

GERAÇÃO E DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS: ESTUDO DE CASO COM DISCENTES DE INFORMÁTICA E TECNOLOGIAS

Deiveson Sá Gaia ¹

Jasmine Ferreira Alfonso ²

Jessyca Nepomuceno dos Santos ³

Priscila da Silva Batista ⁴

Resumo: Com o rápido avanço tecnológico, é comum ter muitos equipamentos eletrônicos tanto no ambiente doméstico quanto no ambiente de trabalho. No entanto, esses materiais são compostos por diversos elementos tóxicos que impactam o meio ambiente e a saúde humana quando descartados incorretamente. O objetivo deste artigo é analisar as formas de descarte de equipamentos eletrônicos pós-consumo por estudantes da área de informática, bem como suas percepções sobre essa problemática. Para isso, utilizou-se um questionário semiestruturado para o levantamento de dados, a fim de auxiliar no desenvolvimento da pesquisa descritiva. Notou-se que a maioria dos discentes tem consciência do descarte adequado, mas ainda possui pouca sensibilização ambiental no que se refere à temática, resultando frequentemente em práticas de descarte incorretas.

Palavras-chave: Gerenciamento de Resíduos; Gestão de Resíduos; Equipamentos Eletrônicos; Logística Reversa.

Abstract: It is common with the rapid technological advancement to have a lot of electronic equipment in the home environment and at work. However, these materials are composed of several toxic elements that affect the environment and health when disposed of incorrectly. The objective of this article was to analyze the ways in which post-consumer electronic equipment is discarded by students in the computer area, as well as their perceptions of this problem. For this, a semi-structured questionnaire was used for data collection to aid in the development of descriptive research. It was noted that most students are aware of the proper disposal, but have a little environmental awareness regarding the subject and generally perform the incorrect disposal.

Keywords Waste Management; Electronic Equipment; E-Waste Reverse Logistics.

¹Instituto Federal do Pará - Campus Tucuruí. E-mail: deiveson.sg@gmail.com.

Link para o Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4584943627902409>

² Instituto Federal do Pará - Campus Tucuruí. E-mail: jasmine.fa94@gmail.com .

Link para o Lattes: <https://lattes.cnpq.br/6532880023901593>

³ Instituto Federal do Para - Campus Tucuruí. E-mail: jessyca.ingles@ifpa.edu.br.

Link para o Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6771034010567560>

⁴ Universidade Federal do Oeste do Pará. E-mail: priscila.batista@ufopa.edu.br.

Link para o Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2732196193877492>

Introdução

Equipamentos eletroeletrônicos (EEE) são todos aqueles produtos cujo funcionamento depende do uso de corrente elétrica ou de campos eletromagnéticos. Ao fim de sua vida útil, esses produtos passam a ser considerados resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REE). Idealmente, somente chegam a esse ponto uma vez esgotadas todas as possibilidades de reparo, atualização ou reuso (ABDI, 2013).

Segundo Tsydenova e Bengtsson (2011), os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos cobrem um amplo rol de produtos elétricos e eletrônicos que incorporam tanto produtos valiosos (por exemplo, metais não preciosos: ferro, aço, cobre, alumínio etc.; metais preciosos: ouro, prata, paládio, platina etc.), como substâncias perigosas (por exemplo, chumbo, mercúrio, cádmio, baterias, retardadores de chama, clorofluorcarbonos e outros compostos de refrigeração com grande potencial de impacto ambiental). Logo, estes resíduos tem potencial para gerar impactos ambientais negativos significativos se manuseado de forma inadequada (Robinson, 2009; Lim; Schoenung, 2010).

Segundo a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), a presença de elementos potencialmente tóxicos nos Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REE) gera dois tipos distintos de riscos, sendo a contaminação daqueles que manuseiam esses equipamentos e a contaminação do meio ambiente que os cerca.

O primeiro tipo de risco abarca consumidores que mantêm equipamentos antigos em suas casas, bem como aqueles que desempenham funções relacionadas à coleta e à reciclagem dos REE, em que a proteção dos envolvidos se torna premente. Já o segundo se refere ao potencial de contaminação ambiental, que também demanda atenção e esforço, pois os REEE nunca devem ser descartados diretamente no meio ambiente como parte dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). Caso isso ocorra, é dada a imediata contaminação do lixiviado a partir do contato dos metais pesados com a água, amplificando os efeitos de qualquer possível vazamento. A penetração desses materiais no solo pode levar à contaminação dos lençóis subterrâneos ou acumulação em seres vivos, ambos com efeitos perniciosos ao meio ambiente como um todo (ABDI, 2013).

Ademais, o fluxo de resíduo eletroeletrônico é um fluxo que apresenta um rápido crescimento em todo o mundo, que com a tendência atual, deverá dobrar até 2045 (PARAJULY et al., 2019), já que os produtos eletrônicos evoluíram para se tornarem complexos e onipresentes na vida cotidiana.

No entanto, os sistemas de gerenciamento e coleta de REE não foram atualizados - em grande parte falhando em garantir o manuseio adequado do REE. Isso acarreta riscos potenciais de perdas de recursos e impactos negativos no meio ambiente, bem como na saúde humana (WANG et al., 2016).

Nesse sentido, Song e Li (2015) ressaltam que estratégias adequadas de gestão e o descarte seguro dos REE se tornou uma questão emergente, com vista a controlar os riscos à saúde humana e ao meio ambiente. Por conta disso, essa questão atraiu a atenção de cientistas, empresários e governos em todo o mundo (ILANKOON et al., 2018). De um lado, vários governos e agências estão apresentando diferentes regulamentações ambientais, por outro lado, acadêmicos e pesquisadores estão contribuindo com soluções e sugestões em diferentes contextos de países. Contudo, apesar destes esforços, os benefícios da implementação de uma cadeia logística ainda não foram totalmente percebidos nas economias emergentes (ABDULRAHMAN, 2014).

Em vista disso, o objetivo central deste artigo é descrever as práticas mais recorrentes empregadas pelos estudantes das áreas de tecnologia no manejo de resíduos eletroeletrônicos. A preocupação em relação a tal tema torna-se evidente quando se observa os índices de produção de resíduos dessa natureza, os quais, de acordo com levantamento feito pela iniciativa *Solving the e-Waste Problem (StEP)*, o Brasil produziu 1,4 milhões de toneladas de resíduos eletrônicos em 2014, ou 7 kg por habitante. Em 2019 foram cerca de 2,1 milhões de toneladas produzidas no país – correspondente a cerca de 10,2 kg por habitante do país, segundo o *The Global e-Waste Monitor* (FORTI et al., 2020), enquanto em 2011 estimava-se que a média de resíduo eletrônico gerado por habitante no Brasil seria de 4,8 kg por habitante (ABDI, 2013). A comparação destes dados demonstra o rápido crescimento deste tipo de resíduo no país.

Aspectos relacionados à gestão dos REE

Em escala global, a gestão de REE apresenta deficiências e grandes desafios, especialmente nos países em desenvolvimento. Nos países africanos, sistemas de coleta específicos para REE e infraestrutura oficial de tratamento e reciclagem são praticamente inexistentes, prevalecendo o gerenciamento informal dos REE. No continente asiático, existem realidades distintas: diversos países carecem de sistemas de coleta formais e, em alguns países, como Coréia do Sul e Japão, há regulação e sistemas de coleta e reciclagem consolidados. Já na China e Índia, a gestão de REE está regulamentada e o setor de reciclagem formal encontra-se em expansão, mas ainda predomina o gerenciamento informal dos REE (BALDÉ et al., 2017). Na América Latina, o consumo de EEE e a conseqüente geração de REE vêm crescendo rapidamente; neste os países estão em processo de elaboração de normativa e de políticas públicas, mas a reciclagem formal ainda é incipiente (BALDÉ et al., 2017).

