



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM GESTÃO E SISTEMAS
AGROINDUSTRIAIS

DELANO HENRIQUES SÁ RESENDE

GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS NA CIDADE DE
POMBAL - PB: UM ESTUDO DE CASO

Pombal-PB

2024

DELANO HENRIQUES SÁ RESENDE

**GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS NA CIDADE DE
POMBAL - PB: UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Sistemas Agroindustriais, do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), em cumprimento às exigências para Defesa no Mestrado Profissional do Programa de Pós-Graduação em Gestão e Sistemas Agroindustriais do Centro e Ciências e Tecnologia Agroalimentar (PPGGSA-MP/CCTA/UFCG).

Área de Concentração: Gestão e Tecnologia Ambiental em Sistemas Agroindustriais.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Gualberto de Andrade Sobrinho

**Pombal - PB
2024**

R433g Resende, Delano Henriques de Sá.
Gerenciamento dos resíduos eletroeletrônicos na cidade de Pombal - PB: um estudo de caso / Delano Henriques de Sá Resende. – Pombal, 2024.
59 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Gestão e Sistemas Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2024.
“Orientação: Prof. Dr. Luiz Gualberto de Andrade Sobrinho”.

Referências.

1. Resíduos sólidos. 2. Oficina de celular. 3. Gestão ambiental. 4. Sustentabilidade. 5. Consciência ambiental. I. Andrade Sobrinho, Luiz Gualberto de. II. Título.

CDU 628.4(043)

DELANO HENRIQUES SÁ RESENDE

**GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS NA CIDADE
DE POMBAL – PB: UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Sistemas Agroindustriais, do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), em cumprimento às exigências para Defesa no Mestrado Profissional do Programa de Pós-Graduação em Gestão e Sistemas Agroindustriais do Centro e Ciências e Tecnologia Agroalimentar (PPGSA-MP/CCTA/UFCG).

Aprovado em 16 de fevereiro 2024

BANCA EXAMINADORA

Luiz Gualberto de Andrade Sobrinho

Prof. Dr. Luiz Gualberto de Andrade Sobrinho
Orientador – UFCG/CCTA

Prof. Dr. José Cleidimário Araújo Leite
Examinador Interno – UFCG/CCTA

Elisângela Maria da Silva

Profa. Dra. Elisângela Maria da Silva
Examinador Externo – UFSB/CFCam

POMBAL - PB

2024

RESUMO

O celular é indispensável na sociedade atual, devido a sua multifuncionalidade, facilidade de uso, agilidade na comunicação e acesso à informação, o que faz desse equipamento, tornar-se um eletroeletrônico mais vendido ao longo dos últimos anos e que apresenta rápida obsolescência. Entretanto, com o tempo de uso, há a necessidade de manutenção e a substituição de itens, que geram resíduos sólidos, os quais devem ter destinação adequada em virtude de causar graves problemas ambientais e à saúde humana. Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo elaborar um diagnóstico quanto ao acondicionamento, coleta, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos gerados nas lojas de reparos de celulares na cidade de Pombal - PB. A metodologia da pesquisa baseou-se na aplicação de questionário a nove (09) proprietários de lojas de reparos de celulares, que se dispuseram a participar do estudo de forma voluntária. Dentre as principais informações obtidas, verificou-se que 56% dos entrevistados descartam os resíduos plásticos dos celulares no lixo comum e 22% devolvem as peças substituídas aos clientes. Quanto à destinação dos resíduos de baterias, observou-se que 56% dos empresários devolvem as baterias inservíveis aos clientes e 33% fazem recondicionamento. Quanto à disposição das telas trocadas, constatou-se que 45% dos proprietários as descartam no lixo comum e 22% as encaminham para reciclagem. Já a destinação da Placa de Circuito Impresso dos celulares quantificou-se que 44% as encaminham para reciclagem e 33% dos empresários as reutilizam em conserto de outros *smartphones*. Foi também identificado que 44% dos entrevistados informam que adotam medidas para mitigar os impactos gerados pelo estabelecimento, enquanto 56% não fazem ações para reduzir os impactos ambientais. Essa pesquisa também identificou a necessidade de divulgação dos Deveres e Direitos do lojista, do consumidor e do poder público na participação efetiva para o cumprimento da logística reversa dos resíduos sólidos conforme previsto pela Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Palavras chaves: Resíduos sólidos, Conserto de celular, Gestão ambiental, Sustentabilidade.

ABSTRACT

Cell phones are indispensable in today's society, due to their multifunctionality, ease of use, agility in communication and access to information, which makes this equipment one of the best-selling electronic devices over the last few years and which presents rapid obsolescence. However, over time, there is a need for maintenance and replacement of items, which generate solid waste, which must be disposed of appropriately as they cause serious environmental and human health problems. In this context, the present study aimed to develop a diagnosis regarding the storage, collection, treatment and final disposal of solid waste generated in cell phone repair stores in the city of Pombal - PB. The research methodology was based on the application of a questionnaire to nine (09) cell phone repair store owners, who were willing to participate in the study voluntarily. Among the main information obtained, it was found that 56% of those interviewed discard plastic waste from cell phones in general trash and 22% return replaced parts to customers. Regarding the disposal of waste batteries, it was observed that 56% of entrepreneurs return unusable batteries to customers and 33% recondition them. Regarding the disposal of the replaced screens, it was found that 45% of owners discard them in the general trash and 22% send them for recycling. As for the destination of Printed Circuit Boards from cell phones, it was quantified that 44% send them for recycling and 33% of entrepreneurs reuse them to repair other smartphones. It was also identified that 44% of respondents report that they adopt measures to mitigate the impacts generated by the establishment, while 56% do not take actions to reduce environmental impacts. This research also identified the need to disclose the Duties and Rights of the store owner, consumer and public authorities in effective participation in complying with the reverse logistics of solid waste as provided for by the National Solid Waste Policy.

Keywords: Solid waste, Cellphone repair shop, Environmental management, Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Categorias dos REEE conforme Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial.....	18
Figura 2. Etapas de Reciclagem de REE.	26
Figura 3. Localização do Município de Pombal – Paraíba..	34
Figura 4. Localização das lojas de reparo de celulares na cidade de Pombal-PB.	35
Figura 5. Percentual das formas de descarte dos resíduos sólidos de plásticos.	37
Figura 6. Percentual das formas de descarte das baterias.	39
Figura 7. Percentual das formas de descarte das telas de celulares.	41
Figura 8. Percentual das formas de descarte da PCI de celulares.	43

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Classificação dos resíduos sólidos segundo origem.	12
Quadro 2. Formas de classificação dos resíduos sólidos quanto a natureza física.	14
Quadro 3. Classificação dos resíduos sólidos quanto aos riscos potenciais de contaminação	15
Quadro 4. Programa de logística reversa em empresas de <i>smartphones</i> e de telefonia móvel.	30

LISTA DE SIGLAS DE ABREVIATURAS

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CCTA	Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar
EEE	Equipamento Eletroeletrônico
EMLUR	Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana
NBR	Normas Brasileiras
PMSBP	Plano Municipal de Saneamento Básico de Pombal
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PCI	Placa de Circuito Impresso
PCIs	Placas de Circuitos Impressos
PPGSA	Pós-Graduação em Gestão e Sistemas Agroindustriais do Centro e Ciências e Tecnologia Agroalimentar
REEE	Resíduo de Equipamento Eletroeletrônico
REEE	Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos
ReCESA	Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental
SEINFRA	Secretaria de Infraestrutura
SLR	Sistemas de Logística Reversa
SEMAM	Secretaria Municipal do Meio Ambiente
UFCG	Universidade Federal de Campina Grande

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 OBJETIVOS	9
3 REVISÃO DE BIBLIOGRÁFICA	10
3.1 Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS	10
3.1.2 Resíduos sólidos	12
3.2 Resíduos sólidos nas lojas de reparos de celulares	16
3.3 Caracterização dos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos-REEE	17
3.4 Detalhando a linha verde de eletroeletrônicos	19
3.5 Impactos de REEE ao meio ambiente e à saúde humana	20
3.6 Componentes de celulares	21
3.6.1. Plásticos	21
3.6.2 Baterias	22
3.6.3 Telas	23
3.6.4. Placa de Circuito Impresso	23
3.6.5 Acessórios	24
3.7 Reciclagem de aparelhos celulares	25
3.8 Ciclo de vida	28
3.9 Logística Reversa dos REEE	29
4 MATERIAL E MÉTODOS	32
4.1 Classificação da pesquisa	32
4.2 Caracterização da área de estudo	33
4.3 Mecanismos de coleta de dados	34
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5.1 Estabelecimentos de conserto de celular na cidade de Pombal-PB	36
5.2 Destinação dos resíduos sólidos: Plásticos	37

5.3	Destinação dos resíduos sólidos: Baterias	40
5.4	Destinação dos resíduos sólidos: Telas	40
5.5.	Destinação dos resíduos sólidos: Placa de Circuito Impresso (PCI)	42
5.6	Celulares abandonados nas lojas de reparo	43
5.7	Percepção ambiental dos proprietários entrevistados	44
6	CONCLUSÕES	45
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
	APÊNDICE A	54

1 INTRODUÇÃO

O cenário contemporâneo é marcado pelo aumento exponencial no consumo de eletroeletrônicos, culminando no significativo acúmulo de resíduos eletroeletrônicos em todo o mundo. Esses resíduos possuem em sua composição diversos materiais dentre os quais destaca-se, plásticos, vidros e metais de difícil degradação que podem causar grandes problemas ambientais quando descartados de modo incorreto. A diversidade desses produtos e a prática da obsolescência programada, aliadas aos hábitos extravagantes de consumo, desafiam a sociedade no gerenciamento e destinação correta deste tipo de resíduos (Giese, Lins, Xavier, 2021).

Resíduos eletroeletrônicos são os que mais crescem e foi estimado que no ano de 2019, foi gerado milhões de toneladas de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos, sendo que apenas 17 % desses resíduos foram coletados e reciclados (Baldéet al., 2022), atribuindo desta forma danos ao meio ambiente, perdas econômicas devido alguns itens terem em sua composição ouro, prata, cobre e platina, que são metais caros e que podem ser reaproveitados, acarretando também a saúde humana nos locais que esses materiais foram descartados.

O Brasil foi o quinto maior produtor de resíduo eletrônico em 2023, produzindo cerca de dois milhões de toneladas, e estima-se que reciclou apenas 3 % desse resíduo, os mesmos são na sua maioria descartados também de forma errada, e que grande parte poderia ser reciclados. Com toda a pressão global de sustentabilidade há iniciativas por parte da sociedade civil, organização não governamental, empresas para o gerenciamento desses tipos de resíduos, e de certa forma também leva o governo para estruturar melhor a legislação brasileira e a fiscalização do descarte desses produtos eletrônicos (Posetti, Caldas, 2019).

Uma das principais iniciativas para a destinação correta desses resíduos que seria através da Logística Reversa de Eletroeletrônicos, que vem sendo implantados em algumas cidades do Brasil, e que na cidade de João Pessoa, está sendo estudada a implantação, de uma central de coleta, pela Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (EMLUR) para tais produtos.

O consumo de produtos eletroeletrônicos também é uma realidade no município de Pombal-PB, tendo em vista o desenvolvimento econômico da população, bem como a quantidade de lojas de venda e de conserto desses produtos. Conseqüentemente tem gerado

um aumento na produção desses resíduos sólidos, aumentando assim as fontes de poluição e contaminação do meio ambiente.

No Código Ambiental do município de Pombal - PB, não possui normas e regulamentações de questões relacionadas aos estabelecimentos de venda e conserto de eletroeletrônicos. Partindo desse pressuposto, este trabalho se justifica da necessidade de avaliar as formas de geração, armazenamento, coleta, transporte, tratamento e disposição final dos resíduos gerados nesses estabelecimentos.

Desta forma um adequado sistema de gerenciamento de resíduos perigosos, como é o caso da maioria dos resíduos provenientes dessa atividade, é um grande desafio, o qual passa pela geração da menor quantidade de resíduo possível e, caso estes sejam gerados, que o mesmo seja devidamente armazenado, coletado, transportado e destinado da forma ambientalmente correta e sustentável.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Realizar uma avaliação quanto aos problemas ambientais, no que diz respeito à geração, acondicionamento, coleta, transporte, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos gerados por meio das atividades desenvolvidas em lojas de reparos de celulares/smartphone de Pombal - PB.

2.2 Objetivo Específicos

- Realizar levantamento do número de empreendimentos que desempenham atividades relacionadas à reparação de celulares na zona urbana de Pombal - PB;
- Identificar os mecanismos de controle e fiscalização ambiental do Município de Pombal - PB no que diz respeito aos empreendimentos alvos da pesquisa;
- Verificar o processo de gerenciamento dos resíduos sólidos gerados por meio das atividades desenvolvidas nos estabelecimentos visitados.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) foi instituída pela Lei Nº 12.305/2010 (Brasil, 2010), diante da problemática do aumento da geração de lixo provocado pelos atuais padrões de produção e consumo, tendo como finalidade de fortalecer os princípios da gestão integrada e sustentável por meio de uma série de diretrizes, metas e mecanismos, definindo prazos de elaboração de planos de resíduos sólidos no âmbito nacional, estadual e municipal, e trazendo com meta a extinção dos lixões (Giese, Lins, Xavier, 2021).

A gestão dos resíduos sólidos representa um componente fundamental do saneamento básico, mas infelizmente, tem sido negligenciada pelo poder público. Essa falta de atenção tem consequências sérias, afetando a saúde da população e a qualidade dos recursos naturais, incluindo o solo, o ar e a água (Monteiro et al., 2001). A geração contínua de resíduos sólidos é uma realidade inevitável, variando em quantidade e composição de acordo com o tamanho e as características da população, bem como seu desenvolvimento econômico (Noé, 2013).

Entre os diversos fatores que contribuem para essa situação preocupante, destacam-se o rápido crescimento populacional em nível global, o processo de urbanização em curso (Costa, Cavalcante, 2009), o aumento da industrialização e a prevalência do estilo de produção em massa e do consumo descartável (Santana, 2009). Além disso, o estímulo ao consumo, impulsionado pelo poder de compra em ascensão e pelo crescimento econômico do Brasil, também desempenha um papel significativo nesse cenário.

