

Desafios à gestão de resíduos tecnológicos no município de Capanema, Pará

RESUMO

Suellene de Freitas Pinheiro
Universidade Federal do Pará,
Belém, Pará, Brasil
suellene@ufpa.br

**Arleson Eduardo Monte Palma
Lopes**
Universidade Federal do Pará,
Belém, Pará, Brasil
arlesonlopes93@gmail.com

Oriana Trindade de Almeida
Universidade Federal do Pará,
Belém, Pará, Brasil
oriana@ufpa.br

Sergio Luiz de Medeiros Rivero
Universidade Federal de Campina
Grande, Paraíba, Brasil
sergiolmriviero@gmail.com

A geração de resíduos sólidos irá atingir 3,4 bilhões de toneladas por ano no mundo, até 2050. Adicionalmente, nas últimas décadas, a produção de resíduos sólidos de equipamentos eletroeletrônicos no mundo agravou ainda mais este problema, somando 62 milhões de toneladas de resíduos a esta conta no ano de 2022. Esse artigo tem, como objetivo, analisar a gestão de resíduos de tecnologia e suas consequências para o meio ambiente no município de Capanema, localizado no estado do Pará. Quanto à metodologia, a pesquisa caracteriza-se como descritiva com abordagem mista. Na investigação, foram aplicados 334 questionários a alunos do ensino médio de duas escolas estaduais e da Universidade Federal do Pará, bem como a funcionários de sete empresas de eletroeletrônicos e de informática, e houve visitas *in loco* ao lixão municipal, em que foram conduzidas entrevista com catadores de materiais recicláveis, para análise das condições do espaço reservado a receber os resíduos sólidos urbanos do município. Os resultados mostraram que a população do município tem um conhecimento limitado sobre o tema dos resíduos tecnológicos, desconhecendo os componentes tóxicos presentes nestes equipamentos, além de eliminar os restos no meio ambiente de maneira inadequada, tendo em vista que Capanema não possui instituições que trabalham com a reciclagem de resíduos deste tipo.

PALAVRAS-CHAVE: Consumo. Gestão. Resíduos tecnológicos. Reciclagem.

INTRODUÇÃO

A Revolução Industrial trouxe a capacidade de produção em larga escala à humanidade, assim como, o aumento do consumo de produtos industrializados (Hoornweg; Bhada-Tata, 2012; Kaza *et al.*, 2018). A industrialização e o consumismo, entretanto, geram resíduos sólidos em grandes quantidades, que se tornaram um problema mundial, pois seus modelos de produção apresentam soluções ambientalmente complexas e de alto custo, logo os resíduos são acumulados e descartados no meio ambiente, o que gera problemas ambientais à grande maioria dos países, a despeito de um eventual crescimento econômico (Silva; Capanema, 2019).

A geração de resíduos sólidos atingiu 2 bilhões de toneladas/ano no mundo, em 2016, e irá atingir 3,4 bilhões de toneladas/ano, até 2050, conforme levantamento da *International Solid Waste Association* (ISWA) (2021), tornando-se um problema crítico para a sociedade. Nas últimas décadas, os resíduos tecnológicos, conhecidos também como e-lixos, têm ganhado relevância global, pelo impacto ambiental por eles causado: “[...] a gestão inadequada de resíduos representa uma ameaça direta ao meio ambiente, à biodiversidade e à saúde humana, tanto em nível local quanto global, afetando bilhões de pessoas” (ISWA, 2021, p. 9).

Os resíduos tecnológicos são uma problemática, devido à rápida obsolescência dos equipamentos eletroeletrônicos, consequência do avanço de novas tecnologias e da ampliação dos mercados de consumo (Porto *et al.*, 2018; Resende *et al.*, 2024; Souza; Corbin, 2025). Na visão de Philippi Júnior (2012), o crescimento da geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos é oriundo da facilidade de acesso, dos preços acessíveis e da rápida obsolescência, devida aos constantes avanços tecnológicos.

O descarte incorreto tem gerado uma dificuldade adicional neste cenário, pois seus constituintes possuem muitos materiais contaminantes, o que, para Mattos e Perales (2008, p. 4), conforma “[...] um problema que não se relaciona apenas com o grande volume de equipamentos descartados [...] é algo muito mais grave, um problema que surge a partir da imensa quantidade de componentes tóxicos que vão parar nesses lixões”. Os resíduos tecnológicos são compostos por várias categorias de metais pesados e por substâncias tóxicas (chumbo, mercúrio, cádmio, arsênio, cobre, alumínio etc.), que podem ser liberados ao meio ambiente, por meio da queima e do manuseio incorreto, ocasionando danos à saúde humana, contaminações dos lençóis freáticos, poluição do ar, entre outros males (Mattos; Perales, 2008; Porto *et al.*, 2018; Resende *et al.*, 2024).

Nesse contexto, os consumidores desempenham um papel importante nas etapas de pós-venda e de pós-consumo do ciclo de vida dos produtos, pois são responsáveis por direcionar tais equipamentos a pontos de coleta de materiais recicláveis (Malheiros; Corradi; Assumpção, 2021; Porto *et al.*, 2019). Na visão de Philippi Júnior *et al.* (2012, p. 235), “[...] a participação na implantação das políticas pressupõe amplo processo de educação ambiental para conseguir a adesão da população”, tendo em vista a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), promulgada pela Lei n.º 12.305/2010, que aponta o controle social como um instrumento de gestão integrada de resíduos sólidos.

A reciclagem se configura como uma das alternativas sustentáveis eficazes para enfrentar a problemática dos resíduos sólidos. Nesse contexto, as cooperativas de catadores desempenham papéis econômico e socioambiental relevantes, ao atuarem na triagem e na destinação adequada destes resíduos, contribuindo para o prolongamento do ciclo de vida dos equipamentos (Machado, 2012; Silva, 2012; Teixeira, 2012).

Considerando estas questões, o artigo tem como objetivo analisar a gestão de resíduos de tecnologia e suas consequências para o meio ambiente no município de Capanema, localizado no estado do Pará.

GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO MUNDO E NO BRASIL

O avanço científico e tecnológico trouxe inovações como computadores, celulares e eletrodomésticos, que transformaram a vida cotidiana, mas também intensificaram a geração de resíduos eletroeletrônicos (REEE). Estima-se que até 2050 a produção mundial desses resíduos alcance 120 milhões de toneladas por ano, representando um dos maiores desafios ambientais (Souza; Medeiros, 2021).

A ciência desempenha papel central nesse contexto ao identificar os riscos dos REEE, como a presença de metais pesados tóxicos, capazes de contaminar o solo, a água e afetar a saúde humana (Contador; Freire; Xavier, 2021; Souza; Medeiros, 2021). Por outro lado, os REEE também representam uma oportunidade estratégica, visto que são ricos em materiais valiosos e críticos, como cobre, ouro, níquel, lítio e terras raras, fundamentais para setores de alta tecnologia (Cenci *et al.*, 2025).

Os estudos revelam que esses resíduos podem ser reaproveitados pela chamada mineração urbana. Essa estratégia consiste na recuperação de matérias-primas secundárias e se insere na lógica da economia circular, reduzindo a exploração de recursos naturais finitos (Contador; Freire; Xavier, 2021). Assim, a ciência contribui não apenas com o diagnóstico dos impactos, mas também com soluções para transformar resíduos em insumos produtivos e minimizar danos ambientais.