O descarte inadequado de equipamentos eletroeletrônicos e pilhas representam mais de 53 milhões de toneladas em todo o mundo. Nesse cenário o Brasil é, atualmente, o quinto maior gerador de resíduos eletrônicos no mundo e possui uma taxa muito baixa de reciclagem (menos de 3%). Tal

fato torna esse debate ainda mais urgente para que ações efetivas possam ser tomadas, levando a uma melhora do cenário de reciclagem de eletroeletrônicos no país (GREEN ELETRON, 2021).

No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº 12.305/2010, estabelece que a logística reversa deve ser implementada para vários tipos de resíduos, incluindo os eletroeletrônicos, visto que podem conter substâncias tóxicas não biodegradáveis (BRASIL, 2010). A PNRS define a Logística Reversa (LR) como um conjunto de estratégias que abrangem os responsáveis pelo ciclo de vida do produto. Seu principal objetivo é viabilizar a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, a fim de possibilitar o reaproveitamento ou destinação ambientalmente adequada.

Dessa forma, a LR é uma metodologia inovadora que pressupõe a responsabilidade compartilhada entre produtor, destinador e sociedade, visando promover o desenvolvimento socioeconômico e salvaguardar a qualidade ambiental, conforme preconizado na Lei nº 12.305/2010 (BRASIL, 2010).

Nesse sentido, a PNRS estabelece o Acordo Setorial como o instrumento legal a ser utilizado para a implantação da logística reversa. Conforme definido pela PNRS, o Acordo Setorial é um "ato de natureza contratual firmado entre o poder público e fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes", com o objetivo de estabelecer a responsabilidade compartilhada entre o ciclo de vida do produto. Espera-se que, por meio desse instrumento, a gestão de resíduos sólidos no país ocorra de maneira adequada, mitigando, assim, os impactos ambientais.

O Acordo Setorial para a logística reversa de produtos eletrônicos foi assinado em outubro de 2019, com metas de reciclagem a serem atendidas a partir de 2021. O acordo prevê duas fases: a primeira dedicada à construção do sistema e a segunda destinada à implementação, operação e alcance de metas, prazos e ações anuais e crescentes específicos. Por meio desse acordo, busca-se conscientizar a sociedade e ampliar os pontos de coleta dos equipamentos, de modo a aumentar a quantidade de REE coletados e a sua recuperação no setor econômico.

Metodologia

Caracterização da Área de estudo

A área de estudo é o município de Tucuruí, localizado na região sudeste do Estado do Pará (Figura 1), a 459km da capital Belém e com uma área total de 2.086 km². É conhecida por abrigar uma das maiores Usinas Hidrelétricas do Rio Tocantins, em funcionamento. De acordo com a Eletronorte, possui um vertedouro com capacidade instalada para 110.000 m³/s e 8.370 MW.

Conforme o IBGE (2022), a população do município é de 91.306 habitantes, possui o IDHM (2010) de 0,666 e ocupa o 11º lugar no ranking das

Revbea, São Paulo, V.19, Nº 1: 251-271, 2024.

144 cidades do estado do Pará. A economia baseia-se no setor primário, com predominância do extrativismo vegetal, agricultura rudimentar, pecuária extensiva e pesca.

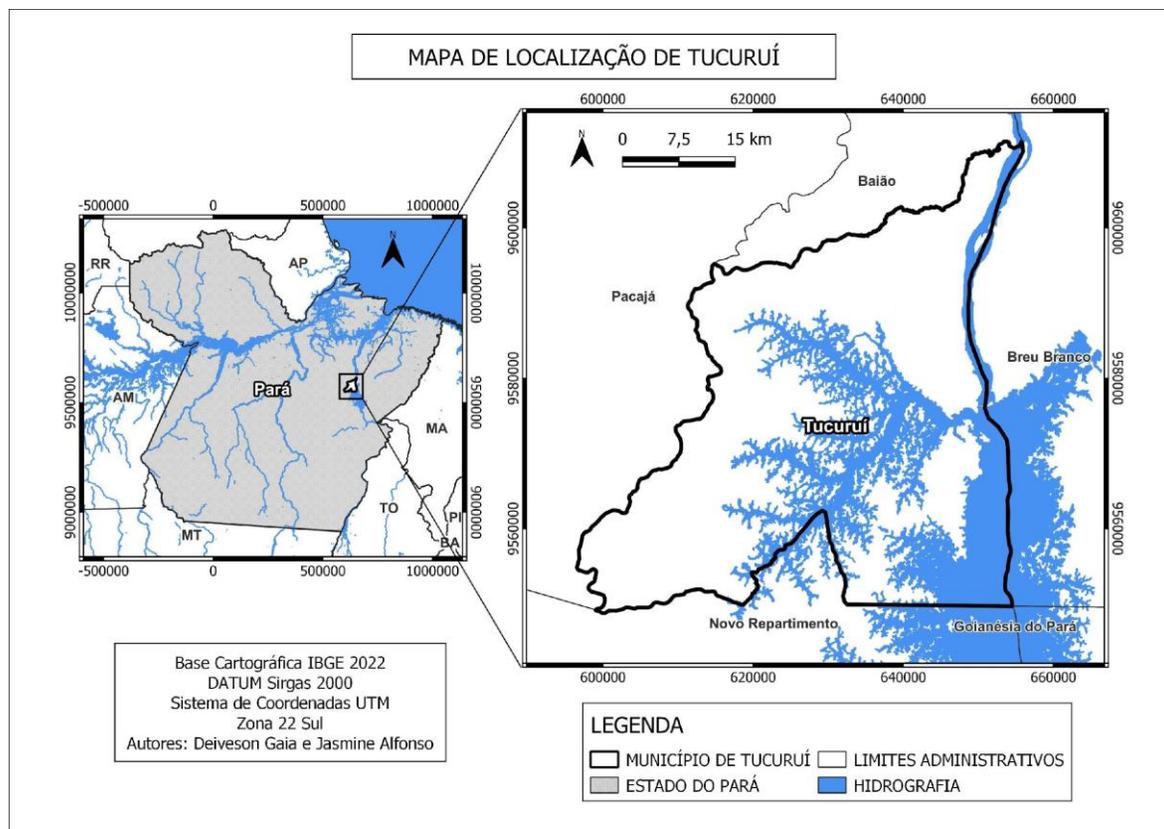


Figura 1: Localização do Município de Tucuruí, Pará.

Fonte: Autores (2023).

Caracterização do Objeto de Estudo

Esta pesquisa foi direcionada aos estudantes da área de informática e tecnologias do município de Tucuruí, uma vez que a cidade possui 03 (três) faculdades públicas e 35 (trinta e cinco) faculdades privadas (presencial, semipresencial e EAD).