Segundo Silva (2011), o aumento significativo no consumo de bens materiais pela sociedade tem levado a uma redução dos recursos naturais, resultando em um aumento na quantidade de resíduos descartados e na alteração das características ambientais. Rodriguez e Cavinatto (1999, apud por Ferreira, 2009) afirmam que esse fenômeno está associado a um *boom* automático da industrialização, que demanda maiores quantidades de alimentos e bens de consumo. Esse padrão social promoveu o surgimento da cultura do descartável, levando a uma produção exorbitante de resíduos em um curto espaço de tempo (Alvarenga, Rocha, 2023).

Com o avanço da industrialização, houve uma mudança significativa nas características dos resíduos sólidos. Anteriormente compostos principalmente por materiais orgânicos, especialmente de origem doméstica e agrícola, agora incluem elementos

inorgânicos que são dificilmente degradáveis naturalmente. Essa evolução torna a disposição final inadequada dos resíduos cada vez mais perigosos, demandando o desenvolvimento de tecnologias mais avançadas e dispendiosas para sua gestão, visando evitar danos ao solo, ar, recursos hídricos, flora e fauna (Alvarenga, Rocha, 2023).

Atualmente, as políticas de gestão de resíduos priorizam a redução da produção de resíduos, a reutilização, a reciclagem e a utilização da energia contida nos resíduos, ou mesmo a inativação deles antes da disposição final (Ferreira, 2009). A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabelecida pela Lei Nº 12.305/2010, apresenta instrumentos essenciais para enfrentar os principais problemas ambientais e socioeconômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos (Brasil, 2010).

O princípio da responsabilidade compartilhada, conforme estabelecido no artigo 6º da Lei Nº12.305/2010, envolve governos, empresas e população, incentivando o retorno dos produtos às indústrias após o consumo e exigindo dos órgãos públicos a elaboração de planos para o gerenciamento adequado dos resíduos (Brasil, 2010). A PNRS se aplica a todas as pessoas físicas e jurídicas responsáveis pela geração de resíduos sólidos, introduzindo uma abordagem moderna para resolver esse problema, através da gestão integrada e ambientalmente correta dos resíduos sólidos (Noé, 2013).

A PNRS não trata diretamente o REEE, a mesmo regulariza, orienta e articula ações de prevenção e tratamento dos impactos ambientais provocados pelo inadequado manejo dos resíduos sólidos (Santos, Marchi, 2022), os REEE na verdade é uma classe de resíduos sólidos submetidos aos Sistemas de Logística Reversa (SLR) (Cardoso et al., 2019).

No artigo 33 da Lei Nº 12.305, é abordada a questão dos produtos eletroeletrônicos e seus componentes. O texto destaca que:

São obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, os fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes e consumidores (Brasil, 2010).

No entanto, o estudo Rossini e Naspolini (2017), identificou que a atual legislação sobre resíduos sólidos ainda não apresenta eficácia para solucionar a crescente geração de e-lixo, pois tanto a logística reversa e conscientização do consumidor ainda são incipientes no Brasil.

Conforme Watanabe e Candiani (2019) o Brasil, apesar de possuir regulamentações, ainda demanda maior aplicabilidade destas quanto a gestão adequada desses resíduos. Por existir enorme desafio de operacionalizar práticas mais adequadas e sustentáveis a gestão

desses resíduos como um todo, faltando a implantação de sistemas de logística reversa, educação ambiental e inclusão social de catadores.

A despeito das regulamentações existentes nos municípios brasileiros, Freitas e Oliveira (2021), relatam que o processo de adequação do descarte de REEE se encontra nos estágios iniciais, e a falta de estrutura na coleta juntamente com as poucas empresas na área de reciclagem, representam um problema para a destinação de REEE.

3.1.2 Resíduos Sólidos

A Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, por meio da NBR 10004/2004, define resíduos sólidos como materiais provenientes de diversas atividades humanas e naturais, abrangendo desde origens industriais e domésticas até resíduos hospitalares e agrícolas. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabelecida pela Lei Nº 12.305/2010, amplia essa definição, considerando resíduos como materiais descartados de atividades humanas, incluindo gases contidos em recipientes e líquidos que não podem ser lançados em esgotos públicos.

A classificação dos resíduos sólidos, de acordo com a ABNT e a PNRS, envolve a identificação de sua origem (Quadro 1), constituintes e riscos potenciais ao meio ambiente. Essa classificação é crucial para o planejamento do gerenciamento de resíduos, considerando fatores como origem, composição e potenciais impactos ambientais.

Quadro 1. Classificação dos resíduos sólidos segundo origem.

Urbano	Doméstico	São os gerados em residências como casa, apartamentos e moradias em geral.
	Comercial	Provenientes das atividades de comércio como, supermercados, lojas, shopping etc.
	Público	Os gerados em logradouros públicos como ruas e praças.
Doméstico especial	Entulho de obras, pneus, pilhas e baterias, lâmpadas e fluorescentes	São especiais por necessitarem de destinação especializada para o resíduo.

Fontes especiais	Radioativos	No Brasil, o manuseio, acondicionamento e disposição final do lixo radioativo estão a cargo da Comissão Nacional de Energia Nuclear- CNEN.
	Industrial	Provenientes de atividades industriais e classificados segundo a NBR 10.04/2004.
	Agrícola	Formado essencialmente de embalagens pesticidas e fertilizantes.
	De serviço de saúde	Gerados nas instituições de saúde como clínicas, hospitais, consultórios, farmácias entre outros
	Portos aeroportos e terminais rodo ferroviários	Geraldo tantos nos terminais como nos veículos. A periculosidade está no risco de transmissão de doenças que também pode se dar através de cargas eventualmente contaminadas, tais como de animais, carnes e plantas.

Fonte: Monteiro et al., 2001.

A caracterização dos resíduos, conforme a ReCESA (2008), pode ocorrer de forma física, química ou biológica, levando em conta aspectos sociais, econômicos e geográficos. Conhecer essas características é fundamental para dimensionar equipamentos de coleta, tratamento e destinação final dos resíduos quanto a natureza física (Quadro 2).

Quadro 2. Formas de classificação dos resíduos sólidos quanto a natureza física.

Quanto a natureza física	Seco ou molhada
Quanto a composição química	Composto de matéria orgânica ou inorgânica.
Quanto à biodegradabilidade	Facilmente degradável, moderadamente degradável, dificilmente degradável ou não degradável.
Quanto aos riscos potenciais ao meio ambiente	Perigosos, inertes ou não inertes.

Quanto à origem	Domiciliares, de limpeza urbana, resíduos sólidos urbanos, de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços públicos de saneamento básico, industriais, de serviços de saúde, da construção civil, agrossilvopastoris, de serviços de transportes e de mineração.
-----------------	---

Fonte: ReCESA, 2008, adaptado.

A ABNT, por meio da NBR10004/2004, ressalta a importância de uma classificação criteriosa dos resíduos sólidos, considerando as matérias-primas, os insumos e o processo de origem. Essa classificação deve estar alinhada com os riscos potenciais de contaminação ambiental (Quadro 3). Essa abordagem visa garantir uma gestão eficaz dos resíduos, levando em conta não apenas suas características físicas e químicas, mas também os impactos que podem gerar ao meio ambiente e à saúde pública.

Quadro 3. Classificação dos resíduos sólidos quanto aos riscos potenciais de contaminação.

Categorias	Características
Resíduos Classe I – Perigosos	Engloba aqueles que em função de suas características intrínsecas de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade apresentam riscos à saúde pública através do aumento da mortalidade ou da morbidade, ou ainda provocam efeitos adversos ao meio ambiente quando manuseados ou dispostos de forma inadequada.
Resíduos Classe II – Não Perigosos	Divididos em A e B
Resíduos Classe II A – Não Inertes	Compreende os resíduos que podem apresentar características de combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade, com possibilidade de acarretar riscos à saúde ou ao meio ambiente.
Resíduos Classe II B- Inertes	Abrange aqueles que por suas características intrínsecas, não ofereceram riscos à saúde e ao meio ambiente.

Fonte: ABNT NBR10004/2004. Adaptado

A norma ABNT NBR10004/2004 estabelece critérios para a avaliação de características intrínsecas dos resíduos sólidos, tais como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade. A presença de qualquer uma dessas características é suficiente para classificar um resíduo como perigoso.

No âmbito das características físicas, variáveis como geração *per capita*, composição gravimétrica, peso específico, teor de umidade e compreensividade são essenciais para o dimensionamento de instalações e equipamentos. Já as características químicas, como poder calorífico, relação carbono/nitrogênio, pH e composição química influenciam na seleção e avaliação de métodos de tratamento dos resíduos. Por fim, as características biológicas, relacionadas à população microbiana e agentes patogênicos, também são consideradas na escolha dos métodos de tratamento e disposição final dos resíduos (ABNT, 2004).

Na esfera municipal foi instituído o Código Ambiental do Município de Pombal - PB por meio da Lei de Nº 1.599, de 19 de dezembro de 2013, em que cita em seu Capítulo VI referências sobre os resíduos sólidos. O Capítulo VI também contempla os Resíduos Sólidos Urbanos, tem como objetivo principal apresentar um instrumento de gestão, sendo formado pelos artigos 141, 142, 143 e 144 (Pombal, 2013).

Art. 141. O Poder Executivo através da Secretaria do Meio Ambiente é o órgão responsável por todos os programas públicos voltados a Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos Urbanos.

Art.142. É proibida a Coleta de Resíduos Urbanos por particulares, salvo os conveniados com a Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, Secretaria Municipal do Meio Ambiente SEMAM ou pela autorizada.

Parágrafo único. É proibido aos servidores públicos municipais realizar qualquer tipo de coleta de material reciclável no horário de trabalho.

[...]

Art. 144. A coleta e a destinação final dos resíduos sólidos deverão obedecer às normas estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), leis e regulamentos atinentes a matéria. Parágrafo único. A SEMAM incentivará e realizara ações de capacitação para os integrantes das Associações de Catadores de resíduos sólidos no Município de Pombal (Pombal, 2013).

Em 2017, foi promulgada a Lei Nº 1802, de 29 de novembro de 2017, que institui o Plano Municipal de Saneamento Básico de Pombal (Pombal, 2017) que tem por objetivo promover a universalização dos serviços públicos municipais de saneamento básico no município, mediante o estabelecimento de metas de ações programadas que deverão ser executadas em um horizonte de 20 anos. No Artigo 2º, inciso IV, o plano reconhece a limpeza pública e a gestão de resíduos sólidos como componentes do saneamento básico e em seu Artigo 6º fica a Secretaria de Infraestrutura – SEINFRA responsável pela operacionalização e acompanhamento da execução do plano municipal de saneamento do referido município (Pombal, 2017).

3.2 Resíduos Sólidos nas lojas de reparos de celulares

A problemática dos resíduos sólidos nas lojas de conserto e manutenção de celulares é uma questão relevante que merece atenção, dada a crescente demanda por serviços de reparo nesse setor e os impactos ambientais associados à gestão inadequada dos resíduos gerados.

Segundo a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI, 2013), em ambientes de conserto e manutenção de dispositivos eletrônicos, é comum a geração de uma variedade de resíduos sólidos, incluindo peças danificadas, componentes obsoletos, baterias descartadas, placa de circuito interno, cabos, embalagens de produtos, entre outros. Esses resíduos podem conter substâncias tóxicas, como metais pesados e produtos químicos nocivos, que representam riscos para o meio ambiente e para a saúde humana quando descartados de forma inadequada.

Um dos principais desafios enfrentados pelos proprietários dos estabelecimentos é a falta de regulamentação e orientação específica sobre a gestão adequada dos resíduos sólidos.

Muitas vezes, esses estabelecimentos não possuem políticas internas claras para separação, armazenamento temporário e destinação final dos resíduos, o que pode resultar em descartes incorretos, poluição do solo e da água, e até mesmo em multas por descumprimento de normas ambientais, (ABDI, 2013).

Outra questão importante é a conscientização dos proprietários das lojas, técnicos e clientes sobre a importância da gestão compartilhada e responsável dos resíduos sólidos. Programas de educação ambiental e campanhas de sensibilização podem ajudar a promover boas práticas de manejo de resíduos e incentivar a adoção de medidas sustentáveis no ambiente de trabalho e na comunidade. Para lidar de forma eficaz com a problemática dos resíduos sólidos em lojas de conserto e manutenção de celulares, é fundamental estabelecer parcerias com empresas especializadas na coleta e reciclagem desses materiais, bem como buscar orientação junto aos órgãos ambientais e entidades reguladoras para garantir a conformidade com a legislação vigente (ABDI, 2013).

Em suma, a gestão adequada dos resíduos sólidos em lojas de reparos de dispositivos eletrônicos é essencial para promover a sustentabilidade ambiental, proteger a saúde pública e garantir a preservação dos recursos naturais para as gerações futuras. É preciso um esforço conjunto de todos os envolvidos para enfrentar esse desafio e promover uma cultura de responsabilidade ambiental no setor de serviços de tecnologia.

3.3 Caracterização dos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos - REEE

Os Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos ou simplesmente resíduos eletroeletrônicos (REEE) são equipamentos que possuem em suas partes internas elementos elétricos e eletrônicos responsáveis pelo funcionamento dos mesmos, e que por razões de obsolescência e impossibilidade de conserto são descartadas pelos seus consumidores (Afonso, 2018).

Para Panizzon, Reichert e Schneider (2017, p. 626), os REEE “é um termo genérico utilizado para abranger diversas formas de equipamentos elétricos e eletrônicos (EEE) que não possuem mais valor para seus proprietários”.

Santos e Marchi (2022) considera os EEE perigosos, por serem constituído por vários elementos, que abrangem desde materiais que possuem pouco valor econômico, como o plástico, outros resíduos recicláveis, até substâncias tóxicas e metais pesados que são prejudiciais à saúde humana.