Nesse sentido, a tecnologia, por sua vez, exerce papel contraditório, pois a obsolescência programada reduz a vida útil dos produtos, intensificando o consumo e o descarte de aparelhos (Souza; Medeiros, 2021). Entretanto, a tecnologia também oferece alternativas como a logística reversa e a metareciclagem, que permitem a reinserção de equipamentos no ciclo produtivo. O projeto Um computador nota 10, por exemplo, conseguiu recuperar mais de 60% dos equipamentos descartados, destinando-os a programas de inclusão digital (Cirne *et al.*, 2021).

A gestão de REEE constitui-se um problema crescente em escala global, esses resíduos possuem dupla natureza: de um lado, apresentam metais preciosos e polímeros com alto valor econômico; de outro, contêm substâncias tóxicas como metais pesados e retardadores de chama, que ameaçam a saúde e o meio ambiente. Nesse sentido, a gestão adequada pode simultaneamente promover a economia circular e mitigar impactos ambientais, mas grande parte dos eletroeletrônicos ainda é manipulada por sistemas informais, especialmente em países em desenvolvimento (Brindhadevi *et al.*, 2023; Seif; Salem; Allam, 2024).

Os países desenvolvidos têm avançado na gestão de resíduos sólidos, em virtude da adoção de políticas progressistas, desenvolvendo infraestruturas avançadas e implementando programas direcionados ao controle de resíduos sólidos, tendo Alemanha, Suíça, Suécia, Áustria e Japão como referências (Quadro 1) (Balbueno *et al.*, 2021). Além disso, os países incentivam seus cidadãos e/ou estabelecem leis, que determinam a coleta seletiva de resíduos sólidos, e disponibilizam contêineres específicos para cada material.

Quadro 1 - Formas de gestão de resíduos sólidos em países desenvolvidos

País	Boas práticas na gestão dos resíduos
Alemanha, Suíça, Áustria, Japão, Suécia	Instalações modernas para o processo de materiais recicláveis
Alemanha, Suíça, Japão	Minimização da quantidade de resíduos destinados a aterros sanitários
Suíça	Os resíduos são transformados em matéria-prima secundária para a fabricação de novos produtos
Alemanha, Suécia, Áustria	Maximização da reciclagem, com compostagem e com recuperação de energia
Alemanha, Suécia, Japão	Promoção da coleta seletiva eficiente
Alemanha, Suécia, Japão	Os cidadãos são incentivados a separar seus resíduos
Alemanha, Japão	Resíduos separados em diferentes categorias
Alemanha, Suécia, Áustria, Japão	Coleta seletiva com contêineres
Alemanha, Suécia, Áustria, Japão	Resíduos não recicláveis são encaminhados a usinas de incineração modernas
Suécia	Hierarquia na gestão de resíduos: prevenção; reutilização; reciclagem; e recuperação de energia
Áustria	Produção de biogás, por processos de biodigestão
Áustria	Incentivo a responsabilidade estendida do produto aos fabricantes, para produção de produtos mais sustentáveis

Fonte: adaptado de Portal Sustentabilidade (2023)

O Japão, por exemplo, possui alta densidade populacional, mas o espaço reduzido de seu território impossibilita a disponibilização de terras para aterros sanitários, logo o país investiu em tecnologias de incineração, com instalação de usinas de queima de resíduos sólidos, e se tornou um dos líderes mundiais em reciclagem, possuindo um sistema rigoroso de separação de resíduos em diferentes categorias. Além disto, o Japão possui um rígido controle de emissões de gases, utilizando filtros na queima de resíduos nas usinas de incineração, com a finalidade de minimizar a poluição atmosférica (Balbueno *et al.*, 2021).

Outros exemplos incluem a Áustria, em que o processo de biodigestão produz biogás, aproveitado como fonte de energia renovável, enquanto o composto sólido resultante da produção do gás é utilizado como fertilizante natural na agricultura; diversos dos países mencionados no quadro, que reutilizam o calor gerado nas usinas de incineração, convertendo-o em energias elétrica e térmica, para abastecer áreas urbanas; e a Suíça, que consegue reciclar 90% dos resíduos eletrônicos gerados no país (Santos; Marchi, 2022).

A Immark, empresa responsável pelo reaproveitamento de restos eletrônicos na Suíça, consegue processar até 12 toneladas de resíduos por hora e separar materiais, que vão de gabinetes a placas de circuito impresso, devido à instalação

de uma grande planta de reciclagem de eletroeletrônicos no país, feita pela empresa alemã Stadler, em parceria com a weeeSwiss Technology AG (Reis, 2021).

Nesse contexto, a Responsabilidade Estendida do Produtor (EPR) é vislumbrada como instrumento central para estruturar cadeias de reciclagem formais. Ao transferir custos e responsabilidades para os fabricantes, o mecanismo fomenta tanto o financiamento do tratamento adequado quanto o incentivo ao *eco-design* (Li *et al.*, 2023; Mir; Chang, 2024). A experiência chinesa demonstra avanços com a criação de empresas formais de desmontagem e com a implementação inicial de subsídios, seguidos de ajustes para estimular inovação e competitividade (Li *et al.*, 2023). Em contrapartida, países como a Arábia Saudita ainda apresentam lacunas regulatórias, baixa conscientização social e infraestrutura incipiente, revelando diferentes estágios de maturidade institucional (Mir; Chang, 2024).

As práticas de gestão de REEE variam de acordo com o contexto socioeconômico, no Vietnã, por exemplo, coexistem cadeias formais e informais: estas últimas utilizam técnicas rudimentares de recuperação de metais, com forte risco de contaminação ambiental e exposição ocupacional. Paralelamente, observa-se avanço em rotas de recuperação mais sofisticadas, como separações mecânicas, processos hidrometalúrgicos e *bioleaching*, que podem ampliar a eficiência na recuperação de metais estratégicos e reduzir impactos ambientais negativos (Brindhadevi *et al.*, 2023).

O uso de tecnologias digitais, como *blockchain*, são alternativas promissoras para aumentar a rastreabilidade e a transparência das cadeias de reciclagem, enquanto a valorização de materiais recuperados em setores estratégicos, como energias renováveis, é apontada como essencial para viabilizar economicamente o processo (An; Mikhaylov, 2023; Seif; Salem; Allam, 2024).

Entretanto, a predominância da informalidade segue como entrave central, em países em processo de desenvolvimento, coletores e recicladores informais garantem capilaridade à coleta, mas atuam em condições precárias de segurança e sem controle ambiental, ampliando riscos de contaminação. Assim, diferentes estudos defendem a necessidade de incorporar gradualmente esse setor em cadeias formais por meio de incentivos econômicos, capacitação técnica e regulamentação adaptada, de modo a aumentar as taxas de reciclagem segura e reduzir danos socioambientais (Seif; Salem; Allam, 2024).

