

GESTÃO DE RESÍDUOS ELETRÔNICOS EM CONTAGEM: DESAFIOS E PROPOSTAS PARA UM FUTURO SUSTENTÁVEL



<https://doi.org/10.56238/arev6n4-434>

Data de submissão: 26/11/2024

Data de publicação: 26/12/2024

Edgar Vladimiro Mantilla Carrasco

Doutor em Engenharia de estruturas

Professor da Universidade Federal de Minas Gerais – Escola de Arquitetura.

E-mail: mantilla.carrasco@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7870-0283>.

Marina Ferreira Lapa de Oliveira

Mestrado em administração

Doutoranda em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável - Universidade Federal de Minas Gerais.

E-mail: marinaejrq@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-4849-8762>

Guilherme Antônio Michelin

Doutor em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável.

Professor da Universidade Mackenzie.

E-mail: guilherme.michelin@mackenzie.br,

ORCID: 0000-0002-8311-653X

Matheus Barreto de Góes

Mestre em Construção Civil .

Doutorando em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável, Universidade Federal de Minas Gerais

E-mail: matheusbarretog@hotmail.com.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3079-9963>

RESUMO

Este estudo analisa a gestão do lixo eletrônico em Contagem, Minas Gerais, com foco em ações inovadoras de logística reversa por meio de parcerias público-privadas. A pesquisa adota uma abordagem qualitativa, baseada em análise documental da legislação federal, estadual e municipal, além de dados coletados junto à Prefeitura de Contagem e ao Rotary Club Cidade Industrial. Os objetivos incluem traçar o panorama atual da gestão eletroeletrônica no município, identificar as principais parcerias determinantes e avaliar a eficácia das iniciativas de logística reversa. Metodologicamente, realizou-se uma revisão bibliográfica abrangente, complementada por pesquisa documental e contatos diretos com gestores municipais e parceiros envolvidos. Os resultados revelam uma estrutura de gestão baseada em acordos entre a prefeitura e associações de catadores, além de um projeto inovador do Rotary Club que combina reciclagem de eletrônicos com capacitação profissional para jovens. Conclui-se que as parcerias determinantes têm potencial para melhorar significativamente a gestão de resíduos eletrônicos em Contagem, embora ainda existam desafios quanto à expansão e sustentabilidade dessas iniciativas. Este estudo contribui para a compreensão das práticas de gestão de resíduos eletrônicos no âmbito municipal, fornecendo insights importantes para gestores públicos e pesquisadores da área.

Palavras-chave: Lixo Eletrônico, Logística Reversa, Parcerias Público-Privadas, Gestão Ambiental, Contagem-MG.

1 INTRODUÇÃO

A revolução tecnológica do século 20 trouxe avanços extraordinários para a humanidade, transformando profundamente a sociedade em vários aspectos, desde a comunicação até a automação de processos industriais. No entanto, com esses avanços, novos desafios surgiram, entre eles, a crescente geração de lixo eletrônico (E-lixo), também conhecido como E-scrap. Esse tipo de desperdício, que inclui desde pequenos dispositivos, como telefones celulares e baterias, até grandes equipamentos, como televisores e computadores, representa um dos maiores desafios ambientais e de saúde pública do nosso tempo (Alhaij, 2007; Catão, 2019; Mansuy et al., 2020; Kanta et al., 2024).

O cenário global de geração de lixo eletrônico é alarmante. De acordo com estimativas de Jabbour et al. (2023), cerca de 55,5 milhões de toneladas métricas de lixo eletrônico foram geradas globalmente em 2020, com projeções apontando para um aumento para 74,7 milhões de toneladas até 2030. Esse crescimento exponencial está diretamente relacionado ao rápido avanço tecnológico e à crescente acessibilidade dos dispositivos eletrônicos a uma parcela maior da população global.

No Brasil, a situação é igualmente preocupante. Aproximadamente 500 mil toneladas de lixo eletrônico são descartadas indevidamente anualmente, comprometendo o meio ambiente e a saúde pública (Aguiar, 2017; PR, 2024). Essa gestão inadequada do lixo eletrônico é uma preocupação crescente, especialmente nos países em desenvolvimento. O descarte inadequado em lixões a céu aberto pode liberar substâncias tóxicas como chumbo, mercúrio e cádmio, que são prejudiciais ao meio ambiente e à saúde humana (Panda et al., 2021; 2023). Além disso, a incineração desses materiais resulta na geração de gases tóxicos e partículas finas de poeira, apresentando riscos potenciais de poluição do ar e do solo (Bagwan, 2024; Jabbour et al., 2023).

A questão do lixo eletrônico está intimamente ligada ao fenômeno da obsolescência programada, estratégia adotada pela indústria para limitar a vida útil dos produtos e estimular o consumo contínuo. Essa prática, associada ao crescimento exponencial do mercado de eletrônicos, resulta em um volume cada vez maior de resíduos (Organização Internacional do Trabalho, 2024; Ahirwar & Tripathi, 2021).

Diante desse cenário, o presente estudo tem como objetivos: 1. Analisar a gestão do lixo eletrônico em Contagem, Minas Gerais, com foco em ações inovadoras de logística reversa por meio de parcerias público-privadas. 2. Delinear o panorama atual da gestão eletrônica no concelho. 3. Identificar as principais parcerias determinantes na gestão de lixo eletrônico em Contagem. Avaliar a eficácia das iniciativas de logística reversa implementadas no município. Contribuir para a compreensão das práticas de gestão de lixo eletrônico no nível municipal, fornecendo insights importantes para gestores públicos e pesquisadores da área.

Este estudo adota uma abordagem qualitativa, baseada na análise documental da legislação federal, estadual e municipal, bem como de dados coletados junto à Prefeitura Municipal de Contagem e ao Rotary Club Cidade Industrial. Através de uma revisão abrangente da literatura e análise de iniciativas locais, pretendemos fornecer uma visão abrangente dos desafios e oportunidades na gestão de resíduos eletrônicos em Contagem, contribuindo para o desenvolvimento de políticas públicas mais eficazes e sustentáveis neste setor.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 EVOLUÇÃO DA LEGISLAÇÃO SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS

A gestão de resíduos sólidos, incluindo o lixo eletrônico, tem sido objeto de crescente preocupação e regulamentação nas últimas décadas, tanto internacional quanto nacionalmente. O marco inicial dessa evolução legislativa pode ser atribuído à Convenção de Basileia sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e sua Eliminação, adotada em 1989. Essa convenção estabeleceu diretrizes para o controle do transporte e descarte de resíduos perigosos, especialmente em países em desenvolvimento, que muitas vezes se tornaram destinos de lixo eletrônico produzido por nações industrializadas (Beck, 2010; Kanta et al., 2024; Bilesan et al., 2021; Blumbergs et al., 2022).

No contexto brasileiro, a evolução legislativa sobre resíduos sólidos começou a tomar forma com a criação da Política Nacional do Meio Ambiente (NEP) pela Lei nº 6.938/81, que estabeleceu diretrizes gerais para a proteção ambiental no país (Brasil, 1981). A Constituição Federal de 1988 consolidou o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado em seu artigo 225, introduzindo a responsabilidade compartilhada entre o governo e a sociedade na preservação ambiental (Brasil, 1988).

Um avanço significativo ocorreu com a promulgação da Lei nº 9.605/98, que trata das sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, abrangendo também o manejo inadequado de resíduos sólidos (Brasil, 1998). No entanto, o marco mais importante na gestão de resíduos sólidos no Brasil veio com a criação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) pela Lei nº 12.305/10. Essa lei estabeleceu princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes para a gestão e manejo integrado de resíduos sólidos, incluindo resíduos perigosos, atribuindo responsabilidades aos geradores e ao poder público (Brasil, 2010; Rauber, 2011; Maiello et al., 2018).

O NSWP introduziu conceitos fundamentais como a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto e a logística reversa, que se tornaram pilares para a gestão de lixo eletrônico no país. Além disso, a lei estabeleceu uma hierarquia na gestão de resíduos, priorizando a não geração,

redução, reutilização, reciclagem, tratamento de resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos resíduos (Guanabara et al., 2008).

2.2 LOGÍSTICA REVERSA E ECONOMIA CIRCULAR

A logística reversa, um dos conceitos centrais introduzidos pelo PNRS, é definida como um instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios que visam viabilizar a coleta e o retorno de resíduos sólidos ao setor empresarial para reutilização, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outras destinações finais ambientalmente adequadas (Brasil, 2010; Gurgel et al., 2024).

No contexto do lixo eletrônico, a logística reversa desempenha um papel crucial, pois permite que esses materiais retornem ao ciclo de produção, reduzindo o impacto ambiental e recuperando recursos valiosos. A implementação efetiva da logística reversa para lixo eletrônico envolve a criação de sistemas de coleta, triagem, desmontagem e reciclagem, bem como o desenvolvimento de tecnologias para recuperação de materiais (Neves et al., 2024).

A importância da logística reversa foi reforçada em 2022, com a inclusão de um capítulo específico na legislação brasileira, demonstrando a crescente preocupação com o descarte correto do lixo eletrônico (Catão, 2019). Esse avanço legislativo reflete a necessidade de abordar de forma mais eficaz os desafios específicos associados ao gerenciamento de lixo eletrônico.