Para a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI, 2013), os REEE são equipamentos eletroeletrônicos (EEE) que não podem mais ser usados, dividindo-os em quatro categorias/tipos: (linhas):branca (refrigeradores, fogões, lavadoras de roupas, etc.), marrom (televisor, monitores, DVD, câmeras, filmadoras, etc.), azul (batedeiras, liquidificadores, fornos elétricos, furadeiras, etc.) e verde (*desktop*, *notebook*, impressoras, celulares, monitores etc.) (Figura 1).

Figura 1. Categorias dos REEE conforme Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial.



Fonte:

https://ecotronics.com.br/wp-content/uploads/2021/06/Post-2_Linhas_Ecotronics-02-1024x1024.png (2024).

No trabalho desenvolvido por Panizzon, Reichert e Schneider (2017), os autores identificaram nove categorias sendo elas: Grandes eletrodomésticos, pequenos eletrodomésticos, equipamentos de informática e telecomunicações, equipamentos de consumo, equipamentos de iluminação, ferramentas elétricas e eletrônicas, brinquedos e equipamentos de esporte e lazer, aparelhos médicos e instrumentos de monitoramento.

Dentre os REEE dos equipamentos de informática são os que se tornam mais rapidamente obsoletos seguidos dos pequenos eletrodomésticos (Panizzon, Reichert e Schneider, 2017). Isso pode estar atrelado ao surgimento de novos modelos de maior eficiência. Por outro lado, Freitas e Oliveira (2021) apontou que as pilhas e lâmpadas são os materiais que mais produzem REEE, destacando também a constante troca de celulares, chuveiros elétricos e eletrodomésticos.

O crescente desenvolvimento de novas tecnologias vem provocando uma verdadeira revolução em nossa sociedade que busca cada vez maior conforto e segurança do mundo moderno, levando o aumento do consumo de equipamentos eletrônicos, e conseqüentemente um rápido descarte destes em locais inadequados, promovendo o acúmulo de REEE (Leal, 2018).

3.4 Detalhando a Linha Verde de eletroeletrônicos

A categoria "Linha Verde", que engloba dispositivos como computadores, *desktop*, *laptops*, acessórios de informática, *tablets* e telefones celulares, é caracterizada por uma rápida evolução tecnológica e inovação constante. No caso de computadores, *desktop* e *laptops*, o tempo de vida útil varia consideravelmente. Em média, um *desktop* pode permanecer funcional por 5 a 10 anos, dependendo da configuração inicial e da capacidade de atualização. Já *laptops*, devido à sua portabilidade e *design* compacto, geralmente têm uma vida útil um pouco mais curta, situando-se entre 3 a 7 anos (ABDI, 2013).

Os acessórios de informática, como teclados, *mouses* e impressoras, costumam ter uma vida útil que varia de 3 a 5 anos, influenciada por fatores como a frequência de uso e a qualidade da fabricação. Quanto aos dispositivos móveis, como *tablets* e *smartphones*, o ciclo de vida é mais curto devido à rápida obsolescência tecnológica. A vida útil média de um *tablet* pode ser de 2 a 5 anos, enquanto a de um telefone celular geralmente varia de 2 a 3 anos, considerando as frequentes atualizações de *hardware* e *software* (ABDI, 2013).

Esses dispositivos são afetados por avanços tecnológicos constantes e muitas vezes são substituídos devido à obsolescência programada, uma prática que incentiva a compra de modelos mais recentes. Nesse contexto, a sustentabilidade na gestão desses dispositivos envolve a promoção da reciclagem e reutilização de componentes, reduzindo o impacto ambiental (Bargos, Mirosevic, 2022).

A logística reversa desempenha um papel crucial na gestão desses resíduos, garantindo o descarte apropriado e contribuindo para a preservação do meio ambiente. Compreender o ciclo de vida desses dispositivos é fundamental para implementar práticas sustentáveis na gestão de resíduos eletrônicos, promovendo ações conscientes de consumidores e empresas (ABDI, 2013).

3.5 Impactos de REEE ao meio ambiente e à saúde humana

Para Rossini e Napolini (2017), os REEE trazem consequências para todo o planeta, pois o consumo desmedido, impulsionado pela obsolescência programada colabora para a continuidade de um estilo de produção insustentável frente à necessidade de preservação do meio ambiente. Fato esse também descrito por Posetti e Caldas (2019) que o ato do consumo se torna um problema quando bens e serviços são utilizados de forma exagerada, contribuindo para exploração excessiva dos recursos naturais e interferindo no equilíbrio do planeta.

A grande preocupação frente a esse assunto é a forma de descarte desses equipamentos e os impactos que possivelmente podem causar, pois possuem em sua estrutura metais pesados altamente tóxicos, como o chumbo e o mercúrio tomando-os de alto grau de periculosidade (Porto et al., 2019). Segundo Silva et al., (2023) as substâncias voláteis e não biodegradáveis, quando são aterrados ou incinerados podem causar problemas significativos de contaminação do solo, da água e do ar.

Os REEE possuem elementos químicos, bem diferentes de outras formas de resíduos urbanos ou industriais, sendo compostos por materiais tanto valiosos quanto perigosos e por isso precisam ter um tratamento e processos de reciclagem especiais para que não ocorra efeitos que prejudiquem a saúde humana, e a contaminação do meio ambiente (Leal, 2018).

As substâncias químicas presentes nos eletrônicos, podem contaminar as plantas, os animais e a água. Com isso, é possível que a ingestão dos alimentos e ou da água intoxique os humanos, tendo como consequências desde uma simples dor de cabeça e vômito até complicações mais sérias, como o comprometimento do sistema nervoso e surgimento de cânceres (Brida, 2019). Dentre os componentes químicos poluentes pode citar os retardadores de chamas, além de vários outros compostos altamente tóxicos (Beula, Sureshkumar, 2021).

Conforme Nascimento et al., (2018), 72% da população possui algum tipo de dispositivo eletroeletrônico que não tem mais utilidade ou não está funcionando e que será descartado assim que puder, havendo uma quantidade significativa de produtos eletroeletrônicos a serem descartados no meio ambiente.

Mesmo diante dos problemas que os Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos podem ocasionar, ainda não recebem a devida atenção do poder público e da população. Em parte, por conta da baixa difusão de informações relacionadas a esses resíduos (Cardoso, et al., 2019).

Fato esse também exposto por Baiense *et al.*, (2022) que identificou que a população não tem conhecimento sobre os impactos que o descarte incorreto de resíduos

eletroeletrônicos pode causar, porém não o fazem de forma correta devido à falta de postos de coletas, fazendo necessário que os municípios juntamente com as empresas de reciclagem e as empresas que comercializam os eletroeletrônicos tomem medidas para aumentar a logística reversa nas cidades e os postos de coletas.

3.6 Componentes de celulares

Um aparelho celular é uma complexa junção de diferentes materiais e componentes, essenciais para seu funcionamento e usabilidade. Tradicionalmente, um celular é composto por quatro partes principais: a carcaça plástica e metálica, a tela e o teclado, a bateria e a PCI, que contém os circuitos eletrônicos necessários para operar o dispositivo (Kasper *et al.*, 2011).

Um aparelho celular pode conter mais de quarenta elementos químicos, incluindo metais como cobre, estanho, cobalto, índio, antimônio, prata, ouro e paládio (Yamane *et al.*, 2011). Para cada tonelada de aparelhos celulares, a composição básica de metais pode incluir 3,5 kg de prata, 340 g de ouro, 140 g de paládio e 130 kg de cobre (Yamane *et al.*, 2011; Tuncuk *et al.*, 2012).

A carcaça metálica dos celulares é produzida a partir de derivados de bauxita, enquanto a carcaça plástica é feita de uma combinação de polímeros. As baterias dos celulares podem ser de dois tipos predominantes: níquel-cádmio (Ni-Cd) e íon de lítio (Li-ion), (Yamane *et al.*, 2011; Tuncuk *et al.*, 2012).

3.6.1 Plásticos

As carcaças plásticas e metálicas desempenham um papel fundamental na proteção das partes internas dos aparelhos celulares, proporcionando resistência e segurança aos componentes (Sena, 2012). Geralmente, essas carcaças são fabricadas utilizando uma mistura de plásticos conhecida como plástico de engenharia, que oferece características desejáveis de resistência e durabilidade (Martins *et al.*, 2015).

Estudos sobre a composição das carcaças plásticas de aparelhos celulares revelaram uma diversidade de polímeros em diferentes peças plásticas, comumente compostas por cerca de 95% de policarbonato (PC) e acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS) (Martins *et al.*, 2015). Esses polímeros são termoplásticos e passíveis de reciclagem, o que contribui para a

sustentabilidade do processo de fabricação e descarte dos aparelhos celulares (Martins et al., 2015).

Além da mistura com ABS, outros polímeros como acrilonitrila-estireno-acrilato (ASA) e policarbonato (PC) são identificados nas carcaças dos aparelhos celulares, visando melhorias na resistência contra intempéries naturais, estabilidade térmica e resistência química (Chancerel, Rotter, 2009). No entanto, a complexidade da composição dos *blends* de polímeros pode impactar na recuperação desses materiais, sendo que uma maior diversidade de polímeros tende a reduzir a taxa de recuperação total, tanto em termos de energia quanto de materiais (Chancerel, Rotter, 2009).

3.6.2 Baterias

As baterias desempenham um papel importante nos dispositivos eletroeletrônicos, incluindo os aparelhos celulares, fornecendo energia por meio de conversão química (Sena, 2012). No entanto, sua vida útil pré-determinada significa que seu desempenho diminui com o tempo e as recargas, levando muitos consumidores a substituí-las de maneira prematura e, muitas vezes, inadequada (Rodrigues, Rosin, Palmisano, 2017).

Diversos tipos de baterias são utilizados em aparelhos celulares, com destaque para as de íon-lítio (Li-ion), que oferecem vantagens como peso reduzido, alta densidade de energia e maior resistência (Sena, 2012). No entanto, a composição das baterias, que inclui metais poluentes, demanda tecnologias para tratamento adequado (Santo, 2010). Além disso, os materiais das baterias possuem valor agregado, justificando ainda mais a necessidade de reciclagem (Sena, 2012).

A recuperação de elementos valiosos das baterias é viável, uma vez que uma parte significativa dos metais como cobalto e níquel é destinada à fabricação de baterias para produtos eletroeletrônicos (Fernandes, Afonso, Dutra, 2012). A caracterização das baterias de íon-lítio revela a presença de cobalto, lítio, cobre e alumínio como principais metais em sua composição (Peres, Bertuol, 2012).

Estudos demonstram que é viável extrair e recuperar seletivamente metais como cádmio, níquel e cobalto por meio de técnicas hidrometalúrgicas (Souza, Leão, Pina, 2005). Assim, das baterias utilizadas em aparelhos celulares, é possível recuperar cobalto das de íon-lítio, níquel e ferro das de níquel metal hidreto, e o níquel das de níquel-cádmio, proporcionando uma alternativa sustentável para minimizar os impactos ambientais e recuperar elementos de interesse econômico (Sena, 2012).

3.6.3. Telas

As telas de *smartphones* contam com muitas variações: resolução, tamanho, polegadas e até a tecnologia desenvolvidas tais como LCD, IPS, OLED, AMOLED, Retina e TFT (Almeida, 2022). Algumas delas representam componentes completamente diferentes, outras são apenas variações ou aprimoramento de outras. Cada uma tem particularidades que influenciam diretamente a experiência final do usuário, desde a qualidade das imagens, o peso dos *gadgets* e até a duração da bateria (Almeida, 2022).

As telas *touchscreen* são compostas por uma liga metálica especial, composta principalmente por índio e estanho. O índio, um mineral raro, constitui cerca de 90% dessa liga, enquanto o estanho compõe os 10% restantes. A obtenção do índio é um processo complexo e desafiador, pois ele é geralmente extraído junto com outros minérios, o que torna a purificação e a obtenção desse elemento ainda mais difícil (Sena, 2012).

A tela *touchscreen* representa não apenas um avanço tecnológico significativo nos dispositivos móveis, mas também destaca desafios relacionados à sustentabilidade e ao custo na fabricação desses componentes essenciais para a experiência do usuário nos aparelhos celulares (Sena, 2012).

3.6.4 Placa de Circuito Impresso

A placa de circuito impresso (PCI) é um componente básico dos equipamentos eletroeletrônicos, constitui-se basicamente de uma plataforma que se comporta como um isolante dielétrico (Lana et al., 2022). Nesta plataforma são impressas ou depositadas trilhas de metais valiosos e, em alguns casos, tóxicos que têm as funções de conectar eletricamente os diversos componentes: resistores, capacitores, circuitos integrados, transistores, diodos e componentes magnéticos (Jha et al., 2012).

Segundo Hagelüken (2006), as PCI podem ser classificadas em três categorias com base no teor de metais preciosos, sendo de baixo valor (<100 ppm de ouro), médio valor (de 100 a 400 ppm de ouro) e alto valor (>400 ppm de ouro). Alguns aparelhos celulares possuem PCI de médio ou alto valor, variando na concentração de ouro e outros metais preciosos.

A complexidade dos materiais nas PCI dificulta o processo de reciclagem. No entanto, a presença de metais preciosos e outros de interesse econômico as tornam atrativas para

reciclagem (Silva, 2018). A recuperação de metais preciosos como ouro, prata e paládio pode ser significativamente maior do que em minérios naturais, com teores de ouro em PCI até 800 vezes superiores aos encontrados na natureza (Zeni et al., 2012).

3.6.5 Acessórios

Os acessórios mais comuns dos celulares são o carregador e o fone de ouvido, os quais geralmente são fornecidos junto com o aparelho no momento da compra (Rodrigues, Rosin, Palmisano, 2017). No entanto, os fones de ouvido são frequentemente considerados acessórios frágeis, com uma vida útil muitas vezes inferior à do próprio celular. Já o carregador representa um custo adicional significativo para o consumidor.

Para lidar com o problema da proliferação de carregadores e reduzir o impacto ambiental associado à sua produção, a União Internacional de Telecomunicações (UIT) propôs em 2009 a padronização dos carregadores com base na interface micro USB (Sena, 2012). Essa padronização permitiria que um único tipo de carregador fosse compatível com todos os modelos de aparelhos celulares que adotassem esse padrão (Sena, 2012).

