



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE
CAMPUS AVANÇADO DE NATAL
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA**

KELTON ANDRE PONTES DE ARAUJO LIMA

**GESTÃO DO LIXO ELETRÔNICO: UM ESTUDO DE CASO NA EMPRESA NATAL
RECICLAGEM**

NATAL/RN

2023

KELTON ANDRE PONTES DE ARAUJO LIMA

**GESTÃO DO LIXO ELETRÔNICO: UM ESTUDO DE CASO NA EMPRESA NATAL
RECICLAGEM**

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia como pré-requisito à conclusão da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso.

Orientador: Prof. Ma. Maria Helena de Freitas.

NATAL/RN

2023

© Todos os direitos estão reservados a Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do(a) autor(a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu(a) respectivo(a) autor(a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

Catálogo da Publicação na Fonte.
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.

L732g Lima, Kelton Andre Pontes de Araujo Lima
 Gestão do lixo eletrônico: Um estudo de caso na
 empresa Natal Reciclagem. / Kelton Andre Pontes de
 Araujo Lima Lima. - Natal, 2023.
 35p.

Orientador(a): Profa. M^a. Maria Helena de Freitas
Freitas.

Monografia (Graduação em Ciência e Tecnologia).
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.

1. Lixo eletrônico. 2. Resíduo eletrônico. 3. Gestão de
resíduos eletrônicos. I. Freitas, Maria Helena de Freitas. II.
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pela Diretoria de Informatização (DINF), sob orientação dos bibliotecários do SIB-UERN, para ser adaptado às necessidades da comunidade acadêmica UERN.

KELTON ANDRE PONTES DE ARAUJO LIMA

**GESTÃO DO LIXO ELETRÔNICO: UM ESTUDO DE CASO NA EMPRESA NATAL
RECICLAGEM**

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia como pré-requisito à conclusão da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso.

Aprovada em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Ma. Maria Helena de Freitas (Orientador(a))
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN

Prof. Dr. Brismark Goes da Rocha
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN

Prof. Me. Dácio Michael da Cruz Souza
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente a Deus, por me permitir ultrapassar meus limites com saúde para mim e para minha família.

Agradeço a minha família, onde seus esforços propiciaram a mim tudo que necessitei nesta formação.

Agradeço à minha orientadora professora Maria Helena de Freitas, por toda dedicação e paciência no ato de ensinar, de ensinar são só a mim e sim a todos seus alunos, sendo muito perceptível seu empenho e amor pela profissão de professor, tendo esse empenho despertando em mim a vontade de aprender e compartilhar o conhecimento.

Agradeço também pelas muitas reuniões e tempo dedicado a essa pesquisa.

Agradeço a todo corpo docente da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, pela dedicação e qualidade de ensino, todos altamente capacitados e qualificados para ensinar, não somente o conteúdo em si, e sim como se tornar uma pessoa melhor e abrir nossa mente para outras perspectivas.

Agradeço a toda universidade pelo ótimo ambiente, apoio ao estudante e qualidade em sua estrutura, que nos permite focar somente no estudo.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo analisar o gerenciamento da empresa Natal Reciclagem com o intuito de levantar os mecanismos de recolhimento, triagem e examinar demanda, entraves e potencialidade de investimentos na gestão de resíduos eletrônicos. A empresa adota mecanismos diversificados para o recolhimento de resíduos eletrônico, incluindo coleta domiciliar, entrega direta, 33 Pontos de Entrega Voluntária distribuídos na cidade de Natal, campanhas de recolhimento em parcerias com órgãos da gestão pública, contratos firmados diretamente com geradores de resíduos, permitindo assim um bom volume de resíduos coletados. O sistema de triagem permite a separação de todos os tipos de materiais por categoria favorecendo a destinação adequada para empresas de reciclagem, além do reaproveitamento de materiais em condições de uso comercializados na própria empresa. O bom gerenciamento observado na empresa pode servir de referência e estímulo para fortalecer essas atividades comerciais e produtivas por novos empreendimentos regionais. Foi observado que a empresa adota todas as legislações previstas na política nacional dos resíduos sólidos, atende à Lei geral de proteção de dados e é cadastrada no Sistema nacional de informações sobre a gestão de resíduos sólidos. Espera-se assim, que este estudo possa contribuir para uma reflexão mais ampla sobre necessidade de investimentos em gestão de resíduos eletrônicos e sobre a importância da adoção de práticas ambientalmente responsáveis, visando à preservação do meio ambiente e da qualidade de vida da população.

Palavras-chave: Lixo eletrônico. Resíduos eletrônicos. Gestão de resíduos eletrônicos.

ABSTRACT

The present work aimed to analyze the management of the company Natal Reciclagem in order to raise the mechanisms of collection, sorting and examine demand, obstacles and potential for investments in the management of electronic waste. The company adopts diversified mechanisms for the collection of electronic waste, including home collection, direct delivery, 33 Voluntary Delivery Points distributed in the city of Natal, collection campaigns in partnership with public management bodies, contracts signed directly with waste generators, allowing thus a good volume of waste collected. The sorting system allows the separation of all types of materials by category, favoring the proper destination for recycling companies, in addition to the reuse of materials in conditions of use sold in the company itself. The good management observed in the company can serve as a reference and stimulus to strengthen these commercial and productive activities through new regional ventures. It was observed that the company adopts all the legislation provided for in the national solid waste policy, complies with the General Data Protection Law and is registered in the national information system on solid waste management. It is hoped, therefore, that this study may contribute to a broader reflection on the need for investments in electronic waste management and on the importance of adopting environmentally responsible practices, aiming at preservation of the environment and the quality of life of the population.

Keywords: E-waste. Electronic waste. Electronic waste management.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Países que mais geraram resíduos eletrônicos	15
Figura 2: Coleta seletiva no Brasil durante o período de isolamento social	17
Figura 3: Objetivos Desenvolvimento sustentável – Agenda 2030.....	20
Figura 4: Veículo de coleta de resíduos eletrônico em domicílio	22
Figura 5: PEVs da empresa Natal Reciclagem.....	23
Foto 1: Resíduos eletrônicos coletados.....	25
Foto 2: Aguardando processamento de separação de materiais	26
Foto 3: Materiais aproveitados.....	28
Foto 4: Local de separação de materiais	27
Foto 5: REE separados por materiais.....	27
Foto 6: Aguardando destinação final	29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