A logística reversa está intimamente ligada ao conceito de economia circular, que propõe um modelo econômico regenerativo e restaurador por design. No contexto do lixo eletrônico, a economia circular envolve o design de produtos para durabilidade, reparabilidade e reciclabilidade, bem como o estabelecimento de sistemas eficientes para coleta e processamento de lixo eletrônico. Esse modelo contrasta com a abordagem linear tradicional de "pegar-fazer-descartar", buscando maximizar o valor dos recursos e minimizar o desperdício (Ellen MacArthur Foundation, 2013).

A transição para uma economia circular no setor eletrônico envolve não apenas mudanças nos processos de produção e reciclagem, mas também uma transformação nos modelos de negócios e nos padrões de consumo. Isso inclui a promoção de práticas como design para desmontagem, oferta de serviços de reparo e atualização e desenvolvimento de modelos de negócios baseados em serviços em vez de propriedade (Parajuly et al., 2024).

2.3 GESTÃO DE LIXO ELETRÔNICO NO BRASIL

Apesar dos avanços legislativos, o cenário prático da gestão de lixo eletrônico no Brasil ainda enfrenta desafios significativos. O país é um dos maiores produtores de lixo eletrônico da América

Latina, com aproximadamente 500.000 toneladas de lixo eletrônico descartados anualmente (Organização Internacional do Trabalho, 2024). No entanto, o sistema de coleta e reciclagem ainda é incipiente e desigual, com grande parte desse lixo eletrônico não sendo reciclado adequadamente.

Os desafios incluem a falta de infraestrutura adequada para coleta e processamento, baixa conscientização pública sobre a importância do descarte adequado e a presença de um setor informal de reciclagem que muitas vezes opera em condições precárias e inseguras (Alhaij, 2007; Catão, 2019). Além disso, a complexidade e a rápida evolução dos produtos eletrônicos tornam a reciclagem um processo tecnicamente desafiador e economicamente caro.

Por outro lado, o lixo eletrônico representa uma fonte potencial de metais valiosos, como cobre, ouro e prata, que podem ser recuperados por meio de processos de reciclagem sustentáveis (Nithya et al., 2018; 2021). No entanto, a recuperação desses materiais é complexa devido à composição heterogênea dos equipamentos eletrônicos e à falta de tecnologias adequadas para sua separação e reciclagem (Marques et al., 2013; Kanta et al., 2024).

A gestão inadequada de lixo eletrônico, especialmente em países em desenvolvimento como o Brasil, onde predomina a reciclagem informal, pode levar a riscos ocupacionais e ambientais significativos (Xu et al., 2023). Metais pesados, como mercúrio, chumbo e cádmio, presentes em muitos desses dispositivos, são altamente tóxicos e, quando descartados de forma inadequada, podem contaminar o solo, a água e o ar, apresentando riscos diretos aos trabalhadores envolvidos no manuseio desses resíduos (Beck, 2010; Alhaij, 2007; Bilbao, 2012; Neves et al., 2024).

Diante desses desafios, iniciativas inovadoras e parcerias público-privadas têm surgido como estratégias promissoras para melhorar a gestão de lixo eletrônico no Brasil. Essas iniciativas incluem a criação de pontos de coleta em parceria com varejistas, programas de educação ambiental e desenvolvimento de tecnologias de reciclagem mais eficientes e sustentáveis. Além disso, a colaboração entre governos locais, empresas e organizações da sociedade civil tem se mostrado fundamental para o sucesso dessas iniciativas (Scheren & Ferreira, 2004; Gregório et al., 2023).

Em resumo, a gestão de lixo eletrônico no Brasil representa um desafio complexo e multifacetado que requer uma abordagem integrada e colaborativa. A implementação efetiva da legislação existente, o desenvolvimento de infraestrutura adequada, a promoção da conscientização pública e o incentivo à inovação tecnológica são elementos cruciais para avançar em direção a uma gestão mais sustentável e eficiente do lixo eletrônico no país.

3 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste estudo é predominantemente qualitativa, com foco na análise documental e na pesquisa exploratória. Vários métodos foram utilizados para coleta e análise de dados, conforme descrito a seguir:

A primeira etapa da pesquisa consistiu em uma extensa revisão bibliográfica, envolvendo livros, artigos científicos, documentos técnicos, legislação e manuais. O objetivo desta revisão foi aprofundar o conhecimento sobre o tema da gestão de lixo eletrônico, enfatizando aspectos como logística reversa, parcerias público-privadas e políticas de gestão ambiental. A revisão permitiu a construção de um arcabouço teórico robusto, essencial para contextualizar o estudo e definir as bases para a análise posterior.

Além da revisão bibliográfica, a pesquisa também contou com a coleta de dados documentais. Esses dados foram obtidos por meio de documentos oficiais, como legislações federais, estaduais e municipais, relatórios de gestão e outros materiais inéditos que fornecem informações detalhadas sobre as práticas de gestão de resíduos em Contagem. Essa abordagem permitiu o acesso a informações primárias que não haviam passado por tratamento analítico prévio, conforme descrito por Kripka et al. (2015).

Para complementar a análise documental, foram realizados contatos diretos com gestores da Secretaria de Gestão de Resíduos do município de Contagem. Estes contactos tiveram como objetivo verificar onde e como poderia ser recolhida informação sobre a gestão de artigos não utilizáveis (como entulho, mobiliário, pneus e aparas de jardim), sobretudo através dos Ecopontos da cidade. Vale ressaltar que os Ecopontos são grandes locais que servem para coletar diversos tipos de resíduos, como descarte de móveis, entulhos, pneus e aparas de árvores.

A análise dos dados coletados foi realizada de forma qualitativa, permitindo uma interpretação mais aprofundada das práticas de gestão de resíduos no município de Contagem. O foco foi identificar padrões, desafios e oportunidades relacionados à logística reversa e à sustentabilidade das iniciativas de gerenciamento de lixo eletrônico.

O estudo também considerou o impacto do Projeto Global da Fundação Rotária, desenvolvido pelo Rotary Club de Contagem, Cidade Industrial, no contexto da gestão de lixo eletrônico. Este projeto alia a reciclagem de eletroeletrônicos à capacitação profissional de jovens, contribuindo para o desenvolvimento econômico e social da comunidade do bairro Bela Vista. A metodologia envolveu a análise de documentos e relatórios fornecidos pelo Rotary Club, bem como visitas aos locais de implementação do projeto.

Por fim, a pesquisa é classificada como exploratória, conforme definido por Gil (2017), pois buscou alinhar a familiaridade com o tema de estudo, delineando de forma mais explícita o tema abordado e proporcionando a possibilidade de formulação de hipóteses para estudos futuros.

4 LEGISLAÇÃO PARA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E ELETRÔNICOS EM MINAS GERAIS E CONTAGEM

Em relação à legislação de base para a gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), particularmente por meio da logística reversa em âmbito nacional, foi editado o Decreto Federal nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022, que revoga os anteriores decretos federais nº 7.404/2010 e nº 9.177/2017. Esse decreto publicado em 2022 regulamentou o NSWP (Lei 12.305/2010) e incorporou os princípios da isonomia, ações que antes eram reguladas pelos referidos decretos revogados. Anteriormente, o Decreto nº 7404/2010 regulamentou o PNRS, instituiu o Comitê Gestor para a implantação de Sistemas de Logística Reversa e elencou instrumentos para implantação de sistemas de logística reversa, como regulamentos, acordos setoriais e termos de compromisso.

Em 2017, foi publicado o Decreto Federal nº 9.177, com o objetivo de resolver questões relacionadas a quem deveria firmar acordos setoriais sobre logística reversa. Esse decreto, por meio de isonomia, estipulou que fabricantes, importadores, distribuidores e varejistas de produtos, bem como dos resíduos gerados, embalagens, sujeitos à logística reversa, que não fossem signatários de acordo setorial ou termo de compromisso com a União, seriam obrigados a estruturar e implantar sistemas de logística reversa. Tais obrigações também eram de responsabilidade dos signatários e aderentes dos acordos setoriais firmados com o governo federal.

Em 9 de fevereiro de 2024, em Minas Gerais, a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável publicou a Deliberação Normativa nº 249/2024, de 30 de janeiro de 2024, ato normativo que definiu diretrizes para a implantação, operação e monitoramento de sistemas de logística reversa no estado de Minas Gerais. Essa deliberação estabeleceu o compromisso das partes interessadas em estruturar sistemas de logística reversa, estabelecendo metas para fabricantes, importadores, distribuidores e varejistas de produtos eletrônicos domésticos, seus componentes e embalagens; baterias portáteis; baterias de chumbo-ácido automotivas, industriais e de motocicletas; lâmpadas fluorescentes, vapor de sódio, vapor de mercúrio e lâmpadas de luz mista; embalagens de lubrificantes; embalagens gerais de plástico, papel, papelão, metais e vidro; medicamentos domésticos vencidos ou não utilizados e suas embalagens; pneus inutilizáveis.