Dentre as unidades de ensino, foram selecionadas 02 (duas) instituições públicas, sendo o Instituto Federal do Pará (IFPA) e a Universidade Federal do Pará (UFPA). O IFPA possui 05 (cinco) cursos superiores e 07 (sete) cursos técnicos; e a UFPA possui 06 (seis) cursos superiores. No âmbito do IFPA, o levantamento das informações concentrou-se nos cursos de Técnico de Informática, Técnico em Manutenção e Suporte em Informática, Tecnologia em Redes de Computadores, Bacharelado em Ciências da Computação. Na UFPA, a coleta de dados se deu especificamente no curso de Bacharelado em Engenharia da Computação.

O IFPA, *Campus Tucuruí*, oferta, em média, 40 (quarenta) vagas por ano para cada curso técnico e superior, enquanto a UFPA oferece 48 (quarenta e oito) vagas anuais.

Tipo de Pesquisa

O estudo é configurado como uma pesquisa descritiva exploratória em uma abordagem quali-quantitativa. Segundo Severino (2016), a pesquisa descritiva tem como objetivo descrever as características de determinado fenômeno ou a relação entre variáveis. Já Volpato (2017) afirma que ela busca compreender e explicar as características e relações entre variáveis em um determinado contexto. Neste caso, a presente pesquisa se propõe a descrever as práticas de manejo de REE por uma determinada população, já que essa ferramenta de análise contribui para a busca de soluções diante da situação diagnosticada.

Descrição da Amostragem

A população deste estudo foi de 221 discentes matriculados em ambas instituições federais do município de Tucuruí. O cálculo amostral foi estabelecido por meio da Equação 1.

$$\textit{Tamanho da Amostra (n)} = \frac{\frac{z^2 \cdot p(1-p)}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 \cdot p(1-p)}{e^2 \cdot N}\right)} \quad \text{Equação 1}$$

Onde **z=** representa o desvio indicado ao valor médio aceitável para que o nível de confiança seja atingido; **p=** é a proporção que se deseja encontrar no cálculo; **e=** se refere à margem de erro (porcentagem no formato decimal); **N=** é o tamanho da população e **n=** significa o tamanho da amostra obtido por meio do cálculo.

Analisando este estudo, optou-se por utilizar o valor de 50% para a proporção **p** (0,5 decimal), visto que foi possível ter um número maior de amostragem. Em relação à margem de erro simbolizado pela letra **e**, utilizaram-se 5% (0,05 decimal). O grau de confiança de 95% corresponde a 1,96 **z**.

Desse modo, o valor final obtido foi de 141 (valor mínimo do tamanho da amostra). Durante a aplicação do questionário, foram obtidos 172 participantes para a pesquisa (Tabela 1).

Tabela 1: População e tamanho da amostra por Curso/Instituição

INSTITUIÇÃO FEDERAL	CURSO	MÉDIA DE VAGAS OFERTADAS AO ANO	DISCENTES MATRICULADOS	DISCENTES PARTICIPANTES DO QUESTIONÁRIO
IFPA	Técnico de Informática	40	31	31
	Técnico em Manutenção e Suporte em Informática	40	59	46
	Tecnologia em Redes de Computadores	40	19	19
	Bacharelado em Ciências da Computação	40	26	21
UFPA	Bacharelado em Engenharia da Computação	48	86	55
TOTAL		208	221	172

Fonte: Autores (2023).

Instrumento de Pesquisa

O presente trabalho pretende produzir um diagnóstico das práticas de geração e descarte de resíduos eletrônicos na cidade de Tucuruí, com base no estudo realizado entre discentes da área de informática do IFPA e da UFPA. Nesse sentido, busca-se apontar o comportamento dessa população em relação ao manejo de eletroeletrônicos no final da vida útil, bem como o conhecimento e a percepção dos usuários sobre os impactos decorrentes desses tipos de resíduos.

Para a coleta de informações, foi elaborado um questionário semiestruturado composto por 20 questões, subdivididas em seções que abrangem:

- a) Aspectos socioeconômicos domiciliares;
- b) Características dos equipamentos elétricos e eletrônicos existentes em domicílio e o comportamento do usuário em relação à aquisição/substituição, vida útil e descarte (nos últimos 2 anos);
- c) Educação Ambiental.

A pesquisa foi desenvolvida no período compreendido entre os meses de fevereiro e março de 2023. Os estudantes entrevistados responderam 20 perguntas que retratavam os assuntos relacionados à motivação para comprar os equipamentos eletrônicos, tipos e quantidade, o modo de armazenamento e

a destinação dada aos equipamentos no momento de descarte. Além disso, foi abordado o grau de conhecimento de cada um sobre a temática.

Como critérios de inclusão dos participantes, foram considerados os estudantes matriculados em ambas as instituições federais citadas anteriormente. O grupo, a partir de 16 anos, com a permissão de seus responsáveis, consentiu em participar do estudo de forma voluntária e mediante a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Ainda foram orientados de que poderiam desistir da pesquisa a qualquer momento, sem haver prejuízo para eles.

Resultados e Discussões

O levantamento realizado evidenciou que a quantidade média de Equipamentos Eletrônicos (EE), adquiridos nos últimos dois anos (Figura 2), está entre 5 e 10 unidades, o que equivale a uma proporção de 51,74% dos entrevistados. Esse avanço do comércio eletrônico atrela-se a fatores sociais e econômicos, pois vem oferecendo produtos mais favoráveis, de baixo custo e dispositivos de tendências atuais, estimulando as pessoas a consumirem mais.

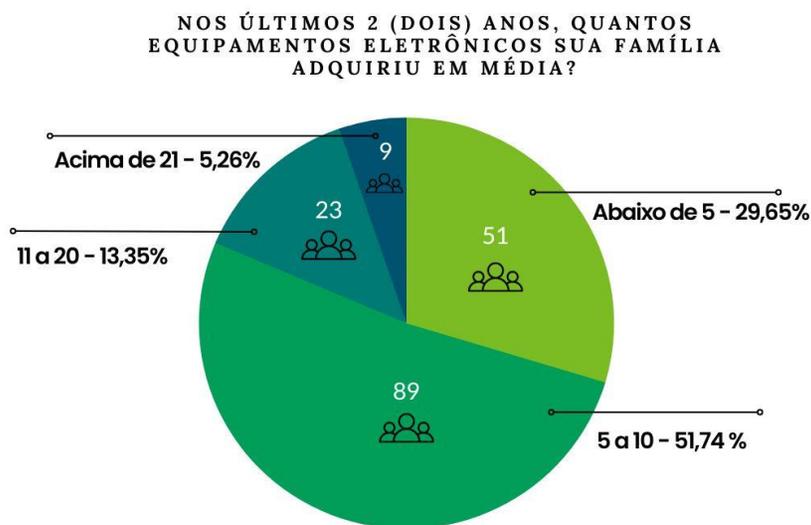


Figura 2: Estimativa Média de Eletrônico adquiridos nos últimos dois anos
Fonte: Autores (2023)

Uma revisão da literatura indica que a geração de resíduos eletrônicos aumentou significativamente devido à vida útil mais curta dos produtos eletrônicos (BHUTTA et al., 2011). Fatores como inovação em tecnologias de comunicação, crescimento da urbanização, mudanças nas preferências do consumidor e aumento da renda disponível levaram ao surgimento de equipamentos eletroeletrônicos novos e aprimorados. O crescimento na

demanda e o aumento nas vendas de EEE consequentemente levaram ao aumento no volume de resíduos eletrônicos gerados a partir de EEE (KUMAR; BHASKAR, 2016; BALDE et al., 2015; KHETRIWAL et al., 2009).