REE	Resíduos de equipamentos eletrônicos
PNRS	Política nacional de resíduos sólidos
CEMPRE	Compromisso empresarial para reciclagem
ODS	Objetivo desenvolvimento sustentável
PEVS	Ponto de entrega voluntaria
LGPD	Lei geral de proteção de dados
PGRS	Programa de gerenciamento de resíduos sólidos
SINIR	Sistema nacional de informações sobre a gestão de resíduos sólidos
MTR	Manifesto de transporte de resíduos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 METODOLOGIA	13
3 REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1 LIXO ELETRÔNICO	14
3.2 CONSEQUÊNCIAS E IMPACTOS AMBIENTAIS DO REE	16
3.3 GESTÃO DE RESÍDUOS ELETRÔNICOS E SEU PAPEL PARA A SUSTENTABILIDADE	19
3.4 LEGISLAÇÃO E NORMAS TÉCNICAS PARA GESTÃO DE RESÍDUOS ELETRÔNICOS	21
4 RESULTADO E DISCUSSÃO	22
4.1 RECOLHIMENTO E TRIAGEM DE RESÍDUOS ELETRÔNICOS PELA EMPRESA	22
4.2 DESTINAÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS ELETRÔNICOS NA EMPRESA	28
4.3 ENTRAVES E POTENCIALIDADE DE INVESTIMENTOS	30
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

O Lixo eletrônico ou resíduos de equipamentos eletroeletrônicos são terminologias dadas para resíduos decorrentes de uma rápida obsolescência equipamentos eletroeletrônicos (REE), o que abrange televisores, pilhas, baterias, computadores, mouses, teclados, impressoras, e outros dispositivos. Guerin (2008, apud NATUME e SANT'ANA, 2011, p. 2).

A alta produção de lixo eletrônico no mundo e suas consequências é um debate em constante evidência na mídia e por estudiosos no assunto devido a seus impactos ambientais. Esses impactos são decorrentes de um conjunto de fatores tais como: produção em larga escala, estilo de vida, consumismo desenfreado e obsolescência programada.

O avanço tecnológico acelerado encurtou o ciclo de vida dos equipamentos de informática, gerando assim um lixo tecnológico que, na maioria das vezes, não está tendo um destino adequado. Assim, tem-se a questão do lixo tecnológico gerado na recuperação dos equipamentos de informática e, também, a possibilidade de abrir uma nova forma de captação de recursos fundamentada na economia em termos de emissão de carbono que a reciclagem dos equipamentos gera.

Em 2017, o Brasil produziu cerca de 214.868 toneladas de resíduos sólidos urbanos por dia, conforme divulgado pela ABRELPE (2017). No entanto, a situação da coleta seletiva na região nordeste é preocupante, uma vez que 49,7% dos municípios não possuem iniciativas nesse sentido. Além disso, na cidade de Natal-RN, a coleta seletiva atingiu apenas 0,9% do total de 978 toneladas de resíduos coletados em 2017, de acordo com a URBANA (2018).

É necessário ressaltar que devido a esse aumento alarmante dos eletrônicos as empresas produtoras devem se responsabilizar pelo ciclo de vida do produto. Na Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS (Lei 12.305/2010), tais responsabilidades ocorrem de forma comum, por meio de uma série de serviços de gestão de resíduos de propriedades individualizadas e associadas que

tanto minimizam a quantidade de resíduos e rejeitos quanto reduzem o impacto na vida útil do produto. ciclo sobre a saúde humana e a qualidade ambiental. Assim, a PNRS adota a logística reversa como alternativa à responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto, facilitando a devolução do produto após o uso pelo consumidor.

Segundo Rogers e Tibben-Lembke (1999) a logística reversa é o recurso de execução, planejamento e controle do fluxo físico de matérias-primas, embalagens e produtos intermediários e acabados com informações do consumidor final ao fornecedor com a finalidade de recuperação de valor ou destinação ambiental adequada.

Dentro deste contexto, a logística reversa é uma proposta bastante eficiente para contornar as mudanças significativas no perfil da responsabilidade ambiental em relação ao acúmulo de resíduos sólidos produzidos aqui no Brasil (MOI *et al.*, 2012).

No Brasil, dadas as características do consumismo social contemporâneo, aliadas à inovação tecnológica das empresas, o lixo eletrônico parece ser um obstáculo ao desenvolvimento sustentável, obrigando os consumidores a repensar o consumo e a destinação final de tais dispositivos.

Dessa forma a população precisa ser mais informada acerca dos locais de coleta de eletrônicos em suas cidades. Em Natal já existem mais de 33 PEVs permanentes para o descarte de equipamentos eletrônicos através da empresa NATAL RECICLAGEM. Para incentivar a prática cidadã e a cultura da reciclagem, a empresa coleta cada dia mais aparelhos eletrônicos para o reaproveitamento, porém a população precisa saber mais que existe locais de coleta seletiva pela cidade. Em consequência deste fator é necessário que as empresas desenvolvam campanhas publicitárias que estimulem uma prática de coleta seletiva adequada para sociedade e assim gerando um bem estar social.

A quantidade de lixo eletrônico gerado no mundo, e no Brasil, levanta a questão de que o processamento do lixo eletrônico é atualmente uma das principais dificuldades enfrentadas, pois este tipo de resíduo possui componentes prejudiciais ao meio ambiente, necessitando de um cuidado especial para a sua destinação final.

As indústrias brasileiras de reciclagem de resíduos de equipamentos eletrônicos (REE) seguem um critério lógico de logística reversa. No entanto, As diversas etapas deste processo, envolvem diferentes organizações públicas e privadas que precisam de ações conjuntas para a gestão adequada dos resíduos eletrônicos, tais como: consumo consciente, disposição, coleta, triagem, reciclagem e disposição final.

Del Grossi (2011) destaca que gestão dos resíduos sólidos de forma compartilhada e adequada às normas vigentes busca reduzir ou eliminar o impacto que possam causar ao meio ambiente, ao mesmo tempo em que serve como fonte de matéria-prima para outras tecnologias, proporcionando economia de custos.

Em vista disso, tanto os governos quanto as empresas devem estar mais atentos a essa questão, que é vital para o meio ambiente e a saúde pública. No entanto, para conseguir isso, todos devem estar cientes dos danos que o lixo eletrônico causa ao meio ambiente.

Reconhecendo então a problemática que envolve o lixo eletrônico, este trabalho visa não só analisar a gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos na empresa Natal reciclagem, mas por meio de um estudo de caso analisar como problemática da pesquisa se a empresa está se preparando para as conformações exigidas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, conseqüentemente poderíamos perguntar como a empresa está se preparando para as adequações impostas pela PNRS?, Porém esta pergunta pode ser respondida por meio do perfil ambiental da empresa através de um questionário diagnosticando: a forma de coleta, a quantidade de lixo gerado na empresa Natal Reciclagem, o potencial do lixo e a destinação final.

Este trabalho, portanto, coloca em pauta a utilização da empresa Natal Reciclagem como um estudo de caso na cidade de Natal, trazendo como o objetivo geral do trabalho analisar como se dá o gerenciamento de resíduos eletrônicos pela empresa, e conseqüentemente os objetivos específicos que são: 1-Levantar os mecanismos de recolhimento e triagem de resíduos eletrônicos pela empresa. 2-Identificar a destinação final dos resíduos eletrônicos pela empresa Natal reciclagem. 3-Examinar demanda, entraves e potencialidade de investimentos na gestão de resíduos eletrônicos pela empresa.