Nesse contexto, o Brasil está entre os maiores produtores de detritos tecnológicos do mundo e ocupa o segundo lugar na categoria nas Américas, produzindo cerca de 2,4 milhões de toneladas de resíduos eletrônicos por ano (Malheiros; Corradi; Assumpção, 2021; Souza; Corbin, 2025) — o primeiro lugar pertence aos Estados Unidos, que produz 7,2 milhões de toneladas de resíduos eletrônicos. No Brasil, a PNRS inovou, introduzindo a logística reversa como possibilidade para a reciclagem de descartes tecnológicos. Uma das dificuldades apontadas para a não efetivação da reciclagem deste tipo de resíduo é a disponibilidade de apenas dez mil pontos de coleta de restos tecnológicos para a logística reversa no pós-consumo, o que resulta na reciclagem de apenas 3% dos resíduos eletrônicos no país (Porto *et al.*, 2019; Santos; Marchi, 2022; Silva *et al.*, 2023).

A PNRS conceitua a logística reversa como um “[...] instrumento de desenvolvimento econômico e social pelo conjunto de ações, procedimentos e

meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial” (Brasil, 2010), mas tais materiais não recebem tratamento adequado e acabam sendo enviados para lixões a céu aberto ou eliminados em esgotos de áreas urbanas, apesar de o Brasil possuir legislações e tecnologias para implementar soluções econômicas para solucionar este problema. Entretanto, pouco tem sido feito, em virtude dos custos e da falta de integração na gestão de resíduos sólidos urbanos (Balbueno *et al.*, 2021; Liz *et al.*, 2019). O Brasil produziu 77,1 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU) no ano de 2022, o que equivale a 380 kg/habitante/ano, e a Região Sudeste foi a que mais gerou estes resíduos no país, em 2022: cerca de 449kg/habitante (Souza; Corbin, 2025), enquanto a Região Norte foi a que menos produziu resíduos, com 15 mil toneladas diárias. A Tabela 1 apresenta a participação das regiões do país na geração de resíduos sólidos urbanos em 2022, que totalizou 77.076.428 toneladas.

Tabela 1 – Participação na geração de RSU em 2022, por região do Brasil

Regiões	Participação (%)
Sudeste	49,4
Nordeste	24,6
Sul	11
Centro-oeste	7,7
Norte	7,3

Fonte: adaptado de ABREMA (2023)

Uma das boas práticas é a coleta seletiva de porta a porta, mas o país ainda está iniciando a implantação desta modalidade nos sistemas de gestão municipal de resíduos sólidos urbanos. Nesse quesito, a Região Sul apresenta a maior média de cobertura de coleta (31,9% da população urbana) e a Região Nordeste, a menor (1,9%) (Tabela 2). Após a triagem dos resíduos, os rejeitos devem ser enviados a locais ambientalmente adequados, de forma a evitar riscos à saúde pública e a minimizar impactos ambientais (ABREMA, 2023).

Tabela 2 – Média da população urbana atendida pela coleta seletiva de RSU, por região

Regiões	Coleta seletiva por região (%)
Sudeste	31,9
Nordeste	20,3
Sul	11,6
Centro-Oeste	2
Norte	1,9

Fonte: adaptado de ABREMA (2023)

Segundo Cenci *et al.* (2025), a infraestrutura de reciclagem no Brasil permanece incipiente, sendo que a maioria dos recicladores realiza apenas desmontagens manuais sem processos de recuperação avançada, o que limita o fechamento do ciclo produtivo dentro do território nacional. Iniciativas inovadoras

buscam superar esse cenário, como o uso de ferramentas digitais de economia circular voltadas para o descarte correto dos resíduos, a exemplo do aplicativo *E-Waste Hero*, que conecta consumidores, fabricantes e gestores públicos para fomentar práticas sustentáveis (Schults *et al.*, 2025).

Na visão de Yoshida (2012, p. 44-45), um marco importante da Constituição Federal de 1988 foi instituir a responsabilidade compartilhada pela proteção ao meio ambiente, dado que todos têm direito a ter um “[...] ambiente ecologicamente equilibrado”, como também têm “[...] responsabilidades por protegê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”. Essa responsabilidade compartilhada é assegurada com a PNRS, que traz o poder público e a sociedade como responsáveis pelo meio ambiente. A responsabilidade compartilhada “[...] é um grande desafio, pois necessita de uma complexa cooperação entre os agentes envolvidos na cadeia geradora dos produtos” (Yoshida, 2012, p. 45).

No campo social, o consumismo tem impulsionado a troca constante de aparelhos, estimulada pela publicidade e pela cultura do “novo” (Souza; Medeiros, 2021). A PNRS e o Decreto nº 10.240/2020 buscaram responsabilizar fabricantes, consumidores e gestores pelo descarte correto (Contador; Freire; Xavier, 2021; Ferreira *et al.*, 2023). Contudo, ainda persistem falhas estruturais, como a baixa capilaridade dos pontos de coleta. Diante disso, a integração entre ciência, tecnologia e sociedade, aliada à educação ambiental, é apontada como essencial para enfrentar os impactos socioambientais dos REEE (Silva; Diniz, 2021). Os desafios para a gestão adequada desses resíduos envolvem não apenas a coleta, mas também o tratamento seguro das substâncias tóxicas presentes, como metais pesados e retardadores de chama, que podem causar graves impactos ambientais e de saúde se descartados de maneira inadequada (Silva *et al.*, 2023).

METODOLOGIA

A pesquisa caracteriza-se como descritiva com abordagem de método misto (Creswell, 2007; Gil, 2002; Severino, 2013). Nesse estudo, optou-se pelo método misto explanatório sequencial, que, segundo Creswell (2007), inicia-se com a coleta e com a análise dos dados quantitativos, com posterior recolha e avaliação das informações qualitativas.

O método de pesquisa foi o do estudo de caso do município de Capanema, localizado no estado do Pará, há 160 km da capital Belém, que possui 70.394 habitantes (IBGE, 2022). O estudo de caso, na visão de Yin (2001), tem, como escopo, responder às questões “como” e “porque” de fenômenos complexos e contemporâneos, em que o pesquisador possui pouco controle sobre as variáveis. O estudo de caso pode ser único ou múltiplo e, nesse estudo, foi realizado um estudo de caso único, envolvendo o município mencionado.

Na primeira etapa da pesquisa, foram aplicados 334 questionários, com perguntas abertas e fechadas, a alunos do ensino médio da rede pública e a discentes do *Campus* Universitário de Capanema, da Universidade Federal do Pará (UFPA), por meio da composição de uma amostragem não probabilística, com critério de acessibilidade (Lakatos; Marconi, 2017). Foram selecionados estudantes das duas principais escolas estaduais do município de Capanema e discentes dos cursos de Pedagogia, de Matemática, de Biologia, de Administração e de Letras

(Língua Portuguesa) da UFPA - campus Capanema. A aplicação dos questionários aos alunos das escolas estaduais ocorreu no turno da tarde, enquanto, no caso dos alunos da UFPA, teve lugar nos turnos da manhã, da tarde e da noite.

No segundo momento da pesquisa, foram aplicados questionários, nos turnos da manhã e da tarde, a sete gerentes de empresas dos ramos de eletroeletrônicos e de informática, adotando-se o critério de acessibilidade (Lakatos; Marconi, 2017), as quais foram identificadas pelas letras A, B, C, D, E, F e G, visando garantir o anonimato e a integridade dos participantes. No momento em que a pesquisa foi realizada, o município contava com 13 empresas de eletrodomésticos e de informática, sendo que apenas sete delas aceitaram participar da pesquisa.

