

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO

DEPARTAMENTO DE SISTEMAS ELETRÔNICOS

GRADUAÇÃO EM MATERIAIS, PROCESSOS E COMPONENTES

ELETRÔNICOS

Ebiliane dos Santos Lima

UMA ANÁLISE DO PANORAMA DO LIXO ELETRÔNICO NO BRASIL

São Paulo

2020

Ebiliane dos Santos Lima

UMA ANÁLISE DO PANORAMA DO LIXO ELETRÔNICO NO BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
na Faculdade de Tecnologia de São Paulo,
como parte dos requisitos para a conclusão do
Curso de Tecnologia em Materiais Processos e
Componentes Eletrônicos. Orientadora: Ana
Neilde Rodrigues da Silva

São Paulo

2020

Dedico este trabalho a todas as mulheres fortes que traçaram trajetórias incríveis ao longo dos anos e me possibilitaram estar aqui hoje dentro de um curso universitário, transformando a trajetória da minha vida e da minha família. Este trabalho é em homenagem às diversas gerações de mulheres incríveis antes de mim: Enedina Santana dos Santos Lima, em memória, Severina Guilhermina Santana, em memória, Tertuliana Pereira dos Santos, em memória, Isabel, em memória, Maria Guilhermina Santana e tantas outras gerações que não cheguei a conhecer, mas suas escolhas, força, coragem, sacrifício e amor me possibilitaram coisas que elas jamais poderiam sonhar. Obrigada mãe, avós e bisavós! Essa conquista não é só dedicada a todas vocês, mas ela é uma conquista de todas nós. Serei sempre muito feliz por fazer parte dessa geração de mulheres incríveis.

Agradecimentos

Agradeço aos meus queridos pais, Bispo dos Santos Lima e Enedina Santana dos Santos Lima, que sempre fizeram de tudo para que eu tivesse oportunidades, desde nossa vinda da Bahia para São Paulo. Vocês me possibilitaram todas as pequenas e grandes conquistas da minha vida.

Agradeço ao meu parceiro de toda vida, Fabio Sussumu Komori, sem você eu não teria conseguido. Obrigada por sempre acreditar.

Agradeço à minha orientadora, Prof^a Dra. Ana Neilde Rodrigues da Silva por ter aceitado a minha proposta de trabalho, enriquecê-la e ter me acompanhado ao longo do desenvolvimento dele.

Agradeço à Prof^a Dra. Teresa Cristina Carvalho, por me acolher no CEDIR e disponibilizar um dos materiais de estudo mais importantes para o desenvolvimento do meu conhecimento sobre o tema.

Agradeço a todos os professores que fizeram parte da minha jornada e me fortaleceram neste caminho ao longo destes anos.

Agradeço à Dra. Nise Hitomi Yamagushi, por todos os anos de apoio e pela fé que sempre depositou em mim.

Agradeço imensamente aos meus queridos professores, orientadores e mestres de uma vida, os professores Inés Pereyra e Marcelo Nelson Páez Carreño.

Agradeço também aos funcionários da FATEC- SP por todos os dias de acolhida.

Agradeço aos meus colegas de classe e em especial: Hélio Akira, Ariel Lima, Filipe Delboni.

Agradeço a mim mesma por jamais desistir dos meus ideais.

“Fala-se tanto da necessidade de deixar um planeta melhor para os nossos filhos e, esquece-se da urgência de deixarmos filhos melhores para o nosso planeta.”

Autor desconhecido

RESUMO

Neste trabalho, foi realizado um levantamento bibliográfico e uma análise teórico-conceitual, incluindo um estudo de caso de algumas iniciativas que estão na cidade de São Paulo, a fim de mostrar como elas lidam com o cenário do lixo eletrônico e entender qual o real cenário dessa questão no contexto do nosso país. E também uma análise baseada nos dados levantados a partir de bancos de dados de pesquisas como o CNPQ e a CAPES.

Atualmente, o tema de lixo eletrônico tem recebido mais desta atenção devido aos avanços tecnológicos que vêm ocorrendo com uma velocidade cada vez maior. Claramente, o tratamento destes resíduos não está evoluindo junto com essas empresas e isso pode ser comprovado a partir da linha histórica da tecnologia, confrontada com os dados de pesquisas levantados neste trabalho. Além disso, a demanda de trabalhos com o tema parece demonstrar um crescimento, ao ser confrontado com dados de outros estudos a partir dos dados levantados.

E por fim, o trabalho também discute a relação dos dados obtidos com o comportamento da economia, o investimento em pesquisas, o desenvolvimento da tecnologia e a evolução de temas como a obsolescência programada e a logística reversa.

PALAVRAS CHAVES: lixo eletrônico, obsolescência programada, logística reversa, REEE

ABSTRACT

In this work, a bibliographic survey and a theoretical-conceptual analysis were carried out, including a case study of some initiatives that are in the city of São Paulo, in order to show how they deal with the electronic waste scenario and understand the real scenario this issue in the context of our country. And also an analysis based on data collected from research databases such as CNPQ and CAPES.

Currently, the topic of electronic waste has received more attention due to the technological advances that are occurring with an increasing speed. Clearly, the treatment of these residues is not evolving with these companies and this can be proven from the historical line of technology, compared with the research data raised in this work. In addition, the demand for works with the theme seems to show an increase, when confronted with data from other studies based on the collected data.

Finally, the paper also discusses the relationship between the data obtained and the behavior of the economy, investment in research, the development of technology and the evolution of topics such as programmed obsolescence and reverse logistics.

KEYWORDS: Electronic waste, programmed obsolescence, reverse logistics, WEEE

Lista de ilustrações

Figura 1 - Evolução da tecnologia e dos produtos EEE ao longo do século.	23
Figura 2 - Diagrama dos aspectos relacionados ao Lixo Eletrônico tratados neste trabalho	28
Figura 3 - Estrutura do Museu da Computação em relação ao lixo eletrônico	32
Figura 4 - Distribuição geográfica da quantidade de lixo eletrônico gerado (em quilos/habitante) pelos países do continente americano no ano de 2016.	38
Figura 5 - Fluxo de logística reversa do REEE.	54
Figura 6 - Fluxo de logística reversa Empresa:Itautec	56
Figura 7 - Fluxo de logística reversa Empresa: San Lien	57
Figura 8 - Fluxograma de operação do CEDIR	68
Figura 9 - Repartição de setores nos quais a CEDIR consegue atuar	69
Figura 10 - Coletores da Green Eletron	73
Figura 11 - Como é dentro de um coletor da Green Eletron	74
Figura 12 - Fluxo de correlações e impactos a partir do desenvolvimento do trabalho da Green Eletron	75
Figura 13 - Aproveitamento dos materiais de uma PCI	83
Figura 14 - Composição média de materiais presentes nas diferentes tecnologias de monitores LCD, Plasma e CRT	85
Figura 15 - Processo mecânico de reciclagem de PCI utilizado por Veit H. M	87
Figura 16 - Economia circular	99

Lista de ilustrações

Gráfico 1 - Quantidade de REEE gerado a partir de computadores pessoais (kg/hab/ano) em diversos países.	37
Gráfico 2 - Inventário anual de EEE da USP organizado pelo CEDIR	63
Gráfico 3 - Inventário anual de EEE da USP	64
Gráfico 4 - Evolução dos trabalhos sobre o tema de lixo eletrônico	89
Gráfico 5 - Evolução dos trabalhos de pesquisa CAPES	90
Gráfico 6 - Evolução dos dispêndios em Pesquisa e Desenvolvimento IES estaduais	91
Gráfico 7 - Evolução da formação de mestres nos anos de 2005 a 2016 base de dados CNPQ.	92
Gráfico 8 - Evolução da formação de doutores nos anos de 2001 a 2012 - base de dados do CNPQ.	92
Gráfico 9 - Evolução de trabalhos por natureza - CNPQ	93
Gráfico 10 - Evolução de n° de teses - base de dados CAPES.	94
Gráfico 11 - Evolução de n° de teses - base de dados CAPES.	94
Gráfico 12: população brasileira no ano de 2017, a partir dos dados fornecidos pelo Banco Mundial, com última atualização no dia 08/02/2020.	95
Gráfico 13. - Extrapolação dos dados de lixo eletrônico até o ano de 2060	96
Gráfico 14 - Variação do PIB brasileiro do ano de 2009 a 2019	97
Gráfico 15 - Natureza dos levantamentos de trabalhos sobre lixo eletrônico-CNPQ	101
Gráfico 16 - Natureza dos levantamentos de trabalhos sobre lixo eletrônico CAPES	102
Gráfico 17 - Crescimento da colaboração da indústria em projetos de pesquisa e desenvolvimento no Brasil	103

Gráfico 18 - Quantidade de produção científica, contendo 15 IES	104
Gráfico 19 - Distribuição geográfica de mestres no Brasil (pesquisa e ensino)	
	105
Gráfico 20 - Distribuição geográfica de mestres no Brasil (Adm, Tec. e outros)	
	105
Gráfico 21 - Distribuição geográfica de doutorado no Brasil (adm, tec. e outros)	
	106
Gráfico 22 - Distribuição geográfica de doutorado no Brasil (Adm, Tec. e outros)	
	106
Gráfico 23 - Distribuição dos trabalhos com tema de lixo eletrônico por regiões do Brasil - base de dados CNPQ	106
Gráfico 24 - Distribuição dos trabalhos com tema de lixo eletrônico no Brasil - base de dados CAPES	107
Gráfico 25 - Levantamento de cursos que realizam pesquisas sobre o tema - base de dados CAPES	109
Gráfico 26 - Levantamento de cursos que realizam pesquisas sobre o tema - base de dados CNPQ	110
Gráfico 27: lixo eletrônico x reciclagem de lixo eletrônico (azul é o tema lixo eletrônico e vermelho, reciclagem de lixo eletrônico)	112
Gráfico 28: reciclagem x reciclagem eletrônico (amarelo é o tema reciclagem e vermelho, reciclagem de lixo eletrônico)	112
Gráfico 29: Lixo eletrônico x Televisores (azul é o tema lixo eletrônico e vermelho, televisores)	114
Gráfico 30: Logística reversa x lixo eletrônico x obsolescência programada (azul é o tema logística reversa; vermelho, lixo eletrônico e amarelo, obsolescência programada)	115

Lista de ilustrações

Tabela 1 - Estimativa de peso e tempo de vida médio de EEE	78
Tabela 2 - Relação dos materiais que compõem um microcomputador, sua função, o percentual em relação ao produto e o que pode ser reciclado deste componente	79
Tabela 3: Valor potencial dos materiais encontrados em lixo eletrônico em 2016	117
Tabela 4: Geração e coleta de lixo eletrônico por continente	118

Lista de ilustrações

Quadro 1 - Impactos sociais, econômicos e ambientais esperados com a implantação da logística reversa	50
Quadro 2 - Elementos tóxicos presentes em módulos básicos dos EEE. [44] pág. 118.	58
Quadro 3 - Efeitos das substâncias tóxicas, presentes nos REEE, em seres humanos	61

Lista de abreviaturas e siglas

Abinee	Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABS	Copolímero derivado dos três monômeros: Acrilonitrila, Butadieno e Estireno
Anatel	Agência Nacional de Telecomunicações
APPs	Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais
ARF	Taxas de reciclagem de antecedência
ART	Anotação de Responsabilidade Técnica
AVCB	Auto de Vistoria do Corpo de Bombeiro
CADRI	Certificado de Movimentação de Resíduos de Interesse Ambiental
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CCE-USP	Centro de Computação e Eletrônica da Universidade de São Paulo
CDC	Código de Defesa do Consumidor
CEDIR	Centro de Descarte e Reúso de Resíduos de Informática
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CISAP	Comissão Interministerial de Sustentabilidade na Administração Pública
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente

CONASQ	Comissão Nacional de Segurança Química
CNPQ	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CRT	<i>Cathode Ray Tube</i>
DQAR	Departamento de Qualidade Ambiental e Gestão de Resíduos
DVD	<i>Digital Versatile Disc</i>
EEE	Equipamentos Eletroeletrônicos
HIPS	Poliestireno de Alto Impacto
IBAMA Renováveis	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IES	Instituição de Ensino Superior
INMETRO Industrial	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
ISWA	<i>International Solid Waste Association</i>
ITU	<i>International Telecommunication Union</i>
LAS Cadastro	Licenciamento Ambiental simplificado por cadastro
LASSU Comunicação	Sustentabilidade em Tecnologia e da Informação e Comunicação
LCD	<i>Liquid Crystal Display</i>
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
MEMS	<i>Micro Electro Mechanical Systems</i>

OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OIT	Organização Internacional do Trabalho
PCI	Placas de circuitos impresso
PCMSO	Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional
PCS Digitais	Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais
PEVs	Pontos de Entrega Voluntária
PGRS	Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
PIB	Produto Interno Bruto
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PPRA	Programa de Prevenção de Risco Ambiental
PVC	Cloreto de polivinila
REEE	Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos
RoHS	<i>Restriction of Certain Hazardous Substances</i>
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
SMD	<i>Surface Mounting Device</i>
SRHQ	Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental
SSI	<i>Small Scale Integration</i>
STEP	<i>Solving the E-Waste Problem</i>
UE	União Europeia
UEPG	Universidade Estadual de Ponta Grossa

UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UIT	<i>International Telecommunication Union</i>
ULSI	<i>Ultra Large Scale Integration</i>
UNEP	<i>United Nations Environment Programme</i>
Unicamp	Universidade Estadual de Campinas
UNU	<i>United Nations University</i>
USP	Universidade de São Paulo
VHS	<i>Video Home System</i>
WEEE	<i>Waste from Electrical and Electronic Equipment</i>

Lista de símbolos

As	Arsênio
BB	Ftalatos Diferentes
Cd	Cádmio
CrVI	Hexavalente
DEHP	Ftalatos Diferentes
DIBP	Ftalatos Diferentes
Hg	Mercúrio
Mt	Megatoneladas
Ni	Níquel
Pb	Chumbo
PBB	Bifenilos Polibromados
PBDE	Éteres Difenílicos Polibromados
TV	Televisão

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	21
1.1 Avanço da tecnologia	22
1.2 Estudos sobre o cenário	24
1.3 Uma análise sobre os processos de fabricação	26
2. MAPEAMENTO TEMÁTICO DO CENÁRIO DO LIXO ELETRÔNICO	28
3. PANORAMA NO BRASIL	30
3.1 Levantamento de dados	30
3.2 Projeto Museu da Computação	31
3.3 Dez mandamentos para evitar a geração dos REEE	33
3.4 Responsabilidade sobre o material tóxico produzido	34
3.5 Basel Convention	35
3.6 Cenário de geração de REEE no Brasil	36
3.7 A importância das legislações	37
3.8 Movimento Ilegal do lixo eletroeletrônico	39
4. OBSOLESCÊNCIA PROGRAMADA/PLANEJADA	41
5. LEGISLAÇÃO	43
5.1 Norma RoHS	43
5.2 O que é WEEE?	45
5.4 RoHS brasileira	47
5.5 Responsabilidade compartilhada dos REEEs	49
5.6 Legislação: impactos sociais, econômicos e ambientais	50
6. LOGÍSTICA REVERSA	52
6.1 Dificuldades na adoção da logística reversa	53

6.2 Importância dos sistema de logística reversa	55
6.3 Logística reversa como forma de lucro direto ou indireto	56
6.4 Conceito de Sociedade descartável	57
7. MEDIDAS PREVENTIVAS DESTINADAS AO DESCARTE DOS REEES	60
7.1 O que a intoxicação dos REEEs podem causar ao ser humano?	60
8. ESTUDOS DE CASOS	63
8.1 CEDIR (Centro de Descarte e Reúso de Resíduos de Informática)	63
8.1.1 Atuação	65
8.1.2 Objetivos do CEDIR	66
8.1.3 Operação	67
8.3 Green Eletron	69
8.4 Recicladoras Situadas No Brasil	76
8.5 Reciclagem	79
8.6 O descarte e a aplicação da reciclagem	82
8.7 Análise da composição de televisores	84
8.8 Processo de cominuição	86
8.8.1 Reciclagem da PCI	86
9. EVOLUÇÃO DA PESQUISA SOBRE LIXO ELETRÔNICO NO BRASIL	88
9.1. Delineamento da Metodologia	88
9.2 Desenho da Pesquisa	88
9.3 Desafios da Remanufatura	100
9.4 Tendências em sites de busca	110
10. RECOMENDAÇÕES	120
11. CONCLUSÃO	122

12.REFERÊNCIAS	125
13.ANEXOS	137

1. INTRODUÇÃO

Neste trabalho foi proposta uma análise sobre quanto o assunto de lixo eletrônico tem ou não relevância na sociedade. Como este, tem a pretensão de focar no panorama do lixo eletrônico no Brasil, a partir de levantamentos pelas plataformas Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), não foi possível encontrar uma grande quantidade de trabalhos que se preocupe com o tema, se comparado ao levantamento de trabalhos entregues anualmente.

Este panorama tem a pretensão de ajudar a entender onde o tema tem tido mais atenção e também poder realizar um levantamento de projetos e trabalhos. E, por fim, comparar dados a partir de indicadores que expressam uma análise quantitativa e que possam comparar a quantidade de lixo gerado em função do aumento da fabricação dos EEE. Além disso, comparar esses dados com o prejuízo ambiental, poder extrapolá-los e levantar uma proposta de como seria o cenário daqui alguns anos. Outra pretensão deste trabalho é poder constatar em que ponto o Brasil encontra-se preparado para lidar com um cenário que já é alarmante aqui e no mundo, como se demonstrará a partir dos dados coletados.

O trabalho tem foco nos processos envolvidos na questão dos REEE e não no produto “Lixo Eletrônico” em si. O direcionamento do trabalho se deu neste formato pela necessidade de um projeto no qual se discuta as questões dos processos envolvidos com o tema e não só às questões relacionadas ao REEE propriamente dito, que tem seu tratamento e, em um cenário bastante específico, o qual não se teve a pretensão de aprofundamento neste trabalho. Diferentemente de outras trabalhos que são utilizados como referência para este, tem como base a linha de reciclagem do produto resultado do “lixo eletrônico”, utilizando tecnologias de lixiviação, técnicas metalúrgicas, técnicas biohidrometalúrgicas e hidrometalúrgicas para o tratamento dos resíduos, algumas serão citadas neste trabalho. Mas não com o objetivo de focar na solução do produto, mas sim nos processos que envolvem a cadeia deste cenário.

O presente estudo é de natureza qualitativa, teve abordagem exploratória e fundamentou-se na estratégia de pesquisa do estudo de caso e de avaliação dos estudos já realizados sobre o tema dentro e fora do Brasil, alé de avaliar leis e projetos que visam a mitigação da questão dos REEE's.

Sendo assim, o foco está nos seguintes temas: obsolescência programada, processo de cominuição, remanufatura, legislações e, para complementar essa discussão, estudos de caso e projetos que demonstrem as iniciativas dentro desse tema e abarcando toda a parte em cor verde (Figura 2), que delimita o setor acadêmico. Neste sentido, foi desenvolvido um levantamento de trabalhos e pesquisas, para quantificar o panorama do debate sobre o tema do lixo eletrônico no Brasil.

1.1 Avanço da tecnologia

O crescimento econômico e o avanço da tecnologia tem gerado uma maior produção de equipamentos eletroeletrônicos (EEE), cuja vida útil está cada vez menor.

Na figura 1, é possível perceber que a evolução dos equipamentos foi bastante rápida e que acompanha as descobertas de novos materiais para as melhorias dos EEE e sua complexidade acompanha o mesmo fluxo. Logo, não é difícil imaginar que o acúmulo de lixo eletrônico cresce acompanhando essa evolução também.

O acúmulo deste tipo de lixo não entra na previsão de indústrias produtoras ou, até mesmo, é um fator de relevância dentro da sociedade consumidora, como será demonstrado a seguir. Mattos [2] reforça essa afirmação dizendo que "a área de informática não era vista tradicionalmente como uma indústria poluidora". Porém, o avanço tecnológico acelerado encurtou o ciclo de vida desses equipamentos, gerando lixo eletrônico. Este tipo de lixo possui características específicas,

constituindo uma categoria especial e que vem recebendo grande atenção: o e-lixo. Silva [3] destaca que "a preocupação ambiental em relação à disposição inadequada do e-lixo ocorre devido à liberação de substâncias tóxicas que podem causar sérios impactos à natureza".

Figura 1 - Evolução da tecnologia e dos produtos EEE ao longo do século.



Fonte: Solving the e-waste problem [1]

Este agravante do descarte tem como seus potenciais poluidores: metais pesados, como o chumbo, mercúrio e cádmio. Apesar disso, há também metais nobres como ouro e prata, o que tem se tornado uma grande oportunidade de negócio para a indústria de reciclagem e para os interessados nesta cadeia de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEEE). Olhar para este agravante também trouxe ao mercado a atenção para o processo reverso de fabricação dos EEE: a engenharia reversa, de modo a se preocupar com todo o *supply chain* do produto.

1.2 Estudos sobre o cenário

O estudo da Global e-Waste Monitor 2017 (relatório internacional elaborado pela Universidade das Nações Unidas (UNU) em parceria com a União Internacional das Telecomunicações (UIT) e a *International Solid Waste Association* (ISWA) (Associação Internacional de Resíduos Sólidos) [4] mostra que o Brasil é o maior produtor de e-waste (lixo eletrônico) da América Latina e o segundo na América. Em 2016, gerou 1,5 milhão de toneladas de lixo eletrônico. No mundo todo, a geração de lixo eletrônico atingiu 44,7 milhões de toneladas em 2016, um aumento de 8% em relação ao ano anterior. O volume de todos os materiais descartados anualmente pesa o equivalente a 4,5 mil torres Eiffel. A pesquisa mostra que apenas 20% dos resíduos eletrônicos descartados foram reciclados, a despeito do alto valor agregado dos materiais que compõem alguns equipamentos, como ouro, prata, cobre, platina, paládio e outros materiais recuperáveis [5]. Contudo, existem pesquisas que demonstram que este número de 20% de reciclados pode ser maior ou menor dependendo do país; no Brasil, este número é menor, ele gira em torno de 3%.

Conforme a pesquisa da revista GALILEU, quase todo lixo eletrônico do Brasil é descartado de maneira equivocada e só 3% segue para centros de reciclagem. A estimativa é que, em média, sejam descartados 6,7 quilos de lixo eletrônico para cada habitante do nosso planeta. O Brasil é o sétimo maior produtor do mundo em matéria de lixo eletrônico, com 1,5 mil toneladas por ano. Estimou-se que, em 2018, cada pessoa jogaria fora pelo menos 8,3 quilos de eletrônicos, o que não foi possível averiguar, já que não há um estudo brasileiro que levanta dados sobre este assunto em especial, até o momento. É um cenário preocupante, que teve seu início desde a evolução mais acentuada dos EEE.

Não existe segredo, até a metade da década de 1990, 90% do lixo eletrônico era alocado em aterros sanitários, incinerado ou reutilizado sem tratamento,

expondo as pessoas aos resíduos compostos principalmente de produtos químicos perigosos à saúde. Hoje, os aterros sanitários já estão alcançando níveis preocupantes de saturação e medidas e alternativas precisam ser adotadas neste sentido.

Apesar do estudo da *Global e-Waste Monitor* de 2016 ter demonstrado que o reaproveitamento do material descartado naquele ano poderia render 240 bilhões de reais em todo planeta, apenas 20% do lixo eletrônico do planeta é reciclado. No Brasil, somente 3% são coletados da forma adequada, mas não há garantias que, ao final, essa porcentagem é totalmente reciclada, já que no Brasil, a tecnologia não é suficiente. Existem alguns lixos eletrônicos que são os grandes problemas do século, pois não são recicláveis; o material é muito misto ou ainda foi fabricado encapsulado com algum tipo de polímero que não é reciclável ou tem grande dificuldade de desaderir.