2 METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido a partir da pesquisa exploratória, esses estudos visam tornar as pessoas mais familiarizadas com o assunto, a fim de torná-lo mais explícito ou formular hipóteses. Embora o programa de pesquisa exploratória seja muito flexível, na maioria dos casos assume a forma de pesquisa bibliográfica ou estudo de caso. (GIL, 2002, p.41).

Além disso, classificamos esta pesquisa como um estudo de caso, que é essencialmente adequado quando a pergunta de pesquisa concentra-se em “como” ou “por que” os fatos observados acontecem e quando o enfoque estiver em episódios contemporâneos (YIN, 2010, p.29), como percebemos no atual trabalho, que busca levantar informações em relação ao destino do lixo eletrônico e seus resíduos, realizados através de processos organizacionais e administrativos desenvolvidos na empresa Natal reciclagem na cidade de Natal. traz, também, a pesquisa do comportamento da empresa na gestão de resíduos eletrônicos, que neste estudo, está representado pelas pessoas que fazem parte da empresa “Natal Reciclagem” que surgiu em 2005 visando a necessidade de contribuir para o descarte correto dos resíduos frente às dificuldades do segmento naquele momento.

Neste sentido, a Natal reciclagem foi escolhida porque é uma das pioneiras no setor, tem ações em toda a cidade de Natal, atuou como parceira em projetos junto à UERN, é reconhecida no mercado local e tem conseguido se inserir no

sistema de coleta e destinação de lixo eletrônico. Além de ser uma empresa que está crescendo no ramo, ela tem um papel importante na sociedade, contribuindo para a sustentabilidade econômica e a melhor integração na cadeia produtiva.

A primeira etapa da pesquisa foi realizada através de uma visita presencialmente para levantar como se dá os mecanismos de recolhimento, triagem e forma de gerenciamento da empresa em relação aos resíduos eletrônicos. Na etapa seguinte foi feita uma entrevista e um questionário do tipo semi-estruturado para obter informações necessárias para identificar a destinação final dos REE e como são os hábitos do cotidiano da empresa ao descarte do lixo eletrônico na cidade de Natal. Assim foi possível analisar a demanda, entraves e potencialidade de investimento na gestão de resíduos eletrônicos pela empresa.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Tendo em vista os impactos do lixo eletrônico e o significativo crescimento dele no nosso país, vamos conhecer e identificar métodos que vêm sendo empregados para reduzir danos ambientais provocados pelo lixo eletrônico com vistas a contribuir para sustentabilidade ambiental, por isso é relevante aos profissionais que pretendam se dedicar a essa área a consciência dos impactos que os resíduos causam de forma social, econômica e principalmente, ambiental.

3.1 LIXO ELETRÔNICO

É notório que a produção de resíduos eletrônicos cresce a níveis alarmantes no mundo, sobretudo no Brasil, produzindo sérios impactos sobre o meio ambiente devido às suas características tóxicas. Segundo Rogers e Kostigen (2009. p. 20), “Estudos levantados nas últimas décadas, revelaram que cerca de 40% do chumbo encontrado nos lixões americanos resulta dos resíduos eletrônicos mal descartados, ocasionando a poluição tóxica do ar e da água”.

Com essa grande quantidade de resíduos mal descartados o Brasil se destaca no quinto maior mercado consumidor de celulares e internet. Como podemos verificar na Figura 1. Conseqüentemente sendo um país emergente que produz a maior quantidade de lixo eletrônico por ano. Apesar desta posição ser bastante desconfortável, ainda não há estratégias para destinação satisfatória de resíduos. Na verdade, fala da falta de políticas públicas adequadas nessa área e setor, o fato da reciclagem ainda não ser uma prática regular dos cidadãos em geral.

Figura 1: Países que mais geraram resíduos eletrônicos



FONTE: The Global E-waster Monitor(2020)

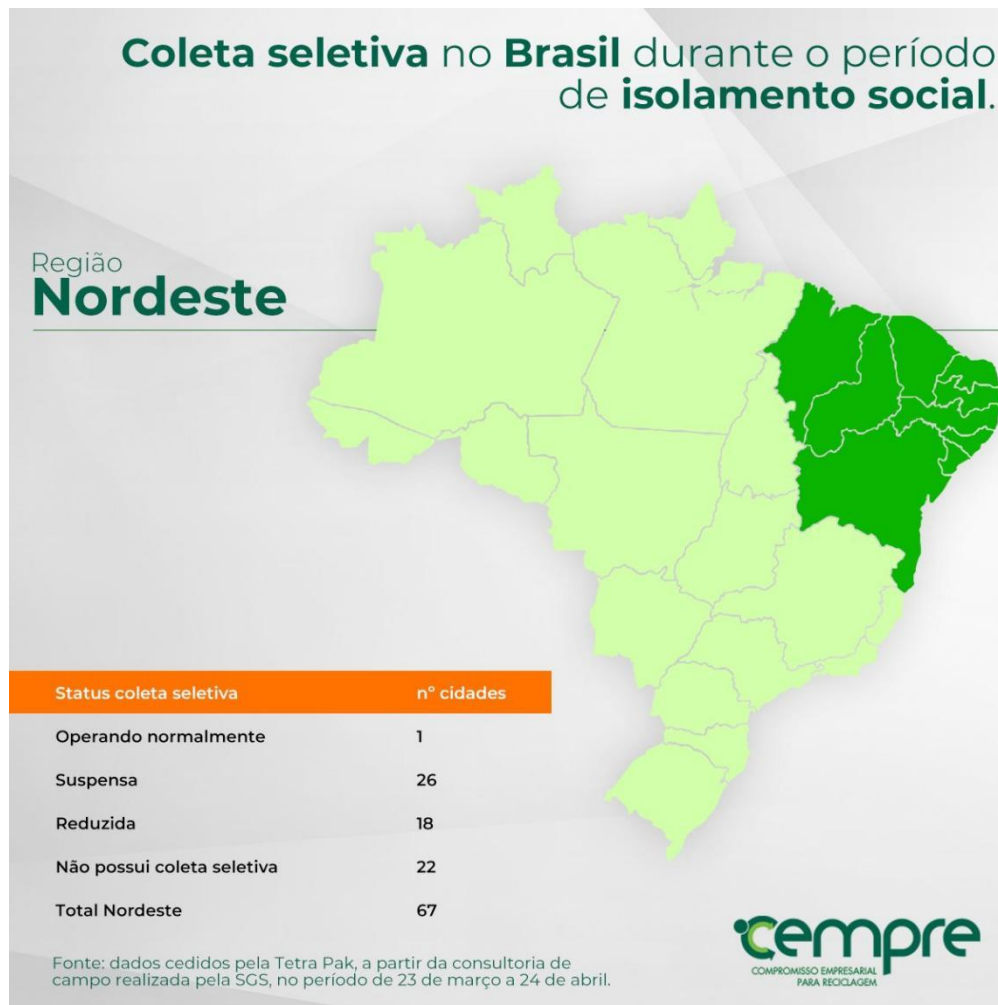
É necessário ressaltar que o problema não é apenas a grande quantidade de equipamentos descartados, mas também os milhões de computadores que são destinados em aterros sanitários. Esta é uma complicação muito mais grave, causado pela grande quantidade de componentes tóxicos que acabam nesses lixões como: compostos com chumbo, mercúrio, cádmio, arsênico, cobalto, e muitos outros, e também o processo básico de reciclagem que as pessoas usam ou das empresas que libera componentes tóxicos no ambiente (FERREIRA; FERREIRA, 2008; BALDÉ *et al.*, 2017).