Um exemplo disso é a compra de um celular novo a cada lançamento, quando o aparelho anterior ainda é funcional. Essa atitude contribui para o consumo excessivo e a geração de resíduos eletrônicos, visto que o aparelho antigo é descartado mesmo sem necessidade. Na pesquisa de Porto et al. (2019), realizada com residentes do município de Vilhena/RO, os carregadores e celulares se destacaram entre os REEE gerados pela amostragem da população estudada. Resultados semelhantes foram apresentados por Rodrigues, Gunther e Boscov (2015), onde o maior número de REEE para a cidade de São Paulo também são os aparelhos celulares.

No que se refere à prática de buscar assistência técnica para aparelhos eletrônicos com defeito (Figura 3), identificou-se que esse comportamento é influenciado pelo tipo de aparelho, visto que apenas um pouco mais da metade dos entrevistados afirmou recorrer a tal prática em determinadas circunstâncias (53,49% dos entrevistados). Em sua grande maioria, os fatores decisivos são o custo elevado do conserto, a dificuldade em encontrar peças de reposição para reparos e a obsolescência programada, os quais contribuem para o aumento do número de compras de novos equipamentos eletrônicos.

QUANDO HÁ UM APARELHO QUEBRADO EM SUA RESIDÊNCIA,
VOCÊ TENTA PROVIDENCIAR O CONSERTO?

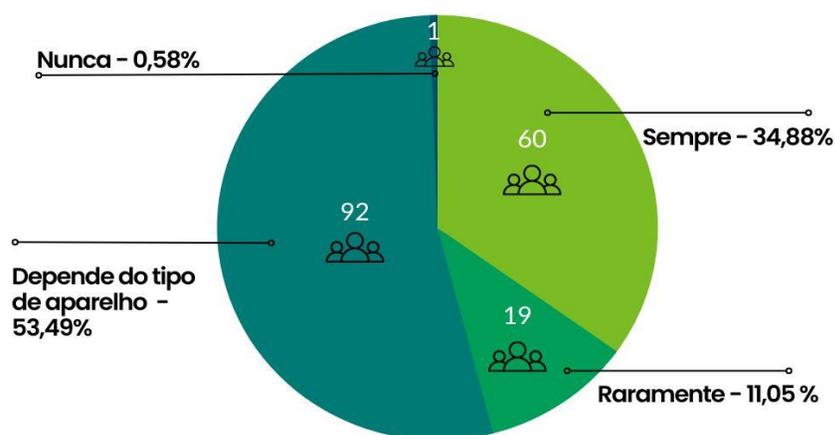


Figura 3: Comportamento em relação ao conserto do aparelho danificado.

Fonte: Autores (2023).

Bernardo, Souza e Demajorovic (2020) consideram que nas assistências técnicas, o que define o reparo ou o recondicionamento é a disponibilidade e o custo das peças. Geralmente, quando um aparelho apresenta algum problema, o consumidor, muitas vezes, opta por adquirir um

novo equipamento, afinal o custo de manutenção e reparo podem ser elevados ou até mesmo inviáveis em comparação com o valor de aquisição de um equipamento novo.

Além disso, de acordo com Kumar e Rawat (2018), o rápido avanço e as mudanças na tecnologia dos equipamentos eletroeletrônicos tem resultado em uma obsolescência mais rápida, ocasionando maior geração de resíduo eletrônico produzido e descartado.

Para Awasthi e Li (2019), a crescente quantidade de eletroeletrônicos aumentará os desafios relacionados ao cumprimento dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODSs), especialmente os que estão relacionados à proteção ambiental e à saúde pública.

O estudo do fluxo pós-consumo de equipamentos eletrônicos, além de identificar as principais áreas de atenção, sugere formas de aperfeiçoar o sistema atual, a fim de reduzir o impacto ambiental dos produtos eletrônicos. Na Figura 4, são apresentados os resultados da média de equipamentos eletrônicos descartados nos últimos dois anos no ambiente domiciliar dos entrevistados.

A partir da análise dos resultados da Figura 4, observa-se que predomina o descarte médio de até 5 (cinco) equipamentos eletrônicos inservíveis (ou REE) por domicílio, representando 52,3% dos entrevistados. Em um estudo realizado em São Paulo, a média de descarte encontrada foi de 4,79 kg/hab.ano, sendo que, o tipo de equipamento mais descartado, em termos de quantidade, foi o aparelho celular (RODRIGUES, 2012).

QUANTOS EQUIPAMENTOS SEM UTILIDADE A SUA FAMÍLIA DESCARTOU NOS ÚLTIMOS 2 (DOIS) ANOS? (EM MÉDIA)

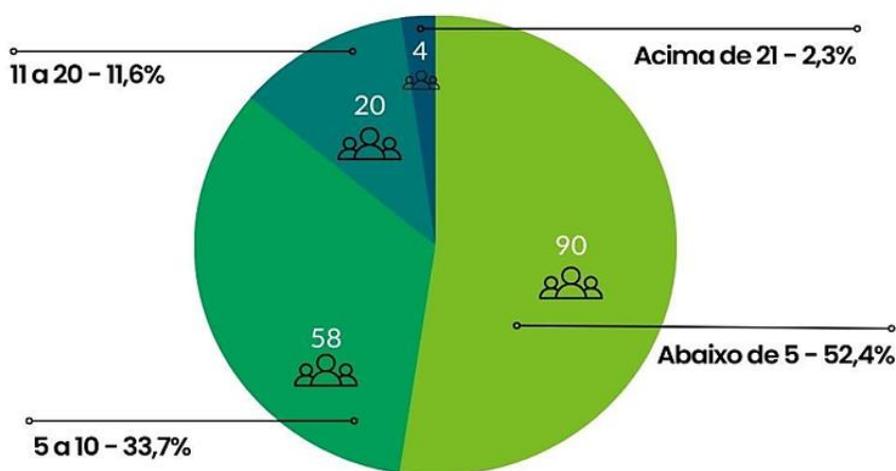


Figura 4: Média de descarte eletrônico nos últimos dois anos.

Fonte: Autores (2023).

Em relação às modalidades de descarte adotadas pela comunidade, os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 2. A comparação dessas descobertas com outras investigações nacionais e internacionais indica a necessidade de empreender esforços efetivos em ações de conscientização e Educação Ambiental, visto que o descarte inadequado de REE é motivo de preocupação global.

Tabela 2: Destino Final realizado pelos entrevistados

EQUIPAMENTOS	FORMA DE DESCARTE						
	Vende para terceiros	Doa	Descarta para empresas e/ou fabricantes	Joga no lixo comum	Armazena para o futuro descarte	Guarda, pois não sabe o que fazer	Não possui
CPUS e Componentes (fontes, placas eletrônicas, memórias, processadores, etc.)	43,6%	2,3%	3,5%	3,5%	9,3%	13,4%	24,4%
Monitores CRT, LCD, etc.	35,5%	12,2%	4,1%	2,9%	9,3%	15,7%	20,3%
Peças complementares (mouses, teclados, estabilizadores, nobreaks, etc.)	25,6%	9,3%	10,5%	6,4%	8,7%	22,1%	17,4%
Notebook e acessórios	45,9%	7,0%	3,5%	5,8%	9,9%	15,1%	12,8%
Fax e Impressoras Multifuncionais	26,7%	8,7%	6,4%	5,2%	9,9%	30,2%	12,8%
Aparelhos telefônicos e smartphone	45,3%	9,3%	6,4%	4,7%	12,2%	18,6%	3,5%
Aparelhos de CD/DVD	32,0%	9,9%	8,7%	8,7%	12,8%	16,3%	11,6%
Televisores	42,4%	11,0%	10,5%	5,8%	9,3%	14,5%	6,4%
Cabos e fios em geral	19,8%	9,3%	12,8%	22,1%	11,6%	19,2%	5,2%

Fonte: Autores (2023).