O lixo eletrônico vem crescendo muito nos últimos anos por conta do avanço acelerado da tecnologia, conforme a figura 1 [6]. Esse avanço representa muitas coisas e uma delas é a miniaturização dos componentes, que vão evoluindo de dimensões microscópicas para nanoscópicas, o que dificulta cada vez mais a reciclagem e remanufatura de componentes, mas gera uma quantidade menor de lixo eletrônico. Neste sentido, é importante lembrar que a **reciclagem** é somente uma das etapas dentro de todo o ciclo de vida dos materiais e componentes. E, por isso, é importante trabalhar em várias frentes e não somente na fase final, sendo observado o ciclo completo e minimizado o impacto causado pelos avanços tecnológicos.

Assim, para que a sustentabilidade ambiental possa ser atingida e garantir o futuro ecologicamente correto, é necessário colocar em prática os 5 R's: Repensar, Recusar, Reduzir, Reutilizar e Reciclar. Neste trabalho, serão abordados alguns destes "Rs", que serão discutidos nos próximos parágrafos.

Considerando a ordem apresentada no parágrafo anterior, o 3º R (Reduzir), que significa utilizar menos materiais e/ou reduzir efetivamente as embalagens,

processos de fabricação e destinação final, pode-se pensar no final da cadeia, onde os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) são reduzidos. No âmbito da redução de materiais e processos de fabricação, a evolução do processo de miniaturização dos componentes, no caso dos *Micro Electro Mechanical Systems* (MEMS), *Lab on a chip* e *Surface Mounting Device* (SMD), que reduzem a área de montagem, alcançando até 50% na redução do tamanho das placas de circuitos impressos (PCI), mostra como podem haver possibilidades dentro dessa área. A diminuição da quantidade de resíduos finais dos EEE (Equipamentos Eletroeletrônicos) pode ocorrer de diferentes formas, sendo a remanufatura de alguns componentes uma delas, e que colabora para a redução do descarte nos aterros sanitários. No 4º R (Reutilizar), o reaproveitamento dos componentes eletrônicos pode ser um desafio, pois tais componentes, geralmente, são projetados e fabricados visando uma aplicação específica. Sendo assim, é mais complexo reaproveitar componentes de um dispositivo em outro. No entanto, é possível reutilizar alguns tipos de componentes e esse processo vem sendo bem executado por empresas, cooperativas, assistências técnicas, como previamente discutido em pesquisas acadêmicas como por exemplo, o trabalho de um ex-aluno do curso de Materiais, Processos e Componentes Eletrônicos da FATEC-SP [7].

1.3 Uma análise sobre os processos de fabricação

Sabe-se que o processo de fabricação dos componentes eletrônicos é bastante complexo, sendo necessárias muitas etapas que envolvem o uso de diferentes materiais, principalmente metais pesados e metais nobres. Assim, o processo de recuperação desses metais é difícil, pois envolve rotas de recuperação ainda não bem estabelecidas. É possível citar como exemplo um resistor: existem muitos tipos, como resistor de carbono aglomerado, resistores de carbono peliculados e resistores bobinados e, em cada um desses resistores, diferentes materiais e processos de fabricação são empregados. Um segundo exemplo de

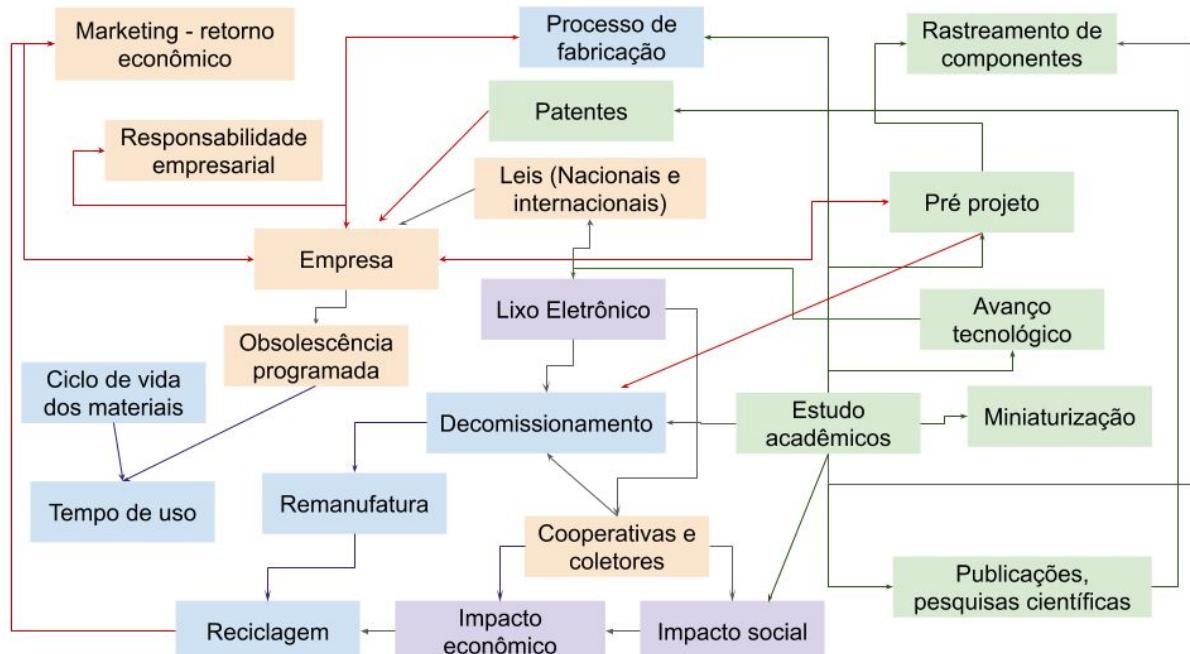
componente é o capacitor, que, independentemente do processo de fabricação, consiste basicamente de dois eletrodos separados por um material dielétrico que determinará as suas características. E, por fim, pode-se citar também os transistores, nos quais são necessários várias etapas de processo e vários materiais, semicondutores e metais na sua fabricação.

Portanto, para todos os componentes eletrônicos, tanto os que foram citados nesse texto como os demais, sempre será necessário estabelecer um processo para a recuperação dos compostos presentes de acordo com os componentes presentes.

2. MAPEAMENTO TEMÁTICO DO CENÁRIO DO LIXO ELETRÔNICO

A temática do lixo eletrônico tem diversos parâmetros envolvidos que passam por diferentes áreas de conhecimento e atuação. Para conhecer melhor o cenário do trabalho, foi desenvolvido o “Diagrama de ideias”. Neste diagrama, é possível visualizar diversos aspectos que permeiam a temática do lixo eletrônico e muitos de seus desdobramentos. As cores que foram usadas nos diagramas representam diferentes áreas e fases do processo. O intuito foi deixar ainda mais claro a complexidade que o tema lixo eletrônico tem dentro da sociedade e agrupar os diferentes aspectos que permeiam o tema e que foram contemplados neste trabalho. Este trabalho não visa o caminho percorrido pelo produto em si, mas sim dos processos que englobam a infraestrutura do cenário do lixo eletrônico.

Figura 2 - Diagrama dos aspectos relacionados ao Lixo Eletrônico tratados neste trabalho



Fonte: Próprio autor, 2020 [8]

Neste diagrama (Figura 2), foi proposta a seguinte divisão: verde - ligado ao setor acadêmico e pesquisa; lilás - impactos relacionados à sociedade; laranja - ligados ao cenário corporativo; e por fim, o azul - ligado a processos.

Neste diagrama, foram levantados vários dos aspectos que interferem no cenário do lixo eletrônico. Este diagrama foi pensado para o Brasil, mas é possível extrapolar esta ideia para outras localidades, tendo em vista as diferentes bifurcações e possibilidades que um tema como este pode nos possibilitar.

3. PANORAMA NO BRASIL

Aqui no Brasil, a discussão sobre o destino dos REEE é algo que não tem o espaço mais abrangente. Todavia, considerando este cenário, um dos objetivos deste trabalho é conseguir agrupar onde no Brasil o tema tomou dotada relevância a ponto de desencadear ações que tem como norte amenizar os impactos da má gestão dos REEE.

3.1 Levantamento de dados

Foram levantados projetos, pesquisas, teses, dissertações, iniciações científicas e monografias ao longo do Brasil, que apresentam uma proposta ou dissertam sobre o tema, realizando estudos que serão importantes para o cenário atual e para os desafios que ainda virão, vez que os estudos levantados e os projetos propostos podem servir de protótipos para serem usados por empresas e replicados. Mas, antes de apresentar tais projetos, é necessário conhecer todas as fases que interferem no processo de lixo eletrônico e quais seriam os âmbitos para os quais os fabricantes deveriam olhar, de modo a minimizar os impactos causados no final da *supply chain* (cadeia de valor). Observa-se que, desde a escolha dos materiais usados na fabricação, o método de fabricação, o encapsulamento, a distribuição, a montagem e a desmontagem, durabilidade e a eficiência, enfim, são inúmeros os aspectos que o fabricante precisa observar para que os REEE possam ser minimizados sem afetar a eficiência e durabilidade do produto. Afinal, estes aspectos também contribuem para que o produto seja utilizado por mais tempo, minimizando o descarte.

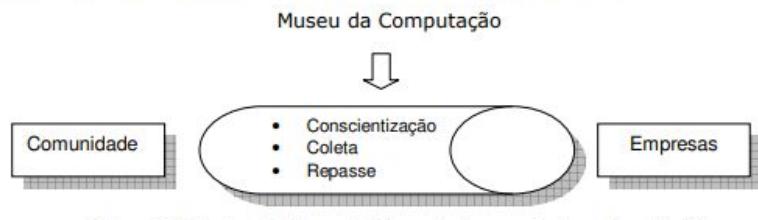
A situação dos REEE's dentro da cadeia ambiental é uma questão fundamental, vez que afeta recursos básicos da existência humana. Também é possível perceber que alguns componentes poderiam ter um aproveitamento melhor, pois seu tamanho e tempo de vida podem possibilitar a remanufatura ou, ainda, uma tecnologia do processo de cominuição e reciclagem eficiente, que está por ser descoberta. Em vários estados do Brasil, já existem estudos que desenvolveram técnicas para separar metais de alto valor agregado. Também há projetos que envolvem o reuso e remanufatura de componente. Estes estudos e projetos podem ser conferidos no levantamento de dados que será apresentado ao longo deste trabalho. É importante dar a destinação correta para cada material, pois, devida a alta rotatividade dos produtos tecnológicos, o descarte vem avançando cada vez mais depressa.

3.2 Projeto Museu da Computação

O Museu da Computação da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) é um programa extensionista que tem como principal objetivo a integração da universidade com a comunidade, focado tanto em conhecimento tecnológico atual, quanto no conhecimento histórico sobre o computador. Dentro do programa Museu da Computação da UEPG, existem dois projetos de extensão, sendo um deles o “Museu Virtual” [12] e o outro, “Lixo Eletrônico: descarte sustentável” [13]. O projeto Museu Virtual tem como objetivo principal desenvolver materiais pedagógicos digitais a serem levados para as escolas públicas e particulares [14].

O projeto “Lixo Eletrônico: descarte sustentável” tem como objetivo principal conscientizar os alunos e a comunidade em geral sobre o descarte correto da sucata eletrônica. Este objetivo tem como metodologia realizar atividades, tais como: palestras, mutirões e oficinas de robótica educativa com a comunidade em geral [14].