Portanto, mesmo sabendo das consequências que o lixo eletrônico pode causar ao meio ambiente, empresas e consumidores querem adquirir produtos modernos. Seja por status, por moda, por novas tecnologias ou por novos modelos. Apesar disso o que impressiona é que, mesmo nos dias atuais, computadores possuem ainda uma vida útil muito pequena devido a obsolescência acelerada e a redução de preço ao consumidor, fazendo com que as pessoas troquem seus eletrônicos numa velocidade cada vez maior (BALDÉ *et al.*, 2015 2017).

3.2 CONSEQUÊNCIAS E IMPACTOS AMBIENTAIS DO REE

A maior dificuldade encontrada no Brasil é a falta de informação, ou mau hábito, pois os perigos causados pelos REE geralmente são descuidadamente descartados com o lixo comum. Em 2020, o CEMPRE (Compromisso Empresarial para a Reciclagem) divulgou um estudo da coleta seletiva no Brasil durante o período do isolamento social causado pela emergência sanitária global de Covid-19, os resultados mostraram que a região Nordeste foi o mais afetado em coleta seletiva. A pesquisa foi realizada pela consultoria SGS com às cooperativas, associações, lojas de materiais recicláveis e recicladoras cadastradas no site Rota de Reciclagem, administrado pela empresa Tetra Pak (CEMPRE,2020). Mais informações a respeito da pesquisa são encontradas na Figura 2.

Figura 2: Coleta seletiva no Brasil durante o período de isolamento social



FONTE: Adaptado de CEMPRE(2020)

Como pode ser observado na Figura 2, dos 67 municípios com serviços de coleta centralizada, apenas 1 município manteve o serviço funcionando normalmente, correspondendo a 1,5% da coleta seletiva na região.

Os produtos eletrônicos destinados a aterros sanitários promovem a poluição local do solo e das águas subterrâneas. Se essa água for usada para irrigação ou para animais, os humanos serão contaminados indiretamente por meio dos alimentos (BALDÉ *et al.*, 2017).

As Pessoas envolvidas na coleta, descaracterização, triagem e reciclagem de lixo eletrônico estão em risco. Eles normalmente expõem os materiais ao fogo

para recuperar metais como aço, cobre e alumínio de fios, capacitores e outros componentes. Quando incinerados, os elementos são lançados na atmosfera, causando doenças respiratórias ou afetando a camada de ozônio (ABRELPE, 2015).

A presença de tantas substâncias tóxicas nos REE causa vários efeitos insalubres que podem ser bastante graves. Alguns dos malefícios causados à saúde dos seres humanos são destacados no Quadro 1.

Quadro 1: Principais composições dos aparelhos eletrônicos e seus riscos à saúde

Substância	Origem	Tipo de contaminação	Efeitos
Mercúrio	Computador, monitor, televisão de tela plana	Inalação e toque	Problemas de estômago, distúrbios renais e neurológicos, alterações genéticas e metabólicas
Cádmio	Computador, monitor de tubo e bateria de <i>laptop</i>	Inalação e toque	Agente cancerígeno, afeta o sistema nervoso, provoca dores reumáticas, distúrbios metabólicos e problemas pulmonares
Arsênio	Celular	Inalação e toque	Agente cancerígeno, afeta o sistema nervoso e tegumentar
Zinco	Bateria de celular e <i>laptop</i>	Inalação	Vômito, diarreia e problemas pulmonares
Manganês	Computador e celular	Inalação	Anemia, dor abdominal, vômito, seborreia, impotência, tremor nas mãos, distúrbios emocionais
Cloreto de amônia	Bateria de celular e <i>laptop</i>	Inalação	O acúmulo no organismo provoca asfixia
Chumbo	Computador, celular e televisão	Inalação e toque	Danos aos sistemas nervoso central e periférico, distúrbios nos sistemas endócrino, circulatório e renal
PVC	Usado em fios para isolar correntes	Inalação	Distúrbios respiratórios

FONTE: Adaptado de YURA (2014).

Como podemos observar na Quadro 1, um grande volume de resíduos eletrônicos pode causar uma grande preocupação ao meio ambiente e a saúde humana, principalmente pela toxicidade presente em vários materiais que compõem os equipamentos eletroeletrônicos, e que provocam grandes danos ao meio ambiente e à população.

3.3 GESTÃO DE RESÍDUOS ELETRÔNICOS E SEU PAPEL PARA A SUSTENTABILIDADE

O significado de gestão de resíduos sólidos, que também se aplica aos resíduos eletrônicos inclui atividades que estão ligadas e relacionadas à tomada de decisões estratégicas e à organização de setores para esse fim, envolvendo instituições, políticas, instrumentos e ferramentas (SCHALCH *et al.*, 2002).

Já o termo gerenciamento de resíduos eletrônicos “refere-se aos aspectos tecnológicos e operacionais da questão, envolvendo fatores administrativos, gerenciais, econômicos, ambientais e de desempenho: produtividade e qualidade, por exemplo, e relaciona-se à prevenção, redução, segregação, reutilização, acondicionamento, coleta, transporte, tratamento, recuperação de energia e destinação final de resíduos sólidos” (SCHALCH *et al.*, 2002).

A política nacional de resíduos (Lei nº 12.305/2010) estabeleceu o programa de gerenciamento de resíduos sólidos (PGRS) como um documento legal que contém orientações e medidas para gerir de maneira adequada os resíduos sólidos gerados por uma empresa. O PGRS é um instrumento importante para garantir a sustentabilidade das empresas e a preservação do meio ambiente (BRASIL, 2010).