Na última etapa da pesquisa, foi realizada uma visita de campo ao lixão municipal de Capanema, em que houve entrevistas com catadores de resíduos sólidos que trabalhavam no local, assim como registros fotográficos. No processo analítico-interpretativo, adotou-se a análise de conteúdo, que tem escopo na interpretação e na criação de inferências sobre as mensagens — conteúdos —, pelo uso de indicadores quantitativos e qualitativos, constituídos nos estágios de pré-análise, de exploração do material e de interpretação e elaboração de inferências (Bardin, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Gestão dos resíduos tecnológicos em Capanema, Pará

Os resultados demonstraram que 140 dos estudantes participantes eram do sexo masculino e 194, do feminino, com faixa etária entre 15 e 45 anos, com renda familiar entre menos de um salário-mínimo e acima de cinco salários-mínimos e com 33% dos participantes trabalhando e 67%, apenas estudando. Do total de participantes, cerca de 78% estavam cursando o ensino médio na rede pública, cerca de 9% eram universitários e cerca de 13% eram graduados. Esses resultados corroboraram os achados da pesquisa de Balbueno *et al.* (2021) sobre o perfil dos entrevistados e sobre a compreensão do modo de organização da coleta de resíduos sólidos no município de Bonito, Mato Grosso do Sul, em que os participantes possuíam entre 15 e 50 anos e 46% dos entrevistados recebiam até dois salários-mínimos.

Apesar dos computadores estarem entre os itens mais acessíveis, hoje, apenas 47% dos alunos entrevistados possuíam tais aparelhos em suas residências, enquanto os demais os acessavam somente nas escolas, em espaços conhecidos como laboratórios de informática. Os resultados também demonstraram que 68% dos participantes fazem a substituição de seus aparelhos celulares ao menos uma vez por ano, seguidos do televisor (23%) e do computador pessoal (9%) (Tabela 3).

Souza e Corbin (2025) argumentam que a valorização e a troca de equipamentos tecnológicos por aparelhagens mais atuais têm ocorrido de maneira inadequada, com incentivo ao consumo e à produção em escala, impossibilitando a adoção de um modelo sustentável de gerenciamento de resíduos sólidos e vindo em detrimento de questões que envolvem a sociedade, como a ambiental, por exemplo.

Tabela 3 – Equipamentos eletrônicos substituídos no período de um ano, pelos estudantes entrevistados de Capanema

Equipamento	Quantidade	Porcentagem
Celular	184	68
Televisor	62	23
Computador	24	9
Total	270	100

Fonte: pesquisa de campo

Quanto à destinação dos equipamentos substituídos, os resultados apontaram que cerca de 27% são doados, cerca de 25% são descartados no lixo, cerca de 23% são vendidos, cerca de 15% ficam guardados na residência e cerca de 10% são abandonados em lojas de assistência técnica (Tabela 4). O estudo de Malheiros, Corradi e Assumpção, que analisou comportamentos de consumidores e características de descarte de equipamentos eletroeletrônicos em bairros residenciais em Belém, constatou que 91,5% dos participantes da pesquisa desconhecem locais adequados ao recebimento de equipamentos que não estejam mais funcionando ou sem utilidade, sendo que 45% das pessoas pesquisadas os encaminham a assistências técnicas, quando dão defeitos, cerca de 42% os deixam guardados em casa e somente 3% os destinam a centrais de resíduos.

Tabela 4 – Destino final dos equipamentos substituídos

Destino	Quantidade	Porcentagem
Doado	91	27
Jogado no lixo	83	25
Vendido	77	23
Guardado na residência	50	15
Abandonado na assistência técnica	33	10
Total	334	100

Fonte: pesquisa de campo

Como colocado, o mundo gerou 62 milhões de toneladas de resíduos eletrônicos no ano de 2022, e os fatores que contribuíram para esta produção foram: aumento no consumo; redução nos consertos; rápida obsolescência; e ciclos de vida mais curtos — sem que haja infraestruturas adequadas à gestão destes resíduos (ONU, 2024). Além disso, houve aumento no descarte dos materiais que compõe os resíduos eletrônicos, que envolveu 31 milhões de toneladas de metais, 17 milhões de toneladas de plásticos e 14 milhões de toneladas de materiais com minerais ou vidro (ONU, 2024).

Dos entrevistados, cerca de 86% afirmam ter preocupações com o meio ambiente, cerca de 70% já ouviram falar em resíduos tecnológicos e cerca de 92% acreditam que o resíduo tecnológico prejudica o meio ambiente. Quanto à destinação do lixo residencial, cerca de 65% dos participantes afirmaram que sua coleta é feita pela prefeitura municipal, cerca de 17% destinam os resíduos sólidos à doação para empresas de reciclagem do município, especificamente garrafas PET e papel, cerca de 14% queimam seus lixos, cerca de 3% jogam seu lixo no quintal, a céu aberto, e cerca de 1% dos entrevistados enterram o lixo (Tabela 5).

Tabela 5 – Destino final do lixo residencial no município de Capanema

Destino do lixo	Quantidade	Porcentagem
Coleta pública	217	65
Doação para reciclagem	57	17
Queima	47	14
Quintal	10	3
Enterrado	3	1
Total	334	100

Fonte: pesquisa de campo

A pesquisa de Balbueno *et al.* (2021) apontou resultados similares, ao constatar que, no município de Bonito, no Mato Grosso do Sul, cerca de 72% das pessoas destinam seus resíduos à coleta pública comum e que 26% os destinam à coleta seletiva, sendo que 53% dos participantes realizam a separação dos resíduos sólidos. Em relação à visibilidade de resíduos tecnológicos em Capanema, cerca de 49% dos entrevistados afirmaram ter visto resíduos tecnológicos descartados na área urbana do município: cerca de 42% os avistaram em ruas e em rios da cidade; cerca de 30%, em instituições; cerca de 25%, no lixão municipal; e cerca de 3%, em empresas de assistência técnica (Tabela 6).

Tabela 6 – Presença de lixo tecnológico no município de Capanema

Locais de observação de lixo tecnológico no município	Quantidade	Porcentagem
Ruas e rios	69	42
Instituições	49	30
Lixão municipal	41	25
Empresas de assistência técnica	5	3
Total	334	100

Fonte: pesquisa de campo

Segundo Souza e Corbin (2025), o processo de reciclagem de resíduos tecnológicos constitui uma tarefa complexa, com elevado investimento em infraestrutura, em tecnologia e em mão de obra qualificada. A coleta e o transporte de resíduos tecnológicos demandam logísticas específicas, tendo em vista o alto volume de componentes perigosos, como mercúrio, chumbo e cádmio.

Além disso, o tratamento dos resíduos tecnológicos e a separação dos componentes recicláveis requerem máquinas de fragmentação e sistemas de filtragem, que apresentam altos custos de operação e de manutenção.

No município de Capanema, o destino dos resíduos sólidos eletroeletrônicos da população urbana é geralmente o lixão municipal, sendo posteriormente queimados no local — a cidade não possui um estabelecimento adequado à recepção de resíduos tecnológicos em desuso.

Em relação à instalação de uma empresa de tratamento de resíduos tecnológicos no município, cerca de 57% dos participantes afirmaram que tal iniciativa seria bem recebida, cerca de 34% disseram que a ideia era boa, cerca de 8% acham a ideia ruim, porque acreditam que a acomodação da empresa trará mais poluição para o município, e cerca de 1% acha desnecessário, tendo em conta o tamanho do município e a ideia de que a produção deste tipo de lixo é reduzida na cidade (Tabela 7).