Nos resultados apresentados na Tabela 2, fica evidente que há uma grande variação nos destinos adotados para cada tipo de equipamento eletrônico (EE). Entre aqueles que se encontram em boas condições de uso ou maior valor de mercado, é notável que o público faça a opção de vendê-los,

sendo o caso de televisores, aparelhos telefônicos/smartphones, CPUs e seus componentes, monitores, peças complementares, notebooks e acessórios.

Por outro lado, um número considerável de entrevistados não sabe qual o procedimento adequado para esses equipamentos, acabando por armazená-los em casa, como o fax/impressoras. O hábito de guardar foi citado também por Franco e Lange (2011) em relação à situação do fluxo dos REE no município de Belo Horizonte, no qual 24% dos entrevistados afirmaram guardar os televisores e outros 23% os celulares.

D'Almeida *et al.*, (2021) destaca que no Brasil existe um elevado número de celulares e outros equipamentos de tamanho menor que estão guardados, apesar de terem o potencial de serem reciclados. Também existe uma parcela que acaba sendo descartada como lixo comum, a exemplo de cabos e fios.

Os dados apresentados mostram que muitas pessoas optam por vender seus equipamentos eletrônicos para terceiros, enquanto poucos escolhem a doação. Os equipamentos mais vendidos são CPUs e componentes eletrônicos, notebooks e acessórios, aparelhos telefônicos e smartphones, com percentuais próximos de 46%. Para televisores, também houve a prática comum de venda para terceiros (42%).

O monitor CRT/LCD foi o equipamento mais doado, com 12,2% dos entrevistados, seguido por televisores, com 11%. Aparelhos de CD/DVD, fax e impressoras multifuncionais, aparelhos telefônicos e smartphones, e peças complementares tiveram porcentagens próximas de 9%. CPUs e componentes eletrônicos tiveram o menor percentual de doação, com apenas 2,3%.

É importante considerar a opção de doação para prolongar a vida útil dos produtos eletrônicos e evitar o descarte inadequado. No entanto, de acordo com os autores Franco e Lange (2011), é fundamental destacar que a ação de doação não implica necessariamente no reaproveitamento por parte do receptor, uma vez que o consumidor pode estar apenas se desfazendo do equipamento e transferindo a responsabilidade para outro indivíduo.

De acordo com os resultados, verifica-se que muitas pessoas têm dificuldade em descartar corretamente seus resíduos eletrônicos. Isso ocorre porque muitas vezes as pessoas não sabem como realizar o descarte adequado desses materiais.

Cerca de 22% dos entrevistados guardam peças complementares, como mouses, teclados e nobreaks, enquanto 18% guardam aparelhos telefônicos e smartphones, diferentemente do que ocorreu na pesquisa realizada por Santos, Guarnieri e Streit (2021) em relação às três principais destinações dadas aos aparelhos celulares usados, em ordem, são: guardar (35%), doar (23%) e vender (14%). No caso de impressoras multifuncionais, a porcentagem chega a 30% (Tabela 2). Os resultados apontam ainda uma porcentagem significativa de descarte de REE no lixo comum, o que pode gerar impactos negativos ao meio ambiente e à saúde pública.

Como exemplo, têm-se os cabos e fios em geral, que são descartados de forma imprópria (lixo comum) por mais de 20% dos entrevistados. Esses dados mostram a necessidade de conscientização sobre o descarte adequado de resíduos eletrônicos, a fim de minimizar os impactos ambientais relativos ao manejo incorreto dos mesmos.

Além disso, a pesquisa mostrou que muitas pessoas não sabem o que fazer com os componentes eletrônicos, cabos/fios e monitores. Tal problemática ocorre porque a destinação final desses materiais é desconhecida por 13,4%, 19,2% e 15,7% dos entrevistados (Tabela 2), respectivamente. Nesse sentido, é importante ressaltar que os resultados relacionados aos hábitos de descarte dos REE reiteram a importância de conscientizar a população para a adoção de práticas seguras e sustentáveis de descarte de REE, visto que mais da metade dos entrevistados descarta os equipamentos em quantidades médias de até 5 unidades.

Um estudo realizado por Bargas e Mirosevic (2022) indicou as principais formas de descarte realizadas por discentes da Engenharia Ambiental no que se refere aos próprios aparelhos celulares na fase pós-consumo, sendo a doação para terceiros a mais indicada, seguida do armazenamento em domicílio. Outras respostas citadas foram colocar o aparelho à venda e manter guardado, mesmo que não funcione mais e/ou por não saber o que fazer com eles.

Acerca do armazenamento, destaca-se que a norma NBR 16156/2013, que trata sobre os requisitos para atividade de manufatura reversa de REE, reitera a importância de armazenar os REEE em lugares secos e ventilados, visando maximizar a sua durabilidade e prevenir riscos de incêndio (ABNT, 2013).

Quando se trata de aparelhos telefônicos e smartphones, a venda para terceiros é a forma mais comum de descarte, seguida pelo armazenamento, pois, muitas vezes, ocorre a falta de informação sobre como descartá-los corretamente. A maioria das pessoas que optam por guardar (armazenar) esses equipamentos desconhece o local adequado para o descarte, quando não possuem mais utilidade. Portanto, a opção de armazená-los se faz pelo motivo de evitar o descarte no meio ambiente ou, até mesmo, para buscar reparos futuros. É preciso conscientizar a população sobre as formas adequadas de descarte de resíduos eletrônicos, como entregá-los em postos de coleta especializados ou mesmo devolvê-los para o fabricante.

Nesse contexto, os participantes foram questionados sobre o conhecimento de locais ou empresas que recebem esse tipo de resíduo, bem como sobre a existência de pontos de entrega de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REE), mas a maioria afirmou não ter conhecimento (Tabela 3). Contudo, uma pequena parcela citou algumas empresas que recebem e/ou compram materiais eletrônicos, como Magazine Luiza, Rafasmart, Atrotiva Imports, Lima Cell, Casas Bahia e Augusto Informática.

Mesmo diante do desconhecimento sobre a existência dos pontos de entrega voluntária, mais de 70% dos entrevistados, como demonstrado na Tabela 3, é importante destacar que as grandes lojas de varejo disponibilizam coletores destinados ao descarte correto de resíduos específicos, incluindo os eletrônicos. Esses coletores são de suma importância para que os clientes possam depositar aparelhos celulares, computadores, televisores e outros equipamentos eletrônicos de forma segura e adequada, visando à preservação do meio ambiente e à promoção da conscientização ambiental.

