. Brasil, 2022. 108 p. Disponível em: https://gtagenda2030.org.br/wp-content/uploads/2022/07/pt_rl_2022_final_web-1.pdf. Acesso em: 10 maio 2024.

HARARI, Y.N. **Sapiens**: uma breve história da humanidade. Lisboa, Portugal: Penguin Random House Grupo Editorial, 2011.

HEACOCK, M.; KELLY, C. B.; SUK, W. A. E-waste: the growing global problem and next steps. **Reviews on Environmental Health**, v. 31, n. 1, p. 33–35, 2015.

HEBER, F.; SILVA, E.M. D. Institucionalização da Política Nacional de Resíduos Sólidos: dilemas e constrangimentos na Região Metropolitana de Aracaju (SE). **Revista da Administração Pública**, v. 48, n. 4, p. 913-937, 2014.

HOBSON, K. Thinking Habits into Action: the role of knowledge and process in questioning household consumption practices. **Local Environment**, v. 8, n. 1, p. 95-112, 2003.

INSTITUTO BRASIL SOLIDÁRIO. Escolas do Ceará são pioneiras em coleta seletiva. Blog Notícias. 2014. Disponível em: http://www.brasilsolidario.com.br/wp-content/uploads/BlogNoticias-IBS-LEVE_web.pdf. Acesso em: 02 maio 2025.

LEITE, L.C.S. *et al.* Exposure to Toxic Metals and Health Risk Assessment through Ingestion of Canned Sardines Sold in Brazil. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2022, 19, 7678, 2022.

LIMA, J.R.; CARDOSO, N.S.; PEREIRA, C.J.E. COLETA SELETIVA: experiência de Crateús no projeto local de entrega voluntária escolar (leve). In: II CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM CIÊNCIAS, 2, 2017, Campina Grande-Pb. **Anais**. Campina Grande-Pb: Conapesc, 2017. p. 1-3.

MAIELLO, A.; BRITTO, A.L.N.P.; VALLE, T.F. Implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Revista de Administração Pública**, [S.L.], v. 52, n. 1, p. 24-51, jan. 2018.

MECHI, A.; SANCHES, D.L. Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 24, n. 68, p. 209–220, 2010. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10475/0>. Acesso em: 08 abr. 2025.

MEYER, B. *et al.* **Macroeconomic modelling of sustainable development and the links between the economy and the environment**: final report. 2011. 89 p.

MIGLIANO, J.E.B.; DEMAJOROVIC, J.; XAVIER, L.H. Shared responsibility and reverse logistics systems for e-waste in Brazil. **Journal of Operations and Supply Chain Management**, v. 7, n. 1, p. 91-109, 2014.

MILBRATH, L. Citizen surveys as citizen participation mechanisms. **Journal of Applied Behavioral Science**, v. 17, n. 4, p. 478-496, 1981.



MORAES, J. L. Os consórcios públicos e a gestão integrada de resíduos em pequenos municípios do Ceará. **Revista Geonorte**, Manaus, v. 3, n. 4, p. 1171-1180, 2012.

MOVIMENTO NACIONAL DOS CATADORES DE MATERIAIS RECICLÁVEIS (MNCR). **Quantos catadores existem em atividade no Brasil?** 2021. Disponível em: <https://www.mnccr.org.br/sobre-o-mnccr/duvidas-frequentes/quantos-catadores-existem-em-atividade-no-brasil>. Acesso em: 04 abr. 2025.

OLSON, M. **A lógica da ação coletiva**: os benefícios públicos e uma teoria dos grupos sociais. São Paulo: Edusp, 1999.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Transformando Nosso Mundo**: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. 2015. Disponível em: https://www.mds.gov.br/webarquivos/publicacao/Brasil_Amigo_Pesso_Idosa/Agenda2030.pdf. Acesso em: 02 maio. 2025.

RAVI, V.; SHANKAR, R.; TIWARI, R. M. Analyzing alternatives in reverse logistics for end-of-life computers: ANP and balanced scorecard approach. **Computers & Industrial Engineering**, v. 48, p. 327-356, 2005.

RAZZOLINI FILHO, E.; BERTÉ, R. O reverso da logística e as questões ambientais no Brasil. Curitiba: **InterSaberes**, 2013.