Figura 3 - Estrutura do Museu da Computação em relação ao lixo eletrônico



Fonte: Ponta Grossa, 2011 [26]

Primeiramente, a ideia do projeto é estender a atuação com a comunidade, pois ele ganha mais força e se amplia. Neste sentido, o projeto Museu da Computação trabalha com três pilares principais, que são apresentados na figura 3. Para que o projeto possa ter ramificações e possa ter mais possibilidade de sucesso, vez que, como não há conhecimento e tecnologia suficiente no Brasil para que a reciclagem do REEE seja possível, o mais recomendado é que as empresas fabriquem os EEE já considerando a logística reversa e que a remanufatura seja uma possibilidade real. Tudo isso só é possível porque o projeto busca levar a conscientização da comunidade e facilita que o produto retorne às empresas, estabelecendo diálogos com elas, vez que este é um dos pontos mais críticos da logística reversa, quando se trata da questão dos REEE, pois as empresas encontram grande dificuldade em lidar com os REEE e, muitas vezes, os equipamentos nem chegam até o fabricante original [11], os materiais mudam de acordo com o tipo de produto e, às vezes, uma empresa escolhe trabalhar com apenas uma linha específica de produto. Além disso, é sabido que, mesmo que as empresas fabriquem aparentemente os mesmo produtos, a linha de pesquisa sempre é distinta e, por isso, o resultado de fabricação não é igual, mesmo o produto externamente parecer o mesmo.

Existem outros projetos ao longo do Brasil que entendem a necessidade de criar um relacionamento direto entre as empresas fabricantes e o cliente final. Para

isso, a própria tecnologia é que pode auxiliar neste processo e fortalecer as informações e formas de comunicação que dão à questão do Lixo Eletrônico uma nova perspectiva.

3.3 Dez mandamentos para evitar a geração dos REEE

Segundo (CARPANEZ, 2007) existem 10 mandamentos para se evitar tanto lixo eletrônico:

- 1. Pesquise:** Conheça o fabricante de seu produto, bem como suas preocupações ambientais e o descarte do bem de consumo mais tarde.
- 2. Prolongue:** Cuide bem de seus produtos e aprenda a evitar os constantes apelos de troca, prolongue ao máximo sua vida útil.
- 3. Doe:** Doe para alguém que vá usá-lo, além de ajudar, evita que alguém compre um novo.
- 4. Recicle:** Procure por pontos de coleta que fazem reciclagem.
- 5. Substitua:** Produtos que agregam várias funções, como uma multifuncional, consomem menos energia do que cada aparelho usado separadamente.
- 6. Informe-se:** Torne-se adepto ao consumo responsável, sabendo as consequências que seus bens causam ao ambiente.
- 7. Opte pelo original:** Cuidado com piratarias, os produtos não seguem políticas de preservação do ambiente.
- 8. Pague:** Os produtos dos fabricantes que oferecem programas de preservação ambiental podem ser mais caros, vale a pena optar pela alternativa “verde”.
- 9. Economize energia:** Opte pelo produto que consome menos energia.
- 10. Mobilize:** Passe informações sobre lixo eletrônico para frente, pois muitos usuários de tecnologia não se dão conta do tamanho do problema [15]

A ideia por detrás dos mandamentos é possibilitar um apanhado de ações que podem ser feitas antes da reciclagem, vez que muitos EEE são descartados ainda com potencial de uso e, mesmo quando chegam ao seu tempo final de vida, pequenos componentes podem ter um funcionamento impecável e podem ser reaproveitados em outras montagens.

O uso do silício e suas aplicabilidades começa a aumentar no século XX, em torno da década de 70. Esta evolução ocorreu de forma rápida levando-se em consideração a história como um todo. Saiu-se de uma tecnologia *Small Scale Integration* (SSI) - escala de 1 a 10 transistores) para uma tecnologia *Ultra Large Scale Integration* (ULSI) - acima de 1.000.000 de transistores) em cerca de 50 anos.

3.4 Responsabilidade sobre o material tóxico produzido

Em vigor desde julho de 2002, a resolução 257 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), órgão ligado ao Ministério do Meio Ambiente, atribui às empresas a responsabilidade sobre o material tóxico que produzem. Além de informar nas embalagens se o produto pode ou não ser jogado no lixo comum, os fabricantes e importadores serão obrigados a instalar postos de coleta para reciclar o lixo ou confiná-lo em aterros especiais. As empresas que não seguirem as regras podem receber multa de até R\$ 2 milhões. A questão é que a medida só se aplica às pilhas e baterias e nada fala sobre o restante dos materiais/ componentes dos aparelhos [15].

Por este motivo, é difícil ter no Brasil empresas que, de forma espontânea, tenham essa iniciativa. Mas, nos últimos anos, empresas, como a Green Elétron, da qual foi realizado um estudo de caso, tem atuado de forma a minimizar a questão do lixo eletrônico no Brasil. Mesmo assim, a ITAUTEC incorpora projeto de TI verde e a HP criou uma empresa em Campinas que recolhe algumas linhas de impressora e faz o processo de cominuição, em sua grande parte, de forma manual. Com isso, ela

acaba economizando na fabricação dos novos produtos e, para isso, desenvolveu uma linha de montagem que já leva em consideração da logística reversa. [44]

Ainda se tratando da questão do lixo eletrônico, existe um paradoxo que tem que ser resolvido a curto prazo: “como resolver a questão de uma produção cada vez mais crescente e um mercado que oferece equipamentos high tech cada vez mais acessíveis, com o tremendo desperdício de recursos naturais e a contaminação do meio ambiente causados pelo próprio processo de produção destes equipamentos e pelo rápido e crescente descarte dos mesmos?” [16]

O desafio do lixo eletrônico é a falta de regulamentação, por parte do governo, de obrigações em relação ao tratamento devido ao descarte de EEEs, desde os primeiros anos, nos quais a tecnologia começou a se desenvolver de forma acelerada. Isso é algo que impacta a sociedade de forma global e é possível ver que, ao longo dos anos, quando houve as primeiras percepções do quanto nocivo poderia ser o descarte incorreto do lixo eletrônico, países mais desenvolvidos, como os EUA, tornaram países menos desenvolvidos, suas latas de lixo. [4]

3.5 Basel Convention

Em 1989, a comunidade mundial estabeleceu a *Basel Convention*, um amplo e significante tratado internacional sobre lixo nocivo, com o amparo do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, o “Movimento Através de Fronteiras de Lixo para disponibilização Final”, para impedir que as nações industrializadas da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) continuassem a despejar seu lixo eletrônico em países menos desenvolvidos.

Em 1992, o tratado tinha sido ratificado por 159 países. Os Estados Unidos, no entanto, sendo o país que mais polui, não quis ratificar o mesmo. Em 1994, grupos da *Basel Convention*, contando cerca de 60 países, concordaram em banir a exportação de lixo considerado nocivo para países não pertencentes à OCDE. No

entanto, estava claro que isto não seria suficiente para evitar o transporte de lixo que os países afirmavam estar sendo exportado para fins de reciclagem.

A China e mais 77 países não pertencentes à OCDE, pressionaram pesadamente para que o envio de lixo eletrônico para reciclagem fosse banido. Como resultado, a emenda Basel Ban foi adotada, prometendo um fim à exportação de lixo nocivo a partir das nações ricas pertencentes à OCDE para nações não pertencentes à OCDE, a partir de 1997. A questão foi avançando e até hoje existem vários problemas relacionados ao descarte incorreto e, muitas vezes, ilegal, não só do lixo eletrônico, mas de outro tipo de lixo também. [4]

Como já foi colocado, o avanço acelerado da tecnologia exigia mais propostas para lidar com a questão e, por isso, antes que muitas ações fossem tomadas, uma grande questão começou a ser falada, pensada nos anos 2000. Tendo em vista que o consumo também é um dos aspectos que cresceu e muito junto com o crescimento acelerado da tecnologia, o descarte foi se tornando cada vez maior.

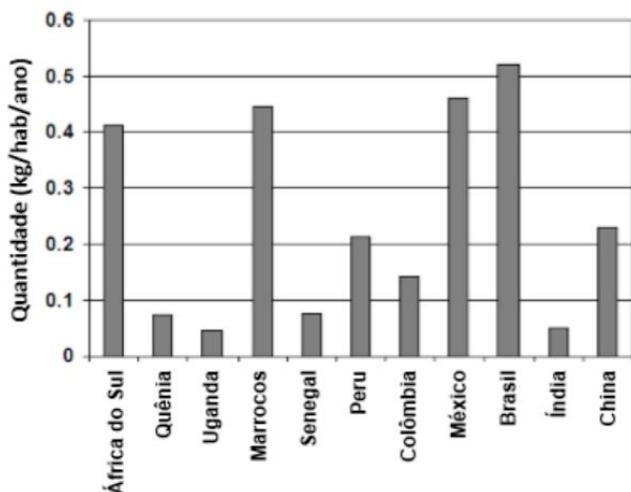
3.6 Cenário de geração de REEE no Brasil

O Brasil é apontado como o país que mais gera lixo eletrônico de resíduos de computadores pessoais, fazendo parte de uma lista de maiores potenciais a se adaptar as tecnologias pré e pós processamento dos REEE, no relatório divulgado pela *United Nations Environment Programme* (UNEP) em 2009. Estando nesse patamar e sendo um país em desenvolvimento, onde as tecnologias de montagem e outras mercados são sua especialidade e não a fabricação, no cerne do significado da palavra “fabricação”, pode contribuir para desestimular o investimento em pesquisa e desenvolvimento no cenário de tratamento dos REEE.

Principalmente levando em consideração que, quando a indústria da tecnologia começou a crescer, não havia plano de contenção para os resíduos, pois

só se pensou nas problemáticas relacionadas à velocidade da evolução após os impactos começarem a aparecer e o descarte comum ser questionado.

Gráfico 1 - Quantidade de REEE gerado a partir de computadores pessoais (kg/hab/ano) em diversos países.



Fonte: Yamane (2012) [17]

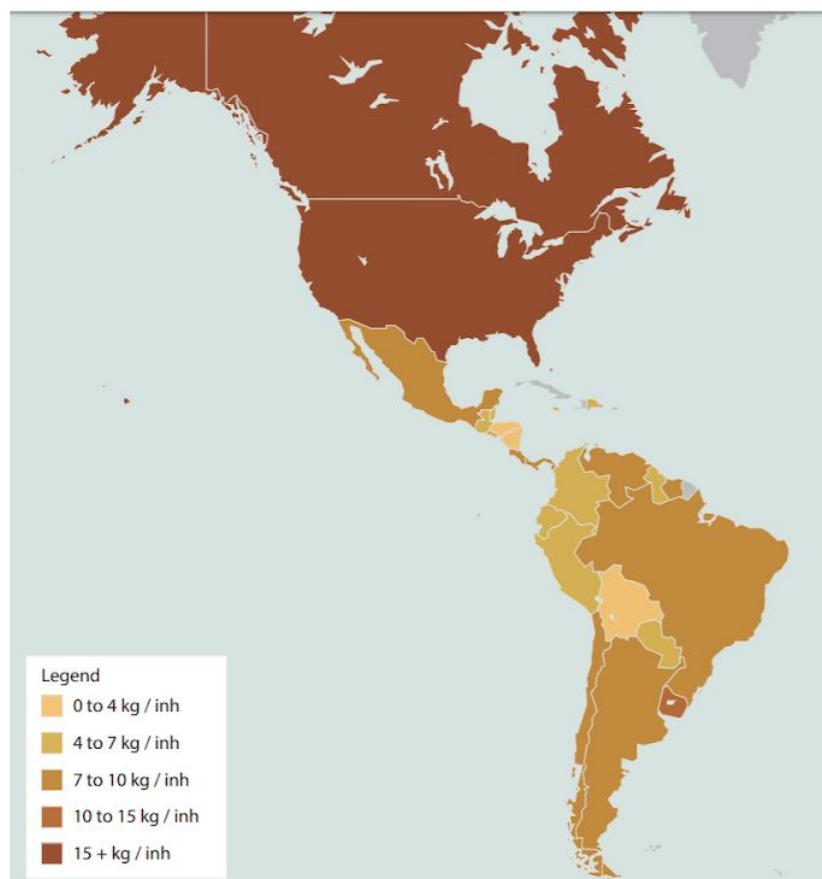
A estimativa é de que o mundo produza cerca de 50 milhões de toneladas de e-lixo por ano, segundo um estudo da ITU, realizado em 2016, que demonstrou a quantidade de lixo produzido por habitante, mundialmente falando. Como o foco deste trabalho faz referência ao Brasil, foi escolhido trazer apenas o panorama da América, para que se possa entender melhor como os números do cenário do lixo eletrônico afetam o Brasil.