No município de Contagem, além de seguir as normas estabelecidas pela Lei nº 12.305/2010 – PNRS e normas normativas estaduais, o município também delimita suas atividades por meio da Lei

nº 18.031/2009, que traz a Política Estadual de Resíduos Sólidos. A Lei Municipal nº 3.676/2003 trata da Coleta Seletiva (Contagem, 2003). O município de Contagem também possui a Lei Municipal nº 188/2014, que trata da Política e diretrizes para a Limpeza no Município de Contagem (Contagem, 2014). Essa legislação municipal inclui o Capítulo VII, que trata do sistema de logística reversa e caracteriza os seguintes resíduos para gerenciamento por meio da logística reversa: I - agrotóxicos, seus resíduos e embalagens, bem como outros produtos cuja embalagem, após o uso, constitua resíduo perigoso; II - baterias; III - pneus; IV - óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens; V - lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio, de vapor de mercúrio e de luz mista; VI - produtos eletrônicos e seus componentes.

Além da Lei 12.305/2010, que trata da Política Nacional de Resíduos Sólidos, podem ser citadas normas relevantes que se entrelaçam por meio de definições de meios de disposição final e gerenciamento por categorias de resíduos e especificidades comuns que cada uma possui. Assim, algumas normas podem ser citadas, como a Resolução nº 416 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (NEC), de 30 de setembro de 2009, que trata do Descarte de Pneus Inservíveis. A Resolução NEC nº 362, de 23 de junho de 2005, trata da coleta e destinação final de óleo lubrificante usado ou contaminado. A Portaria Interministerial (Ministério de Minas e Energia e Ministério do Meio Ambiente e Mudanças Climáticas) nº 4, de 28 de dezembro de 2023, define percentuais mínimos de coleta de óleos lubrificantes usados ou contaminados coletados, para o quadriênio 2024-2027.

Por outro lado, a Resolução NEC nº 401, de 4 de novembro de 2008, estabelece critérios e padrões para o gerenciamento ambientalmente adequado de baterias. Da mesma forma, a Instrução Normativa nº 8 (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), de 30 de setembro de 2012, elenca procedimentos relacionados ao controle de recebimento e destinação final de baterias.

A Lei Federal nº 14.785, de 27 de dezembro de 2023, trata da pesquisa, experimentação, produção, embalagem, rotulagem, transporte, armazenamento, comercialização, utilização, importação, exportação, destinação final de resíduos e embalagens, registro, classificação, controle, fiscalização e monitoramento de agrotóxicos, produtos de controle ambiental, seus produtos técnicos e produtos correlatos. A Resolução NEC nº 465, de 5 de dezembro de 2014, dispõe sobre critérios para o licenciamento ambiental de estabelecimentos que recebem embalagens de agrotóxicos e produtos correlatos.

A Resolução do Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial nº 01, de 5 de julho de 2016, dispõe sobre a aprovação da importação de lâmpadas. O Decreto Federal nº 10240, de 12 de fevereiro de 2020, trata da logística reversa de produtos eletroeletrônicos domésticos

e seus componentes. O Decreto Federal nº 10388, de 5 de junho de 2020, trata da logística reversa de medicamentos domiciliares vencidos ou em desuso, de uso humano, industrializados e manipulados, e suas embalagens. A Instrução Normativa nº 8, de 20 de julho de 2021, especifica os casos de obrigatoriedade de emissão da Autorização Ambiental para Transporte de Produtos Perigosos para transporte interestadual de lixo eletrônico.

O Decreto nº 11.043, de 13 de abril de 2022, aprovou o Plano Nacional de Resíduos Sólidos. O Decreto nº 11.300, de 21 de dezembro de 2022, instituiu o sistema de logística reversa de embalagens de vidro. O Decreto Federal nº 11413, de 13 de fevereiro de 2023, instituiu o Certificado de Crédito de Reciclagem de Logística Reversa, o Certificado de Estruturação e Reciclagem de Embalagens e o Certificado de Crédito de Massa Futura, no âmbito dos sistemas de logística reversa de que trata o artigo 33 da Lei nº 12.305, de 2010. A Portaria nº 1.011 do Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MECC), de 11 de março de 2024, estabeleceu o modelo padrão do relatório anual de resultados, no âmbito dos sistemas de logística reversa conforme artigo 33 da Lei nº 12.305, de 2010.

A Portaria MECC nº 1.018, de 19 de março de 2024, dispõe sobre os procedimentos para o registro e habilitação de cooperativas e associações de catadores de materiais recicláveis e reutilizáveis no Sistema Nacional de Informações sobre Gerenciamento de Resíduos Sólidos (SINIR). A Lei nº 14.260, de 8 de dezembro de 2021, estabelece incentivos para a indústria de reciclagem; e cria o Fundo de Apoio a Ações de Reciclagem e Fundos de Investimento para Projetos de Reciclagem. O Decreto nº 12.106, de 10 de julho de 2024, regulamentou o incentivo fiscal para a cadeia produtiva da reciclagem estabelecido na Lei nº 14.260, de 8 de dezembro de 2021. Por fim, a Portaria MECC nº 1.102, de 12 de julho de 2024, regulamentou dispositivos do Decreto nº 11.413, de 2023, no âmbito dos sistemas gerais de logística reversa de embalagens, e os critérios para qualificação das entidades gestoras e geradoras.

A próxima seção apresenta dados e fatos relevantes que se alinham com as justificativas para a escolha da região de análise desta pesquisa em Minas Gerais.

4.1 MINAS DE MESORREGION BOAS

Para esclarecer a escolha da região de análise para esta pesquisa, é importante descrever dados relevantes que se alinham com os objetivos desta pesquisa. Assim, pode-se citar que o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), fez a divisão geográfica do estado de Minas Gerais em 12 mesorregiões, que englobam 66 microrregiões desde 1989. Em 2017, o IBGE criou um novo quadro regional brasileiro, com novas divisões geográficas chamadas de regiões geográficas intermediárias e imediatas, o IBGE (2024).

A Mesorregião de Belo Horizonte em Minas Gerais é composta por 24 municípios, sendo eles: Belo Horizonte, Betim, Brumadinho, Caeté, Confins, Contagem, Esmeraldas, Ibirité, Igarapé, Juatuba, Lagoa Santa, Mário Campos, Mateus Leme, Nova Lima, Pedro Leopoldo, Raposos, Ribeirão das Neves, Rio Acima, Sabará, Santa Luzia, São Joaquim de Bicas, São José da Lapa, Sarzedo e Vespasiano. A Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte em Minas Gerais, conforme mostra a Figura 1, que mostra um mapa de Minas Gerais, foi escolhida para esta pesquisa porque, além de ser uma das doze mesorregiões do Estado de Minas Gerais, segundo o IBGE (2024). Além disso, questões socioeconômicas como o IDH de 0,756 nortearam a escolha desse recorte territorial para esta pesquisa.

Figura 1 - Mapa de Minas Gerais mostrando seus municípios agrupados em microrregiões, que por sua vez são agrupadas em mesorregiões.



Fonte: IBGE (2024)

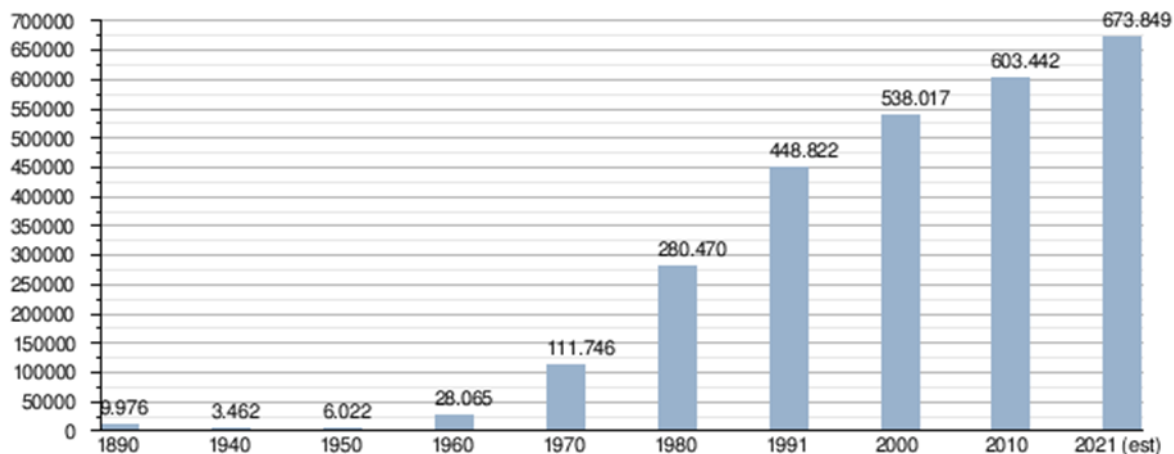
A economia de Contagem é baseada, segundo o IBGE (2024), principalmente no comércio (30,65%) e na indústria (25,71%), com IDH de 0,756, seu Produto Interno Bruto (PIB) de R\$ 36.479.764,96 e o PIB per capita de R\$ 54.136,41.

De acordo com o IBGE (2024), durante o IV Congresso Comercial, Industrial e Agrícola, realizado em Belo Horizonte em 1935, surgiu a proposta de concentrar as atividades industriais de mineração em uma área específica. Essa proposta visava superar o atraso econômico de Minas Gerais e representava uma aposta no caminho da industrialização. Devido a essa orientação política, em 1941, o governador Benedito Valadares (1933-1945) inaugurou o sistema de distritos industriais que também seria construído em Minas Gerais nas décadas seguintes. Assim, foi criado o Parque Industrial, que mais tarde recebeu o nome de Cidade Industrial, em Contagem, próximo à capital. Vale ressaltar que essa foi a primeira e principal medida resultante dessa nova política.