Outro fator importante para compreender o gerenciamento de resíduos eletrônicos é que em 2020 o ministério do meio ambiente criou a portaria 280, que estabeleceu o sistema nacional de informação sobre a gestão de resíduos sólidos (SINIR). Com esta medida, todos os geradores de resíduos, sejam eles entidades públicas ou privadas, estão obrigados a possuir um plano de gerenciamento de resíduos sólidos (PGRS) e, também, um cadastro no SINIR. Este cadastro é criado através do manifesto de transporte de Resíduos (MTR), que é capaz de rastrear e controlar a geração, armazenamento temporário, transporte e destinação final dos resíduos sólidos. Após a destinação é emitido o Certificado de destinação Final (CDF) diretamente pelo Ministério do Meio Ambiente (BRASIL,2020).

Contudo, a gestão de resíduos requer as melhores práticas para encontrar soluções. A solução de problemas de resíduos pode envolver relações interdisciplinares complexos, incluindo dimensões políticas e geográficas, planejamento local e regional, fatores sociológicos e demográficos e muito mais.

Dessa forma, com a elevada quantidade de lixo eletrônico, o seu descarte inadequado (em lixões a céu aberto ou aterros sanitários) e o tratamento impróprio, ou mesmo inseguro (como por incineração), impõe enormes desafios para alcançar alguns dos ODS. Na figura 3 encontram-se os 17 objetivos propostos pela Agenda 2030, que é um plano de ação detalhado que visa tirar o mundo do crescimento econômico insustentável e proteger e renovar os recursos ambientais.

Figura 3: Objetivos Desenvolvimento sustentável – Agenda 2030



FONTE: Adaptado de Agenda 2030

Observando a figura 3 o gerenciamento dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos está diretamente relacionada com os objetivos 3 (saúde de qualidade), 6 (água limpa e saneamento), 8 (empregos dignos e crescimento econômico), 11 (cidades e comunidades sustentáveis), 12 (consumo responsável) e 14 (vida de baixo da água), (ONU,2015).

3.4 LEGISLAÇÃO E NORMAS TÉCNICAS PARA GESTÃO DE RESÍDUOS ELETRÔNICOS

A Política Nacional de Resíduos Sólidos é debatida há 19 anos no Brasil. Apenas no ano de 2010, em agosto, que foi finalmente promulgada a Lei nº 12.305/2010. Sua política pauta normas que se aplicam aos resíduos sólidos, enfatizando não apenas a responsabilidade dos produtores e poder público, mas também a responsabilidade compartilhada, abrangendo fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes e consumidores pela gestão ambiental correta dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

De fato, este novo aspecto de responsabilidade ambiental para a gestão de resíduos previsto na PNRS é a melhor esperança para estabelecer uma gestão correta e eficiente de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. A responsabilidade compartilhada (PNRS Art. 30) cria uma cadeia de responsabilidade diferenciada entre os diversos atores envolvidos na gestão integrada de REE (BRASIL, 2010).

Ainda convém lembrar que quando se trata de resíduos eletrônicos, de acordo a PNRS a responsabilidade do usuário final é apenas para a devolução de resíduos. Assim, na implementação da logística reversa para fabricantes ou importadores, com sistema obrigatório de coleta e devolução de produtos ou REE, distribuidores e pontos de venda serão obrigados a receber seus depósitos (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017).

No entanto, a PNRS define a responsabilidade pelo desenvolvimento sustentável, de modo que estados e municípios são obrigados a desenvolver planos de resíduos sólidos com base na PNRS e prever uma perspectiva de 20 anos, revisada a cada quatro anos. Quanto ao setor de varejo, a lei levanta a necessidade de acomodar novas práticas de negócios, pois elas funcionarão como um elo entre os clientes e a indústria por meio de pontos de coleta de lixo eletrônico (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017).

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

Nesse trabalho de conclusão de curso de ciência e tecnologia foi realizado um estudo de caso na empresa Natal Reciclagem sendo analisado os processos de coleta, triagem, descarte, demandas e potencial do lixo eletrônico. Os resultados a seguir são apresentados em conjunto compartilhado entre autores e empresa para obter uma compreensão mais completa das informações obtidas.

4.1 RECOLHIMENTO E TRIAGEM DE RESÍDUOS ELETRÔNICOS PELA EMPRESA

A empresa atua na região metropolitana através de campanhas de recolhimento de lixo eletrônico em parceria com órgãos da gestão pública tais como IDEMA e prefeituras locais. Na cidade de Natal apresenta capacidade de recolhimento em praticamente toda a área urbana. Utiliza, prioritariamente cinco formas de coleta de resíduos eletrônicos: 1- Compra do material direto de catadores, 2- Coleta em domicílio por meio do aplicativo Ecozap, 3- Instalação de PEVs, 4- Contrato de prestação de serviço junto a empresas geradoras de resíduos eletrônicos, 5- Campanhas periódicas de recolhimento de lixo eletrônico. Para a coleta de materiais em domicílio e empresas a Natal Reciclagem utiliza veículos próprios devidamente licenciados pelo IDEMA para transportar resíduo perigosos de eletroeletrônicos, buscando diretamente na fonte geradora (figura 4). A coleta em domicílio através do uso do Ecozap, a população pode entrar em contato através do WhatsApp para agendar sua coleta.

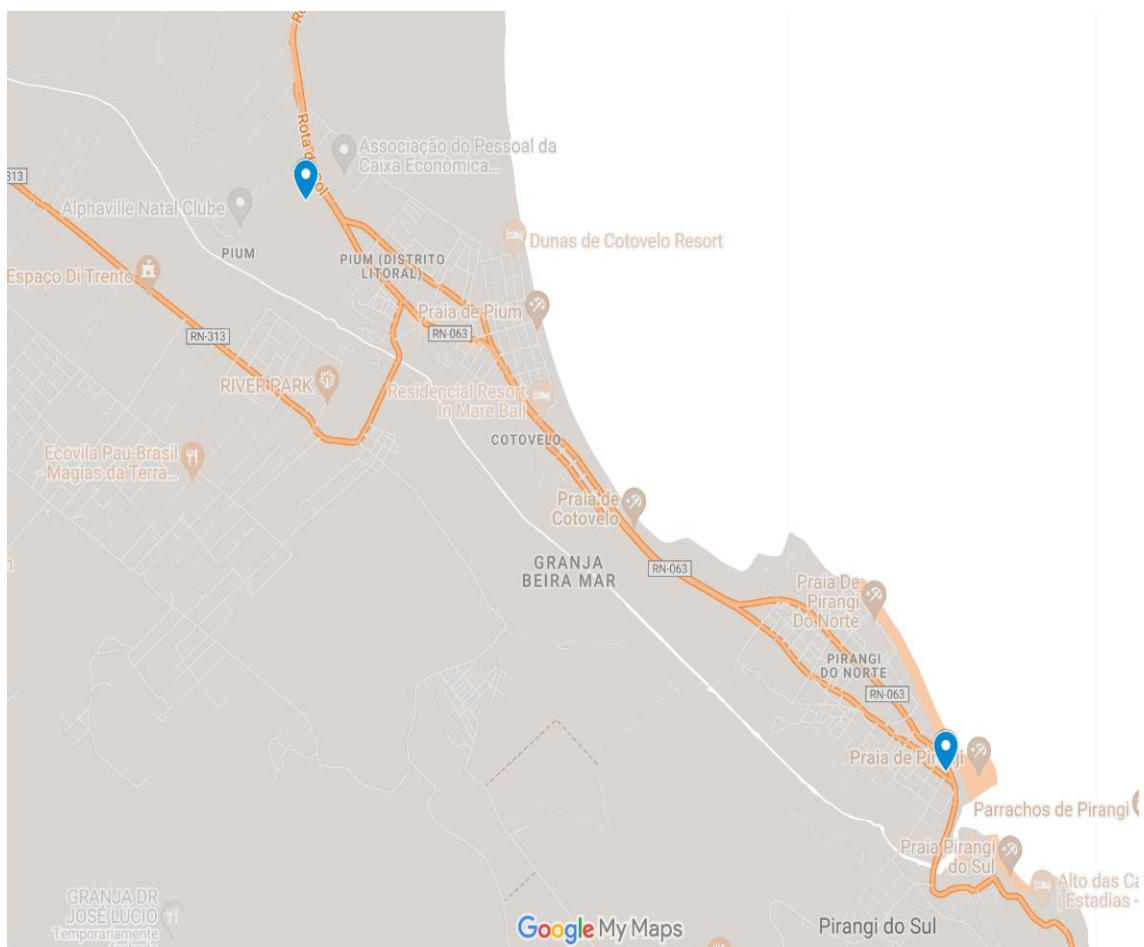
Figura 4: Veículo de coleta de resíduos eletrônico em domicílio