3.7 A importância das legislações

O principal produtor de lixo eletrônico das Américas são os Estados Unidos da América, com 6,3 Mt. O segundo maior produtor de lixo eletrônico é o Brasil, com 1,5 Mt, e o terceiro, o México, com 1 Mt. Estimativas da UNU mostram que os EUA coletaram aproximadamente 1,4 Mt de lixo eletrônico, o que representa 22% do lixo

eletrônico gerado. O paradeiro do restante do lixo eletrônico é amplamente desconhecido nos EUA.

Figura 4 - Distribuição geográfica da quantidade de lixo eletrônico gerado (em quilos/ habitante) pelos países do continente americano no ano de 2016.



Fonte: www.itu.int, 2017 [18]

O Brasil gera cerca de 7 a 10 kg/habitante. Considerando que estes são dados anuais, é possível perceber que o nível de REEEs gerados por habitante, no Brasil, é alto se comparado a outros países. Isso pode ser efeito de duas coisas: o Brasil ser um dos países que se encontra num patamar de exportação e desenvolvimento maior que outros países da América Latina e a falta de regulamentações.

Apenas 7 países da América Latina aplicam a legislação nacional sobre lixo

eletrônico (Bolívia, Chile, Colômbia, Costa Rica, Equador, México e Peru). Alguns países iniciaram recentemente o processo de promoção da legislação sobre lixo eletrônico (Argentina, Brasil, Panamá e Uruguai). Existem no Brasil pequenas resoluções e normas baseadas em propostas de outros países, mas uma legislação própria que se encaixe no panorama do Brasil ainda está em andamento e o Ministério do Meio Ambiente vem trabalhando ao longo dos anos para avançar com esse projeto.

Por isso, visando discutir e propor as estratégias, os arranjos institucionais e a minuta da legislação, a Comissão Nacional de Segurança Química (CONASQ) criou, no dia 05 de abril de 2018, na 54^a Reunião Ordinária, o Grupo de Trabalho *Restriction of Certain Hazardous Substances (RoHS)* Brasileira.

Toda essa caminhada da legislação é muito importante. Em se tratando de leis para o descarte e também para importações de REEEs, o Brasil é um dos 11 principais destinos do mundo de materiais eletrônicos descartados (segundo o estudo “Uma Nova Visão Circular para Eletrônicos - Hora de um Reinício Global”).[19]

Todos os anos, um total de 1,3 milhão de toneladas de produtos eletrônicos descartados acabam sendo exportadas do bloco europeu sem documentação. E é amplamente sabido, que os EUA coletaram aproximadamente 1,4 Mt de lixo eletrônico, que representa 22% do lixo eletrônico gerado. O paradeiro do restante do lixo eletrônico é amplamente desconhecido nos EUA [17] Sendo assim, onde vão parar todo esses REEEs? Como já afirmado acima, o Brasil recebe muito desse material de forma ilegal ou legal [17], mas o que ocorre é que a falta de legislação que garanta proteções básicas para o nosso país fazem com que o Brasil seja uma das “latas de lixo gigantes” do mundo.

3.8 Movimento Ilegal do lixo eletroeletrônico

O movimento ilegal de lixo eletrônico das nações desenvolvidas para os países em desenvolvimento é considerado um dos principais desafios atuais. O estudo da ITU, diz que existe uma rede complexa de portos de chegada que evita a detecção do lixo eletrônico pelas autoridades.

A Organização Internacional do Trabalho (OIT) faz parte da Coalizão de E-Lixo da ONU, criada para aumentar a colaboração, construir parcerias e fornecer de forma mais eficiente apoio para ajudar os Estados a lidar com os desafios do lixo eletrônico. De acordo com a OIT, somente 20% do chamado e-lixo é reciclado formalmente, embora seja avaliado em mais de US\$ 62 bilhões. Em encontro da OIT realizado em Genebra, representantes de governos, organizações de trabalhadores e empregadores concordaram que governos devem “aumentar a promover investimento em infraestrutura de gerenciamento de resíduos e sistemas em todos os níveis”. O objetivo é lidar com o crescimento rápido de lixo eletrônico, de uma forma que promova o trabalho decente [20].

4. OBSOLESCÊNCIA PROGRAMADA/PLANEJADA

Nos últimos tempos, houve aumento significativo do consumo em diversos países. Esse crescimento inicia-se a partir da modernização e expansão da economia capitalista com a revolução industrial, mas também pelo crescimento demográfico e pela expansão de empresas transnacionais que passaram a difundir em escala global os mais diversos produtos de consumo pessoal e coletivo, expandindo também seu mercado de forma transcontinental [81].

A obsolescência programada é considerada o motor secreto da sociedade de consumo, porquanto incentiva a aquisição de novos produtos (eletroeletrônicos, eletrodomésticos, equipamentos de informática e telefonia celular, vestuário e calçados, entre outros) e o descarte daqueles já obsoletos em curtos períodos de tempo, muitas vezes antes do que seria um período de utilização adequado, visto que a função dela é voltada ao consumo. Esse estímulo à substituição, fomentado pelo mercado, é destacado por Bauman (2008, p. 31) [82]:

Afinal de contas, nos mercados de consumidores-mercadorias, a necessidade de substituir objetos de consumo defasados está inscrita no design dos produtos e nas campanhas publicitárias calculadas para o crescimento constante das vendas. A curta expectativa de vida de um produto na prática e na utilidade proclamada está incluída na estratégia de marketing e no cálculo de lucros: tende a ser preconcebida, prescrita e instilada nas práticas dos consumidores mediante a apoteose das novas ofertas (de hoje) e a difamação das antigas (de ontem).

Trata-se de uma estratégia mercadológica que visa fomentar o consumo de produtos novos, em um lucrativo negócio. Miragem (2013, p. 325) define a obsolescência programada como a "[...] redução artificial da durabilidade de produtos ou do ciclo de vida de seus componentes, para que seja forçada a recompra prematura".[83]

Bauman afirma que (2007, p. 31), “a sociedade de consumidores desvaloriza a durabilidade, igualando “velho” a “defasado” impróprio para continuar sendo utilizado e destinado à lata de lixo” [82].

A partir dessa lógica, muitas vezes os consumidores adquirem novos produtos que são desnecessários, o que torna o consumismo um dos principais problemas da atualidade, segundo Portilho (2005, p. 67) [84]:

A abundância dos bens de consumo continuamente produzidos pelo sistema industrial é considerada, freqüentemente, um símbolo da performance bem-sucedida das economias capitalistas modernas. No entanto, esta abundância passou a receber uma conotação negativa sendo objeto de críticas que consideram o consumismo um dos principais problemas das sociedades industriais modernas. A partir da construção da percepção de que os atuais padrões de consumo estão nas raízes da crise ambiental, a crítica ao consumismo passou a ser vista como uma contribuição para a construção de uma sociedade sustentável.

A obsolescência programada está inserida na prática econômica brasileira como uma atividade altamente lucrativa por representar o encurtamento proposital da vida útil de um determinado bem de consumo, impulsionando o mercado através do consumo prematuro do mesmo bem. Porém, a obsolescência programada encontra limite no artigo 225 da Constituição Federal, que estabelece como direito fundamental de toda a coletividade a sadia qualidade de vida. A obsolescência programada encontra regulação na lei da política nacional dos resíduos sólidos - Lei 12.305/2010, a qual, juntamente com a Constituição Federal, destaca a obrigação compartilhada do fabricante, do produtor, do distribuidor e do vendedor de fazer a logística reversa do produto comercializado.

5.LEGISLAÇÃO

Estudos têm revelado que os compostos que servem de matéria-prima para os produtos tecnológicos, ao chegarem ao meio ambiente, provocam poluição e destruição de espécies, além de liberação de gases venenosos na atmosfera. O Estado, com o intuito de efetivar a preservação do meio ambiente cria órgãos como o Sistema de Gestão Ambiental (SGA) e suas normas, dentre estas, a *International Organization for Standardization* (ISO) 14001, que podem auxiliar a implantação de práticas sócio-ambientais. Contudo, existem outros cenários que também precisam ser auxiliados, pois, de modo geral, todos eles estão interligados.

5.1 Norma RoHS

Toda a movimentação da criação de legislações que possam reger e gerenciar os REEEs no mundo partem primeiro da Europa com a proposta de uma diretiva, que é a norma RoHS.

A diretiva foi sancionada no dia 1º de julho de 2006. A partir desta data, nenhum produto fabricado com qualquer uma, das seis substâncias citadas anteriormente, deverá ser vendida na Europa. Conjuntamente à RoHS, entrou em vigor uma outra diretiva, que trata da reciclagem de produtos eletroeletrônicos e é chamada *Waste from Electrical and Electronic Equipment* (WEEE).

A segunda versão da norma foi publicada em 2011, adotada em janeiro de 2013 e em 2015 ainda houve outras inserções, como a de a obrigação de emitir documentos que comprovem a orientação da norma.

O que é RoHS?

RoHS (Restriction of Certain Hazardous Substances) significa restrição de substâncias perigosas. A RoHS, também conhecida como Diretiva 2002/95 / EC, é originária da União Europeia e restringe o uso de materiais perigosos específicos encontrados em produtos elétricos e eletrônicos (conhecidos como EEE). Todos os produtos aplicáveis no mercado da União Europeia (UE) após 1º de julho de 2006 devem passar pela conformidade com a RoHS [21].

Quais são os materiais restritos exigidos pela RoHS?

As substâncias proibidas pela RoHS são chumbo (Pb), mercúrio (Hg), cádmio (Cd), cromo hexavalente (CrVI), bifenilos polibromados (PBB), éteres difenílicos polibromados (PBDE) e quatro ftalatos diferentes (DEHP, BBP, BBP , DIBP).

Por que a conformidade com a RoHS é importante?

Os materiais restritos são perigosos para o meio ambiente e poluem os aterros, além de serem perigosos em termos de exposição ocupacional durante a fabricação e a reciclagem.

Motivos para a implementação da RoHS

- Em 2004, os países da UE produziram 9,7 milhões de toneladas de lixo eletrônico
- A quantidade de WEEE ou REEE dobraria a cada 10 anos
- REEE representa uma fonte de degradação do meio ambiente e desperdício de recursos
- A necessidade de uma legislação para evitar a exportação de lixo eletrônico para países pobres [21]

5.2 O que é WEEE?

WEEE (*Electrical and Electronic Equipment*) significa Resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos. A primeira Diretiva WEEE da UE (Diretiva 2002/96 / CE), que entrou em vigor em fevereiro de 2003, exige o tratamento, recuperação e reciclagem de equipamentos elétricos e eletrônicos. A presente diretiva prevê a criação de métodos de coleta em que os consumidores devolvem seus REEE gratuitamente. WEEE 2 (Diretiva 2012/19 / UE) entrou em vigor em 14 de fevereiro de 2014 [21].

A partir dessas normativas, a Europa e o mundo começou a se mover e várias outras normativas RoHS foram surgindo, no mundo, baseadas na proposta pela Europa.

5.3 Legislação no Brasil

Aqui no Brasil, não foi diferente. Contudo, levou alguns anos para que o governo conseguisse propor alguma iniciativa. Uma das primeiras considerações foi o Decreto nº 7.746, de 5 de junho de 2012, que regulamenta o art. 3º da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, para estabelecer critérios e práticas para a promoção do desenvolvimento nacional sustentável nas contratações realizadas pela administração pública federal direta, autárquica e fundacional e pelas empresas estatais dependentes e institui a Comissão Interministerial de Sustentabilidade na Administração Pública (CISAP). A Instrução Normativa do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão nº 01/2010 dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional e dá outras

providências [22].