Mais tarde, em 1970, por iniciativa do setor público, foi iniciado o segundo grande projeto de expansão industrial em Minas, localizado em Contagem. A lei municipal nº 911, de 16 de abril, implantou o Polo Industrial de Contagem, conhecido pela sigla "CINCO". Esse projeto determinou a instalação de 100 novas fábricas e a criação de 20 mil novos empregos, utilizando recursos do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (40%) e também da Prefeitura Municipal de Contagem (60%). Em 1974, foi criado o centro de distribuição da Central de Abastecimento de Minas Gerais (CEASA), e também o surgimento do verdadeiro centro comercial da cidade, atualmente Eldorado. O centro de distribuição da CEASA é o mais diversificado do Brasil, ocupando o segundo lugar nacional na venda de produtos hortifrutigranjeiros. (IBGE, 2024)

Na Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte, o município de Contagem foi escolhido para a pesquisa e faz parte da Microrregião de Belo Horizonte. De acordo com o IBGE (2024), Contagem é um município do estado de Minas Gerais, Região Sudeste do país. Pertence à Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte em Minas Gerais, Microrregião de Belo Horizonte, e é o terceiro município mais populoso do estado, com um censo de 621.865 habitantes, de acordo com o censo de 2022, conforme indicado pela evolução demográfica na Figura 2.

Figura 2 - Evolução demográfica de Contagem (1890-2021), em habitantes.

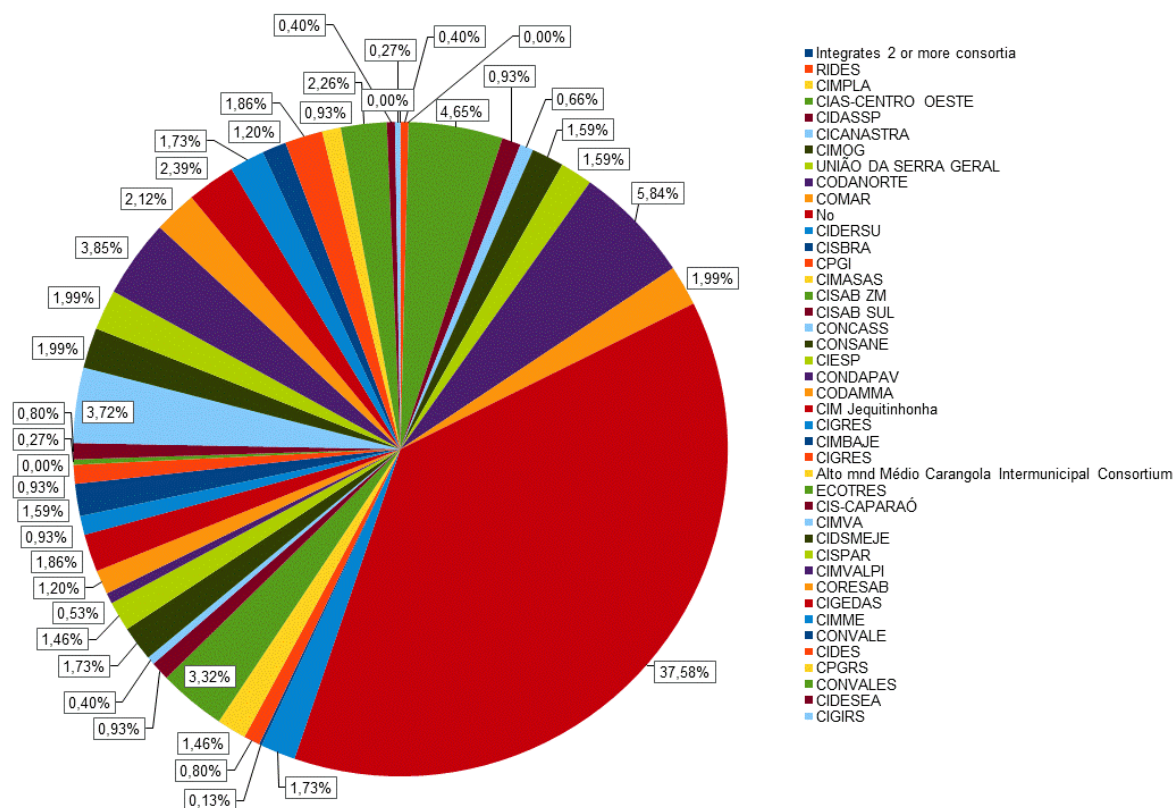


Fonte: IBGE (2024)

De acordo com o IDE-Sisema (2024), Contagem está entre os municípios mineiros que gerenciam resíduos sem aderir à gestão por meio dos instrumentos legais dos Consórcios Públicos, com um total de 34% dos municípios mineiros gerenciando resíduos sólidos por meios próprios, sem parcerias com outros municípios, como mostra a Figura 3.

Assim, a próxima seção apresenta as parcerias entre a Prefeitura Municipal de Contagem e associações para a destinação final de lixo eletrônico.

Figura 3 - Consórcios de Resíduos Sólidos em Minas Gerais e Municípios Não Consorciados - Plataforma IDE-Sisema.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024)

Onde: RIDES - Região Integrada de Desenvolvimento Sustentável; CIMPLA - Consórcio Intermunicipal Multifinalizado do Planalto de Araxá; CIAS-CENTRO OESTE - Consórcio Intermunicipal de Aterros Sanitários do Centro-Oeste de Minas Gerais; CIDASSP - Consórcio Intermunicipal para o Desenvolvimento Sustentável da Região de São Sebastião do Paraíso; CICANASTRA - Consórcio Intermunicipal Serra da Canastra; CIMOG - Consórcio Intermunicipal da Baixa Mogiana; UNIÃO DA SERRA GERAL - General Saw Union; CODANORTE - Consórcio Intermunicipal Multipropósito para o Desenvolvimento Ambiental Sustentável do Norte de Minas Gerais; COMAR - Consórcio Público Multipropósito Alto Rio Pardo; CIDERSU - Consórcio Intermunicipal para o Desenvolvimento Regional Sustentável; CISBRA - Consórcio Intermunicipal de Saneamento Básico da Região do Circuito das Águas; CPGI - Consórcio Público de Gestão Integrada; CIMASAS - Consórcio Intermunicipal de Municípios da Microrregião do Alto Sapucaí; CISAB ZM - Consórcio Intermunicipal de Saneamento Básico da Zona da Mata de Minas Gerais; CISAB SUL - Consórcio Intermunicipal de Saneamento Básico da Zona da Mata de Minas Gerais; CONCASS - Consórcio Intermunicipal de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos; CONSANE - Consórcio Regional de Saneamento Básico; CIESP - Consórcio Intermunicipal de Especialidades; CONDAPAV - Consórcio Público para o Desenvolvimento da Microrregião do Alto Paraopeba e Vertentes; CODAMMA - Consórcio de Desenvolvimento para a área de Municípios da Microrregião da Mantiqueira; CIM Jequitinhonha - Consórcio Intermunicipal Multipropósito Jequitinhonha; CIGRES - Consórcio Intermunicipal de Gestão de Resíduos Sólidos; CIMBAJE - Consórcio Intermunicipal Multipropósito Baixo Jequitinhonha; CIGRES - Consórcio Intermunicipal de Gestão de Resíduos Sólidos; ECOTRES - Consórcio Intermunicipal de Tratamento de Resíduos Sólidos; CIS-CAPARAÓ - Consórcio Intermunicipal Multissetorial do Entorno do Caparaó; CIMVA - Consórcio Intermunicipal de Fins Múltiplos do Vale do Aço; CIDSMEJE - Consórcio Intermunicipal para o Desenvolvimento Sustentável do médio Jequitinhonha; CISPAR - Consórcio Público Intermunicipal de Desenvolvimento Sustentável do Alto Parnaíba; CIMVALPI - Consórcio Intermunicipal Multissetorial Vale do Piranga; CORESAB - Consórcio Regional de Saneamento Básico da Central de Minas Gerais; CIGEDAS - Consórcio Intermunicipal para a Gestão Ambiental Sustentável e Desenvolvimento de Cepas; CIMME - Consórcio Intermunicipal Multiusos do Médio Espinhaço; CONVALE - Consórcio Intermunicipal de Desenvolvimento Regional do Vale do Rio Grande; CIDES - Consórcio Público Intermunicipal para o Desenvolvimento Sustentável do Triângulo Mineiro e Alto Parnaíba; CPGRS - Consórcio Público de Gestão de Resíduos Sólidos; CONVALES - Consórcio para o Desenvolvimento e Valorização dos Municípios; CIDESEA - Consórcio Público Intermunicipal para o Desenvolvimento

Sustentável do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba; CIGIRS - Consórcio Intermunicipal para a Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.

4.2 PARCERIAS ENTRE ASSOCIAÇÕES E MUNICÍPIO DE CONTAGEM

Em toda a administração municipal, o município de Contagem estabelece parcerias para tornar a gestão de resíduos cada vez mais eficiente, como exemplo para auxiliar na etapa de triagem do programa municipal de coleta seletiva, da Associação Rede Solidária de Contagem (Coopercata) e da Associação dos Catadores Autônomos de Materiais Recicláveis de Contagem (Asmac). Por meio do Edital 13737077 datado de 13 de agosto de 2021, a Asmac assinou um Termo de Compromisso no Procedimento de Habilitação de Associações e Cooperativas de Catadores de Material Reciclável de Contagem (Contagem, 2024).