FONTE: fornecido pela empresa Natal Reciclagem

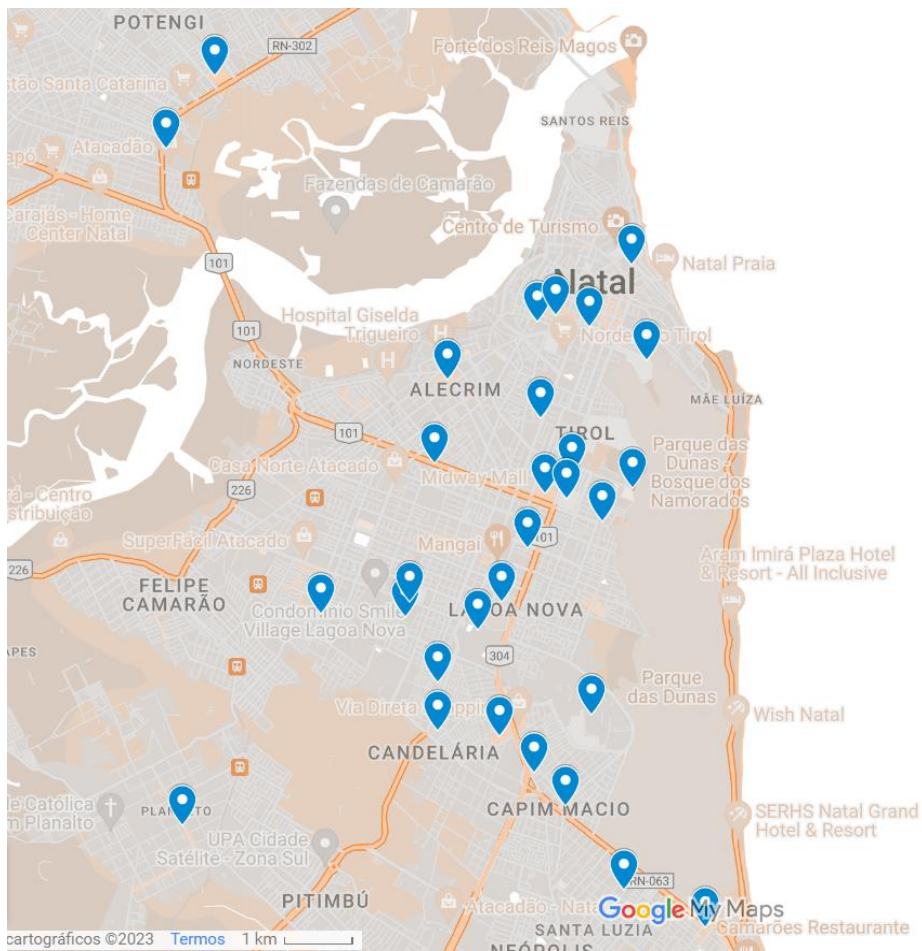
Atualmente a empresa conta com 33 PEVs (Ponto de Entrega Voluntária) permanentes de descarte de equipamentos eletrônicos espalhados pela cidade de Natal conforme na figura 5, onde a população pode descartar de forma segura e ambientalmente adequada seus eletrônicos. O descarte de resíduos eletrônicos de forma correta é bastante importante, pois, se o descarte de equipamentos eletrônicos não for feito de maneira adequada, pode acarretar danos irreversíveis tanto para a saúde da população quanto para o meio ambiente (MOTA *et al.* 2016). Além disso, é importante destacar que os resíduos eletrônicos são que mais crescem no mundo, com uma taxa de crescimento de 3% ao ano. Apesar disso, apenas 20% do total gerado foi formalmente recolhido e reciclado, sendo que o restante tem um destino desconhecido (FURTADO, 2019).

Figura 5A: PEVs da empresa Natal Reciclagem



FONTE: Adaptado Google Maps

Figura 6B: PEVs da empresa Natal Reciclagem



Fonte: adaptado Google Maps

Com base nos dados levantados sobre o gerenciamento de resíduos eletrônicos pela empresa Natal Reciclagem, a empresa, que anteriormente coletava cerca de 40 toneladas por mês de resíduos eletrônicos, tendo uma variação sazonal. Na foto 1, é possível visualizar uma parte do material que foi coletado.

Foto 1: Resíduos eletrônicos coletados



FONTE: Autor, 2022

Quando o material coletado chega à empresa ele é organizado em um setor do galpão no qual aguarda o processo de triagem, conforme demonstrado na Foto 2.