O seu artigo 5º determina que os órgãos e entidades da Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional, quando da aquisição de bens, deverão exigir os seguintes critérios de sustentabilidade ambiental:

- I. que os bens sejam constituídos, no todo ou em parte, por material reciclado, atóxico, biodegradável, conforme Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) - NBR 15448-1 e 15448-2;
- II. que sejam observados os requisitos ambientais para a obtenção de certificação do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) como produtos sustentáveis ou de menor impacto ambiental em relação aos seus similares;
- III. que os bens devam ser, preferencialmente, acondicionados em embalagem individual adequada, com o menor volume possível, que utilize materiais recicláveis, de forma a garantir a máxima proteção durante o transporte e o armazenamento; e
- IV. que os bens não contenham substâncias perigosas em concentração acima da recomendada na diretiva RoHS (Restriction of Certain Hazardous Substances), tais como mercúrio (Hg), chumbo (Pb), cromo hexavalente (Cr(VI)), cádmio (Cd), bifenil-polibromados (PBBs), éteres difenil-polibromados (PBDEs). [22]

Para atendimento das exigências da IN 01/2010, que prevê que a comprovação deve ser feita "mediante apresentação de certificação emitida por instituição pública oficial ou instituição credenciada, ou por qualquer outro meio de prova que ateste que o bem fornecido cumpre com as exigências do edital" (Declaração de Conformidade EU da Diretiva 2011/65/EU). Sugere-se utilizar essa declaração de conformidade para comprovação do inciso IV supracitado.

Nota-se que o item IV da IN 01/2010 faz menção do cumprimento da diretiva RoHS nas compras públicas. Porém, o Brasil ainda não possui uma norma específica que restringe que essas substâncias perigosas sejam usadas em processos de fabricação em equipamentos eletroeletrônicos. Dessa forma, considerando a necessidade de construir mecanismos de proteção da saúde

humana, incluídos os trabalhadores que atuam na fabricação, reciclagem e destinação destes equipamentos, e dos consumidores que utilizam os produtos, bem como do meio ambiente como um todo, se faz necessário e urgente o desenvolvimento de estratégias nacionais para a gestão adequada desses produtos [22].

Assim sendo, o Departamento de Qualidade Ambiental e Gestão de Resíduos (DQAR), da Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental (SRHQ) do Ministério do Meio Ambiente está elaborando uma proposta de normativa adequada à realidade nacional em relação ao controle de substâncias notadamente perigosas em EEE.

5.4 RoHS brasileira

Para estes trabalhos, juntou-se uma comissão com cerca de 33 instituições membros, como a ABNT, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Associação Brasileira dos Fabricantes de Brinquedos (ABRINQ) e outras para a montagem dessa diretiva brasileira, que, para início das discussões, foi realizado um questionário com 78 contribuições, visando os mercados que serão mais “afetados” e terão que se readaptar com a definição dessa normativa brasileira, que se encontra em processo de construção. Tendo seu último encontro em dezembro de 2018, a princípio até novembro de 2019, ainda não havia nenhuma data para o próximo encontro e nem relato sobre evoluções do projeto [22].

Ainda olhando para o cenário de legislações, a falta de uma proposta nacional faz com que os estados acabem propondo soluções que visem diminuir os impactos, enquanto algo mais generalizado não é definido. Em São Paulo, assim como em outros estados, foi proposta a lei 13.576, que institui normas e procedimentos para reciclagem, processamento e destinação final do lixo tecnológico. Também foi

publicada a resolução SMA-038 de 2/08/2011, que estabelece a relação de produtos geradores de resíduos de significativo impacto, dentre eles, o EEE, cujos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes deverão implementar programa de pós consumo para fins de recolhimento, tratamento e disposto final de forma adequada [23].

É preciso estabelecer uma legislação nacional que estabeleça o destino correto para o lixo eletrônico ou que responsabilize os fabricantes pelo seu descarte. Só assim é possível caminhar para a diminuição de dois fatores que fazem parte da cadeia dos REEEs e prejudicam o cenário cada vez mais: a obsolescência programada e a falta de uma proposta de logística reversa. Isso faria com que houvesse uma graduação de EEE descartados, às vezes, antes de encerrado seu tempo de vida.

É importante destacar também que, com as definições da WEEE, foi possível elaborar as categorias de separação dos REEEs e, com certeza, passar a olhar para esses materiais como um todo, e não só ter ação de realizar tratamento e destinação para pilhas e baterias, que, a princípio, foi uma ação que os países tiveram, mas que ainda não olhava para o problema como um todo. Agora, era possível ver duas linhas, que o mundo como um todo passou a seguir. O RoHS regula as substâncias perigosas usadas na fabricação de equipamentos elétricos e eletrônicos (EEE), enquanto o WEEE regula o descarte desse mesmo equipamento. Foi um ganho generalizado, pois antes os REEEs cobriam apenas equipamentos específicos. A partir de 15 de agosto de 2018, o escopo do WEEE foi ampliado para incluir todos os EEE, classificados em 6 categorias, em vez das 11 categorias de produtos RoHS existentes.

Como dito, essas alterações e o constante estudo sobre essa problemática fez com que os países passassem a tentar se adequar da melhor forma possível. Até porque as normas não se restringem ao país ou continente do qual ela foi criada, mas também a todos os países que desejam exportar e, consequentemente, importar deste local.

5.5 Responsabilidade compartilhada dos REEEs

Aqui no Brasil, o cenário continuou avançando. Além de se espelhar nas normativas europeias e propor mudanças, também existiram várias leis criadas para regulamentar o setor, algumas federais e outras estaduais. A exemplo disso, existe a Lei nº 12.305/2010, que estabelece que a coleta seletiva de resíduos sólidos prioriza a participação de cooperativas ou de outras formas de associação de coletores de materiais reutilizáveis e recicláveis constituídas por pessoas físicas de baixa renda. Essa e outras ações entram no conjunto das Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). A lei tem como princípio a responsabilidade compartilhada entre o governo, empresas e a sociedade. Impulsionando o retorno de produtos após a utilização, ou seja, o retorno dos materiais para extração da matéria prima e por consequência, o retorno da mesma no ciclo de industrialização, fazendo com que menos material tenha como destino os lixões e aterros.

Ainda de acordo com a PNRS, todos os geradores de resíduos serão responsáveis, ou seja, os consumidores, importadores e fabricantes terão responsabilidades quanto à sua destinação correta. De forma resumida, eis um pequeno quadro das obrigações dos vários intervenientes na gestão de REEE:

Os produtores/fabricantes, que possuem uma responsabilidade pelo produto eletroeletrônico, mesmo após o fim da sua vida útil, obrigando-se a promover a logística reversa (art. 33, da PNRS), mas, também, uma correta rotulagem ambiental para possibilitar a efetivação dessa logística (art. 7º, inciso XV, da PNRS); a eco-concepção do produto, a fim de prevenir os perigos decorrentes da transformação do produto em resíduo (art. 31, inciso I da PNRS); e, ainda, obrigações financeiras para com a entidade gestora dos resíduos, conforme art. 33, §7º da PNRS (caso em que os produtores contratam uma terceira entidade para gerir os REEE); os comerciantes e distribuidores, com a responsabilidade que se traduz no dever de informar os clientes e consumidores no que tange à logística reversa e sobre os locais onde podem ser depositados o lixo eletrônico e de que forma esses resíduos serão valorizados

(art. 31, inciso II da PNRS); 43 n. 7 (2012) SSN 1980-7341; os consumidores: neste grupo, enquadram-se os consumidores e os utilizadores finais dos equipamentos eletroeletrônicos, que assumem a obrigação de colaborar com a gestão dos REEE, depondo, seletivamente, o lixo eletrônico nos locais identificados pelos comerciantes e distribuidores (art. 33, §4º, da PNRS) [50].

5.6 Legislação: impactos sociais, econômicos e ambientais

Quadro 1 - Impactos sociais, econômicos e ambientais esperados com a implantação da logística reversa

Sociais	Econômicos	Ambientais
Geração de empregos formais	Maior retorno ao mercado de matérias-primas advindas de reciclagem de REEE	Diminuição de casos de descarte incorreto de REEE
Fortalecimento das associações de catadores como geração de oportunidades de prestação de serviço ao sistema	Fortalecimento da indústria de reciclagem pelo consequente aumento da demanda	Melhoria da qualidade dos serviços de reciclagem e consequentemente menor nível de rejeitos nos aterros
Promoção de maior conscientização da população quanto às questões ambientais relacionadas aos EE	Desenvolvimento de conhecimentos e tecnologias relacionadas à reciclagem de REEE	Redução de gastos energéticos por conta de uso de reciclados (ex. o gasto de energia para reciclagem de alumínio é de 95% menor do que para sua produção primária)
Minimização de problemas de saúde causados pelo manuseio incorreto dos REEE	Geração de empregos e renda	Redução do volume e diversidade de eletrônicos destinados a aterros.

Fonte: [44] pág.95 usando como base de dados da INVENTTA 2012 [24]

Pesquisas realizadas por Rodrigues (2007) [25], que se referem à cadeia pós-consumo dos REEEs, mostram que, no Brasil, o manejo dos EEEs ainda é bem deficitário. Isso tem como consequência principal a falta de informações adequadas sobre a coleta e destinação destes materiais. Por isso, muitas pessoas, por falta de conhecimento, ainda hoje, realizam o descarte dos REEEs de forma comum, com os demais resíduos sólidos. Uma proposta, a ser avaliada, para melhorar este cenário, visa a criação de um “contêiner” específico para REEE, assim como existem os de plástico, lata, papel, vidro, orgânico, não reciclável e papel. O que já se tem hoje como proposta de empresas que garantem o retorno dos produtos a empresas fabricantes, participando ativamente da logística reversa desse material, mas dentro dessa proposta, nada se tem quanto proposta de aprendizado social.

6. LOGÍSTICA REVERSA

Algumas empresas de atividades e tamanhos diferentes têm integrado o meio ambiente como uma oportunidade em sua estratégia de desenvolvimento. A percepção do meio ambiente surgiu primeiro por meio de abordagens corretivas, chamadas *end-of-the-pipe*. A redução nos ciclos de vida dos produtos, fruto da velocidade da mudança tecnológica e de comercialização, provoca o aumento do descarte de produtos. Assim, a necessidade de equacionar o destino dos bens e seus materiais constituintes, após o uso original e a sua disposição final, é crescente nas últimas décadas. Isto tem acontecido em função de transformações na consciência ambiental dos consumidores e das organizações [2].

A logística surgiu da necessidade organizacional de atender seus clientes de forma mais eficiente, considerando qualidade e desenvolvimento, reduzindo prazos e custos. A logística tem origem em atividades militares, foi desenvolvida visando colocar os recursos certos no local certo, na hora certa, com um só objetivo: vencer batalhas. Atualmente, a logística é responsável pelo planejamento, operação e controle de todo o fluxo de mercadorias, desde a fonte fornecedora até o consumidor [27].

[...] inicialmente, em seu conceito mais simples, a logística foi definida como o movimento de materiais do ponto de origem ao ponto de consumo. Assim também aconteceu com a logística reversa, que teve como definição nos anos 80 o movimento de bens do consumidor para o produtor em um canal de distribuição. [28]

Segundo CLM [29], logística reversa é um amplo termo relacionado às habilidades e atividades envolvidas no gerenciamento de redução, movimentação e disposição de produtos e embalagens. Este conceito não leva em consideração outros fatores que faz da logística reversa um importante instrumento contra degradação ambiental, como reutilização, reciclagem de produtos ou qualquer retorno desses produtos ao ciclo de vida produtivo. [30]

Stock [31] amplia o conceito de logística reversa preocupando-se com outros termos, tal como a reciclagem e disposição dos resíduos. Então, destaca que a logística reversa é uma perspectiva da logística de negócios. O termo refere-se ao papel da logística no retorno de produtos, redução na fonte, reciclagem, substituição de materiais, reuso de materiais, disposição de resíduos, reforma, reparação e remanufatura.