Esses serviços públicos são gerenciados, em Contagem, pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Tanto a Asmac quanto a Coopercata são organizações constituídas por pessoas de baixa renda e vulnerabilidade social que buscam, na atividade de descarte de resíduos, um importante ponto de apoio para a manutenção de sua dignidade (Contagem, 2024).

Em parceria com a Prefeitura de Contagem e diretamente ligada ao Rotary Club no projeto de capacitação de jovens, a Associação Comunitária do Bairro Bela Vista, (Ascobev) é uma associação que apoia o projeto de gestão de lixo eletrônico em Contagem. Esta associação foi regulamentada pela Lei nº 22.329, de 11/11/2016, por ter sido declarada de utilidade pública, fundada em 01/09/1983, com sede no Município de Contagem, trata-se de uma entidade com personalidade jurídica, de direito privado, sem fins lucrativos, com duração indeterminada. Seu principal objetivo é promover a mobilidade social e o bem-estar social das comunidades envolvidas por meio do apoio a iniciativas privadas ou públicas (Contagem, 2024).

De acordo com o site, a Prefeitura de Contagem informa que renovou, no dia 21 de agosto de 2023, o contrato de prestação de serviços com associações de materiais recicláveis. Essa renovação ampliou o Programa Municipal de Coleta Seletiva de 63 para 71 bairros da cidade, bem como a incorporação de mais um veículo à frota que presta o serviço. Essa parceria entre o Município e as associações de Catadores Autônomos de Materiais Recicláveis – Asmac e a Rede Solidária de Contagem – Coopercata, beneficia atualmente mais de trezentas pessoas que fazem parte do núcleo familiar dos 80 catadores associados. Essa ação demonstra a importância de tais parcerias na gestão municipal, pois afetam não apenas a gestão de resíduos, mas também as famílias envolvidas nos processos de reciclagem e destinação final em geral (Contagem, 2024).

A expansão da coleta seletiva também foi estendida para os bairros Pedra Azul e Xangrilá, na Região Nacional; e nos bairros Eldorado, Glória, Jardim Eldorado, Novo Eldorado e Santa Cruz, na

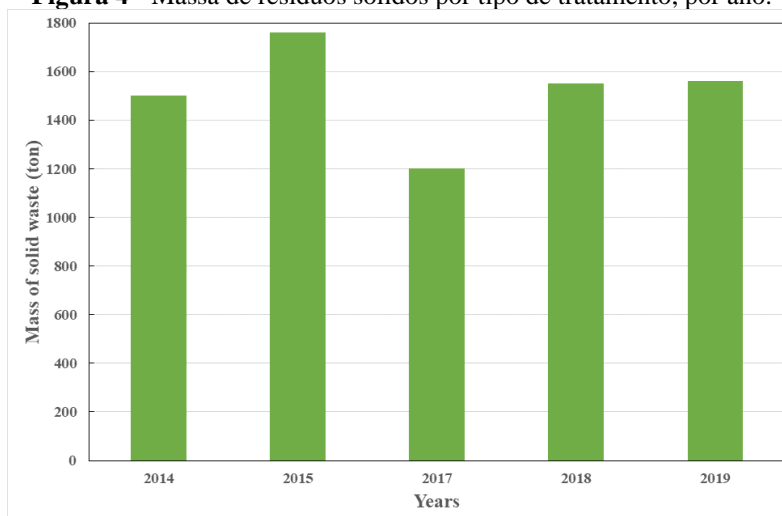
Região Eldorado. Desde 2002, esse programa faz parte das ações de políticas públicas socioambientais da Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, consolidadas em 2015, por meio do Plano Municipal de Coleta Seletiva. Esse plano municipal prevê que até 2036 todos os bairros do município serão atendidos pela coleta seletiva, assim como a coleta convencional já atende todos os bairros (Contagem, 2024).

Em conjunto com a Ascobev, a Prefeitura de Contagem utilizou o antigo galpão de carpintaria do município para armazenamento de resíduos. No entanto, em 2023, formalmente por meio de um acordo com a Ascobev, passou a usar um armazém de 300 metros onde o lixo eletrônico é reciclado e usado por meio de um acordo de cooperação. Nesse local, são recebidos resíduos como notebooks doados e material eletrônico utilizado no curso administrado pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai) e Rotary Club. Algumas peças são usadas em outros equipamentos para revenda dentro da comunidade. A renda resultante das peças é revertida para a Associação de Moradores do Bairro Bela Vista, que não tem fins lucrativos, gerando inclusão digital para pessoas carentes que obtêm acesso à tecnologia da informação por meio do projeto (Contagem, 2024).

4.3 MOVIMENTAÇÃO DE LIXO ELETRÔNICO EM MINAS GERAIS

A plataforma SINIR utiliza indicadores de gestão compartilhada de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) para exibir dados de gestão de resíduos no país. Como pode ser visto na Figura 4, o município de Contagem utiliza predominantemente a reciclagem como método de disposição final entre os métodos de disposição final de resíduos listados na pesquisa, que incluem compostagem, incineração, reciclagem e recuperação energética (SINIR, 2024).

Figura 4 - Massa de resíduos sólidos por tipo de tratamento, por ano.



Fonte: Elaborado pelos autores do SINIR (2024)

Considerando que a reciclagem foi identificada como o método de disposição final mais utilizado em Contagem durante os anos de investigação entre 2014 e 2019 pelo sistema nacional brasileiro SINIR, é importante destacar as características desse método de disposição final. De acordo com Gregório et al. (2023), os processos de reciclagem ajudam a minimizar o impacto ambiental e social dos resíduos gerados, e as cooperativas de catadores surgem como um meio alternativo para reduzir os impactos do acúmulo de resíduos, bem como uma fonte de renda para as pessoas que formam as cooperativas.

De acordo com Barros (2012), a reciclagem é processada por meio da reinserção no sistema econômico de parte do material e/ou energia do que se tornaria resíduo destinado a aterro sanitário ou outro método de disposição irregular. A reciclagem permite a redução do uso de recursos naturais por meio do processamento de resíduos para uso como matéria-prima na produção de bens, ou seja, substituindo a matéria-prima virgem.

A próxima seção discute ações do curso para jovens em conjunto com a Prefeitura Municipal de Contagem, Senai e Rotary Club Cidade Industrial com foco central no descarte final de eletroeletrônicos por meio da reciclagem, tanto por meio das atividades práticas dos alunos quanto das ações desenvolvidas pela Ascobev.

4.4 ROTARY CLUB CIDADE INDUSTRIAL PROJECT - CONTAGEM-MG

Em consulta com a Presidência do Rotary Club Cidade Industrial em funcionamento em 2023/2024, o projeto visa fornecer conhecimentos básicos de eletrônica, robótica e aviação para jovens de 16 a 18 anos residentes na comunidade do bairro Bela Vista e na região de Belo Horizonte. Este projeto, em conjunto com a Prefeitura de Contagem e o Senai, busca capacitar jovens em

atividades relacionadas à destinação final de lixo eletrônico por meio da reciclagem, que desenvolve a capacidade criativa por meio de atividades como a montagem de dispositivos de baixo custo que podem melhorar a qualidade de vida das pessoas. Exemplos de possíveis dispositivos desenvolvidos incluem cadeiras de rodas motorizadas, sensores de presença, alarmes, entre outros. A venda desses aparelhos tem como objetivo gerar renda para a reciclagem e também para a Associação de Moradores. Os jovens aprendizes adquirem conhecimentos que podem inspirá-los a seguir uma carreira na área de tecnologia. (Contagem do Rotary Club, 2024)

O projeto utiliza, no curso, partes de equipamentos eletrônicos doados e realiza atividades envolvendo eletrônica, viabilizando práticas relacionadas ao reconhecimento de componentes eletrônicos, interpretação de circuitos eletrônicos, medição (resistência, tensão e corrente elétrica). As atividades também incluem o uso de instrumentos eletrônicos de medição, projeto de layouts de circuitos eletrônicos, prática de gravação de placas fenólicas em solução de cloreto férrico, soldagem de componentes em Placas de Circuito Impresso (PCB), realização de cálculos elétricos, reconhecimento correto de grandezas elétricas, programação de microcontroladores, uso de simuladores de PC, entre outras habilidades que podem ser desenvolvidas por meio de atividades do curso. No curso, os alunos produzem equipamentos, e essa atividade pode gerar renda para reciclagem e benefícios diretos para a Associação Comunitária Bela Vista. (Contagem do Rotary Club, 2024)

Além disso, o projeto possibilita a implementação de educação ambiental para jovens estudantes por meio de aulas e reaproveitamento de peças de lixo eletrônico, além da redução do passivo ambiental da sociedade de Contagem. A estrutura 1 indica as descrições do programa. Essas descrições foram apresentadas pela presidência do Rotary Club Cidade Industrial. (Contagem do Rotary Club, 2024)