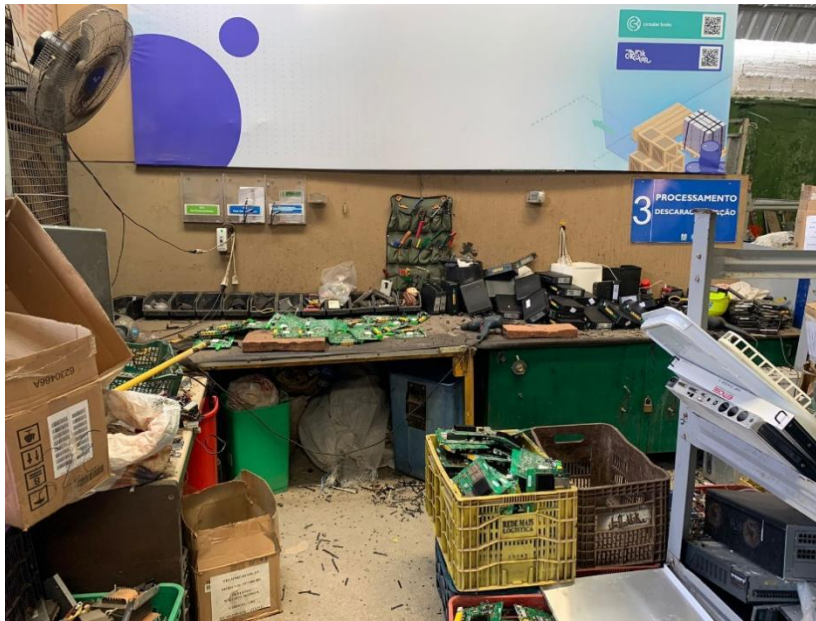
Foto 2: Aguardando processamento de separação de materiais



FONTE: Autor, 2022

Todo equipamento recebido é inspecionado por técnicos especializados para sua análise de viabilidade para reaproveitamento considerando os critérios de descaracterização e atendimento a LGPD - Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais, Lei nº13.709/2018. Foto 3. Caso seja possível, os materiais são direcionados para o setor de reaproveitamento, onde é feita nova triagem e separado por tipos (cabos, mouse, fontes, teclados, etc.), Foto 4 e colocados em loja própria para comercialização no próprio local, Foto 5.

Foto 3: Local de separação de materiais



FONTE: Autor, 2022

Foto 4: REE separados por materiais



FONTE: Autor, 2022

Segundo Marques (2017), por meio da reciclagem dos REE (resíduos de equipamentos eletrônicos) recolhidos nos postos de coleta, poderão ser desenvolvidos novos produtos, voltando ao fluxo direto como matéria-prima secundária. conforme a foto 5.

Foto 5: Materiais reaproveitados para comercialização



FONTE: Autor, 2022

4.2 DESTINAÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS ELETRÔNICOS NA EMPRESA

Após este processo os resíduos eletrônicos são inseridos no sistema *Think Circular* (plataforma de gestão de ciclo de vida e rastreamento para os recicladores em todo país), para sua rastreabilidade e seu devido fim, seja ele reaproveitar para alongamento do ciclo de vida ou desmontar em partes e peças para devido envio as indústrias de processamento final. Na foto 6 temos os REE aguardando a destinação final.

Foto 6: Resíduos aguardando destinação final



FONTE: Autor, 2022

Foi observado que a empresa atende a legislação ambiental em vigor, em especial a NBR 16.156, que trata da rastreabilidade dos resíduos. Para tanto, a Natal Reciclagem faz parte da *startup Circular Brain*, que possui um software chamado *Think Circular*, responsável por registrar e monitorar todo processo de recebimento, desmonte e processamento dos materiais eletrônicos, incluindo registro fotográficos para evidências.

Todo o material é processado e separado em subcategorias, como placas, fiação, partes metálicas e de alumínio, antes de ser encaminhado para a destinação final. Para assegurar a rastreabilidade e destinação adequada dos resíduos, a empresa realiza auditorias pelo Sistema Nacional de Informação sobre Gestão de Resíduos Sólidos (SINIR) do Ministério do Meio Ambiente. As informações sobre a destinação são registradas em tempo real por meio de Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR), notas fiscais e Certificado de

Destinação Final (CDF), além de serem comunicadas para as devidas indústrias de processamento final devidamente licenciadas ambientalmente.

A empresa é homologada pelo Ministério do Meio Ambiente, por meio da ABREE (Associação Brasileira de Reciclagem de Resíduos Eletrônicos), e possui termos de cooperação com a Prefeitura do Natal, o governo do estado em parceria com o Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente (IDEMA) e a Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN). Através desses termos, a Natal Reciclagem participa de campanhas de educação ambiental para conscientização da população sobre o descarte correto de resíduos eletrônicos.

Portanto, com base nesses resultados, é possível afirmar que a empresa Natal Reciclagem cumpre as normas legais de gestão de resíduos eletrônicos e adota práticas que visam a rastreabilidade e a destinação adequada dos materiais. Vem atuando em parceria com órgãos públicos na conscientização da população sobre a importância do descarte correto desses resíduos, pois esse é o primeiro passo para que a gestão de resíduos sólidos, e conseqüentemente dos eletrônicos, aconteça de forma adequada (CHAVES; SIMAN; SENA, 2020).

4.3 ENTRAVES E POTENCIALIDADE DE INVESTIMENTOS

A partir da análise dos dados e informações coletadas, foi possível identificar entraves e potencialidades para o investimento em gestão de resíduos eletrônicos na região de Natal. A empresa Natal reciclagem destacou a falta de políticas públicas para incentivar a reciclagem, a ausência de indústrias próximas para processamento dos materiais, a falta de cursos de formação de profissionais na área e a complexidade do processo de licenciamento ambiental como algumas das principais dificuldades enfrentadas.

Além disso, a empresa ressaltou a necessidade de conscientização ambiental da população para que o descarte correto de resíduos eletrônicos seja efetivamente praticado. A logística de coleta também foi apontada como um grande desafio devido ao alto custo operacional envolvido.

Por outro lado, existem potencialidades para o investimento em gestão de resíduos eletrônicos na região, como a crescente demanda por serviços de reciclagem, a disponibilidade de recursos tecnológicos para monitoramento e rastreabilidade dos materiais, a existência de parcerias de órgãos públicos e a possibilidade de conscientização da população através de campanhas de educação ambiental.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises realizadas no presente estudo foram de grande importância para compreender como a empresa Natal Reciclagem gerencia os resíduos eletrônicos em sua região de atuação. Os objetivos específicos traçados foram alcançados, possibilitando uma visão ampla sobre os mecanismos de recolhimento e triagem de resíduos, bem como sobre a destinação final dos mesmos na empresa.

A partir das informações coletadas, foi possível identificar os principais entraves e potencialidades para o investimento em gestão de resíduos eletrônicos na região de Natal. Dessa forma, é importante que a empresa, bem como os órgãos públicos, busquem soluções para enfrentar essas dificuldades, afim de viabilizar a adoção de práticas mais sustentáveis e responsáveis em relação ao descarte de resíduos eletrônicos.

Nesse sentido, é fundamental que os entraves identificados sejam enfrentados com ações e políticas públicas efetivas para incentivar e viabilizar o investimento em gestão de resíduos eletrônicos na região de Natal. Dessa forma, será possível reduzir os impactos ambientais e econômicos causados pela disposição inadequada desses materiais, garantindo a preservação do meio ambiente e a saúde da população

Portanto, espera-se que este estudo possa contribuir para uma reflexão mais ampla sobre necessidade de investimentos em gestão de resíduos

eletrônicos e sobre a importância da adoção de práticas ambientalmente responsáveis, visando à preservação do meio ambiente e da qualidade de vida das pessoas.