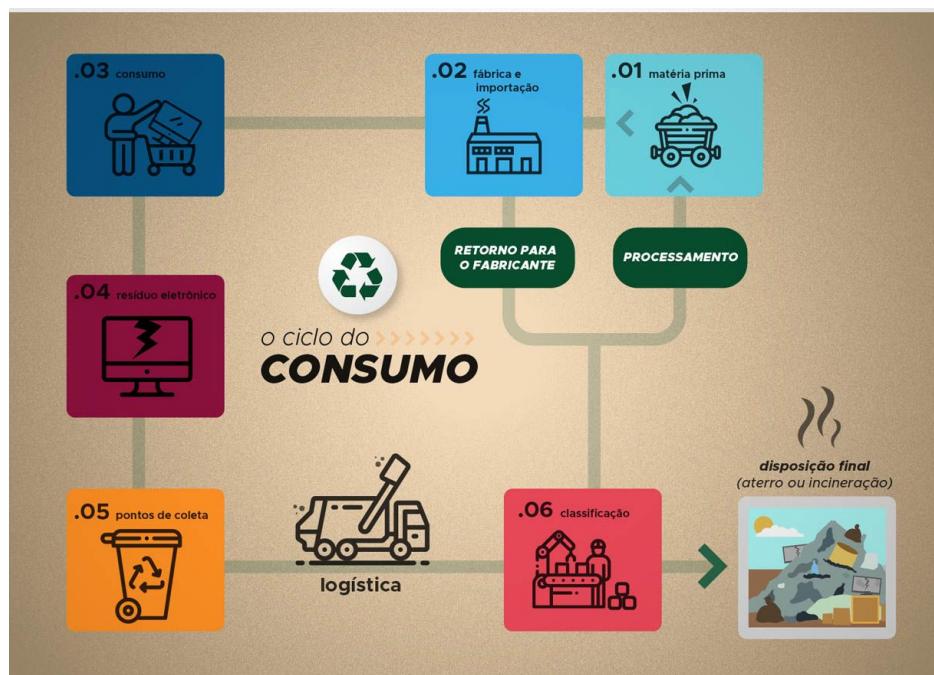
6.1 Dificuldades na adoção da logística reversa

Existem muitas dificuldades para adoção do sistema de logística reversa. Para Leite [29], o motivo desse pouco interesse pelo estudo dos canais de distribuição reversa é sua pouca importância econômica quando comparada aos canais de distribuição direta, como transporte, depósito, armazenagem, estoques, ou seja, tudo que facilite a distribuição do produto por parte da empresa até a chegada para o cliente, de forma rápida e sem prejuízos. Tanto a falta de importância dada à logística reversa como o descaso da administração e a destinação insuficiente de recursos financeiros são consequências de que, para muitas empresas, não é justificável um alto investimento no processo de logística reversa [30].

Ao analisar o fluxo de logística reversa dos REEEs, é possível observar que existe uma cadeia envolvida no processo. O consumidor precisa ter um local para o descarte adequado, onde coletores, empresas ou cooperativas realizam a retirada do material, que é enviado para uma classificação e separação de modo que esse material possa ser reaproveitado ao máximo, antes de ter seu descarte no aterro. Isso diminui a quantidade de lixo tóxico a ser incinerado e gera matéria prima, com menos degradação ao meio ambiente, para que novos produtos possam ser fabricados. O projeto do EEE pode ser pensado para uma desmontagem adequada de modo que peças possam ser reaproveitadas na sua totalidade, sem ter que retornar ao processo de matéria prima, que encarece o fluxo.

No Brasil, existem algumas dificuldades com relação ao tema de tratamento dos REEEs, ligadas a diferentes características. Uma delas está relacionada ao fato de que muitos produtos chegam pré fabricados.

Figura 5 - Fluxo de logística reversa do REEE.



Fonte: 2018 [32]

No tocante a outros cenários, citados logo acima, o Brasil criou resoluções no Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama, 1999), órgão ligado ao Ministério do Meio Ambiente, já citados acima, e, embora o principal foco da resolução seja o descarte de pilhas e baterias, isso já indica um avanço para uma legislação de responsabilidade ambiental. Juntas, elas representam uma importante parcela das preocupações ambientais e que o país e o mundo olham, tendo em vista o tema do lixo eletrônico.

Outra forte iniciativa que é observada é a das Nações Unidas, para a criação do *Solving the E-Waste Problem* (STEP) - reduzindo o problema do e-lixo (lixo eletrônico). Este projeto quer propor a harmonização das políticas e legislações ligadas aos REEE e ainda criar padrões mundiais de soluções.

6.2 Importância dos sistema de logística reversa

Pesquisas realizadas pela Estrada [33] mostram que apenas 11% do lixo é reciclado no mundo. Neste cenário, é fácil visualizar a importância da construção de um sistema de logística reversa, o que, na prática, não é tão simples, já que a nossa sociedade está acostumada a não se preocupar com os resíduos gerados e a tecnologia avança de modo desenfreado.

O reaproveitamento não é um conceito atual, de modo geral. Vê-se que a sociedade já está bastante acostumada com reuso, reaproveitamento, remanufatura e outros. O *Council of Logistics Management* (Conselho de Gestão Logística) (CLM, 2001) define a logística reversa como: “o processo de planejamento, implementação e controle da eficiência e custo efetivo do fluxo de matérias-primas, estoque em processo, produtos acabados e as informações correspondentes do ponto de consumo para o ponto de origem com o propósito de recapturar o valor ou destinar à apropriada disposição” [30].

Este processo tem sua relevância, quando se imagina que, ao planejar a fabricação de EEE levando em consideração o seu processo de cominuição, tem-se um ganho ambiental, por conta dos diversos aproveitamentos que podem ser ocorrer tanto da perspectiva tecnológica como econômica, pois de maneira efetiva os custos com matérias prima diminuem e um ganho social, já que os impactos positivos da logística reversa interferem diretamente na vida das pessoas.

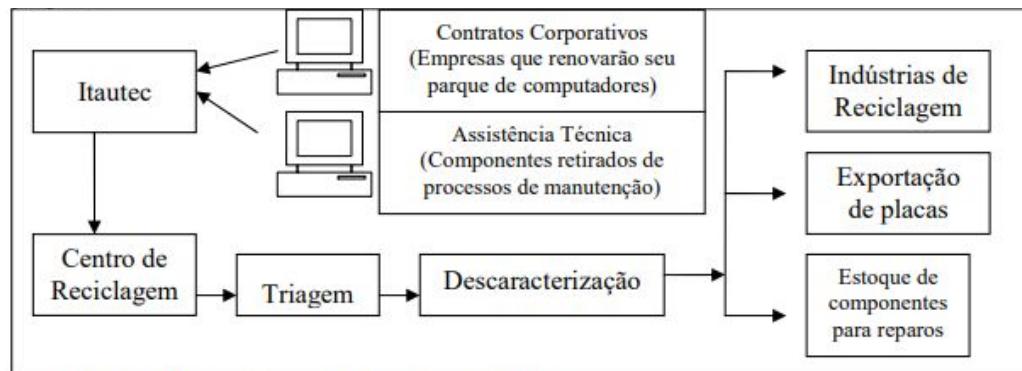
Rogers e Tibben-Lembke (1999, p. 26) afirmam que um dos principais fatores estratégicos da logística reversa é o crescente número de legislações ambientais que têm surgido em todo mundo [31]. De Brito afirma que os aspectos legislativos, como a WEEE e a Norma RoHS, são de extrema importância, pois seus objetivos são o de evitar ou diminuir a quantidade de produtos tóxicos e metais pesados que ingressam na UE [34].

6.3 Logística reversa como forma de lucro direto ou indireto

A logística reversa pode ser vista como uma forma de obtenção de lucro direta e indiretamente. Isso instiga nas empresas uma nova visão de marketing social e empresarial, um contexto em que se vive no século XXI. Cada vez mais as pessoas levam em consideração a responsabilidade social e ambiental das empresas antes de consumir [35].

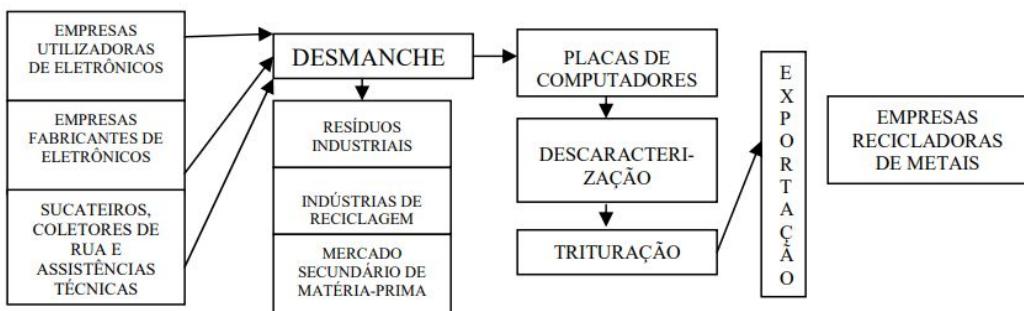
A seguir, são apresentados alguns estudos que mostram as diferentes logísticas adotadas por duas empresas: Itautec, San Lien.

Figura 6 - Fluxo de logística reversa Empresa:Itautec



Fonte: ITAUTEC, 2009 [36]

Figura 7 - Fluxo de logística reversa Empresa: San Lien



Fonte: 2009 [37]

Um fator de destaque que torna a logística reversa um fator importante na discussão da gestão dos REEEs é a obsolescência programada, pois ela aumenta progressivamente e, muitas vezes, antes mesmo de alguns produtos saírem das lojas, o que representa um grande problema para empresas, sociedade e o meio ambiente [38].

6.4 Conceito de Sociedade descartável

De acordo com Souza (1993), houve uma grande explosão consumista após os anos 50, que acabou criando a sociedade do descartável, tendo como principal estratégia por parte das organizações a obsolescência programada. As pessoas aprenderam a desperdiçar, a usar e descartar bens de todos os tipos. Tal atitude vem desencadeando problemas ambientais que poderiam ser evitados através da reciclagem dos resíduos sólidos. Segundo Demajorovic [39], o termo lixo foi substituído por resíduos sólidos, e estes que antes eram entendidos como meros subprodutos do sistema produtivo passaram a ser encarados como responsáveis por graves problemas de degradação ambiental.

6.5 O que se ganha com o processo de logística reversa?

Para se discutir a importância do processo da logística reversa, também é importante entender o quanto de riqueza se ganha em um processo como esse, vez que os materiais redestinados e o tratamento, fazem referência a uma situação extremamente prejudicial. Neste sentido, a tabela abaixo mostra a composição dos elementos tóxicos presentes em EEE [40].

Quadro 2 - Elementos tóxicos presentes em módulos básicos dos EEE. [44]

pág. 118.

Componentes	Aplicações	Elementos potencialmente perigosos
Placas de circuito interno	Utilização em quase todos os EEE, desde geladeiras modernas até computadores	Chumbo (Pb e antimônio (Sb) em ligas, cádmio (Cd) em contatos e interruptores, mercúrio (Hg) em interruptores e relés, retardantes de chamas e bromados
Baterias	EEE portáteis	Níquel e Cd em baterias Ni-Cd, Pb em baterias chumbo-ácidas, mercúrio em baterias de Hg
Componentes contendo mercúrio	Termostatos, sensores, relés, interruptores, lâmpadas, equipamentos médicos, equipamentos de telecomunicação	Mercúrio (Hg)
Tubos de Raios Catódicos	TVs antigas, monitores抗igos, osciloscópios	Pb, Sb, Cd no vidro
Cabos, cordões e fios	Diversos	Cd, cobre (Cu), plástico, Cloreto de polivinila (PVC), retardantes de chama bromados
Visor de cristal líquido (LCDs)	Diversos	Cerca de 20 substâncias distintas

Circuitos de refrigeração	Aparelhos antigos de ar condicionado, freezers, geladeiras	Clorofluorcarbonos (CFCs)
Cartucho de tinta	Impressoras, aparelhos de fax, copiadoras	Poeira de carbono e negro fumo, material produzido a partir da combustão incompleta de derivados pesados de petróleo.

Fonte: SEPA, 2011 [42]; ANDRADE-LIMA, 2012. [41]

Isso demonstra que os REEEs são bem distintos de resíduos sólidos urbanos comuns, pois contêm tanto materiais perigosos como valiosos dentro de sua composição. Isso faz com que este tipo de material, os REEEs, necessitem de tratamento e reciclagem de forma específica e qualificada, para que, deste modo, as contaminações e os efeitos nocivos tenham uma diminuição.