Marco 1 – Programa do Projeto Industrial Rotary Club Cidade - Contagem-MG

Critério	Método	Frequência	Beneficiários
Saúde O bairro da Bela Vista abrigou o "Lixão", um aterro sanitário a céu aberto em Contagem, por décadas. Mais de 3.000 residentes não têm renda. O crescimento da renda da Associação Comunitária aumentará a assistência médica, psicológica e fisioterapêutica já prestada aos moradores do bairro e entorno.	Aumento da receita da Associação com o crescimento da reciclagem de lixo eletrônico e da produção de eletrônicos durante o curso de capacitação técnica. A educação ambiental para os jovens criará um efeito multiplicador na higiene das famílias.	Permanente	Moradores da comunidade
Desenvolvimento econômico	A formação dos jovens terá um impacto significativo na geração de renda familiar	Permanente	Moradores da comunidade

Fonte: Rotary Club (2024)

As aulas geridas pelo projeto em parceria com o Rotary Club, Senai, Prefeitura de Contagem e Ascobev começaram em 2022. Assim, o resultado desse projeto, por meio do curso de especialização, formou as duas primeiras turmas em julho de 2023. Posteriormente, foram concluídas duas turmas em agosto de 2024, com um total de 33 (trinta e três) alunos certificados em cada uma dessas turmas, ou seja, 132 (cento e trinta e dois) jovens foram beneficiados no município de Contagem por esse programa. (Contagem do Rotary Club, 2024)

Apesar do número expressivo de egressos, ainda há 7 (sete) alunos pendentes de certificação em cada uma das turmas. Assim, cabe aos gestores de projetos analisar quais impedimentos estão presentes para que esses jovens possam cumprir os requisitos para receber o certificado e utilizá-lo no mercado de trabalho. Mesmo com esse número de alunos pendentes de graduação no projeto, o resultado da capacitação profissional e implementação da educação ambiental foi significativamente positivo, tendo em vista uma taxa total de graduação de 82,5% e apenas 17,5% dos alunos pendentes de certificação. (Contagem do Rotary Club, 2024)

5 GESTÃO DE LIXO ELETRÔNICO EM CONTAGEM

5.1 CONTEXTO MUNICIPAL

Contagem, um dos municípios mais populosos do estado de Minas Gerais, faz parte da Região Metropolitana de Belo Horizonte e destaca-se como um importante polo industrial e comercial. Essa característica contribui significativamente para a geração de lixo eletrônico na região, tornando a gestão desses materiais um desafio crucial para a administração municipal.

A gestão de resíduos em Contagem é regida por um conjunto de legislações que seguem diretrizes nacionais e estaduais, como a Lei nº 12.305/10 (Política Nacional de Resíduos Sólidos) e a Lei Estadual nº 18.031/09. Além disso, o município possui regulamentações específicas, como a Lei nº 3.676/03, que regulamenta a coleta seletiva, e a Lei nº 188/14, que define política de limpeza urbana e logística reversa (Contagem, 2003; 2014).

5.2 MODELO DE PARCERIA PÚBLICO-PRIVADA

O município de Contagem adotou um modelo de gestão de lixo eletrônico baseado em parcerias público-privadas, que se destaca por sua abordagem inovadora e inclusiva. Esse modelo é caracterizado por dois tipos principais de parcerias: a) Convênios com Associações de Catadores de Materiais Recicláveis: A Prefeitura de Contagem estabeleceu convênios com duas importantes associações de catadores: Cooperativa de Catadores Autônomos e Associação dos Catadores de Materiais Recicláveis. Essas parcerias visam não apenas a coleta e o processamento adequados dos

resíduos, mas também a inclusão social e econômica dos catadores, alinhando-se aos princípios de sustentabilidade social preconizados pela Política Nacional de Resíduos Sólidos. Por meio desses convênios, as associações recebem apoio logístico e financeiro da prefeitura para realizar a coleta, triagem e destinação adequada do lixo eletrônico. Esse modelo não só contribui para a gestão eficiente do lixo eletrônico, mas também gera emprego e renda para um segmento vulnerável da população. b) Projeto Rotary Club Cidade Industrial: Uma iniciativa particularmente inovadora é o projeto desenvolvido pelo Rotary Club Cidade Industrial em parceria com a prefeitura. Este projeto combina a reciclagem de eletrônica com a formação profissional de jovens, criando uma solução que aborda simultaneamente questões ambientais e sociais. O projeto envolve a coleta de lixo eletrônico e sua desmontagem por jovens em situação de vulnerabilidade social, que recebem capacitação técnica nesse processo. Além de promover o descarte adequado do lixo eletrônico, essa iniciativa oferece oportunidades de qualificação profissional e inserção no mercado de trabalho para esses jovens.

5.3 DESAFIOS E OPORTUNIDADES

Apesar dos avanços significativos, a gestão de lixo eletrônico em Contagem ainda enfrenta vários desafios: a) Infraestrutura: A necessidade de expandir e modernizar a infraestrutura de coleta, triagem e processamento de lixo eletrônico é um desafio contínuo, especialmente considerando o rápido aumento do volume desses materiais. b) Conscientização pública: Ainda existe uma lacuna significativa na conscientização pública sobre a importância do descarte eletrônico adequado. Campanhas educativas e de conscientização são essenciais para aumentar a participação da comunidade nos programas de coleta. c) Engajamento do Setor Privado: Embora existam parcerias promissoras, há espaço para maior envolvimento do setor privado, especialmente de fabricantes e varejistas de eletrônicos, na implementação de sistemas de logística reversa mais abrangentes. d) Sustentabilidade financeira: Garantir a viabilidade econômica de longo prazo das iniciativas de reciclagem de lixo eletrônico é um desafio, considerando os custos associados à coleta, processamento e descarte adequado desses materiais. e) Tecnologia e Inovação: A constante evolução dos produtos eletrônicos exige atualização contínua das técnicas de reciclagem e recuperação de materiais, exigindo investimentos em pesquisa e desenvolvimento (Wang et al., 2017; 2021; Yilmaz & Koyuncu, 2023).

Por outro lado, essas iniciativas também apresentam oportunidades significativas: a) Geração de Emprego e Renda: Parcerias com associações de catadores e projetos como o Rotary Club criam oportunidades de emprego e renda para grupos vulneráveis. b) Recuperação de Materiais Valiosos: A reciclagem adequada do lixo eletrônico permite a recuperação de metais preciosos e outros materiais valiosos, contribuindo para a economia circular. c) Melhoria da Imagem Municipal: A gestão eficiente

do lixo eletrônico pode posicionar Contagem como um município inovador e ambientalmente responsável. d) Desenvolvimento de Expertise Local: Iniciativas em andamento podem levar ao desenvolvimento de conhecimentos e habilidades especializadas em gestão de lixo eletrônico, potencialmente transformando Contagem em um centro de referência nessa área. e) Expansão de Parcerias: O sucesso das iniciativas atuais pode atrair novos parceiros, tanto do setor público quanto do privado, ampliando o alcance e a eficácia dos programas de gestão de lixo eletrônico.

Assim, a gestão de lixo eletrônico em Contagem demonstra um modelo promissor baseado em parcerias público-privadas e iniciativas inovadoras. Embora existam desafios significativos a serem superados, as oportunidades de desenvolvimento sustentável, inclusão social e avanço tecnológico são consideráveis. A melhoria contínua e a expansão dessas iniciativas podem posicionar Contagem como um exemplo de gestão eficiente e sustentável de lixo eletrônico, com potencial para inspirar práticas semelhantes em outros municípios brasileiros.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da gestão de lixo eletrônico em Contagem revelou um cenário complexo, caracterizado por iniciativas inovadoras e desafios persistentes. Os resultados obtidos por meio de pesquisa documental e contatos diretos com gestores municipais e parceiros envolvidos permitiram a identificação dos principais aspectos da gestão de lixo eletrônico no município. A gestão de lixo eletrônico em Contagem é baseada em um modelo de parceria público-privada, notável por sua abordagem inclusiva e inovadora. As principais estruturas identificadas são os convênios com associações de catadores, como Cooperativa dos Catadores Autônomos e Associação dos Catadores de Materiais Recicláveis, além do projeto Rotary Club Cidade Industrial. Esse modelo demonstra alinhamento com as diretrizes do PNRS, especialmente no que diz respeito à inclusão social dos catadores e à promoção da logística reversa. A abordagem adotada pela Contagem reflete uma tendência observada em outros estudos, como o de Gregório et al. (2023), que destacam a importância das parcerias público-privadas na gestão eficiente do lixo eletrônico.

A avaliação da efetividade das iniciativas de logística reversa implementadas em Contagem revelou resultados promissores. Dados coletados junto à Prefeitura de Contagem indicam um aumento significativo no volume de lixo eletrônico coletado desde a implantação das parcerias. Esse resultado está em consonância com as observações de Neves et al. (2024), apontando para a eficácia de sistemas de logística reversa bem estruturados na melhoria da coleta de lixo eletrônico. As parcerias com associações de catadores têm contribuído para a geração de emprego e renda para um segmento vulnerável da população, alinhando-se aos objetivos de sustentabilidade social do PNRS. Esse aspecto

é particularmente relevante considerando os achados de Alhaij (2007) e Catão (2019), que enfatizam a importância da inclusão social na gestão de resíduos. O projeto do Rotary Club Cidade Industrial tem-se revelado particularmente eficaz ao aliar a reciclagem de eletrônica à formação profissional de jovens, criando uma solução de duplo impacto. Essa abordagem inovadora reflete as recomendações de Parajuly et al. (2024) sobre a necessidade de integrar aspectos sociais e econômicos na gestão de lixo eletrônico.