Tabela 7 - Avaliação da instalação de uma empresa de reciclagem de resíduos tecnológicos, pelos entrevistados

Percepção	Quantidade	Porcentagem
Excelente	190	57
Bom	114	34
Ruim	27	8
Desnecessário	3	1
Total	334	100

Fonte: pesquisa de campo

Cerca de 75% dos entrevistados não comprariam equipamentos de uma empresa que não dá um destino adequado a aparatos eletroeletrônicos danificados e que os deixa em locais inadequados, como lixões a céu aberto, ruas etc., e cerca de 25% afirmaram que comprariam equipamentos de empresas, que não fazem o descarte correto de resíduos tecnológicos.

A este respeito, Liz *et al.* (2019) apontam a barreira do conhecimento em duas perspectivas: desconhecimento; e atitude. A barreira do conhecimento vinculada ao desconhecimento se relaciona ao indivíduo que não possui o conhecimento necessário sobre questões de separação de resíduos, pois muitos não sabem o que pode ou não ser destacado, junto dos materiais recicláveis. A barreira de conhecimento de atitude se liga à capacidade das pessoas preocuparem ou não com os efeitos da separação de resíduos para o meio ambiente.

Entre os entrevistados, cerca de 94% já ouviram falar em sustentabilidade e somente uma minoria desta porcentagem não conhece o conceito correto da palavra e a sua aplicabilidade, isto é, seu conhecimento sobre meio ambiente é restrito a informações obtidas de propagandas na televisão. Os níveis de conhecimento dos entrevistados sobre os impactos negativos dos resíduos tecnológicos no meio ambiente beiram o desconhecimento, restringindo-se apenas a aspectos negativos dos descartes de pilhas e de baterias de celular.

Tal desconhecimento, relativo a impactos do descarte incorreto de resíduos tecnológicos ao meio ambiente e à saúde, também foi constatado na pesquisa de Porto *et al.* (2019), em que 45% dos participantes não sabiam dos riscos do descarte incorreto de eletroeletrônicos ao meio ambiente e à saúde humana, apesar de 89% dos entrevistados terem afirmado que sabiam de que os resíduos de eletroeletrônicos deviam ser descartados de maneira diferente dos demais tipos de lixo.

Gestão dos resíduos tecnológicos das empresas de equipamentos eletroeletrônicos

A produção de resíduos tecnológicos, pelas empresas de eletroeletrônicos e de informática, seja de manutenção, seja de venda de equipamentos, ocorre pelo crescente abandono destes equipamentos, pelos clientes, situação que se agrava, pela falta de estruturas adequadas ao manuseio e à gestão destes refugos nas próprias empresas, tanto em termos de estrutura física/tecnológica quanto de capacitação profissional, e pela ausência de espaços adequados de coleta e de armazenamento de resíduos tecnológicos nos municípios (Porto *et al.*, 2018; Resende *et al.*, 2024).

Os perfis das empresas entrevistadas foram dois: empresas que trabalham somente no ramo de informática (em número de cinco); e empresas que trabalham com vendas de eletrodomésticos e com informática (duas). As empresas A, C, D, E e F prestam assistência técnica a seus clientes, mas os clientes das empresas A e C abandonam equipamentos na assistência técnica das empresas — todos os técnicos possuem conhecimentos sobre o perigo das composições tóxicas dos equipamentos.

Os equipamentos esquecidos pelos clientes nas empresas A e C passam por desmontagens, a fim de aproveitar peças que ainda possam ser utilizadas, e o que não é aproveitado, por exemplo placas de computadores, teclados, *mouses*, impressoras, monitores e *nobreaks*, acaba sendo enviado ao lixo municipal. Nas empresas F e E, os proprietários possuem uma política de prestação de serviços, que estipula um prazo para o cliente resgatar seu equipamento, seja ele consertado ou não. Caso o cliente não compareça no prazo, o proprietário tenta fazer a entrega na própria residência, para evitar que o equipamento fique no estabelecimento, sem utilidade alguma.

Os funcionários da assistência técnica da empresa D possuem conhecimentos sobre os perigos da manipulação de produtos eletrônicos e tentam ser cuidadosos no manuseio destes, durante o conserto, mas estes cuidados nem sempre são respeitados, devido às grandes quantidades de equipamentos para consertar e à urgência dos clientes nestas arrumações. Também falta uma estrutura adequada para as ações de manutenção, que ocorrem junto ao próprio salão da loja, ou seja, em um espaço inadequado.

Os clientes da empresa D dificilmente abandonam equipamentos na assistência técnica, visto que a empresa só atende equipamentos ainda na garantia, ou seja, cujo conserto não traz ônus para o cliente. As empresas D, F e G não possuem preocupações, quanto ao destino final de equipamentos danificados, e relataram que os produtos arruinados são colocados para a coleta municipal,

pela falta de um estabelecimento próprio no município, que cuide especificamente deste tipo de lixo.

Similarmente, o estudo de Resende *et al.* (2024) analisou o gerenciamento de resíduos de eletroeletrônico em lojas de reparo de celulares no município de Pombal, na Paraíba, constatando que, das empresas participantes da pesquisa, cerca de 44% afirmaram adotar algum tipo de medida para mitigar o impacto ambiental dos resíduos de eletroeletrônicos, enquanto 56% colocaram que não adotam qualquer medida, fazendo o descarte dos resíduos de eletroeletrônicos no lixo comum.

Por sua vez, a pesquisa de Porto *et al.* (2018) investigou as práticas de descarte de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos adotadas por empresas de assistência técnica eletroeletrônica de pequenos municípios do estado de Rondônia, com foco na chamada Tecnologia da Informação Verde, verificando que estas possuíam diferentes maneiras de descartar seus resíduos: lixo comum; doação para empresa coletora; devolução ao cliente; venda; reaproveitamento; armazenamento; e coleta paga.

Nas lojas de consertos de eletrônicos, os entrevistados informaram que a questão do abandono de equipamentos, pelos clientes, é problemática, pois elas acabam descartando estes equipamentos no lixo municipal, deixando-os estocados em espaços próprios ou os deixando nas ruas ou nos quintais dos estabelecimentos, como relatado por alguns dos entrevistados.

Todas as empresas possuem interesse em buscar conhecimentos mais amplos sobre os resíduos tecnológicos e sobre os seus efeitos para o homem e para o meio, assim como desejam conhecer os meios de reciclagem destes resíduos, embora alguma delas não possuam preocupações, quanto ao destino final de seus equipamentos, os quais acabam sendo conduzidos à coleta municipal. Por parte dos clientes, acredita-se que eles entendem que é grande o descaso com os equipamentos levados para assistências técnicas, tendo em vista a quantidade considerável de equipamentos esquecidos e abandonados nestas empresas, um fator problemático para as lojas, que ficam com a responsabilidade de dar um destino final a estes resíduos, conforme apontado por Reis (2021).

Destinação dos resíduos tecnológicos no município de Capanema, Pará

O terreno destinado a receber o lixo urbano do município fica localizado em um ramal, distante 3 km da PA-124, que liga Capanema a Salinópolis, e afastado cerca de 7 km da zona urbana. No caminho do ramal, foi possível observar a presença de resíduos tecnológicos, eliminados de forma inadequada no meio ambiente (Figura 1).