SAVEGNAGO, C.L. *et al.* A AGENDA 2030 NAS UNIVERSIDADES FEDERAIS BRASILEIRAS: UM ESTUDO EXPLORATÓRIO. **Humanidades e Inovação**, Palmas, v. 9, n. 14, p. 226-238, 2022.

SDSN AUSTRALIA/PACIFIC. Getting started with the SDGs in universities: a guide for universities, higher education institutions, and the academic sector. Australia, New Zealand and Pacific Edition. Melbourne: **Sustainable Development Solutions Network** – Australia/Pacific, 2017. Disponível em: https://irp.cdn-website.com/be6d1d56/files/uploaded/Como%20comecar%20com%20os%20ODS%20nas%20Universidades_18-11-18.pdf. Acesso em: 02 maio 2025.

SEO, E.S.M.; FINGERMAN, N.N. Sustentabilidade na gestão de resíduos sólidos: panorama do segmento eletro eletrônicos. **InterfacEHS-Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 6, n. 3, 2012.

SIQUEIRA, L.C. POLÍTICA AMBIENTAL PARA QUEM? **Ambiente & Sociedade**, Campinas, v. 11, n. 2, p. 425-437, dez. 2008.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE A GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS. **Logística Reversa**. Disponível em: <https://sinir.gov.br/perfis/logistica-reversa/>. Acesso em: 30 jun. 2025.

SMITH, K. B.; LARIMER, C.W. **The public policy theory primer**. Boulder, CO: Westview Press, 2009.

SOUSA, W. M.; ALVES, J. F. P.; SOUSA, C. D. COLETA SELETIVA EM CRATEÚS/CE: um estudo de otimização das ações realizadas pela reciclatória. In: XII SIMPÓSIO ÍTALO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 12, 2014, Natal-RN. **Anais**. Natal-Rn: Abes – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2014. v. 1, p. 1-8.



SOUZA, C. Políticas Públicas: uma revisão de literatura. **Sociologias**, Porto Alegre, v. 8, n. 16, p.20-45, 2006.

STEP INITIATIVE. **Solving the E-Waste Problem (StEP) White Paper: One Global Definition of E-waste**. 2014. Disponível em: https://www.step-initiative.org/files/documents/whitepapers/StEP_WP_One%20Global%20Definition%20of%20E-waste_20140603_amended.pdf. Acesso em: 04 abr. 2025.

TORRES JÚNIOR, P.; CARDOSO, M.R.C. Os desafios da Implementação da Política Estadual de Resíduos Sólidos do Ceará. **Revista Aval**, Fortaleza, v. 1, n. 15, p. 188-199, 2019.

TOWNSEND, T. G. Environmental issues and management strategies for waste electronic and electrical equipment. **Journal of the Air and Waste Management Association**, [S.l.], v. 61, n. 6, p. 587-610, 2011.

TSYDENOVA, O.; BENGTTSSON, M. Chemical hazards associated with treatment of waste electrical and electronic equipment. **Waste Management**, v. 31, n. 1, p. 45-58, 2011.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. **Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos: campus Crateús**. 1a Edição. Fortaleza: UFC, 2021. 21p.

XAVIER, L. H. *et al.* Gestão de resíduos eletroeletrônicos: mapeamento da logística reversa de computadores e componentes no Brasil. In: **SIMPÓSIO IBEROAMERICANO DE INGENIERÍA DE RESIDUOS**, 3., 2010, Ceará. *Anais [...]*. [S.l.]: [s.n.], 2010.

XAVIER, L.H; LINS, F.A.F. Mineração Urbana de resíduos eletroeletrônicos: uma nova fronteira a explorar no Brasil. **Brasil Mineral**, v. 379, n. 1, p. 22-26, 2018.

XAVIER, L. H. *et al.* **Manual de destinação de resíduos eletroeletrônicos: orientações à sociedade sobre como dispor adequadamente os resíduos eletroeletrônicos no estado do Rio de Janeiro**. 3. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2020.

ZAGO, V.C.P.; BARROS, R.T.V. Gestão dos resíduos sólidos orgânicos urbanos no Brasil: do ordenamento jurídico à realidade. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [S.L.], v. 24, n. 2, p. 219-228, 2019.