A adoção desse padrão tem como objetivo evitar a produção desnecessária de carregadores a cada novo modelo de celular lançado, o que contribuiria para a redução das emissões de gases de efeito estufa associadas à fabricação desses dispositivos (Sena, 2012). Além disso, a padronização dos carregadores micro USB promove um uso mais eficiente da energia e uma gestão mais sustentável dos recursos tecnológicos. Dessa forma, a padronização dos carregadores micro USB representa uma medida importante para minimizar o desperdício, reduzir o impacto ambiental e promover uma maior eficiência energética no setor de dispositivos móveis (Sena, 2012).

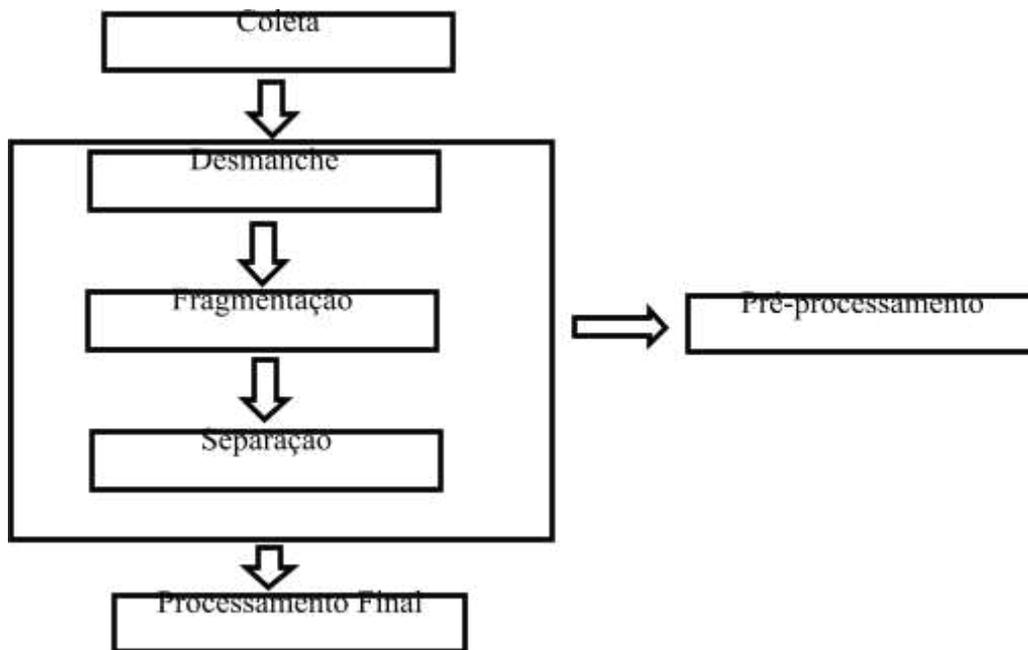
3.7 Reciclagem de aparelhos celulares

O estudo realizado pelo Centro de Tecnologia Mineral (Santos, 2010) do Ministério da Ciência e Tecnologia ressaltou diversos aspectos relevantes relacionados ao tratamento dos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE), enfatizando a importância de lidar com as fontes de substâncias prejudiciais ao meio ambiente e à saúde humana, bem como a necessidade de um tratamento adequado para os resíduos provenientes de produtos eletroeletrônicos.

Um dos pontos destacados é a significativa relevância econômica dos REEE, devido à presença de uma ampla variedade de metais nobres nesses materiais, o que confere a eles um alto valor agregado. A presença desses metais nobres como ouro, prata e paládio, tornam a reciclagem dos REEE não apenas uma questão ambiental, mas também uma oportunidade econômica importante (Kasperet *al.*, 2011).

O processo de reciclagem adequada dos REEE é geralmente dividido em três etapas principais: coleta, pré-processamento e processamento final (Figura 2). A coleta eficaz dos resíduos é fundamental para garantir que eles sejam devidamente encaminhados para as etapas subsequentes do processo de reciclagem. O pré-processamento envolve a triagem e a separação dos diferentes materiais presentes nos REEE, preparando-os para o processamento final (Santos, 2010).

Figura 2. Etapas de Reciclagem de REEE.



Fonte: Santos, (2010).

O processamento final dos REEE geralmente inclui técnicas específicas para extrair e recuperar os metais valiosos presentes nos resíduos, como ouro, prata, cobre e outros. Esse processo requer tecnologias especializadas e métodos cuidadosos para garantir a eficiência da recuperação dos materiais e minimizar o impacto ambiental associado às operações de reciclagem (Santos, 2010). Portanto, observa-se a importância de adotar práticas sustentáveis e eficientes no tratamento dos REEE, visando não apenas a proteção do meio ambiente e da saúde humana, mas também o aproveitamento dos recursos valiosos contidos nesses resíduos para promover uma economia mais circular e sustentável (Santos,2010).

A etapa de coleta dos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) é crucial para reunir os produtos obsoletos ou fora de uso, incluindo os aparelhos celulares, e encaminhá-los para reciclagem ou tratamento adequado (Couto et al., 2017). Após a coleta, inicia-se o pré-processamento, que envolve o desmanche, a fragmentação e a separação dos diferentes materiais presentes nos REEE. No desmanche, os materiais dos dispositivos eletrônicos são separados em componentes valiosos e componentes perigosos, preparando-os para o processamento posterior. A fragmentação, ou tratamento mecânico, reduz o volume dos materiais por meio de processos como esmagamento ou cominuição, facilitando a separação e manipulação dos componentes para o tratamento subsequente (Couto et al., 2017).

A etapa de separação utiliza várias técnicas, como separação eletromagnética, flotação, separação por vibração e triagem óptica, para classificar os materiais por tipo e características semelhantes. Os materiais são então direcionados para linhas específicas de tratamento com base em sua composição, como polímeros, cerâmicas e metais, para processos finais de tratamento (Couto et al., 2017).

O processamento final das Placas de Circuito Impresso (PCI) dos REEE pode envolver uma combinação de técnicas mecânicas convencionais e processos hidrometalúrgicos, pirometalúrgicos, eletrometalúrgicos e biometalúrgicos (Petter et al., 2012). A escolha do processo de tratamento depende de fatores como a concentração de metais preciosos nas PCI, perda de metal durante o processo de reciclagem, impacto ambiental e escala de operação (Tuncuk et al., 2012).

A reciclagem dos aparelhos celulares apresenta um índice potencial de reciclagem de até 90%, demonstrando uma alta capacidade de reaproveitamento de materiais (Kunrath, Veit, 2015). Esse processo contribui significativamente para a redução do impacto ambiental e a conservação de recursos naturais.

A análise hierárquica dos processos (AHP) realizada por Vivas e Costa (2013) destacou dois principais critérios para seleção das técnicas de reciclagem e extração/recuperação de metais das Placas de Circuito Impresso (PCI) dos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE): os aspectos ambientais e a eficiência produtiva. No aspecto ambiental, o processo biohidrometalúrgico foi considerado o melhor, seguido pela hidrometalurgia, eletrometalurgia e pirometalurgia. Por outro lado, na avaliação da eficiência produtiva, a eletrometalurgia foi classificada como a melhor técnica, seguida pela biohidrometalurgia, pirometalurgia e hidrometalurgia (Vivas, Costa, 2013).

No Brasil, os processos mecânicos, especialmente o pré-processamento, são comumente adotados devido à sua viabilidade econômica e facilidade de operação, conforme constatado por Zeni et al., (2012). Os processos metalúrgicos mais complexos, como hidrometalurgia e eletrometalurgia, são geralmente realizados em plantas industriais de refino de metais fora do país, devido aos altos custos associados à tecnologia e à quantidade limitada de PCI coletada para manter uma operação industrial nacional, como observado por Kunrath e Veit (2015).

No contexto brasileiro, o alumínio, o vidro e outros produtos metálicos, como cobre, ferro e aço inoxidável, têm altas taxas de reciclagem, com uma taxa de exportação inferior a 10%. Além disso, os polímeros e plásticos de REEE também apresentam um elevado índice de reciclagem, onde a maioria dos produtos resultantes do processo mecânico ou da etapa de

pré-processamento é reciclada e manufaturada (Kunrath, Veit, 2015). Essas práticas refletem um esforço significativo na gestão sustentável de resíduos e na conservação de recursos.

3.8 Ciclo de Vida

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei 12.305/2010, define o ciclo de vida do produto como uma sequência de etapas que abrangem desde o seu desenvolvimento até a sua disposição final (Brasil, 2010). Essas etapas são:

1. **Desenvolvimento do produto:** Nesta fase, ocorre o planejamento e a concepção do produto, levando em consideração aspectos como funcionalidade, durabilidade, facilidade de manutenção e possibilidade de reciclagem.
2. **Obtenção de matérias-primas e insumos:** Envolve a extração ou produção das matérias-primas e insumos necessários para a fabricação do produto. Esse processo pode incluir a exploração de recursos naturais, como minerais, metais, petróleo, entre outros.
3. **Processo produtivo:** Compreende as operações industriais e manufatureiras utilizadas para transformar as matérias-primas e insumos em produtos acabados. Nesta etapa, são empregadas técnicas de fabricação e montagem, podendo variar de acordo com o tipo de produto e a indústria.
4. **Consumo:** Refere-se ao período em que o produto é utilizado pelo consumidor final para cumprir sua função específica. Durante esta fase, o produto pode ser submetido a desgaste, manutenção e eventual reparo.
5. **Disposição final:** É a fase em que o produto chega ao fim de sua vida útil e é descartado. Pode envolver a reciclagem, a reutilização, a compostagem, a incineração ou o descarte em aterros sanitários, dependendo das políticas de gestão de resíduos e das características do produto.

A PNRS estabelece princípios e diretrizes para a gestão integrada e sustentável dos resíduos sólidos, incentivando a redução na geração de resíduos, a reutilização, a reciclagem e outras formas de tratamento e disposição final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010). O ciclo de vida do produto é fundamental para entender e promover ações que visem a minimização dos impactos ambientais e a promoção da sustentabilidade em todas as etapas do processo produtivo e de consumo.

3.9 Logística Reversa dos REEE

O Art. 3º da PNRS define a logística reversa como:

Um instrumento de desenvolvimento econômico e social, caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (Brasil, 2010).

O Decreto Nº 10.240 de 12 de fevereiro de 2020 regulamenta a logística reversa dos REEE no Brasil, definindo a estruturação, implementação e operacionalização dos sistemas. Nesse decreto, são detalhadas as etapas para a realização da logística reversa dos resíduos, informando os agentes envolvidos, suas atribuições e responsabilidades (Brasil, 2020).

Conforme esse Decreto, a estruturação e a implementação do sistema de logística reversa serão realizadas em duas fases (Brasil, 2020):

I - Fase 1, que iniciará na data de publicação deste Decreto e terminará em 31 de dezembro de 2020, e abrangerá:

- a) a criação do Grupo de Acompanhamento de Performance;
- b) a adesão de fabricantes e importadores às entidades gestoras, por meio de instrumento jurídico aplicável, ou a apresentação de seu modelo individual para execução das atividades pelas quais são responsáveis no sistema de logística reversa;
- c) a adesão de comerciantes e distribuidores às entidades gestoras, por meio de instrumento jurídico aplicável, ou a formalização de sua participação em sistema individual de fabricante ou importador para execução das atividades pelas quais são responsáveis no sistema de logística reversa;

II - Fase 2, que iniciará em 1º de janeiro de 2021, e compreenderá:

- a) a habilitação de prestadores de serviços que poderão atuar no sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos;
- b) a elaboração de planos de comunicação e de educação ambiental não formal com o objetivo de divulgar a implantação do sistema de logística reversa e qualificar formadores de opinião, lideranças de entidades, associações e gestores municipais para apoiar a implementação do sistema; e
- c) a instalação de pontos de recebimento ou de consolidação (Brasil, 2020).

De acordo com Baiense et al., (2022) a logística reversa recebe parte dos resíduos eletroeletrônicos que são descartados no Brasil, no entanto quase sempre em armazéns e locais sem o devido licenciamento ambiental, ignorando as necessárias medidas para reduzir os riscos de contaminação ambiental. Segundo Medeiros et al. (2023), entre os anos de 2019 e 2020, estima-se que foram recolhidos e destinados adequadamente cerca de 695.601,86 e 658.180,79 t de resíduos no país, respectivamente.

Para Sant'Anna, Machado e Brito (2015) a logística reversa de REEE pode se tornar uma realidade, capaz de gerar o ciclo fechado de produção e descarte de eletroeletrônicos. Em

consonância com esse tipo de produção sustentável, as empresas fabricantes de celulares e de telecomunicações no Brasil possuem programas de logística reversa conforme consta no Quadro 5.

Quadro 5. Programa de logística reversa em empresas de *smartphones* e de telefonia móvel.