Apesar dos avanços, a pesquisa identificou desafios significativos na gestão de lixo eletrônico em Contagem. A capacidade de processamento e armazenamento de lixo eletrônico ainda é insuficiente para atender à crescente demanda. Esse desafio é consistente com as observações de Kanta et al. (2024), que apontam para a necessidade de investimentos em infraestrutura para uma gestão eficiente do lixo eletrônico. É necessário expandir os esforços de educação ambiental para aumentar a conscientização pública sobre o descarte adequado do lixo eletrônico. Esse aspecto é corroborado por Bilezan et al. (2021), que enfatizam a importância da educação ambiental na efetividade dos programas de gestão de resíduos. Embora existam parcerias promissoras, o engajamento do setor privado, especialmente grandes empresas e varejistas de eletrônicos, ainda é limitado. Essa observação se alinha com as conclusões de Blumbergs et al. (2022), que destacam a necessidade de um maior envolvimento do setor privado na logística reversa do lixo eletrônico. A falta de tecnologias avançadas para reciclagem de componentes eletrônicos complexos limita a recuperação eficiente de materiais valiosos. Esse desafio é consistente com as observações de Nithya et al. (2018; 2021) sobre a complexidade técnica da reciclagem de lixo eletrônico.

Ao comparar as iniciativas de Contagem com outros casos relatados na literatura, observa-se que o município está alinhado às melhores práticas em termos de inclusão social e parcerias público-privadas. O estudo de Jabbour et al. (2023) destaca a importância dessas parcerias na gestão eficiente do lixo eletrônico, corroborando a abordagem adotada em Contagem. No entanto, em termos de infraestrutura e tecnologia de reciclagem, o município ainda enfrenta desafios semelhantes aos observados em outros centros urbanos brasileiros, como apontado por Marques et al. (2013). O projeto Rotary Club Cidade Industrial destaca-se como uma iniciativa particularmente inovadora, pois é raro encontrar projetos semelhantes que combinam reciclagem de eletroeletrônicos com capacitação profissional para jovens em outros municípios. Essa abordagem está alinhada com as recomendações de Parajuly et al. (2024) sobre a integração de aspectos sociais e econômicos na gestão de lixo eletrônico.

A análise comparativa também revelou que Contagem está à frente de muitos municípios brasileiros em termos de formalização da participação dos catadores na gestão do lixo eletrônico. Esse

aspecto é particularmente relevante considerando as observações de Catão (2019) sobre a importância da inclusão social na gestão de resíduos. No entanto, em comparação com iniciativas internacionais, como as relatadas por Wilhelmsson (2022) em países europeus, Contagem ainda tem um caminho a percorrer em termos de tecnologia de reciclagem e engajamento do setor privado.

Os resultados deste estudo têm implicações importantes para o desenvolvimento de políticas públicas para a gestão de resíduos eletrônicos. A efetividade do modelo de parceria público-privada sugere que essa abordagem pode ser replicada em outros municípios, com adaptações às realidades locais. Essa observação se alinha com as recomendações de Gregório et al. (2023) sobre a importância das parcerias na gestão de lixo eletrônico. A necessidade de ampliação da infraestrutura e da cobertura geográfica das iniciativas indica a importância de investimentos contínuos nesse setor, como apontado por Kanta et al. (2024). O sucesso do projeto de capacitação profissional associado à reciclagem de eletroeletrônicos aponta para a possibilidade de integrar políticas de gestão de resíduos com programas de desenvolvimento social e econômico, refletindo as recomendações de Parajuly et al. (2024). A persistência de desafios na conscientização pública ressalta a necessidade de políticas educacionais de longo prazo focadas na gestão do lixo eletrônico, conforme enfatizado por Bilesan et al. (2021).

Em síntese, a análise da gestão de lixo eletrônico em Contagem revela um cenário de avanços significativos, principalmente em termos de inclusão social e parcerias inovadoras. No entanto, desafios persistentes em infraestrutura, tecnologia e envolvimento do setor privado indicam a necessidade de esforços contínuos e investimentos substanciais para alcançar uma gestão de lixo eletrônico verdadeiramente sustentável. As lições aprendidas em Contagem podem servir de modelo valioso para outros municípios brasileiros, contribuindo para o desenvolvimento de políticas públicas mais eficazes e abrangentes na gestão de lixo eletrônico.

7 CONCLUSÕES

O estudo sobre a gestão de lixo eletrônico em Contagem, Minas Gerais, atingiu seus objetivos ao analisar ações inovadoras de logística reversa por meio de parcerias público-privadas, traçar o cenário atual da gestão eletroeletrônica no município, identificar parcerias determinantes e avaliar a eficácia das iniciativas implementadas. A pesquisa revelou um cenário complexo caracterizado por avanços significativos e desafios persistentes.

O modelo de gestão adotado em Contagem, baseado em parcerias público-privadas, mostrou-se eficaz e inovador, alinhando-se às diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos. As principais estruturas identificadas incluem acordos com associações de catadores: Cooperativa de Catadores Autônomos, Associação dos Catadores de Materiais Recicláveis e o projeto Rotary Club Cidade

Industrial, que se destacam por sua abordagem inclusiva e de duplo impacto. Essas iniciativas resultaram em um aumento significativo no volume de lixo eletrônico coletado, geração de emprego e renda para catadores e promoção de capacitação profissional para jovens em situação de vulnerabilidade.

A avaliação da eficácia das iniciativas de logística reversa revelou resultados promissores, embora persistam desafios significativos, principalmente relacionados à infraestrutura limitada, à necessidade de maior conscientização pública, ao envolvimento insuficiente do setor privado e à falta de tecnologias avançadas para reciclagem de componentes eletrônicos complexos.

Em comparação com outras iniciativas relatadas na literatura, o modelo de Contagem se destaca por sua ênfase na inclusão social, alinhando-se às melhores práticas internacionais em termos de parcerias público-privadas e inclusão de catadores. No entanto, em aspectos como infraestrutura e tecnologia de reciclagem, o município ainda enfrenta desafios semelhantes aos observados em outros centros urbanos brasileiros.

As implicações para as políticas públicas incluem a necessidade de ampliar parcerias, maior investimento em infraestrutura, fortalecer programas de educação ambiental, implementar incentivos econômicos e fomentar a inovação tecnológica. O estudo contribui para a compreensão das práticas de gestão de lixo eletrônico no nível municipal, fornecendo insights importantes para gestores públicos e pesquisadores da área.

As lições aprendidas em Contagem podem servir como um modelo valioso para outros municípios brasileiros, destacando a importância de abordagens integradas que combinem aspectos sociais, econômicos e ambientais na gestão de lixo eletrônico. Embora o município tenha feito progressos significativos, é evidente que esforços contínuos e investimentos substanciais são necessários para alcançar um lixo eletrônico verdadeiramente sustentável e circular.

Estudos futuros poderão explorar o impacto a longo prazo destas iniciativas e investigar estratégias para superar os desafios identificados, em particular no que diz respeito ao envolvimento do setor privado e ao desenvolvimento de tecnologias inovadoras de reciclagem.

8 DEMONSTRATIVO DE CONTRIBUIÇÃO DE AUTORIA DE CRÉDITO

Edgar Vladimiro Mantilla Carrasco: Redação – versão original, Metodologia, Análise formal, Curadoria de dados, Conceituação. **Marina Ferreira Lapa de Oliveira:** Redação – revisão e edição, Supervisão, Curadoria de dados, Conceituação. **Guilherme Antonio Michelin:** Redação – revisão e edição, Curadoria de dados, Conceituação. **Matheus Barreto de Góes:** Redação – revisão e edição, Curadoria de dados, Conceituação.

9 DECLARAÇÃO DE INTERESSE CONCORRENTE

Os autores declaram que não têm interesses financeiros concorrentes conhecidos ou relacionamentos pessoais que possam ter influenciado o trabalho relatado neste artigo.