Figura 1 – Presença de lixo tecnológico a céu aberto (à esquerda) e catadores de resíduos no lixão de Capanema, Pará (à direita)



Fonte: pesquisa de campo

O lixo de Capanema não passa por manejo adequado, sendo depositado a céu aberto, no terreno em que são colocados os restos doméstico e comercial (insumos domésticos, vidros, papéis, alumínio, plásticos, entre outros). No lixão, a triagem é feita por pessoas, que residem na localidade, conhecidas como “catadoras de lixo”. Na visão de Silva (2012), os catadores de lixo desempenham um papel importante na preservação do meio ambiente e vêm ganhando espaço na sociedade, sendo responsáveis por movimentar mais de dois bilhões de reais ao ano no país, com a comercialização de produtos para a reciclagem.

Yoshida (2012, p. 11) argumenta que a PNRS inclui a participação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis em ações, que envolvem a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos comercializados em embalagens plásticas, metálicas ou de vidro. A PNRS enfatiza as importâncias das cooperativas e das associações de catadores, pois as atividades de coleta passam a ser formalizadas e a gerar atividades remuneradas. Atualmente, toneladas de embalagens e diversos materiais descartados no lixo de maneira negligente têm potencial econômico e podem estabelecer uma nova e bem-sucedida cadeia de negócios (Teixeira, 2012). A Figura 2 mostra resíduos preparados para seguir para as empresas de reciclagem.

Figura 3 – Resíduos separados para envio a empresas de reciclagem, em Capanema, Pará



Fonte: pesquisa de campo

Nas entrevistas, os catadores afirmaram que sempre encontram componentes de eletroeletrônicos entre os resíduos, os quais não servem para reciclagem, pois as empresas de reciclagem do município trabalham somente com plástico, alumínio, papelão e ferro. Nesse viés, Machado (2012, p. 50) define a reciclagem como o “[...] processo de transformação dos resíduos sólidos que

envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos”.

O resíduo sólido reutilizável tem valores econômico e social e gera trabalho e renda, logo a sua recolha e reciclagem são atividades promotoras de cidadania. Em 2023, foram recuperados 1,77 milhão de toneladas de resíduos no país, com um faturamento de R\$ 1,62 milhão para a reciclagem. Somente no estado do Pará, foram recuperadas 41.956,54 toneladas de resíduos (papel, plástico, vidro, metal e outros), com ganho de R\$ 23.413.842,14 (Anuário da reciclagem, 2023).

O município de Capanema possui muitas ações ambientalistas, que tentam sanar a problemática do meio ambiente, as quais estão detalhadas no Projeto de Lei municipal *Plano Plurianual 2023-2025 – Capanema Sustentável*. Nesse plano, constam programas de Educação Ambiental, de implantações da A3P e do aterro sanitário, de coleta seletiva de lixo, de apoio à criação de cooperativas de catadores, de gestão integrada de resíduos sólidos, de controle ambiental urbano, de controle de desmatamentos, de licenciamento ambiental, de recuperação de áreas degradadas, de controle da exploração de recursos naturais, de gestão de poluições hídrica e do solo, de gestão ambiental e de ouvidoria ambiental.

Esses programas visam a conservação ambiental no município, que apresenta, como uma das problemáticas atuais, o destino final do RSU coletado na cidade, que ainda é depositado em espaços a céu aberto, pois o município não possui políticas de tratamento específico para o lixo tecnológico, não existindo postos de coleta destes equipamentos na cidade, assim como projetos, voltados ao aproveitamento de equipamentos no pós-consumo.

Do mesmo modo, Capanema é desprovida de empresas de reciclagem, tendo somente empresas que compram materiais já coletados, como papel, plástico e vidro, uma empresa, que faz coletas de óleo e de insumos do açaí, e outra, que trabalha somente com ferro velho, com baterias e com alumínio. Essas empresas recebem tais resíduos do lixão municipal, trazido pelos catadores, e os enviam a empresas de reciclagem de fora da cidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de o Brasil ser considerado um dos maiores recicladores de alumínio do mundo, essa conquista não reflete a realidade mais ampla da gestão de resíduos sólidos urbanos no país. A reciclagem do alumínio é bem-sucedida sobretudo pela alta valorização econômica do material e pela atuação de catadores, mas o sistema de resíduos como um todo enfrenta entraves significativos. Entre eles estão a carência de infraestrutura adequada, a falta de conscientização da população quanto à importância da separação dos resíduos na origem, a escassez de recursos financeiros para investimentos consistentes na área e a ausência de fiscalização e de aplicação eficaz da legislação já existente. Soma-se a isso a dificuldade de articulação entre os agentes públicos, privados e a sociedade civil, o que impede a criação de uma rede coordenada capaz de tornar o gerenciamento de resíduos eficiente e sustentável.

Quando se observa o cenário internacional, percebe-se que o sucesso da gestão de resíduos em países desenvolvidos não ocorre de forma espontânea, mas decorre de políticas consistentes, rígida fiscalização e da participação ativa da sociedade. Nessas nações, a separação dos resíduos começa ainda dentro das

residências, empresas e indústrias, resultado de décadas de investimentos em Educação Ambiental e em campanhas de sensibilização da população. Além disso, muitos países destinam recursos vultosos para a implantação de tecnologias avançadas, como as usinas de incineração de lixo que, ao mesmo tempo em que reduzem o volume de resíduos destinados a aterros, também geram energia renovável, suficiente para abastecer milhares de residências. Essa visão de valorização dos resíduos como recurso é um ponto central que ainda não foi plenamente incorporado no Brasil.

No caso brasileiro, a PNRS estabeleceu diretrizes importantes, como a logística reversa e a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. Contudo, a aplicação dessa lei ainda encontra barreiras estruturais e políticas. A distância entre a teoria e a prática mostra que muitos municípios, principalmente os de pequeno porte, não conseguem colocar em funcionamento sequer um sistema básico de coleta seletiva, quanto mais políticas sofisticadas de reaproveitamento de resíduos tecnológicos. Essa defasagem revela a desigualdade regional e a fragilidade da gestão pública no país.

Outro fator que agrava a situação é a ausência de estímulo econômico para a população participar ativamente do processo. Em países com sistemas avançados, existem mecanismos de incentivo, como descontos em tarifas, programas de “depósito e retorno” ou benefícios fiscais para empresas que investem em logística reversa. No Brasil, a responsabilidade é frequentemente transferida ao cidadão, sem oferecer contrapartidas práticas. Isso gera desinteresse, baixa adesão e, em muitos casos, uma sensação de que a reciclagem é apenas um dever individual, quando na realidade deveria ser um processo coletivo e integrado, envolvendo Estado, empresas e sociedade.

Além disso, há o problema cultural, marcado por um modelo de consumo linear: comprar, usar e descartar. A lógica da economia circular, que busca prolongar o ciclo de vida dos produtos e transformar resíduos em recursos, ainda é pouco difundida no Brasil. Essa mentalidade consumista, estimulada pela obsolescência programada de produtos tecnológicos, dificulta qualquer tentativa de reduzir a geração de lixo eletrônico. Sem uma mudança estrutural no comportamento de consumo e no modelo de produção, mesmo investimentos em infraestrutura tendem a ser paliativos, e não soluções definitivas.