Empresa	Programa de LR de resíduos eletroeletrônicos	Pontos de coleta
Samsung (https://www.samsung.com/br/support/programa-reciclagem)	Possui o <i>Programa de Coleta de Reciclagem (Re⁺)</i> que recolhe <i>smartphone</i> , baterias e acessórios.	<p>Descarte Para produtos de pequeno porte como: celular, <i>tablet</i>, acessórios, pilhas e baterias. O descarte deverá ser realizado sempre em uma de nossas urnas de coleta localizadas em nossas assistências técnicas autorizadas ou nas lojas Samsung distribuída por todo o país.</p> <p>Troca Smart O seu <i>smartphone</i>, <i>tablet</i> ou <i>smartwatch</i> usados podem valer descontos na compra de um novo produto do Ecosistema Galaxy.</p> <p>*De acordo com a site da Samsung, há ponto de coleta apenas em João Pessoa-PB.</p>
Apple (https://www.apple.com/br/recycling)	Possui o <i>Programa de Reutilização e Reciclagem da Apple</i> que recolhe <i>smartphone</i> , baterias e acessórios no Brasil.	Pontos de coleta nas lojas Apple, ou o usuário pode enviar o item a ser descartado gratuitamente através dos Correios.
Motorola (https://www.motorola.com.br/institucional/reciclagem)	Possui o Programa <i>Ecomoto</i> que recolhe <i>smartphone</i> , baterias e acessórios no Brasil.	Pontos de coleta na rede de assistências técnicas autorizadas da Motorola, lojas do varejo e provedores de serviços, dentre outros, com listas informando seus respectivos endereços.
LG (https://www.lg.com/br/suporte/coleta-seletiva)	Possui o Programa <i>Coleta Inteligente</i> que recolhe <i>smartphone</i> , baterias e acessórios.	Pontos de coleta na rede autorizada de assistência técnica, podendo ser consultado os endereços no próprio site.
		* De acordo com o site da LG, não

		há ponto de coleta no estado da Paraíba.
Claro (https://www.claro.com.br/institucional/claro-recicla)	Possui o Programa <i>Claro recicla</i> que recolhe <i>smartphone</i> , baterias e acessórios.	Pontos de coleta nas lojas e agentes autorizados Claro, podendo ser consultado os endereços no próprio site. * De acordo com o site da Claro, há ponto de coleta em Sousa-PB.
Vivo (https://vivosustentavel.com.br/recicle)	Possui o programa <i>Recicle com a Vivo</i> que recolhe <i>smartphone</i> , baterias e acessórios.	Pontos de coleta nas lojas e pontos de vendas Vivo, podendo consultar os endereços no site do programa. *De acordo com o site da Vivo, é necessário fazer o cadastro do produto a ser devolvido e há ponto de coleta em Sousa-PB.
Tim (https://www.tim.com.br/sobre-a-tim/sala-de-imprensa/press-releases/institucional/tim-reformula-programa-de-coleta-de-lixo-eletronico-em-suas-lojas)	Possui uma Programa de coleta de lixo eletrônico, mas não tem denominação.	A operadora instalou urnas de recolhimento em mais de 150 lojas da TIM em todo o Brasil. Os produtos são recolhidos periodicamente por uma empresa parceira, que transporta e faz a destinação final para cada item. *De acordo com o site da TIM, não consta informação de ponto de coleta nem na Paraíba e nos demais Estados brasileiros.

Fonte: Adaptado de Oliveira *et al.* (2021)

De acordo com Couto e Lange (2017), os estudos realizados sobre SLR fornecem, em sua grande maioria, soluções práticas para as empresas no enfrentamento dos desafios da implementação de fluxos reversos e destacam os ganhos econômicos e ambientais advindos dessa prática.

Assim sendo, o sucesso no manejo de REEE depende fundamentalmente da implementação eficaz de procedimentos legais e inovações técnicas, tomando essencial exercer um controle rigoroso sobre esses processos, garantindo que sejam capazes de lidar adequadamente com as situações de impacto ambiental causados por esses resíduos (Santos, Marchi, 2022).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Classificação da Pesquisa

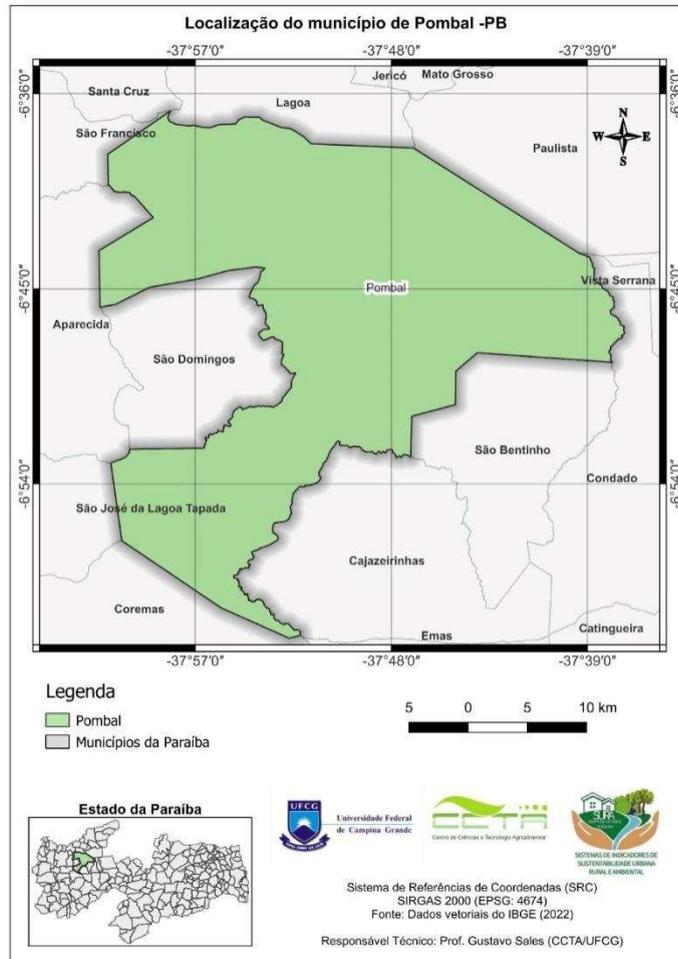
Esse estudo foi conduzido por meio de uma pesquisa aplicada, visando gerar conhecimento para aplicação prática e solução de problemas reais. Adotou-se uma abordagem quantitativa, cujo foco reside na mensuração e avaliação de relações causais entre variáveis por meio de dados quantitativos. Essa metodologia permite a medição de ideias, reações, tradições e costumes em uma amostra que represente o universo estudado (Terence, Escrivão Filho, 2006).

Em relação ao procedimento técnico adotado, realizou-se levantamento de bibliografias publicadas sobre o tema em artigos científicos, livros e publicações virtuais. Esse tipo de estudo permite ao pesquisador ter acesso direto ao conhecimento existente sobre o assunto, fortalecendo a análise e interpretação das informações coletadas (Marconi, Lakatos, 2008).

4.2 Caracterização da Área de Estudo

O trabalho foi desenvolvido na cidade de Pombal, localizada no estado da Paraíba, distante a 400 km da capital João Pessoa. O município de Pombal possui 175 metros de altitude e coordenadas geográficas: Latitude: 6°46'8" Sul, Longitude: 37°47'45" Oeste (Figura 3). Este município encontra-se inserido nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Piranhas, entre a sub-bacia do Rio Piancó e a região do Alto Piranhas. Sua economia é voltada para a agricultura, comércio interno e indústrias de pequeno. O município possui uma área territorial de 894.099 km², com uma população residente de 32.801 habitantes, segundo o último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2022).

Figura 3. Localização do Município de Pombal - Paraíba.



Fonte: Sales (2024).

4.3 Mecanismos de Coleta de Dados

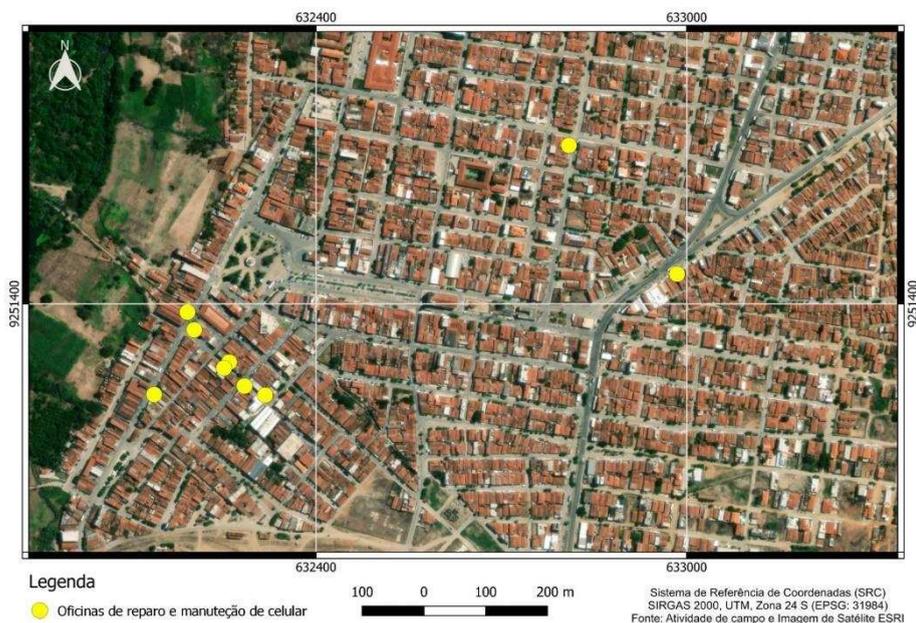
O desenvolvimento deste estudo foi guiado por seis etapas definidas previamente. A primeira etapa envolveu um levantamento bibliográfico sobre o tema proposto, realizado ao longo do processo de pesquisa para reunir dados relacionados à problemática em questão (Silva, 2014).

Em seguida, foram realizadas articulações com os órgãos municipais, incluindo consultas aos cadastros na Secretaria Municipal de Tributação e do Meio Ambiente, bem como buscas em sites oficiais e investigações de campo. O objetivo nessa fase foi obter informações sobre o número de estabelecimentos que realizavam conserto de celulares na cidade de Pombal - PB.

Posteriormente, ocorreu a seleção e organização dos estabelecimentos que seriam visitados. Foram considerados apenas os estabelecimentos de reparo de celulares, excluindo aqueles que se dedicavam exclusivamente à venda. Além disso, a disponibilidade dos proprietários para participar da pesquisa também foi um critério considerado.

Na Figura 4, mostra-se a localização dos nove (09) estabelecimentos que participaram desta pesquisa, obtida como auxílio do *Google Maps*.

Figura 4. Localização das lojas de reparo de celulares na cidade de Pombal - PB.



Fonte: Sales (2024).

Na terceira etapa, foi realizada a elaboração de um questionário estruturado aplicado aos proprietários das lojas de manutenção de celulares, sem identificação pessoal, de acordo com o trabalho de Silva (2014), com o intuito de obter informação a respeito do gerenciamento dos resíduos eletroeletrônicos de seus empreendimentos (Apêndice A).

Para garantir a compreensão adequada e a objetividade das respostas, as perguntas foram formuladas de maneira clara e concisa, utilizando-se formatos de múltipla escolha. Dessa forma, o questionário foi elaborado como uma ferramenta eficaz para coletar dados relevantes sobre as práticas e os procedimentos adotados pelas lojas de reparação de celulares em relação à gestão de resíduos sólidos.

A quarta etapa da pesquisa foi conduzida em duas fases distintas:

I) Foram identificados na cidade de Pombal - PB onze (11) estabelecimentos que se denominavam como lojas de reparo de aparelhos celulares, no entanto, durante conversa com os proprietários, verificou-se que duas delas não dispunham mais do serviço de reparo, no entanto, mantinham as atividades de venda de capas e acessórios para celular, assim, essas não participaram das etapas posteriores desta pesquisa. Desta forma foram identificados nove (09) empreendimentos que executam atividades de reparo e que se dispuseram a colaborar com a realização desta pesquisa.

II) Aplicação de questionário aos proprietários dos estabelecimentos, os quais foram convidados a participar dessa pesquisa, seguido de esclarecimentos a respeito das perguntas a serem respondidas, bem como solicitado o consentimento das informações para publicação e a todos os entrevistados ficou ressaltado o direito de desistir da pesquisa a qualquer momento.

A quinta etapa envolveu a análise, tabulação e interpretação dos dados coletados, utilizando o *software* Microsoft Office Excel 2019. Por meio dessa análise, foram identificados os principais desafios enfrentados pelos empresários no que se refere à forma ao tipo de destinação dos resíduos sólidos provenientes de suas atividades.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Estabelecimentos de conserto de celular na cidade de Pombal - PB

Durante o processo de coleta de dados para obter o número de estabelecimentos de conserto e manutenção de celulares em Pombal - PB, foi realizada visita nas Secretarias Municipal de Tributação e do Meio Ambiente para obter informações a respeito da quantidade de estabelecimentos deste ramo de atividade, para saber se possuem Alvará Municipal de funcionamento. De acordo com seus funcionários, não há cadastro de empreendimento desse ramo de atividades que funcione com alvará de funcionamento.

Vale ressaltar que o alvará é um documento emitido pelas autoridades municipais ou órgãos competentes que autoriza uma empresa a iniciar suas atividades comerciais ou operacionais em determinado local (Brasil, 2007). Ele é essencialmente uma permissão oficial que atesta que o estabelecimento cumpriu todas as exigências legais e regulamentares necessárias para operar naquele local específico.

Dos nove (09) estabelecimentos visitados, verificou-se que 89% possuem o Alvará Municipal para funcionamento, sendo assim, esses empreendimentos estão autorizados para o

funcionamento de suas atividades. Por outro lado, foi identificado que 11% das lojas não possuem o Alvará, ou seja, não estão cumprindo com a legislação brasileira (Brasil, 2007). A ausência desse documento pode acarretar uma série de consequências negativas para esses empreendimentos, tais como multas, interdição do estabelecimento e outras penalidades legais. Além disso, pode comprometer a credibilidade e a confiança dos clientes na reputação do negócio perante a comunidade local.

5.2 Destinação dos resíduos sólidos: Plásticos

As carcaças de aparelhos celulares são feitas dos polímeros policarbonato (PC) e acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS), que são termoplásticos e que podem ser reprocessados (Martins, et al., 2015). O ABS é uma resina que apresenta resistência química, alto brilho e boa relação custo-benefício, porém tem como desvantagens a inflamabilidade (Martins et al., 2015).

Com base nas informações coletadas, verificou-se que a destinação final dos resíduos plásticos varia entre os estabelecimentos comerciais (Figura 5), pois foi identificado que 56% dos entrevistados descartam esses resíduos no lixo comum. Por outro lado, 22% devolvem aos clientes e os outros 22% dos entrevistados encaminham esses resíduos para reciclagem.

Figura 5. Percentual das formas de descarte dos resíduos sólidos de plásticos.



Fonte: Autoria própria (2024).

As carcaças plásticas ao serem descartadas no lixo comum, são coletadas pela Prefeitura Municipal de Pombal - PB e encaminhadas ao Aterro Sanitário do município de Coremas-PB. O aterro sanitário é a principal forma de destinação final ambientalmente adequada, e é uma tecnologia de disposição de resíduos, sem criar prejuízos ou ameaças à saúde e segurança pública, pela utilização de princípios de engenharia que confinam o lixo ao menor volume possível, cobrindo-o com uma camada de solo na conclusão de cada dia de operação (Galavote et al., 2023).