10 DISPONIBILIDADE DE DADOS

Os dados serão disponibilizados mediante solicitação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), processo nº 307510/2021-2, e da Fundação do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), processo nº. APQ-01654-22.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A. Desperdício: apenas 20% de todo lixo eletrônico é reciclado. TecMundo: Mobilidade urbana/smart cities, 2017. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/mobilidade-urbana-smart-cities/125325-desperdicio-20-lixo-eletronico-reciclado-mundo.htm>. Acesso em: 10 mar. 2024.
- AHIRWAR, R.; TRIPATHI, A.K. E-waste management: a review of recycling process, environmental and occupational health hazards, and potential solutions. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, v. 15, p. 100409, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2020.100409>
- ALHAIJ, Z. Contaminação de ponta: um estudo da contaminação ambiental pela fabricação de produtos eletrônicos. Greenpeace International, 2007. Disponível em: <http://www.greenpeace.org/electronicproductionreport>. Acesso em: 10 jun. 2024.
- BAGWAN, W.A. Electronic waste (E-waste) generation and management scenario of India, and ARIMA forecasting of E-waste processing capacity of Maharashtra state till 2030. *Waste Management Bulletin*, v. 1, p. 41-51, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.wmb.2023.08.002>
- BARROS, R.T.V. Elementos de Gestão de Resíduos Sólidos. Belo Horizonte: Tessitura, 2012.
- BECK, U. Sociedade de risco: rumo a outra modernidade. Tradução de S. Nascimento. São Paulo: Ed. 34, 2010.
- BILBAO, C. Bomba-relógio de resíduos eletrônicos. Greenpeace Brasil, 2012. Disponível em: <http://www.greenpeace.org/brasil/pt/Blog/bomba-relogio-dos-residuos-eletronicos/blog/42562/>. Acesso em: 10 jun. 2024.
- BILESAN, M. R.; MAKAROVA, I.; WICKMAN, B.; REPO, E. Efficient separation of precious metals from computer waste printed circuit boards by hydrocyclone and dilution-gravity methods. *Journal of Cleaner Production*, v. 286, p. 125505, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125505>
- BLUMBERGS, E. et al. Selective disintegration–milling to obtain metal-rich particle fractions from e-waste. *Metals*, v. 12, n. 9, p. 1468, 2022. <https://doi.org/10.3390/met12091468>
- BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/16938.htm. Acesso em: 7 fev. 2024.
- BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil, promulgada em 5 de outubro de 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constitui%EAo.htm. Acesso em: 7 fev. 2024.
- 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. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19605.htm. Acesso em: 17 fev. 2024.
- 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. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 4 abr. 2024.

CONTAGEM. Lei nº 188, de 2014. Dispõe sobre a limpeza urbana e a logística reversa de resíduos sólidos no município de Contagem. Diário Oficial de Contagem, 2014.

CONTAGEM. Lei nº 3.676, de 2003. Dispõe sobre a coleta seletiva de lixo no município de Contagem. Diário Oficial de Contagem, 2003.

CONTAGEM. Prefeitura de Contagem Minas Gerais: Plano Municipal de Coleta Seletiva – PMCS Contagem – MG. Disponível em: <https://portal.contagem.mg.gov.br/portal/carta-servicos/542/>. Acesso em: 30 mar. 2024.

CATÃO, M. O crescente aumento dos resíduos oriundos de equipamentos eletroeletrônicos: A cidade em busca da gestão socioambiental adequada para o destino final do E-resíduo. Revista de Direito da Cidade, v. 11, n. 3, p. 175-197, 2019. <https://doi.org/10.12957/rdc.2019.37901>

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. Towards the circular economy vol. 1: an economic and business rationale for an accelerated transition, 2013. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-1-an-economic-and-business-rationale-for-an>. Acesso em: 17 fev. 2024.

GIL, A.C. Como elaborar projetos de pesquisa. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GUANABARA, R.; GAMA, T.; EIGENHEER, E.M. Os resíduos sólidos como tema gerador da pedagogia dos três R's ao risco ambiental. Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental, v. 21, p. 121-132, 2008. <https://periodicos.furg.br/remea/article/view/3039/1718>

GREGÓRIO, C.M. et al. Análise sobre a gestão pública dos resíduos sólidos em Minas Gerais. Revista de Comunicação Dialógica, v. 9, n. 5, p. 84-106, 2023. <https://doi.org/10.12957/rcd.2023.74362>

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 17 jul. 2024.

JABBOUR, C.J.C. et al. Comprehending e-waste limited collection and recycling issues in Europe: A comparison of causes. Journal of Cleaner Production, v. 427, p. 139257, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139257>

GURGEL, F.J.J. et al. Resíduos eletroeletrônicos: perspectiva entre a tecnologia e o descarte. Revista Praxis, v. 16, n. 30, p. 1-11, 2024. <https://doi.org/10.47385/praxis.v16.n30.4790>

KANTA, S. et al. A comprehensive review of the mechanical separation of waste printed circuit boards. Process Safety and Environmental Protection, v. 187, p. 221-239, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2024.04.090>

KRIPKA, R.M.L.; SCHELLER, M.; BONOTTO, D.L. Pesquisa documental: considerações sobre conceitos e características na pesquisa qualitativa. In: Proceedings of the Congresso Ibero Americano em Investigação Qualitativa, Aracaju, Brazil, 2015.

MAIELLO, A.; BRITTO, A.L.N.P.; VALLE, T.F. Implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Revista de Administração Pública, v. 52, n. 1, p. 24-51, 2018. <https://doi.org/10.1590/0034-7612155117>

MANSUY, J.; VERLINDE, S.; MACHARIS, C. Understanding preferences for EEE collection services: A choice-based conjoint analysis. *Resources, Conservation & Recycling*, v. 161, p. 104899, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104899>

MARQUES, A.C.; CABRERA, J.M.; Malfatti, C.F. Printed circuit boards: A review on the perspective of sustainability. *Journal of Environmental Management*, v. 131, p. 298-306, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.10.003>

NEVES, S.A.; MARQUES, A.C.; SILVA, I.P. Promoting the circular economy in the EU: How can the recycling of e-waste be increased? *Structural Change and Economic Dynamics*, v. 70, p. 192-201, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2024.02.006>

NITHYA, R.; SIVASANKARI, C.; THIRUNAVUKKARASU, A. et al. Electronic waste generation, regulation and metal recovery: a review. *Environmental Chemistry Letters*, v. 19, p. 1347-1368, 2021. <https://doi.org/10.1007/s10311-020-01111-9>

NITHYA, R.; SIVASANKARI, C.; THIRUNAVUKKARASU, A.; SELVASEMBIAN, R. Novel adsorbent prepared from bio-hydrometallurgical leachate from waste printed circuit board used for the removal of methylene blue from aqueous solution. *Microchemical Journal*, v. 142, p. 321-328, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2018.07.009>

INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION. Brazil and ILO sign a new agreement to promote labour rights and decent work. XI Annual Evaluation Meeting of the Brazil-ILO Trilateral South-South Cooperation Programme, 2024. Disponível em: <https://www.ilo.org/resource/news/brazil-and-ilo-new-agreement-promote-labour-rights-decent-work>. Acesso em: 16 out. 2024.

PANDA, R. et al. A closed loop recycling strategy for sustainable recovery of group 11 metals (Cu, Au, and Ag) from waste PCBs: An amalgamation of low-temperature NH₄Cl roasting, HCl leaching, and cementation. *Sustainable Materials and Technologies*, v. 37, p. 00652, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2023.e00652>

PANDA, R.; PANT, K.K.; BHASKAR, T. Efficient extraction of metals from thermally treated waste printed circuit boards using solid state chlorination: Statistical modeling and optimization. *Journal of Cleaner Production*, v. 313, p. 127950, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127950>

PARAJULY, K. et al. Product repair in a circular economy: Exploring public repair behavior from a systems perspective. *Journal of Industrial Ecology*, v. 28, n. 1, p. 74-86, 2024. <https://doi.org/10.1111/jiec.13451>

PRS. Situação atual dos resíduos sólidos no Brasil. Portal Resíduos Sólidos, 2024. Disponível em: <http://www.portalresiduossolidos.com/situacao-atual-dos-rs-no-brasil/#more-7307>. Acesso em: 20 jul. 2024.

RAUBER, M.E. Apontamentos sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída pela Lei Federal 12.305, de 02/08/2010. *Revista Eletrônica Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 4, n. 4, p. 1-24, 2010. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/231166577.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2024.

ROTARY CLUB CONTAGEM. Projetos Sociais. Rotary Club Contagem, 2024. Disponível em: <https://www.rotaryclubcontagem.org.br/projetossociais>. Acesso em: 25 jul. 2024.

SCHEREN, M.A.; FERREIRA, F. A educação ambiental e a gestão integrada do tratamento e destino final dos resíduos sólidos no Município de Sede Nova/RS. Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental, v. 13, p. 151-161, jun.-dez. 2004. <https://periodicos.furg.br/remea/article/view/2725/1558>

SINIR. Sistema Nacional de Informação sobre a Gestão de Resíduos Sólidos. Informações sobre a gestão de resíduos sólidos urbanos no País. 2024. Disponível em: <http://www.sinir.gov.br/>. Acesso em: 25 abr. 2024.

IDE-SISEMA. Sistema Estadual De Meio Ambiente De Minas Gerais. Plataforma eletrônica. 2024. Disponível em: <http://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/>. Acesso em: 25 jun. 2024.

WANG, C.; SUN, R.; XING, B. Copper recovery from waste printed circuit boards by the flotation-leaching process optimized using response surface methodology. Journal of the Air & Waste Management Association, v. 71, p. 1483–1491, 2021. <https://doi.org/10.1080/10962247.2021.1874568>

WANG, H. et al. Recovery of waste printed circuit boards through pyrometallurgical processing: A review. Resources, Conservation & Recycling, v. 126, p. 209–218, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.08.001>

WILHELMSSON, M. About the importance of planning the location of recycling stations in the urban context. Sustainability, v. 14, p. 7613, 2022. <https://doi.org/10.3390/su14137613>

XU, Q. et al. Gold recovery from E-waste using freestanding nanopapers of cellulose and ionic covalent organic frameworks. Chemical Engineering Journal, v. 458, p. 141498, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2023.141498>

YILMAZ, R.; KOYUNCU, C. The impact of globalization on the rate of E-waste recycling: Evidence from European countries. Amfiteatru Economic, v. 25, n. 62, p. 180-195, 2023. <https://doi.org/10.24818/ea/2023/62/180>