Considerando que a gestão de resíduos sólidos é um problema ambiental de escala global, observa-se que apenas alguns poucos países conseguem alcançar um patamar de excelência, justamente por aliar políticas públicas consistentes, investimentos tecnológicos e participação cidadã. Nesse contexto, o Brasil ainda apresenta uma situação precária, com grandes disparidades regionais e falta de integração entre ações locais, nacionais e internacionais.

Esse panorama se reflete de maneira clara no município de Capanema. Embora a cidade possua programas ambientalistas voltados a problemas tradicionais — como a coleta seletiva de resíduos comuns e campanhas de arborização —, ainda não dispõe de políticas públicas específicas para os resíduos tecnológicos, cuja geração cresce em ritmo acelerado com o avanço do consumo de eletroeletrônicos. A pesquisa de campo realizada com estudantes, comerciantes de eletroeletrônicos e representantes do poder público revelou que o tema é praticamente desconhecido pela população local. A maioria dos entrevistados não soube exemplificar corretamente o que são resíduos

tecnológicos, restringindo suas respostas a pilhas e baterias de celulares. Isso evidencia a ausência de informação e de Educação Ambiental voltada para esse tipo de resíduo, que é um dos mais danosos ao meio ambiente por conter metais pesados e substâncias tóxicas.

A realidade observada em Capanema mostra que os resíduos tecnológicos ainda são tratados como lixo urbano comum, sem qualquer diferenciação ou destinação adequada. Tal situação aumenta o risco de contaminação do solo e da água, além de representar uma perda de materiais que poderiam ser reaproveitados em processos industriais. Assim, a gestão desse tipo de resíduo deveria ser colocada como pauta urgente na agenda pública local, com a criação de políticas específicas que contemplem a coleta diferenciada, a logística reversa e a instalação de pontos de recebimento.

Por fim, é importante destacar que a problemática dos resíduos tecnológicos não se restringe apenas à questão ambiental, mas também envolve aspectos sociais e econômicos. A destinação adequada desses materiais pode gerar novas cadeias produtivas, promover a inclusão social de catadores e fomentar uma economia circular. Para tanto, é imprescindível rever os padrões de consumo da sociedade, que hoje priorizam a substituição rápida de aparelhos eletrônicos em função de tendências de mercado, gerando um volume cada vez maior de lixo eletrônico. Sem essa reflexão crítica e sem políticas públicas efetivas, municípios como Capanema continuarão a enfrentar sérios desafios, que não apenas afetam o ambiente local, mas também se inserem em uma problemática global de difícil solução.

Challenges for technological waste management in the municipality of Capanema, Pará

ABSTRACT

Solid waste generation will reach 3.4 billion tons per year worldwide by 2050. In addition, in recent decades, the production of solid waste from electronic equipment in the world has further aggravated this problem, adding 62 million tons of waste to this account by 2022. This article aims to analyse the management of technology waste and its consequences for the environment in the municipality of Capanema, located in the state of Pará. In terms of methodology, the research is characterized as descriptive with a mixed approach. In the investigation, 334 questionnaires were applied to high school students from two state schools and the Federal University of Pará, as well as to employees of seven electronics and computer companies, and there were on-site visits to the municipal dump, in which interviews were conducted with recyclable material collectors, to analyse the conditions of the space reserved to receive the municipality's solid urban waste. The results showed that the town's population has limited knowledge of technological waste and is unaware of the toxic components present in this equipment, as well as disposing of the waste in the environment inappropriately, given that Capanema has no institutions that work with recycling waste of this type.

KEYWORDS: Consumption. Management. Technological waste. Recycling.

REFERÊNCIAS

AN, J.; MIKHAYLOV, A. Y. Economic analysis of current waste management in credit organisation from 11 asian countries vs Sberbank ESG reporting. **Finance: Theory and Practice**, v. 27, n. 6, p. 173 – 184, 2023. DOI: 10.26794/2587-5671-2023-27-6-173-184.

ANUÁRIO DA RECICLAGEM. **Anuário da reciclagem 2023**. 2023. Disponível em: <https://anuariodareciclagem.eco.br/>. Acesso em: 02 dez. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE (ABREMA). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. 2023. Disponível em: <https://www.abrema.org.br/panorama/>. Acesso em: 1º dez. 2024.

BALBUENO, L. R. *et al.* Tratamento de resíduos sólidos no município de Bonito, Mato Grosso do Sul, Brasil, correlacionado com dados externos. **Interações**, Campo Grande, v. 22, n. 3, p. 883-905, jul./set. 2021. DOI: 10.20435/inter.v22i3.2768.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BRASIL. **Lei n.º 12.305 de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 17 jun. 2024.

RINDHADEVI, K. *et al.* E-waste management, treatment options and the impact of heavy metal extraction from e-waste on human health: Scenario in Vietnam and other countries. **Environmental Research**, v. 217, 114926, 2023. DOI: 10.1016/j.envres.2022.115181.

CENCI, M. P. *et al.* Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos como fonte secundária de materiais críticos e estratégicos. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 28, 2025. DOI: 10.1590/1809-4422asoc0203vu28L1AO.

CIRNE, L. E. M. R. *et al.* Obsolescência e taxa de recuperação de equipamentos eletroeletrônicos doados para o projeto Um computador nota 10. **Revista Tecnologia e Sociedade**, Curitiba, v. 17, n. 47, p. 319-331, 2021. DOI: 10.3895/rts.v17n47.15903.

CONTADOR, L.; FREIRE, L. S.; XAVIER, L. H. Paradoxos da logística reversa de resíduos eletroeletrônicos e a mineração urbana no Brasil. **Revista Tecnologia e Sociedade**, Curitiba, v. 17, n. 46, p. 141-159, 2021. DOI: 10.3895/rts.v17n46.15790.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

FERREIRA, L. A. *et al.* Descarte e gerenciamento dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos em Londrina (PR). **Revista Tecnologia e Sociedade**, Curitiba, v. 19, n. 53, p. 11-27, 2023. DOI:10.3895/rts.v19n53.18159.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

HOORNWEG, D.; BHADA-TATA, P. **What a waste**: a global review of solid waste management. Washington: World Bank, 2012. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10986/17388>. Acesso em: 10 jun. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades e estados**: Capanema. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-%20estados/pa/capanema.html>. Acesso em: 17 jun. 2024.

INTERNATIONAL SOLID WASTE ASSOCIATION (ISWA). **O futuro do setor de gestão de resíduos**: tendências, oportunidades e desafios para a década 2021-2030. ISWA: [s. n.], 2021.

KAZA, S. *et al.* **What a waste 2.0**: a global snapshot of solid waste management to 2050. Washington: World Bank, 2018. (Urban Development Series). Disponível em: <https://hdl.handle.net/10986/30317>. Acesso em: 10 maio 2025.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

LI, K. *et al.* Upgrading waste electrical and electronic equipment recycling through extended producer responsibility: a case study. **Circular Economy**, v. 2, n.1, 2023. DOI: 10.1016/j.cec.2023.100025.