REFERÊNCIAS

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais**. 2017. Disponível em: <https://belasites.com.br/clientes/abrelpe/site/wpcontent/uploads/2018/09/SITE_g_rappa_panoramaAbrelpe_ago_v4.pdf>. Acesso em: 4 jan. 2023.

ABRELPE –Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil-2015**. São Paulo, 2015.

BALDÉ, C.P.; WANG, F.; KUHER, R.E HUISMAN, J.**The Global e-Waste monitor –2014**. United NationsUniversity, IAS –SCYCLE, Bonn, Germany, 2015.

BALDÉ, C.P., FORTI V., GRAY, V., KUEHR, R., STEGMANN,P. : **The Global e-Waste Monitor –2017**. United NationsUniversity, InternationalTelecommunication Union (ITU) &InternationalSolidWasteAssociation(ISWA), Bonn/Geneva/Vienna, 2017.

BRASIL. **Lei 12.305**, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Presidência da República, Casa Civil, 2 de agosto de 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm> Acesso em janeiro de 2022.

BRASIL. **Portaria n 280**, de 19 de junho de 2020, que institui sobre o Manifesto de Transporte de Resíduos – MTR nacional. Diário Oficial da União. 30 de junho de 2020. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-280-de-29-de-junho-de-2020-264244199>> Acesso em fevereiro de 2023.

CHAVES, G. DE L. D.; SIMAN, R. R.; SENA, L. G. **Ferramenta de avaliação dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos**: parte 1. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 25, n. 1, p. 167–179, jan. 2020. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/esa/a/rbgH3WKG3c4qnN5XjVYRFvF/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 05 fev. 2023.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Economia circular**. 2017. Disponível em <<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt/economia-circular-1/conceito>>. Acesso em janeiro de 2023.

FERREIRA, J.M.B.; FERREIRA, A.C. A sociedade da informação e o desafio da sucata eletrônica. **Revista de Ciências Exatas e Tecnologia**. Vol. III, Ano 3. São Paulo: Anhanguera Educacional, 2008.

KREFTA Tecnologia em Serviços. **“Reportagem Globo Natureza”**. 2016. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=gay9R__n2qA&t=381s>. Acesso em: 1 de out. 2022.

KUNRATH, Jorge Luiz. “**Resíduos Eletroeletrônicos: Um diagnóstico da cadeia de processamento**”.2015. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/118849/000969389.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 1 de out. 2021.

LIMA, Mariana. “Brasil já tem mais de um smartphone ativo por habitante, diz estudo da FGV”.2018. **Estadão**. Disponível em: <<https://link.estadao.com.br/noticias/geral,brasil-ja-tem-mais-de-um-smartphoneativo-por-habitante-diz-estudo-da-fgv,70002275238>> Acesso em: 10 set. 2021.

LARI, ROSENBACH. “**Descarte e reaproveitamento do lixo eletrônico**”. 2017. Disponível em: <<https://dSPACE.unipampa.edu.br/bitstream/riu/4498/1/Descarte%20e%20reaproveitamento%20do%20lixo%20eletr%C3%B4nico%20nas%20oficinas%20de%20repara%C3%A7%C3%A3o%20na%20cidade%20de%20S%C3%A3o%20Gabriel%20RS.pdf>>. Acesso em: 5 de out. 2022.

LORENA SILVA et al., **Logística reversa dos resíduos eletrônicos do setor de informática: realidade, perspectivas e desafios na cidade do NATAL-RN**. 2013. Disponível em: <<https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/1133/1017>>. Acesso em 10 out. 2022.

MARQUES, Claudia Sconton Antonio. **Concepção da Rede Logística Reversa para a Recuperação de “Lixo Eletroeletrônico” (eeLixo) com apoio da Lógica Fuzzy**. 2017. Tese (Doutorado). 153p. Faculdade de Engenharia (FEIS/UNESP) – Ilha Solteira.

MASON, Matthew. **What Is Sustainability and Why Is It Important?** 2015. Disponível em: <<https://www.environmentalscience.org/sustainability>>. Acesso em: 15 set. 2021.

MOI, P. C. P. et al. Lixo eletrônico: consequências e possíveis soluções. **Revista Eletrônica connection online**, [S.l.], n.7, p.37-45, 2012.

MOTA, J. A.; GONÇALVES, M. G.; SANTOS, E. B. A.; AKABANE, G. K.; SANTOS, J. Comportamento do usuário no descarte de lixo eletrônico na zona sul da cidade de São Paulo. **Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente**, São Paulo, 2016.

Ministério do Meio Ambiente. “**Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos - Instrumento de Responsabilidade Socioambiental na Administração Pública**”. 2014. Disponível em: <https://www.comprasgovernamentais.gov.br/images/conteudo/ArquivosCGNOR/cartilha_pgms_mma.pdf>. Acesso em: 01 de out. 2022.

NATUME, R.Y. e SANT’ANA, F. S. P. **Resíduos Eletrônicos: um Desafio para o Desenvolvimento Sustentável e a Nova Lei da Política Nacional de Resíduos**

Sólidos. 3º International Workshop Advances in Cleaner Production. São Paulo, 18-20 maio 2011.

Nações Unidas no Brasil (ONUBR). “**A ONU e o meio ambiente**”. 2018. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/>>. Acesso em: 11 out. 2021.

Organização das Nações Unidas (ONU). “**Plataforma Agenda 2030**”. 2015. Disponível em: <<http://www.agenda2030.org.br/>>. Acesso em 12 de out. 2021.

ROGERS, E; KOSTIGEN, T. M. **O Livro verde**. Tradução: Bernardo Araújo. 1ºed. Rio de Janeiro: Sextante, 2009.

URBANA. **Produção de resíduos sólidos**. Disponível em: <<http://natal.rn.gov.br>> Acesso em: 2 fev. 2023.

FURTADO, I. T. C. **Resíduos eletroeletrônicos: uma análise do problema e busca por soluções**. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2019.

SCHALCH et al., **Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos**. 2002. Disponível em: <http://www.falcoit.com.br/blog/images/easyblog_images/500/GESTAO-DE-RESIDUOS-SOLIDOS-2002.pdf>. Acesso em 15 de ago. 2022.

SEBASTIÃO. **Gerenciamento do lixo eletrônico**. Disponível em: <<http://siaibib01.univali.br/pdf/Sebastiao%20Sidnei%20Vasco%20de%20Oliveira.pdf>> Acesso em: 1 de out. 2022.

YURA, E. T. F. **Processo de implantação dos sistemas de logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos previstos na Política Nacional de Resíduos Sólidos: uma visão dos gestores**. 2014. 107 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.