A devolução dos resíduos para o cliente tende a transferir a responsabilidade do descarte para o consumidor, e essa destinação não está conforme proposto pela PNRS, que destaca que a destinação dos resíduos sólidos é de responsabilidade compartilhada pelos fabricantes, distribuidores, comerciantes, consumidores e titulares dos serviços públicos da limpeza urbana (Brasil, 2010). É presumível que esses resíduos plásticos sejam destinados ao lixo doméstico ou armazenado de forma inadequada em casa (Duarte et al., 2020), visto que não há, na cidade de Pombal - PB, coletores específicos para o acondicionamento, posterior coleta e destinação para a reciclagem e ou reaproveitamento desse tipo de resíduo.

Com relação a prática de destinar as peças plásticas para reciclagem, essa é uma atividade ambientalmente adequada e sustentável (Brasil, 2010), e que consiste num conjunto de técnicas de reaproveitamento de materiais descartados, reintroduzindo-os no ciclo produtivo (Brasil, 2010). Entretanto, é importante ressaltar que a reciclagem de aparelhos celulares é ainda incipiente, por isso as empresas que coletam esses aparelhos realizam, primeiramente, um pré-processamento e depois vendem os diferentes resíduos para empresas recicladoras estrangeiras (Ferreira, Silva, Galdino, 2010). No entanto, não foi informado pelos entrevistados, se o estabelecimento comercial participa dos programas de logística reversa com as empresas de *smartphone* e de telefonia, bem como se tem parcerias com empresas de reciclagem e com associação de catadores que coletam esse tipo de resíduo.

De acordo com as informações obtidas, observa-se que tanto o consumidor e o proprietário do empreendimento desconhecem os programas de logísticas reversa das empresas *smartphone* e de telefonia, conforme divulgados pelos seus sites e apresentado no Quadro 6. Isso demonstra que há desinformação do consumidor local sobre sua primordial participação na logística reversa proposta pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010). Além disso, observa-se a falta de ações do poder público para divulgar, fiscalizar e exigir que a PNRS seja cumprida.

Na logística reversa, os consumidores têm o papel essencial para garantir o adequado fluxo dos resíduos, já que esses são os responsáveis diretos pelo correto descarte (Duarte et

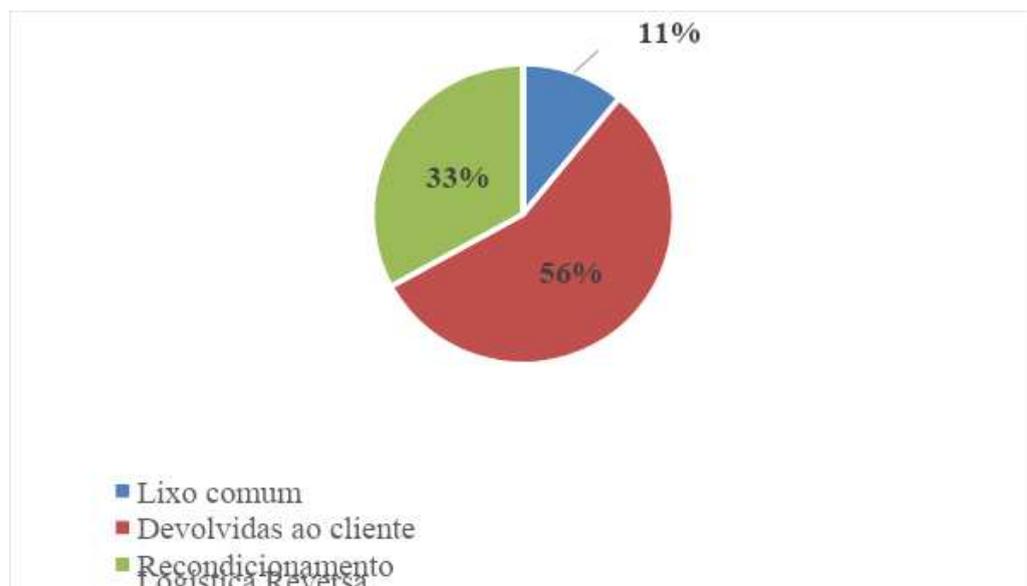
al., 2020). Sem o envolvimento dos consumidores, a implementação desta prática é impossível, pois para que essa logística possa acontecer, as empresas dependem diretamente dos clientes, porque, se estes não fizerem a devolução dos produtos inutilizáveis, as empresas não os devolvem ao ciclo produtivo e nem lhes dá uma destinação final ambientalmente correta (Vieira, Soares, Soares, 2009).

5.3. Destinação dos resíduos sólidos: Baterias

As baterias de celulares são um dos componentes dos celulares que apresentam maior presença de metais tais como mercúrio, chumbo, cobre, zinco, cádmio, manganês, níquel e lítio e que são prejudiciais à saúde humana e ambiental (Oliveira et al., 2021), sendo assim o gerenciamento sustentável desses componentes é de suma importância.

Com base nos resultados encontrados, observou-se que 56% dos estabelecimentos devolvem as baterias imprestáveis aos clientes (Figura 6), 33% dizem enviá-las para recondicionamento e 11% as descartam no lixo comum. Essas informações também são preocupantes pois demonstram total desinformação pelos envolvidos dos graves problemas causados por esses resíduos.

Figura 6. Percentual das formas de descarte das baterias.



Fonte: Autoria própria (2024).

Pela Resolução 401/2008 do CONAMA (Brasil, 2008), os estabelecimentos que comercializam aparelhos contendo baterias à base de produtos químicos pesados, entre eles o

níquel e o cádmio, são obrigados a aceitar dos usuários a devolução das unidades usadas, ou seja, o material deve ser acondicionado adequadamente e armazenado de forma segregada, obedecidas às normas ambientais e de saúde pública pertinentes, bem como as recomendações definidas pelos fabricantes ou importadores.

Diante das informações obtidas, observa-se novamente a falta de conhecimento pelo consumidor da responsabilidade compartilhada proposta na PNRS, bem como do comerciante (Brasil, 2010). Já que as fabricantes de *smartphone* e as empresas de telecomunicação dispõem de programas de logística reversa, conforme consta no Quadro 6. A desinformação do cliente, de receber bateria imprestável, pode ser atribuída à ausência de campanhas de publicidade em todos os meios de comunicação, por parte dos fabricantes e prestadores de serviços de telefonia móvel, bem como do poder público, de conscientização do consumidor a fazer o descarte correto dos dispositivos ao final da sua vida útil (Dias, 2020).

Sendo possível estimar que essas baterias devolvidas aos consumidores possam ser armazenadas por longo tempo em suas casas, na espera de que surja um destino sustentável em consequência dos graves danos causados ao meio ambiente e à saúde humana ou serem destinadas ao lixo comum. As informações encontradas também corroboram com estudos que demonstram que o consumidor desconhece sobre a logística reversa, como fazer o descarte correto de baterias e resíduos eletroeletrônicos e de armazenar em casa (Moretti, Lima, Crnkovic, 2011; Oliveira et al., 2021).

Foi quantificado que 33% dos proprietários dos estabelecimentos demonstram ter uma abordagem responsável fazer o condicionamento das baterias. Esse procedimento é feito pelo equipamento chamado de fonte assimétrica ou de bancada para dá um choque na bateria do celular para aumentar a sua vida útil.

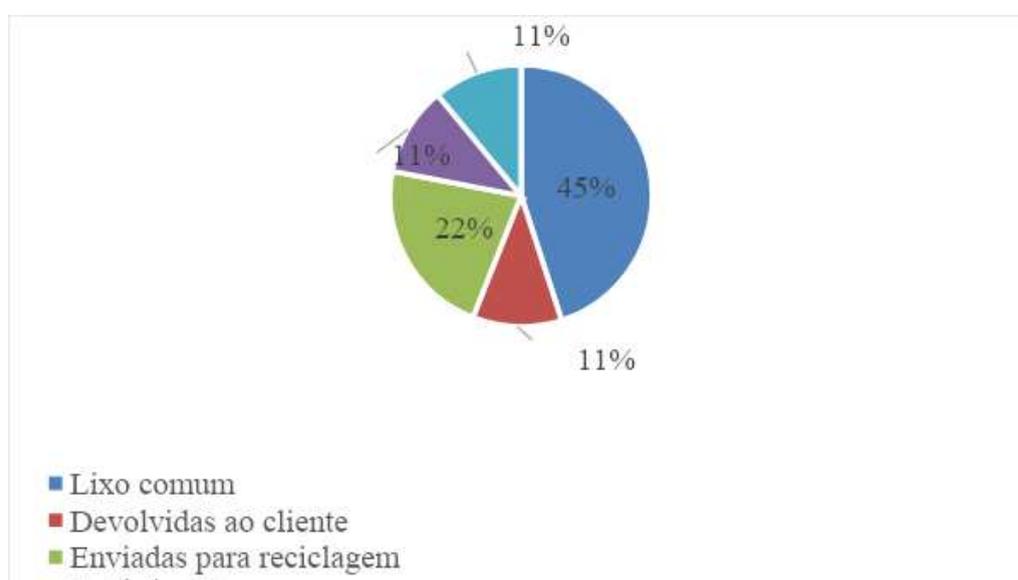
Com relação ao descarte das baterias no lixo comum, essas serão encaminhadas ao Aterro Sanitário do município de Coremas - PB. Como já citado essa prática é altamente prejudicial ao meio ambiente e à saúde pública, uma vez que as baterias contêm substâncias tóxicas, como metais pesados e produtos químicos nocivos, que podem contaminar o solo e os recursos hídricos (Moretti, Lima, Crnkovic, 2011, Oliveira et al., 2021).

5.4. Destinação dos resíduos sólidos: Telas

A substituição da tela quebrada é um dos serviços mais comuns e procurados em assistências técnicas de celulares, pois quando danificada, pode dificultar a visualização das informações e inutilização do celular (Mendes, 2023).

Essa pesquisa revelou uma variedade de práticas adotadas pelas lojas de reparo de celular em relação ao destino das telas trocadas (Figura 7). Dos dados coletados, observou-se que 45% dos proprietários dos estabelecimentos optam por destiná-las para o lixo comum. Essa prática, conforme já mencionada, não é sustentável, pois contribui para a sobrecarga do Aterro Sanitário do município Coremas-PB, bem como a contaminação do meio ambiente, pois as telas contêm substâncias prejudiciais à saúde e ao ecossistema, pois reduzem a vida útil de aterros sanitários (Moretti, Lima, Crnkovic, 2011).

Figura 7. Percentual das formas de descarte das telas de celulares.



Fonte: Autoria própria (2024).

Por outro lado, 11% dos entrevistados devolvem as telas trocadas aos clientes (Figura 7), mais uma vez, essa conduta não está conforme a PNRS, que destaca que a destinação dos resíduos sólidos é de responsabilidade compartilhada (Brasil, 2010), cabendo ao consumidor final devolver o resíduo à loja ou ao estabelecimento credenciado para recebê-lo. Neste caso também é possível sugerir que esse resíduo seja destinado ao lixo doméstico ou armazenado de forma inadequada em casa (Duarte et al., 2020), visto que não há na cidade de Pombal-PB coletores específicos ou ponto de coleta para esses tipos de resíduos para a destinação correta de reciclagem e ou reaproveitamento.

De acordo com os resultados apresentados na Figura 7, 22% dos empresários optam por enviar as telas para reciclagem, que consiste em separar os materiais que compõem um objeto e prepará-los para serem usados novamente como matéria prima dentro do processo

industrial (Ferreira, Silva, Galdino, 2010). A reciclagem é realizada por empresas dedicadas à reciclagem tecnológica e ao reaproveitamento dos produtos (Ferreira, Silva, Galdino, 2010). Entretanto, de acordo com pesquisa nos sites de literatura científica não foi possível encontrar formas de reciclagem de tela de celular.

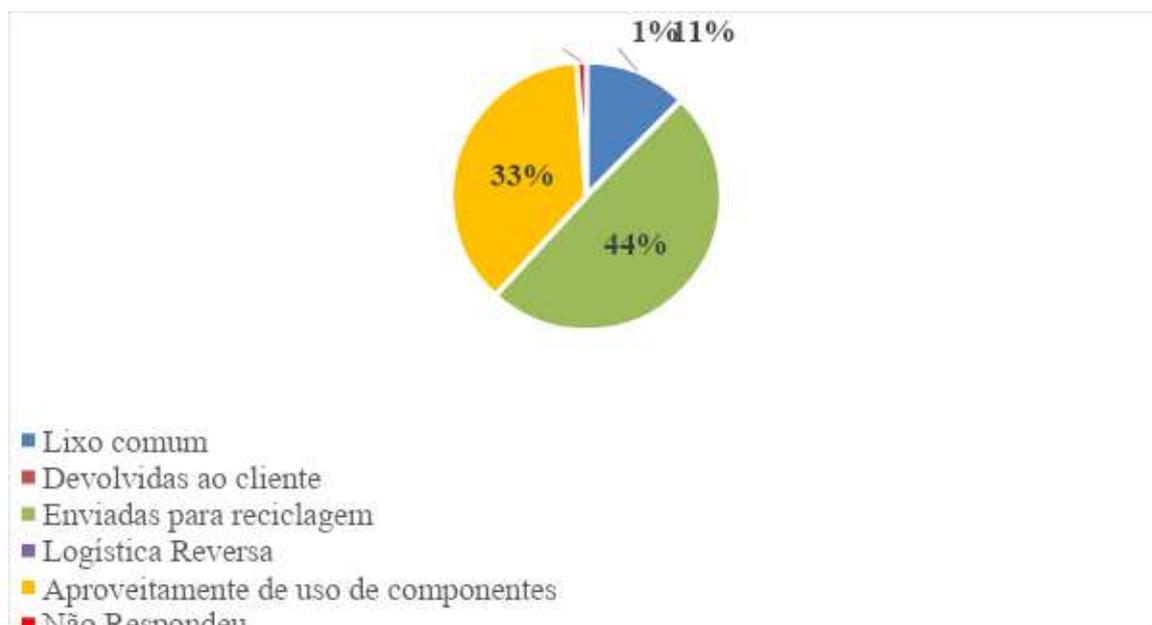
Foi também observado que 11% dos entrevistados fazem a destinação dos resíduos das telas dos celulares diferentes das opções propostas, entretanto não foi informado qual seria esse tipo de destinação.