Tabela 3: Conhecimento de empresas em Tucuruí pelos entrevistados

	CONHECIMENTO DE EMPRESAS PEQUENAS OU GRANDES QUE RECEBAM ESSES APARELHOS NO MUNICÍPIO DE TUCURUÍ		
	Não	Sim, que recebe	Sim, quem compra
CPUS e Componentes (fontes, placas eletrônicas, memórias, processadores, etc.)	85,5%	1,7%	12,8%
Monitores CRT, LCD, etc.	78,5%	10,5%	11,0%
Peças complementares (mouses, teclados, estabilizadores, nobreaks, etc.)	82,0%	6,4%	11,6%
Notebook e acessórios	69,2%	17,0%	23,8%
Fax e Impressoras Multifuncionais	79,1%	6,4%	14,5%
Aparelhos telefônicos e smartphone	66,3%	9,9%	23,8%
Aparelhos de CD/DVD	84,9%	6,4%	8,7%
Televisores	70,3%	7,0%	22,7%
Cabos e fios em geral	85,5%	1,7%	12,8%

Fonte: Autores (2023).

A Lei nº 12.305, de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabelece a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e a destinação final adequada dos resíduos, inclusive dos resíduos eletroeletrônicos. Os comerciantes, fabricantes e distribuidores têm responsabilidade pelo descarte adequado desses resíduos, garantindo seu encaminhamento à reciclagem ou disposição final adequada.

Os pontos de recebimento desse tipo de material devem ser disponibilizados pelos comerciantes, e os consumidores conscientizados por eles. Todo o material descartado pelo consumidor nos estabelecimentos deve ser recebido e armazenado adequadamente, realizando assim o transporte

para os pontos de consolidação ou destinação ambiental (reciclagem, reutilização ou recuperação).

Na presente pesquisa, buscou-se ainda entender a disponibilidade das pessoas para descartar esses resíduos e sua compreensão sobre os riscos envolvidos. A partir dos resultados apresentados na Figura 5, o público que se disponibiliza para descartar os resíduos eletrônicos em um local apropriado é o mesmo que possui consciência ecológica em relação aos riscos ambientais do descarte incorreto no lixo comum (68,60% dos entrevistados). No entanto, o processo de descarte também envolve hábitos, o que ocasiona a falta de interesse em buscar a destinação correta.

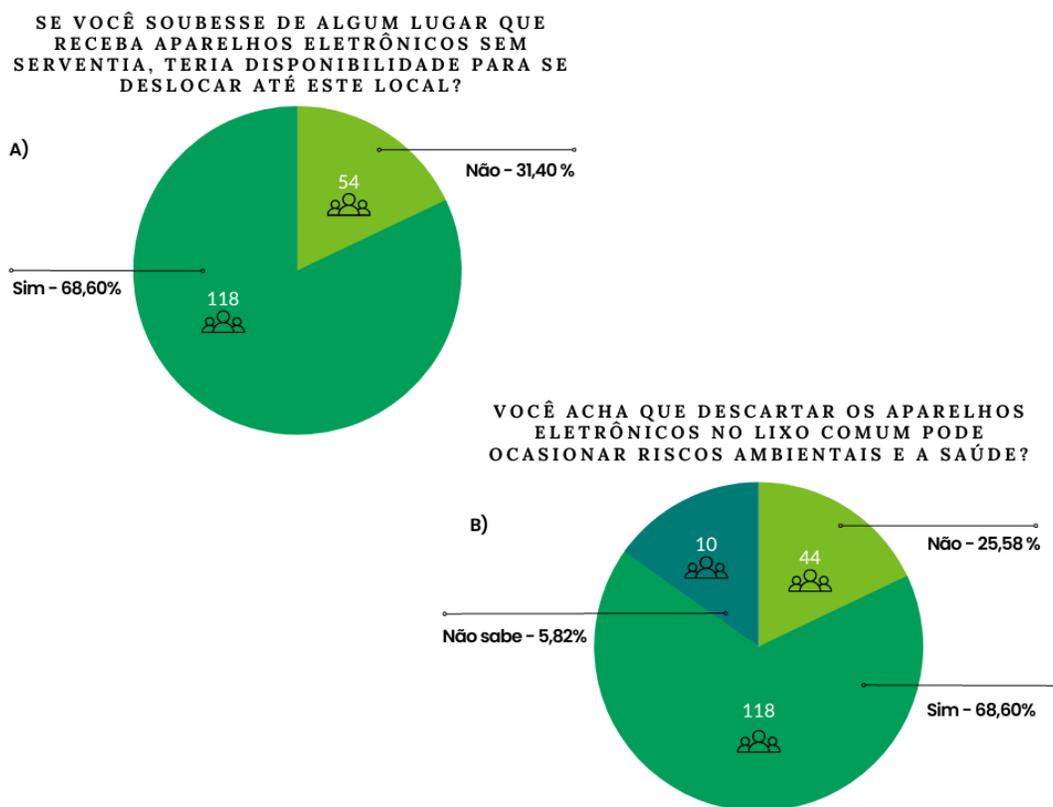


Figura 5: A) Comprometimento na destinação correta do REE / B) Nível de conhecimento acerca do descarte incorreto do REE. **Fonte:** Autores (2023).

Na pesquisa realizada com discentes da Engenharia Ambiental no município de Lorena (São Paulo), os participantes foram questionados sobre o conhecimento de locais para o descarte adequados de REE no referido município. Verificou-se que 55% dos entrevistados não sabiam onde poderiam realizar o descarte adequado (BARGOS; MIROSEVIC, 2022).

Em outro estudo, realizado por Freitas e Oliveira (2021), observou-se que 76,8% dos entrevistados não tinham conhecimento da existência de um local permanente para coleta de REE no município de Urussanga (Santa

Catarina). Os autores ressaltaram ainda que, aliado a este fato, 93% os participantes desconheciam a existência de legislação específica sobre REE. Nesse caso, a pesquisa foi realizada com os pais/responsáveis dos alunos dos anos finais do Ensino Fundamental de uma escola estadual.

Vale destacar ainda que, no estudo de Freitas e Oliveira (2021), semelhante ao resultado encontrado nesta pesquisa, a maioria dos entrevistados demonstrou disponibilidade para realizar o descarte correto, caso soubessem de locais adequados. Dos participantes, 86% informaram que levariam os materiais a um comércio ou uma escola que promovesse o destino adequado, caso os locais existissem no município de Urussanga-SC.

Echegaray e Hansstein (2017) demonstraram em estudo que a população brasileira tem uma intenção positiva em relação à reciclagem de resíduo eletrônico, porém, apenas uma minoria realmente adota práticas de reciclagem adequadas.

Ademais, é fundamental destacar que a falta de informação não é o único fator que influencia o descarte inadequado de resíduos eletrônicos. Na pesquisa conduzida por Widmer et al. (2005), constatou-se que a inexistência de opções convenientes e acessíveis para o descarte correto dos materiais é um dos principais motivos que levam as pessoas a depositá-los em lixeiras convencionais, confirmado também por Oliveira et al. (2012) que apontou que o principal problema na reciclagem de resíduo eletrônico no país acabou se tornando o sistema de coleta, pois sua eficiência depende não apenas da educação e cooperação da população, mas também da cooperação entre geradores de resíduos industriais, distribuidores e governo.

Conforme a pesquisa de Widmer et al. (2005), quando o descarte correto é facilitado e torna-se mais conveniente, por exemplo, por meio de um sistema de coleta em domicílio, há um aumento expressivo no número de pessoas dispostas a desfazer-se corretamente de seus resíduos eletrônicos. Por isso, é preciso que políticas sejam desenvolvidas a fim de oferecer a infraestrutura adequada para a destinação apropriada dos resíduos eletrônicos.