LIZ, M. S. M. *et al.* Responsabilidade socioambiental da coleta seletiva de resíduos sólidos no município de Lages/SC. **Revista Geográfica Acadêmica**, [S. l.], v. 13, n. 1, p. 74-89, 2019. Disponível em: <https://revista.ufrr.br/rga/article/view/5449>. Acesso em: 16 jun. 2025.

MACHADO, P. A. L. Princípios da política Nacional de Resíduos Sólidos. In: JARDIM, A.; YOSHIDA, C.; MACHADO FILHO, J. V. **Política nacional, gestão e gerenciamento de resíduos sólidos**. Barueri: Manole, 2012.

MALHEIROS, E. H. P.; CORRADI, A.; ASSUMPÇÃO, D. J. F. Comportamento de consumidores e características no descarte de equipamentos eletrônicos em bairro residencial de Belém – Pará. **Rev. Augustus**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 53, p. 44-62, mar./jun. 2021.

MATTOS, K. M. C.; PERALES, W. J. S. Os impactos ambientais causados pelo lixo eletrônico e o uso da logística reversa para minimizar os efeitos causados ao meio ambiente. In: XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO — A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável, Rio de Janeiro, 13 a 16 de outubro de 2008. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: [s. n.], 2008.

MIR, A. M.; CHANG, I. Saudi Arabia E-waste management strategies, challenges and opportunities, effect on health and environment: a strategic review. **Emerging Contaminants**, v. 10, n. 4, p. 1–13, 2024. DOI: 10.1016/j.emcon.2024.100357.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Produção de lixo eletrônico pela humanidade chegou a 62 milhões de toneladas**. 2025. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2024/03/1829466>. Acesso em: 02 abr. 2025.

PHILIPPI JÚNIOR, A. *et al.* Gestão Integrada de resíduos sólidos. In: JARDIM, A.; YOSHIDA, C.; MACHADO FILHO, J. V. **Política nacional, gestão e gerenciamento de resíduos sólidos**. Barueri: Manole, 2012. p. 230-244.

PORTAL SUSTENTABILIDADE. **5 Países reconhecidos por boas práticas na gestão de resíduos sólidos urbanos**. 2023. Disponível em: <https://portalsustentabilidade.com/2023/06/22/5-paises-reconhecidos-por-boas-praticas-na-gestao-de-residuos-solidos-urbanos/>. Acesso em: 30 jun. 2025.

PORTO, W. S. *et al.* Gestão do descarte de resíduos eletroeletrônicos com foco na ti verde. **AOS - Amazônia, Organizações e Sustentabilidade**, v. 7, n. 2, p. 47-68, jul./dez. 2018. DOI: 10.17800/aos.v7i2.907.

PORTO, W. S. *et al.* Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos: um diagnóstico da destinação na percepção do consumidor final de Vilhena/RO. **AOS - Amazônia, Organizações e Sustentabilidade**, v. 8, n. 2, p. 7-26, jul./dez. 2019. DOI: 10.17648/aos.v8i2.1008.

REIS, E. K. S. O uso da logística reversa para minimizar os impactos ambientais causados pelo lixo eletrônico. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, [S. l.], v. 7, n. 8, p. 843-859, 2021. DOI: 10.51891/rease.v7i8.2020.

RESENDE, D. H. S. *et al.* Gerenciamento de resíduos eletroeletrônicos em lojas de reparo de celular na cidade de Pombal-PB – Brasil. **Cuadernos de Educación Y Desarrollo**, v. 16, n. 8, p. 1-24, 2024. DOI: 10.55905/cuadv16n8-051.

SEIF, R.; SALEM, F. Z.; ALLAM, N. K. E-waste recycled materials as efficient catalysts for renewable energy technologies and better environmental sustainability. **Environment, Development and Sustainability**, v. 26, p. 5473–5508, 2024. DOI: 10.1007/s10668-023-02925-7.

SEVERINO, A. J. Metodologia do trabalho científico. São Paulo: Cortez, 2013.

SANTOS, E. L.; MARCHI, C. M. D. F. Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos: levantamento bibliográfico e proposição de alternativas para prevenção ambiental. **Revista de Ciências Ambientais**, Canoas, v. 16, n. 1, p. 01-15, 2022. DOI: 10.18316/rca.v16i1.8181.

SILVA, N. R. N.; DINIZ, M. C. Gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) nas Instituições de Ensino Superior (IES) no Brasil: análise cienciométrica de 2010 a 2021. **Revista Tecnologia e Sociedade**, Curitiba, v. 17, n. 45, p. 21-37, 2021. DOI: 10.3895/rts.v17n45.15051.

SILVA, P. M.G. Instrumentos econômicos. In: JARDIM, A.; YOSHIDA, C.; MACHADO FILHO, J. V. **Política nacional, gestão e gerenciamento de resíduos sólidos**. Barueri: Manole, 2012.

SILVA, R. M. G. *et al.* Indicadores de sustentabilidade para análise do gerenciamento dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 28, e20220220, 2023. DOI: 10.1590/S1413-415220220220.

SILVA, V. P. M.; CAPANEMA, L. X. L. Políticas públicas na gestão de resíduos sólidos: experiências comparadas e desafios para o Brasil. **BNDES**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 50, p. 153-200, set. 2019. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/19062>. Acesso em: 27 jun. 2025.

SOUZA, I. S. F.; MEDEIROS, L. R. Lixo eletrônico e obsolescência programada em município do interior do Rio Grande do Norte: um estudo de percepção ambiental. **Revista Tecnologia e Sociedade**, Curitiba, v. 17, n. 46, p. 83-98, 2021. DOI:10.3895/rts.v17n46.15968.

SOUZA, L. O.; CORBIN, H. P. Logística reversa e a sustentabilidade dos resíduos eletroeletrônicos no Brasil: potencial e desafios. **Papers do NAEA**, v. 1, n. 1, 2025. (*Paper* n. 581) DOI: 10.18542/papersnaea.v1i1.18575.

SCHULTS, J. T. *et al.* E-Waste hero: aplicativo móvel como ferramenta de economia circular para promoção do correto descarte de resíduos de equipamento eletroeletrônico de linha verde na cidade de São Bernardo do Campo/SP. **Latin American Journal of Business Management**, v. 16, n. 1, p. 1-20, 2025.

TEIXEIRA, I. Prefácio. *In*: JARDIM, A.; YOSHIDA, C.; MACHADO FILHO, J. V. **Política nacional, gestão e gerenciamento de resíduos sólidos**. Barueri: Manole, 2012.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

YOSHIDA, C. Competências e as diretrizes da PNRS: conflitos e critérios de harmonização entre as demais legislações e normas. *In*: JARDIM, A.; YOSHIDA, C.; MACHADO FILHO, J. V. **Política nacional, gestão e gerenciamento de resíduos sólidos**. Barueri: Manole, 2012. **Recebido:** 15/07/2025

Aprovado: 17/09/2025

DOI: 10.3895/rts.v21n66.20556

Como citar:

PINHEIRO, Suellen Freitas; LOPES, Arleson Eduardo Monte Palma; ALMEIDA, Oriana Trindade; RIVERO, Sergio Luiz de Medeiros. Desafios à gestão de resíduos tecnológicos no município de Capanema, Pará. **Revista Tecnologia e Sociedade**, Curitiba, v. 21, n. 66, p. 251-272, seção temática, 2025. Disponível em:

<https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/20556>

Acesso em: XXX.

Correspondência:

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