5.5. Destinação dos resíduos sólidos: Placa de Circuito Impresso (PCI)

A maior fração de metais presentes nos celulares está contida nas PCI, sendo ricas em estanho, níquel, cobre, ferro, chumbo, ouro e outros metais, o que contribui para seu potencial econômico e que varia de acordo com o modelo da placa de circuito impresso (Lana et al., 2022). Assim, há o grande atrativo para a recuperação desses metais preciosos em virtude de suas concentrações, favorecendo à preservação dos recursos naturais e à minimização do impacto ambiental, haja visto a redução da atividade de mineração de metais (Tuncuk et al., 2012).

De acordo com as informações obtidas a respeito da destinação das Placa de Circuito Impresso (PCIs), foi verificado que 44% dos entrevistados enviam as PCIs para reciclagem (Figura 8). Para realizar essa operação, é necessário destinar esse resíduo para uma empresa especializada, uma vez que o processo de reciclagem de lixo eletrônico é dividido na etapa de desmontagem, feita de forma seletiva, visando selecionar componentes perigosos ou valiosos para tratamento especial (Petter et al., 2012). Na fase de enriquecimento, se usam processos mecânico e/ou metalúrgico para concentrar materiais desejáveis, e na etapa de refino os metais são recuperados ou purificados por meio químico (Cui, Zhang, 2008).

Figura 8. Percentual das formas de descarte da PCI de celulares.



Fonte: Autoria própria (2024).

Observou-se que 33% dos empresários optam por armazenar as PCIs trocadas para uso futuro de seus componentes em outros celulares a serem consertados. Esta prática demonstra uma abordagem proativa em relação ao reaproveitamento de materiais e à redução do desperdício.

Também foi verificado que 11 % dos entrevistados destinam as PCIs para o lixo comum (Figura 8), destinação inadequada para esse resíduo, em virtude da quantidade de metais, que conseqüentemente são destinados ao Aterro Sanitário do município de Coremas - PB, causando a diminuição da vida útil desse aterro e na contaminação do solo (Casqueira, Jesus, 2015). Também foi observado que 1 % dos entrevistados, não responderam à pergunta (Figura 8), o que leva a supor que os proprietários dos estabelecimentos desconhecem o programa de logística reversa proposto pelas empresas de telefonia e fabricantes de celulares.

5.6 Celulares abandonados na loja de reparo

Quando um equipamento eletroeletrônico é levado para avaliação ou reparo, o prestador do serviço fica obrigado a mantê-lo sob sua guarda e responsabilidade e enquanto detiver o objeto em seu poder, o estabelecimento tem o dever de adequadamente acondicioná-lo, armazená-lo e conservá-lo, inclusive respondendo por eventual perda ou dano que o equipamento venha a sofrer durante o período (Brasil, 1990).

De acordo com informações repassadas pelos empresários entrevistados, esse problema de celular abandonado também é enfrentado por eles, tendo em vista que esses aparelhos ocupam grande espaço nos estabelecimentos comerciais, e inclusive foi comentado por um entrevistado que tem celulares deixados há 19 anos em seu estabelecimento. Desta forma, além dos descartes de partes dos celulares, há esse outro desafio de acúmulo de todo o aparelho eletrônico, que pode ocasionar problemas de saúde aos trabalhadores e ao meio ambiente (Freitas, Oliveira, 2021).

5.7 Percepção ambiental dos proprietários entrevistados

A percepção ambiental refere-se à forma como os indivíduos percebem e interpretam o ambiente ao seu redor e as questões ambientais, é influenciada por diversos fatores, como experiências pessoais, valores culturais, conhecimento e educação ambiental (Santos, Cândido, 2023). Uma percepção ambiental positiva pode levar a atitudes e comportamentos pró-ambientais, tais como: consumo consciente, reciclagem, preocupação com a conservação dos recursos naturais, dentre outras. Por outro lado, uma percepção ambiental negativa pode resultar em desprezo ou até mesmo em comportamentos prejudiciais ao meio ambiente, como desperdício de recursos naturais, indiferença pela conservação do meio ambiente, desmatamento, descarte incorreto de resíduos e etc. (Santos, Cândido, 2023).

A deterioração do meio ambiente vem causando preocupação para a sociedade civil, bem como para as empresas de grande, médio e pequeno porte, em virtude da parcela significativa dos impactos ambientais causados pelas indústrias. Sendo assim, foi questionado aos participantes se sua atividade de serviço causa impacto ao meio ambiente, sendo verificado que 56% dos participantes responderam que seus serviços causam impactos negativos e 44% dos entrevistados declararam que não causam impactos negativos. Essa divergência de opinião também determinada em estudo da percepção ambiental de empresários de Marechal Cândido Rondon-PR (Thomas, Sontag, Brandalise, 2014) e na pesquisa realizada por Farias, Teixeira (2002) feito a empreendedores de micro e pequeno porte no estado de Sergipe.

Quando questionados sobre a implementação de medidas para mitigar os impactos gerados pelo estabelecimento, foi observado que 44% dos empreendedores adotam medidas nesse sentido, enquanto 56% declaram que não fazem ações para reduzir os impactos ambientais. Não foi possível encontrar na literatura algum estudo a respeito para comparar as

informações levantadas. A mitigação do impacto ambiental comumente empregada aos resíduos sólidos consiste na logística reversa e na reciclagem (Alvarenga, Rocha, 2023), pois estas práticas reduzem a necessidade de extrair novas matérias primas da natureza, possibilitam a economia recursos naturais, diminuição da poluição e a degradação ambiental associadas à extração e produção de novos materiais (Alvarenga, Rocha, 2023).

As pesquisas sobre a percepção ambiental são importantes para avaliar a conhecimento a respeito de informações sobre meio ambiente, identificação dos problemas ambientais, compreenderem os fatores que influenciam as ações de pessoas em relação ao meio ambiente e avaliar a eficácia de iniciativas ambientais existentes (Zanini et al., 2021; Farias, Teixeira, 2002). Com base nessas informações, é possível desenvolver políticas públicas, tais como programas de gestão de resíduos, regulamentações ambientais, preservação de áreas naturais, programas de educação ambiental e dentre outras (Zanini et al., 2021; Farias, Teixeira, 2002).

6 CONCLUSÕES

Foram encontrados onze (11) estabelecimentos que se intitulavam como loja de reparo de celular, entretanto apenas nove (09) empreendimentos se dispuseram a participar desta pesquisa.

Os resíduos sólidos dos equipamentos eletroeletrônicos estudados não possuem gerenciamento ambientalmente adequado na cidade de Pombal - PB, em desacordo com a legislação ambiental brasileira.

No município de Pombal - PB não foram identificadas ações governamentais voltadas para promoção e fiscalização do gerenciamento dos resíduos estudados, que contribuem de forma significativa na redução dos impactos ambientais nocivos causados pelo descarte inapropriado.

De forma geral, os resultados desta pesquisa destacam a importância de abordagens proativas e colaborativas para lidar com os desafios associados aos resíduos sólidos dos estabelecimentos de reparo de celulares em Pombal - PB. A integração de políticas públicas, incentivos governamentais, educação ambiental, engajamento dos empresários e consumidores são essenciais para promover uma gestão eficaz desses resíduos, para contribuir na sustentabilidade ambiental desse setor produtivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO, J. C. Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos: o antropoceno bate à nossa porta. **Revista Virtual de Química**, v. 10, n. 6, p. 1849-1897, 2018.

ALMEIDA, I. L. **LCD, IPS, OLED, AMOLED: o que diferencia as telas de smartphones?** Disponível em: <https://canaltech.com.br/smartphone/lcd-ips-oled-amoled-quais-sao-os-tipos-de-telas-utilizado-s-nos-smartphones-112082/>. Acesso em: 10 de jan. de 2024.

ALVARENGA, C. S.; ROCHA, D. J. Logística reversa e reciclagem como forma de mitigar o excesso de resíduos sólidos em aterros sanitários e seus impactos ambientais. **Revista de Direito, Globalização e Responsabilidade nas Relações de Consumo**, v. 9, n. 2, p. 35-55, 2023.

APPLE. **Reciclar produtos Apple é tão fácil quanto importante para o planeta.** Disponível em: <https://www.apple.com/br/recycling>. Acesso em: 02 de jan. de 2024.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR10004/2004: Resíduos Sólidos-Classificação**, 2º ed., Rio de Janeiro, 2004, 71 p.

Associação Brasileira de Desenvolvimento da Indústria. **ABDI. Logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos: análise de viabilidade técnica econômica.** Brasília, DF, 2013, 179 p.

BAIENSE, E. S.; WINGLER, E. N.; RODRIGUES, L. F.; ZOBOLI, J. A. Logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos: um estudo com as famílias dos alunos dos cursos de gestão do Centro Universitário São Camilo - ES. **Cadernos Camilliani**, v. 19, n. 3, p. 218-239, 2022.

BALDÉ, C. P.; D'ANGELO, E.; LUDA, V.; DEUBZER O.; KUEHR, R. **Global transboundary E-wasteflows – Monitor 2022.** United Nations Institute for Training and Research (UNITAR), 66 p., 2022.

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, 2022.

BEULA, D.; SURESHKUMAR, M. A review on the toxic E-waste killing health and environment – Today's global scenario. **Materials Today: Proceedings**, v. 47, n. 9, p. 2168-2174, 2021.

BRASIL. **Lei N° 8.078**, de 11 de setembro de 1990, que dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências. Brasília, 1990.

_____. **Lei N° 11.598**, de 3 de dezembro de 2007, que estabelece diretrizes e procedimentos para a simplificação e integração do processo de registro e legalização de empresários e de pessoas jurídicas. Brasília, 2007.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), **Resolução N° 401**, de 4 de novembro de 2008, que estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado, e dá outras providências. Brasília, 2008.

_____. Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), **Lei N° 12.305**, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, 2010.

_____. **Lei N° 11.598**, de 3 de dezembro de 2007, que estabelece diretrizes e procedimentos para a simplificação e integração do processo de registro e legalização de empresários e de pessoas jurídicas, cria a Rede Nacional para a Simplificação do Registro e da Legalização de Empresas e Negócios. Brasília, 2007.

_____. **Decreto N° 10.240**, 12 de fevereiro de 2020. Regulamenta o inciso VI do caput do art. 33 e o art. 56 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, e complementa o Decreto nº 9.177, de 23 de outubro de 2017, quanto à implementação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico, 12 de fevereiro de 2020.

BRIDA, I. C. Logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos: uma análise do sistema no Brasil. **Revista Tecnologia e Ambiente**, v. 25, p. 110-133, 2019.

CARDOSO, E.; ROTOLO, M.; VALLE, T. F.; OTTONI, M. S. O.; FERNANDES, H. F. Desafios da logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos no Brasil. **Revista Ineana/Instituto Estadual do Ambiente**, v. 11, n. 7, p.7-19, 2019.

CASQUEIRA, R. G.; JESUS, T. A. Caracterização e beneficiamento primário de placas de circuito impresso (PCI) de telefones celulares, **Revista Eletrônica TECCEN**, v. 8, n. 2, p. 53-64, 2015.

CHANCEREL, P.; ROTTER, S. Recycling-oriented characterization of small waste electrical and electronic equipment. **Waste Management**, v. 29, p. 2336-2352, 2009.

CLARO. **Claro Recicla: Programa que incentiva o descarte correto de celulares e baterias**. Disponível em: <https://www.claro.com.br/institucional/claro-recicla>. Acesso em: 05 de jan. de 2024.

COSTA, E. C. S.; CAVALCANTE, M. S. **Gerenciamento de resíduos sólidos: Estudo de caso de uma construtora de grande porte**. 2009. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Unidade de Ensino Superior Sul do Maranhão, Balsas, 2009.

COUTO, M. C. L.; LANGE, L. C. Análise dos sistemas de logística reversa no Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, p. 889-898, 2017.

COUTO, R. C. A.; BARROS, R. T. V.; RESENDE, L. H. S.; FONSECA, E. R. DUARTE, S. M. **Análise do fluxo dos resíduos gerados na atividade de reparo de aparelhos celulares em Belo Horizonte (MG)**. In: XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro: ABES, p. 1-10, 2017.

Ecotronics ambiental, soluções em logística reversa. **Características de eletroeletrônicos recicláveis.** Ilustração. Disponível em: https://ecotronics.com.br/wp-content/uploads/2021/06/Post-2_Linhas_Ecotronics-02-1024x1024.png. Acesso em: 07 de dezembro de 2013.

CUI, J.; ZHANG, L. Metallurgical recovery of metals from electronic waste: a review. **Journal of hazardous materials**, v. 158, n. 2-3, p. 228–256, 2008.

DIAS, G. F. **Antecedentes da intenção de descarte responsável de smartphones: modelagem e validação empírica.** 2020. 165 f. Tese (Doutorado em Administração) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ciências Sociais Aplicadas. Natal, 2020.

DUARTE, V. B.; DUSEK, P. M.; MIRANDA, M. G.; AVELAR, K. I. S. Responsabilidade compartilhada: o papel do consumidor no descarte do lixo eletrônico. **Revista Augustus**, v. 25, n. 50, p. 111-129, 2020.

FARIAS, J. S.; TEIXEIRA, R. M. A pequena e micro empresa e o meio ambiente: a percepção dos empresários com relação aos impactos ambientais. **Organizações & Sociedade**, v. 9, n. 23, p. 1-20, 2002.

FERNANDES, A.; AFONSO, J. C.; DUTRA, A. J. B. Hydrometallurgical route to recover nickel, cobalt and cadmium from spent Ni-Cd batteries. **Journal of Power Sources**, v. 220, p. 286-291, 2012.

FERREIRA, L. C. **Produção mais limpa no plano de gerenciamento de resíduos sólidos em empresas de reparação de veículos.** 2009. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção, Gestão Industrial) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná– UTFPR, Ponta Grossa, 2009.