De acordo com Couto (2017), uma grande parte dos estudos não considera esse fator (adesão da população) e parte do pressuposto que a simples disponibilização do serviço de recebimento dos produtos pós-consumo é a garantia da entrega por parte do usuário, no final de sua vida útil. E, dessa forma, os sistemas são equivocadamente dimensionados somente com base em dados de geração de resíduos.

Vale destacar que o consumidor participa da primeira etapa da LR, realizando a segregação na fonte e entregando os produtos pós-consumo para os sistemas logísticos. Portanto, a adesão da população é o que garantirá que o sistema tenha quantidade de material suficiente para gerar economia de escala (COUTO, 2017).

Observa-se também que existe uma grande falta de clareza quanto à responsabilidade pela coleta e destinação adequada dos resíduos eletrônicos.

Revbea, São Paulo, V.19, Nº 1: 251-271, 2024.

Isso sugere que a abordagem mais eficaz para o gerenciamento desses resíduos requer a colaboração de diversos agentes, desde o consumidor até as empresas envolvidas na produção e distribuição desses produtos eletrônicos.

Assim, uma solução adequada para lidar com esses resíduos é que todos os atores envolvidos assumam suas respectivas responsabilidades, formalizadas no Acordo Setorial. Diante disso, foi perguntado aos alunos: "Na sua opinião, quem é responsável pela coleta e destinação final dos aparelhos eletrônicos sem serventia?" (Figura 6).

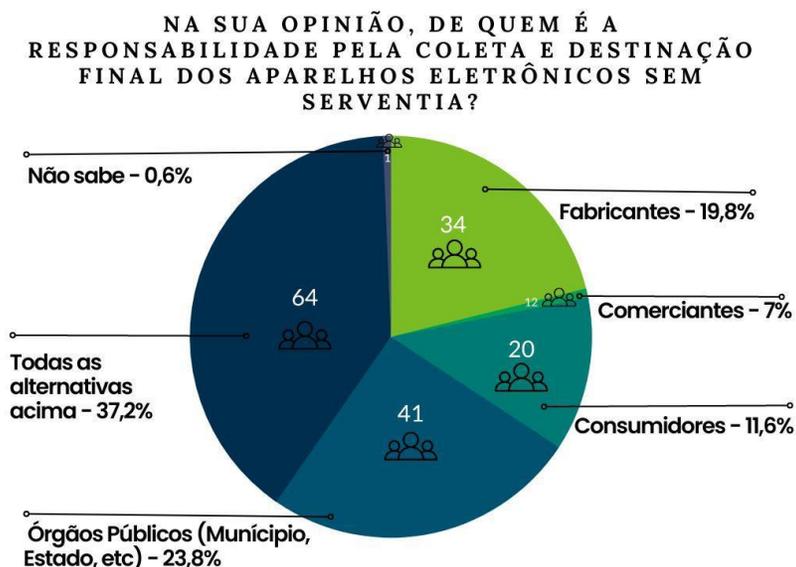


Figura 6: Responsabilidade de destinação final dos REE de acordo com os entrevistados
Fonte: Autores (2023).

Os resultados da pesquisa revelam que a maioria dos estudantes entrevistados atribui a responsabilidade pela coleta e destino dos aparelhos eletrônicos a todos os atores envolvidos no processo, desde os fabricantes até os consumidores.

Vale ressaltar que cada ator tem um papel bem definido na cadeia reversa destes materiais. Sendo o papel do consumidor nesse processo é o de efetuar a devolução de seus produtos e embalagens aos comerciantes ou distribuidores após o uso. Aos comerciantes e distribuidores compete efetuar a devolução aos fabricantes ou aos importadores dos produtos e embalagens reunidos ou devolvidos. Por sua vez, os fabricantes e os importadores deverão dar destinação ambientalmente adequada aos produtos e às embalagens reunidos ou devolvidos.

Por fim, no âmbito da presente pesquisa tem-se a seguinte pergunta: "Você tem o conhecimento do que acontece com os aparelhos descartados dentro da instituição de ensino?" (Figura 7). A resposta foi de que a maioria dos entrevistados, 71% dos discentes, desconhece os procedimentos adotados

para a destinação dos Resíduos de Equipamentos Eletrônicos (REE) descartados nos domínios das instituições de ensino.

Conseqüentemente, constatou-se que os participantes têm dificuldades em compreender onde e como se processa o descarte desses materiais nas escolas ou universidades. Vale destacar que a partir de ações específicas de sensibilização e Educação Ambiental no âmbito das instituições, os indivíduos poderão compreender melhor os benefícios atrelados a essa disposição adequada. Como resultado, poderão tomar decisões mais informadas em relação ao gerenciamento de resíduos eletrônicos.

VOCÊ TEM O CONHECIMENTO DO QUE ACONTECE
COM OS APARELHOS DESCARTADOS DENTRO DA
INSTITUIÇÃO DE ENSINO?

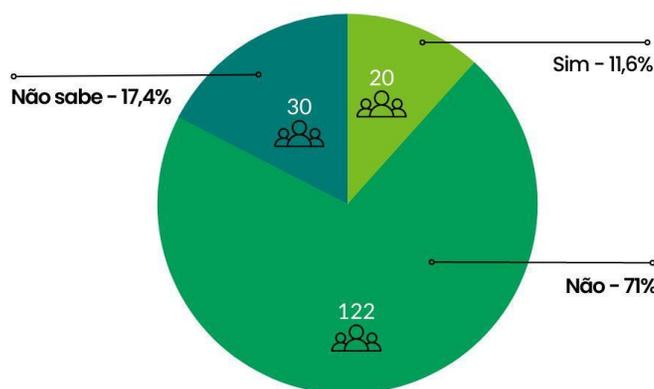


Figura 7: Destino dos aparelhos descartados pelas Instituições Federais
Fonte: Autores (2023).

Sendo assim, é fundamental que as instituições educacionais sejam mais proativas na gestão de seus resíduos eletrônicos, adotando práticas sustentáveis. Ao garantirem o correto descarte de resíduos eletrônicos, as instituições educacionais poderão contribuir para minimizar o impacto negativo da disposição final desses materiais sobre o meio ambiente, proporcionando uma experiência sólida para compartilhar com os alunos. Isso instigará o desenvolvimento do pensamento crítico e a mudança de hábitos na relação deles com o meio ambiente.

Conclusão

Com base nas informações fornecidas, pode-se concluir que o descarte adequado de equipamentos eletrônicos pós-consumo é um problema que requer atenção e conscientização. Embora a maioria dos estudantes demonstrem conhecer a importância do descarte adequado, muitos ainda o realizam de forma incorreta, indicando a necessidade de maior sensibilização ambiental sobre este tema.

Revbea, São Paulo, V.19, Nº 1: 251-271, 2024.

A pesquisa mostrou que a maioria dos entrevistados busca consertar seus equipamentos eletrônicos antes de descartá-los, especialmente CPUs e Componentes, Aparelhos telefônicos e smartphones e Televisores. Grande parte dos participantes pratica a revenda de determinados aparelhos como uma maneira de recuperar parte do valor investido no equipamento e evitar o descarte. Além disso, a revenda pode proporcionar uma segunda vida útil para o equipamento, permitindo que outras pessoas o utilizem por mais tempo. No entanto, quando não há possibilidade de conserto ou revenda, muitos equipamentos recebem destinação incorreta. Isso sugere que alguns participantes podem não estar cientes das opções disponíveis para o descarte adequado.

Em relação à gestão dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REE), a maioria dos entrevistados demonstrou disposição para deslocar-se até o local de recolhimento (ponto de entrega voluntária), embora poucos conheçam empresas que recebem REE. Essa lacuna indica a necessidade de maior divulgação das opções disponíveis para o descarte adequado.

Para finalizar, os resultados desta pesquisa podem ajudar a promover a conscientização sobre o descarte adequado de resíduos eletrônicos e incentivar práticas sustentáveis para reduzir os impactos negativos no meio ambiente e na saúde humana. Ademais, o recorte realizado pode também fornecer informações úteis para o desenvolvimento de futuras políticas públicas e programas de incentivo à logística reversa de resíduos eletrônicos.

Referências

- ABDULRAHMAN, M. D.; GUNASEKARAN, A.; SUBRAMANIAN, N. Critical barriers in implementing reverse logistics in the Chinese manufacturing sectors. **International Journal Of Production Economics**, v. 147, p. 460-471, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO DA INDÚSTRIA **Logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos: análise técnica de viabilidade técnica econômica**. Brasília, DF, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 16156**. Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos o Requisitos para atividade de manufatura reversa. Rio de Janeiro, 2013.
- AWASTHI, A.K.; LI, J. Sustainable Bioprospecting of Electronic Waste. **Trends In Biotechnology**, v. 37, n. 7, p. 677-680, jul. 2019.
- BALDE, C.P., FORTI, V., GRAY, V., KUEHR, R., STEGMANN, P. **The Global E-Waste Monitor 2015**: United Nations University (UNU). International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Vienna. 2016.
- BALDÉ, C.P., FORTI, V., GRAY, V., KUEHR, R., STEGMANN, P. **The Global E-waste Monitor – 2017**, United Nations University (UNU). International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Vienna. 2017.

BARGOS, D. C.; MIROSEVIC, E. Obsolescência programada e conscientização ambiental: estudo de caso com graduandos de engenharia ambiental. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 17, n. 5, p. 175–189, 1 out. 2022.

BERNARDO, O. O., SOUZA, M. T. S., DEMAJOROVIC, J.. Inovação na cadeia reversa de resíduos eletroeletrônicos: um estudo sobre os sistemas de informação e as tecnologias de rastreamento. **Revista de Administração de Empresas** [online], v. 60, n. 4, 2020.

BHUTTA, M. K. S.; OMAR, A.; YANG, X. Electronic Waste: a growing concern in today's environment. **Economics Research International**, v. 2011, p. 1-8, 15 jun. 2011.

BRASIL. **Lei Federal 12305/2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 3 de ago. 2010.

COUTO, M. C. L. **Modelo logístico para localização de instalações destinadas à logística reversa de embalagens pós-consumo**. 2017. 258 p. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte - 2017.

D'ALMEIDA, F. S.; CARVALHO, R. B.; SANTOS, F. S.; SOUZA, R. F. M.. On the Hibernating Electronic Waste in Rio de Janeiro Higher Education Community: an assessment of population behavior analysis and economic potential. **Sustainability**, v. 13, n. 16, p. 9181, 16 ago. 2021.

ECHEGARAY, F.; HANSSTEIN, F. V. Assessing the intention-behavior gap in electronic waste recycling: the case of Brazil. **J. Clean. Prod.** v. 142, p. 180–190, 2017.

FORTI V., BALDÉ C. P., KUEHR R., BEL G. **The Global E-waste Monitor 2020**: Quantities, flows and the circular economy potential. United Nations University (UNU)/United Nations Institute for Training and Research (UNITAR) – co-hosted SCYCLE Programme, International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Rotterdam, 120p. 2020.

FRANCO, R.G.F.; LANGE, L.C. Estimativa do fluxo dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos no município de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 16, n. 1, p. 73-82, 2011.

FREITAS, R.R.; OLIVEIRA, V. M. Z.; Educação Ambiental e o Descarte de Resíduos Eletroeletrônicos no Sul de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 16 n. 4, 2021, p. 143 - 144

GREEN ELETRON. **Resíduos Eletrônicos no Brasil - 2021**. Green Eletron, 20 p, 2021.

ILANKOON, I. M. K.; GHORBANI, Y.; CHONG, M. N.; HERATH, G.; MOYO, T.; PETERSEN, J. E-waste in the international context – A review of trade flows, regulations, hazards, waste management strategies and technologies for value recovery. **Waste Management**, v. 82, p. 258-275. 2018.

Revbea, São Paulo, V.19, Nº 1: 251-271, 2024.

KUMAR, B.; BHASKAR, K. Electronic Waste and Sustainability: reflections on a rising global challenge. **Markets, Globalization & Development Review: The Official Journal of the International Society of Markets and Development**, v. 1, n. 1, 2016.

KHETRIWAL, D. S.; KRAEUCHI, P.; WIDMER, R. Producer responsibility for e-waste management: key issues for consideration : learning from the swiss experience. **Journal of Environmental Management**, [S.L.], v. 90, n. 1, p. 153-165, jan. 2009.

KUMAR, S.; RAWAT, S. Future e-Waste: Standardisation for reliable assessment. **Government Information Quarterly**, v.35, n.4, p.S33-S42, 2018.

LIM, S.; SCHOENUNG, J.M. Toxicity potentials from waste cellular phones, and a waste management policy integrating consumer, corporate, and government responsibilities. **Waste Management**, v.30, n.8-9, p.1653-1660. 2010.

OLIVEIRA, C. R.; BERNARDES, A. M.; GERBASE, A. E. Collection and recycling of electronic scrap: a worldwide overview and comparison with the brazilian situation. **Waste Management**, v. 32, n. 8, p. 1592-1610, ago. 2012.

PARAJULY, K.; KUEHR, R.; AWASTHI, A. K.; FITZPATRICK, C.; LEPAWSKY, J.; SMITH E.; WIDMER, R.; ZENG, X. **StEP - Future E-waste Scenarios**. (Bonn), UNU ViE-SCYCLE (Bonn) & UNEP IETC (Osaka). 34p. 2019.

PORTO, W. S.; Brasnieski, A. C. F.; Souza, J. A.; Freitas, M. A. L. Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos: um diagnóstico da destinação na percepção do consumidor final de VILHENA/RO. **Aos - Amazônia, Organizações e Sustentabilidade**, v. 2, n. 8, p. 7-26, jul-dez. 2019.

ROBINSON, B. H. E-waste: an assessment of global production and environmental impacts. **Science of The Total Environment**, v. 408, n. 2, p. 183-191. 2009.

RODRIGUES, A. C.; GUNTHER, W. M. R.; BOSCOV, M. E. G. Estimativa da geração de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos de origem domiciliar: proposição de método e aplicação ao município de São Paulo, São Paulo, Brasil. **Eng. Sanit. Ambient.** Rio de Janeiro, v.20, n.3, p.437-447, 2015.

SANTOS, R. H. M.; GUARNIERI, P. S.; STREIT, J. A. C. Obsolescência programada e percebida: um levantamento sobre a percepção do ciclo de vida com usuários de aparelhos celulares. **Gestão & Planejamento**, [S.L.], v. 22, p. 69-86, 2021.

SONG Q.; LI J.. A review on human health consequences of metals exposure to e-waste in China. **Environ Pollut.** 2015 Jan; v.196, pp.450-61. 2015.

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