FERREIRA, D. C.; SILVA, J. B.; GALDINO, J. C. S. Reciclagem de lixo eletrônico. **Holos**, Ano 26, v. 5, p. 104- 115, 2010.

FREITAS, R. R.; OLIVEIRA, V. Z. Educação Ambiental e o descarte de resíduos eletroeletrônicos no sul de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 16, n. 4, p. 134-152, 2021.

GALAVOTE, T., SENA, L. G., CALIXTO, L. M., DUTRA, R. M. DE S., COIMBRA, T. C., CHAVES, G. DE L. D., SIMAN, R. R. Avaliação do efeito do fortalecimento da coleta seletiva nos custos de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos. **Revista Brasileira e Gestão Urbana**, v. 15, e20220108, 2023.

GIESE, E. C.; LINS, F. A. F.; XAVIER, L. H. Desafios da reciclagem de lixo eletrônico e as cooperativas de mineração urbana. **Brazilian Journal of Business**, v. 3, n. 5, p. 3647-3660, 2021.

HAGELÜKEN, C. **Improving metal returns and eco-efficiency in electronics recycling.** In: International Symposium on Electronics & the Environment IEEE, San Francisco, p.218-223, 2006.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/pombal/panorama>. Acesso em: 10 de set. de 2023.

JHA, M. K.; CHOUBEY, P. K.; JHA, A. K.; KUMARI, A.; LEE, J.; KUMAR, V.; JEONG, J. Leaching studies for tin recovery from waste e-scrap. **Waste Management**, v. 32, p. 1919-1925, 2012.

KASPER, A. C.; BERSELLI, G. B. T.; FREITAS, B. D.; BERNARDES, A. M.; TENÓRIO, J. A. S.; VEIT, H. M. Printed wiring boards for mobile phones: Characterization and recycling of copper. **Waste Management**, 31, p. 2536 -2545, 2011.

KUNRATH, J. L.; VIET, H. M. Resíduos eletroeletrônicos: materiais reaproveitados dentro da cadeia de processamento. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 10, n. 2, p. 68- 72, 2015.

LANA, F. A.; SILVEIRA, Á. W. F.; PINTO, C. F.; LIMA, A. F.; FORNAZARI, A. L. T.; SILVA, P. P.; FERNANDES, D. M.; TONHELA, M. A.; GRANATO, A. C.; MALPASSA, G. R. P. Extração de Cobre em Placas de Circuito Impresso de Celulares empregando um subproduto da indústria de fertilizantes. **Revista Virtual de Química**, V.14, n. 4, p. 637-645, 2022.

LEAL, H. M. A. **Lixo eletrônico: um estudo sobre o tratamento dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos no município de Palmas – TO**. 2018. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente) – Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente, Palmas, 2018.

LG. **Coleta Inteligente**. Disponível em: <https://www.lg.com.br/suporte/coleta-seletiva>. Acesso em 02 de jan. de 2024.

MARCONI, M. A.; LAKATOS. E. M. **Metodologia do Trabalho Científico**. 7º ed., São Paulo: Ed. Atlas, 2008, 256 p.

MARTINS, N.; ROCHA, T. L. A. C.; FIGUEIRÓ, M. F.; CÉSAR, P. G. B.; OCANHA, K.; MORAES, C. A. M. **Caracterização de polímeros presentes em resíduos de equipamentos eletroeletrônicos: estudo de caso com carcaças de telefones celulares**. In: 6º Fórum Internacional de Resíduos Sólidos. São José dos Campos, p. 1-8, 2015.

MEDEIROS, R. M.; MEDEIROS, A. L. A.; MENDES, A. C.; SILVA, A. C.; GUEDES, M. J. F. Análise da implementação da logística reversa em municípios de pequeno porte na Paraíba, Brasil. **Revista Semiárido de Visu**, v.11, n. 1, p. 88-107, 2023.

MENDES, L. **15 Serviços de reparos em celulares mais procurados em assistências**. Disponível em: <https://manutencaodecelular.net/servicos-de-reparos-em-celulares-mais-procurados>. Acesso em: 07 de jan. de 2024.

MONTEIRO, J. H. P. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. 200 p.

MORETTI, S. L. A.; LIMA, M. C.; CRNKOVIC, L. H. Gestão de resíduos pós-consumo: avaliação do comportamento do consumidor e dos canais reversos do setor de telefonia móvel. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 5, n. 1, p. 03-14, 2011.

MOTOROLA. **Ecomoto: Conheça o programa socioambiental da Motorola**. Disponível em: <https://www.motorola.com.br/institucional/reciclagem>. Acesso em: 02 de abr. de 2024.

NASCIMENTO, F. B.; SILVA, Y. B. R.; LIMA, L. S. S.; SANTOS, M. S. F. Logística reversa dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos de pós-consumo na cidade de Teresina. **Sistemas e Gestão**, v. 13, n. 4, p. 519-53, 2018.

NOÉ, J. R. **Avaliação da área do lixão para instalação de aterro sanitário consorciado no município de Pombal - PB utilizando SIG livre**. 2013. 84 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2013.

OLIVEIRA, S. J.; TEIXEIRA, R. L. P.; BRITO, M. L. A.; SILVA, P. C. D. Logística reversa: a destinação acertada de baterias de smartphones no Brasil, **Revista de Casos e Consultoria**, v. 12, n. 1, e26337, 2021.

PANIZZON, T.; REICHERT, G. A.; SCHNEIDER, V. E. Avaliação da geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) em uma universidade particular. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, p. 625-635, 2017.

PERES, B. A.; BERTUOL, D. A. Reciclagem de baterias de íons de lítio de aparelhos celulares: recuperação do solvente orgânico do eletrólito através da adsorção em carvão ativado. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 5, n.5, p. 850-856, 2012.

PETTER, P. M. H.; BERNARDES, A. M.; VEIT, H. M.; BRITO, D. O. **Estudo de lixivantes alternativos para extração de metais de placas de circuito impresso**. In: VIII Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental. Porto Alegre, p. 1-10, 2012.

POMBAL (PB). Plano Municipal de Saneamento Básico de Pombal (PMSBP). **Produto 2: Diagnóstico dos serviços de saneamento básico e seus impactos: Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos**. 107 p., 2015.

POMBAL (PB). **Lei Municipal N° 1.599**, de 19 de dezembro de 2013. **que institui o Código Ambiental do município de Pombal e dá outras providências**. Prefeitura Municipal de Pombal, 2013.

_____. **Lei Municipal N° 1.802**, de 29 de novembro de 2017. **Institui a Política Municipal de Saneamento Básico e da outras providências**. Prefeitura Municipal de Pombal, 2017.

POSETTI, V. C.; CALDAS, J. N. O descarte de resíduos sólidos no âmbito da sustentabilidade. **Revista de Direito Econômico e Socioambiental**, v. 10, n. 1, p. 183-205, 2019.

ReCESA. **Operação e manutenção de sistemas simplificados de tratamento de esgotos: Guia do profissional em treinamento: nível 2** / Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.). Belo Horizonte: ReCESA, 2008. 112 p.

RODRIGUES, S. M.; ROSIN, A. M.; PALMISANO, A. Percepção dos consumidores sobre o descarte de aparelhos celulares: Um estudo na Cidade de São Paulo. **REPAE – Revista Ensino e Pesquisa em Administração e Engenharia**, v. 3, n. 1, p. 88- 95, 2017.

ROSSINI, V.; SANCHES, S. H. F. N. Obsolescência programada e meio ambiente: a geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. **Revista de Direito e Sustentabilidade**, v. 3, n. 1, p. 51-71, 2017.

SAMSUNG. **Samsung Recicla.** Disponível em: <https://www.samsung.com/br/support/programa-reciclagem>. Acesso em: 02 de jan. de 2024.

SANTANA, M. C. **Impacto ambiental causado pelo descarte de embalagens plásticas – Gerenciamento e riscos.** 2009. 80 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Produção com ênfase em Plástico) - Faculdade de Tecnologia da Zona Leste, São Paulo, 2009.

SANT'ANNA, L. T.; MACHADO, R. T. M.; BRITO, M. J. A logística reversa de resíduos eletroeletrônicos no Brasil e no mundo: o desafio da desarticulação dos atores. **Sustainability in Debate**, v. 6, n. 2, p. 88-105, 2015.

SANTOS, F. R.; CÂNDIDO, C. R. F. A percepção sobre meio ambiente e Educação Ambiental na prática docente das professoras das escolas municipais rurais de Morrinhos, GO, **Interações**, v. 24, n. 1, p. 175-191, 2023.

SANTOS, F. H. S. **Resíduos de origem eletrônica.** Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010. Série Tecnologia Ambiental, 2010. 55 p.

SANTOS, E. L.; MARCHI, C. M. D. F. Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos: proposição de um fluxograma para proteção ambiental. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 16, n. 1, p. 1-15, 2022.

SANTOS, K. L. Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos na Macrometrópole Paulista: Normas e técnicas à serviço da logística reversa. **Ambiente e Sociedade**, v. 23, Dossiê Especial, e01211, 2020.

SENA, F. R. **Evolução da tecnologia móvel celular e o impacto nos resíduos eletroeletrônicos.** 2012. 185 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

SILVA, G. G. **Diagnóstico dos aspectos ambientais em oficinas mecânicas localizadas no município de Foz do Iguaçu.** 2011. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Faculdade Dinâmica das Cataratas, Foz do Iguaçu, 2011.

SILVA, M. A. **Avaliação da forma de descarte de resíduos sólidos em oficinas de reparação e manutenção de veículos automotivos na cidade de Pombal – PB.** 2014. 75 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2014.

SILVA, E. C. **Recuperação dos metais presentes em Placas de Circuito Impresso**. 2018. 72 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Natal, 2018.

SILVA, C. C.; NÓBREGA, C. C.; SÁ, A. C. N.; Silva, D. L. V.; Firmino, D. L. V. Indicadores de sustentabilidade para análise do gerenciamento dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 28, e20220220, 2023.

SOUZA, R. M. P.; LEÃO, V. A.; PINA, P. S. Remoção de metais pesados em resíduos sólidos: o caso das baterias de celular. **Revista Escola de Minas**, v. 58, p. 375-379, 2005.

TERENCE, A. C. F.; ESCRIVÃO FILHO, E. **Abordagem quantitativa, qualitativa e a utilização da pesquisa-ação nos estudos organizacionais**. In: XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Fortaleza, p. 1-9, 2006.

TIM. **TIM reformula programa de coleta de lixo eletrônico em suas lojas**. Disponível em: <https://www.tim.com.br/sobre-a-tim/sala-de-imprensa/press-releases/institucional/tim-reformula-programa-de-coleta-de-lixo-eletronico-em-suas-lojas>. Acesso: em 02 de jan. de 2024.

THOMAS, J. A.; SONTAG, A. G.; BRANDALISE, L. R. **A percepção ambiental dos industriais quanto ao ciclo de vida dos produtos (ACV)**. In: III Simpósio Internacional de Gestão, Projetos, Inovação e Sustentabilidade. São Paulo, p. 1-16, 2014.

TUNCUK, A.; STAZI, V.; AKCIL, A.; YAZICI, E. Y.; DEVECI, H. Aqueous metals recovery techniques from e-scrap: hydrometallurgy in recycling. **Minerals Engineering**, v. 25, p. 28-37, 2012.

VIEIRA, K. N.; SOARES, T. O. R.; SOARES, L. R. A logística reversa do lixo tecnológico: um estudo sobre o projeto de coleta de lâmpadas, pilhas e baterias da Braskem. **RGSA - Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 3, n. 3, p. 120-136, 2009.

VIVAS, R. C.; COSTA, F. P. **Tomada de decisão na escolha do processo de reciclagem e recuperação de metais das placas eletrônicas através da análise hierárquica**. In: IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. Salvador, p. 1-11, 2013.

WATANABE, F. P.; CANDIANI, G. Gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos em instituições de ensino superior. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v. 10, n. 5, p.169-186, 2019.

YAMANE, L. H.; MORAES, V. T.; ESPINOSA, D. C. R.; TENÓRIO, J. A. S. Recycling of WEEE: Characterization of spent printed circuit boards from mobile phones and computers. **Waste Management**, v. 31, p. 2553-2558, 2011.

VIVO. **Vivo Recicle**. Disponível em: <https://vivosustentavel.com.br/recicle>. Acesso em: 02 de jan. de 2024.

ZENI, A. M.; MACEDO, M.; FILHO, F. L.F.; HURTADO, A. L. B.; OLIVEIRA, I. L. **Tecnologias para o tratamento e reciclagem de resíduo eletrônico como práticas sustentáveis inovadoras**. In: II Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. Ponta Grossa, p. 1-12, 2012.

ZANINI, A. M.; SANTOS, A. R.; MALICK, C. M.; OLIVEIRA, J. A., ROCHA, M. B. Estudos de percepção e educação ambiental: um enfoque fenomenológico. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 3, p. 1-14, 2021.

APÊNDICE A- Instrumento de Coleta de Dados - Questionário

1. Identificação:

Empresa: _____

Endereço: _____

2. Resíduos sólidos gerados:

2.1. Onde são depositados os resíduos das peças de plástico (carcaças em geral) dos celulares?

Lixo Comum ()

Devolvidas ao cliente ()

Enviado para Reciclagem ()

Outro ()

Descreva _____

2.2. Onde são depositados os resíduos das baterias dos celulares?

Lixo comum ()

Devolvidas ao cliente ()

Encaminhado para acondicionamento () Logística Reversa ()

Outro () Descreva _____

2.3. Onde são depositados os resíduos das telas dos celulares?

Lixo Comum ()

Devolvidas ao cliente ()

Enviado para reciclagem ()

Logística Reversa ()

Outro () Descreva _____

2.4. Onde são depositados os resíduos das placas (PCI) dos celulares?

Lixo Comum ()

Devolvidas ao cliente ()

Enviado para Reciclagem ()

Logística Reversa ()

Outro () Descreva _____

3. Percepção ambiental do entrevistado:

3.1. Em sua opinião seu estabelecimento causa algum tipo de poluição ambiental?

() Sim () Não

3.2. Você faz alguma medida para mitigar os impactos gerados pelo estabelecimento?

() Sim () Não