7. MEDIDAS PREVENTIVAS DESTINADAS AO DESCARTE DOS REEES

Neste contexto, é importante compreender os danos que os REEES causam aos seres humanos e entender quais são os parâmetros do cenário que sofrem influência significativa, dependendo das ações tomadas em sociedade.

O descarte inapropriado e também a reciclagem inadequada dos REEES geram muitos transtornos, dentre estes, emissões de alto risco à saúde. Um estudo da UNEP realizado em 2011 [43] traz à tona quais seriam esses diferentes níveis de emissões tóxicas e como elas podem ser diferenciadas:

- Emissões primárias, decorrentes de substâncias perigosas presentes no resíduo eletrônico (Pb, Hg, arsênio (As), PCBs, fluídos de refrigeração e outros).
- Emissões secundárias, decorrentes de reações resultado de tratamento de inadequado do REEE (dioxinas de furanos originários de incineração inadequada de plástico contendo retardantes de chama e halogenados), e
- Emissões terciárias, decorrentes do uso de substâncias ou reagentes empregados durante o processo de reciclagem (cianeto ou outros agentes lixiviadores, mercúrio para amalgamação etc.)

7.1 O que a intoxicação dos REEES podem causar ao ser humano?

Dessa maneira, é mais fácil enxergar os recorrentes erros que podem ser cometidos dentro das medidas de tratamento, caso haja ausência de conhecimentos e estudos para os tratamentos destes materiais. O manejo correto deste material garante não só o controle dos efeitos que podem ser causados por conta do

manuseio incorreto ou até mesmo da destinação incorreta, como se pode ver na planilha abaixo, mas também medidas estratégicas para preservação do meio ambiente.

Quadro 3 - Efeitos das substâncias tóxicas, presentes nos REEE, em seres humanos

Substância	Via de contaminação	Efeito
Cádmio	Manuseio inalação, ingestão de alimentos e água contaminada	Dermatite Disfunção renal, comprometimento pulmonar, nos ossos e no fígado
Chumbo	Ingestão de alimentos e água contaminada, inalação e manuseio	Disfunção renal, anemia, alteração no sistema nervoso e reprodutivo, alteração no fígado e aumento da pressão sanguínea.
Cristal Líquido	Manipulação	Dermatite
CFCs	-	Destroi a camada de ozônio, causando efeitos indiretos ao ser humano
Mercúrio	Ingestão de alimentos, como peixes e crustáceos contaminados, inalação e manuseio	Lesões renais, alteração neurológica, alteração no sistema digestivo
Níquel	Manipulação Ingestão de água e alimentos contaminados inalação de poeira contendo este metal	Dermatite Alteração no sistema digestivo Alteração de células sanguíneas, alterações renais, e comprometimento pulmonar.
Poeira de carbono e	inalação de poeira	Comprometimento

negro fumo		pulmonar
PVC	Manipulação Inalação de dioxinas e furanos decorrentes de incineração	Dermatite Alteração no aparelho reprodutivo e no sistema linfático, ação teratogênica e carcinogênica
Retardantes de chama bromados	Manipulação Inalação	Diversos efeitos em animais que ainda estão em avaliação para seres humanos foram observados em exposições crônicas, entre eles efeitos neurotóxicos, no sistema endócrino e imunológico Inalação de dioxinas e furanos decorrentes de incineração
Antimônios	Manipulação Inalação de poeira contendo esse metal	Dermatite Irritação do trato respiratório e substância potencialmente carcinogênica

Fonte: [44] pág.118 e 119 baseado nos dados ANDRADE-LIMA, 2012 [41]

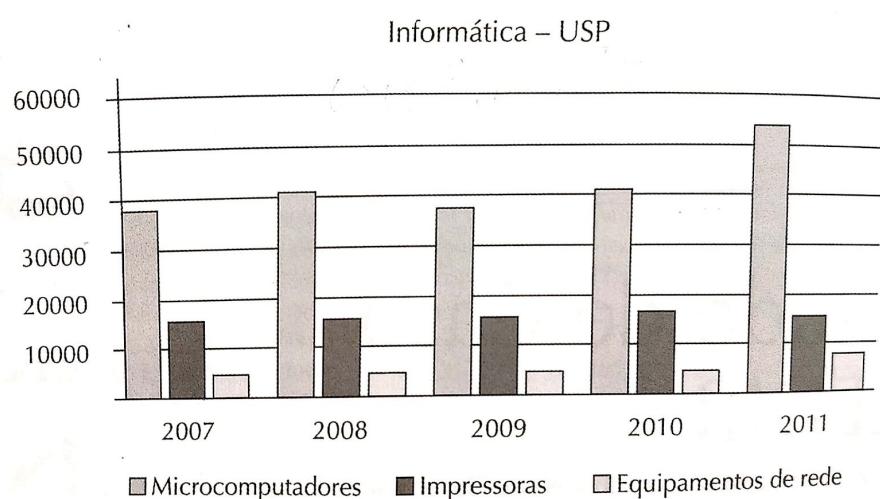
8. ESTUDOS DE CASOS

No Brasil, há uma pequena demanda para o tema de lixo eletrônico e, quando se fala do tratamento deste material, pode-se dizer que muitas soluções ainda são embrionárias. Neste sentido, um dos focos deste trabalho foi buscar alguns grupos de estudos que focaram neste tema e que podem trazer propostas de formatos de reutilização, redestinação ou até mesmo reciclagem.

8.1 CEDIR (Centro de Descarte e Reúso de Resíduos de Informática)

Um destes projetos é o Centro de Descarte e Reúso de Resíduos de Informática (CEDIR). Ele foi fundado em 2009 com o objetivo inicial de dar tratamento aos resíduos gerados pela Universidade de São Paulo (USP), por conta do mal funcionamento ou obsolescência de equipamentos dentro do Campus. Este número vinha se tornando mais significativo ano após ano, por conta da evolução tecnológica dessa universidade.

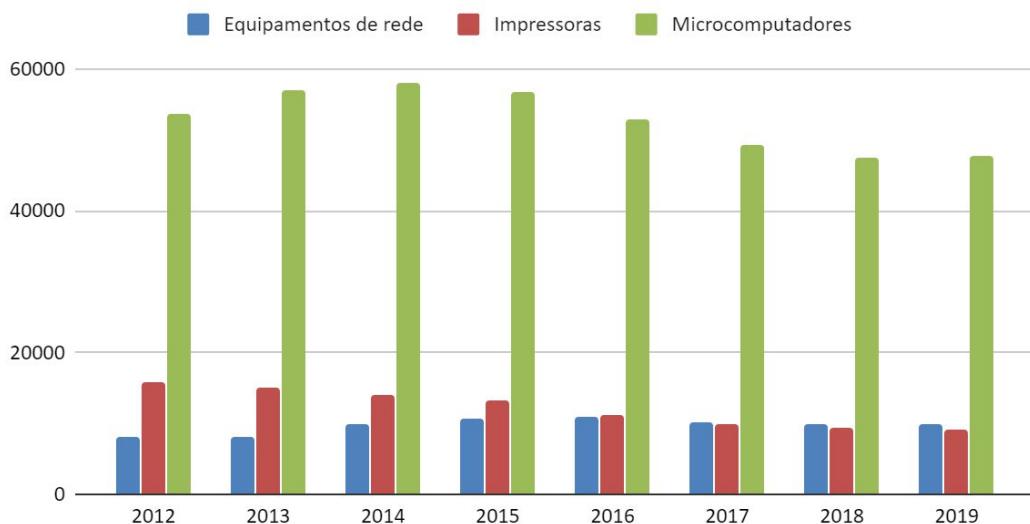
Gráfico 2 - Inventário anual de EEE da USP organizado pelo CEDIR



Fonte: CEDIR 2012.[44]

Gráfico 3 - Inventário anual de EEE da USP

Dados estatísticos de equipamentos na USP: Fonte Anuário Estatístico da USP



Fonte: Próprio autor a partir de dados do anuário da USP, 2019. [45]

O CEDIR estava muito atento a um tema que, nos próximos anos, pode tomar proporções inimagináveis. Um estudo sobre os dados da USP (anuário estatístico de 2011) mostra que houve um crescimento de 29,94% de microcomputadores, 74,72% de equipamentos de rede em relação à 2010 (vide gráfico 2).

Em abril de 2010, o CEDIR abriu as portas e iniciou seus trabalhos, com atendimento inclusive para pessoas físicas. Desde lá, vem crescendo o campo de atuação, com atividades complementares, como: remanufatura de microcomputadores para atendimento a projetos sociais, escolas públicas sem recurso de informática e provisão de peças para o desenvolvimento de pesquisas em diversas universidades.

Observando-se os anos seguintes, percebe-se que este aumento continuou, principalmente levando em consideração os microcomputadores, e só deu uma decaída após a universidade passar por questões econômicas e parte dessa decaída pode ter ocorrido com a otimização.

Em 2007, foi criada a comissão de sustentabilidade com o objetivo de levantar os problemas ambientais do Centro de Computação e Eletrônica da Universidade de São Paulo (CCE-USP). Este projeto envolvia parâmetros como o uso racional de energia e água e até mesmo tratamento sustentável do lixo eletrônico. Este projeto foi muito importante e desencadeou uma série de propostas que terminaram por culminar na abertura do CEDIR.

Um dos projetos criados nesta fase foi o selo verde da USP. Este selo atesta que as máquinas supervisionadas estão em conformidade com a diretriz europeia RoHS, que prevê a não-utilização de insumos tóxicos ao meio ambiente na fabricação de equipamentos. Naquele ano, a Itautec, se sagrou vencedora em um processo licitatório envolvendo o fornecimento de desktops e notebooks, recebendo a distinção da Universidade como reconhecimento à iniciativa da Itautec de produzir computadores sem metais pesados, como chumbo ou cádmio, e que, em linha com o conceito de TI verde, apresentam maior eficiência energética. Estas características também estão em concordância com os trabalhos do CCE-USP, ilha de inovação sobre TI verde e sobre destinação de resíduos tecnológicos e que, neste ano, estabeleceu um divisor de águas com a primeira compra pública de volume de desktops e notebooks em que a observância à diretriz RoHS foi um qualificador, sinalizando a crescente importância do tema sustentabilidade como item na agenda do gestor de TI [46].

8.1.1 Atuação

Em 5 de junho de 2008, foi realizada a primeira ação para coleta dos REEEs. Esta ação teve o nome de “Operação Descarte Legal”, na qual foram arrecadados 5,2 toneladas de material EEE, mas percebeu-se que somente os colaboradores do Centro de Computação Eletrônica (CCE) participaram. Ao obter o material, diversas empresas de reciclagem foram contatadas, para a destinação correta do material,

contudo, constatou-se que não havia mercado nem mão de obra apta para realizar o procedimento correto de separação destes materiais, principalmente levando em consideração o alto índice de toxicidade que eles têm. Além disso, o procedimento padrão dessas cooperativas era a retirada do plástico que estão presentes nestes EEE, o que tem pouco valor no mercado, trazendo então um alto grau de desinteresse destas empresas.

Percebendo isso, o CEDIR, caminhou para o que seria o próximo passo da organização. Eles começaram a catalogar as cooperativas que têm interesse ou poderiam se tornar aptas a receber REEE para realizar o tratamento e a destinação correta. Outra coisa que se pode constatar com a ação da “Operação Descarte Legal” é que os equipamentos que as cooperativas tinham o menor interesse são: impressoras, bens de informática, e computadores obsoletos ou sem uso.

Com todas essas informações em mão, foi criado um centro de desenvolvimento que pudesse realizar o pré processamento do material e ainda possibilitar o aprendizado a cooperativas e coletores para o devido tratamento dos REEEs recolhidos.

8.1.2 Objetivos do CEDIR

- Identificar o fluxo de vida dos equipamentos eletrônicos
- Implementar o programa de coleta e descarte do lixo eletrônico
- Propor soluções para o reaproveitamento e/ou reciclagem do lixo eletrônico
- Pesquisar projetos sociais que poderiam receber sistemas eletrônicos para reúso
- Pesquisar empresas especializadas e capacitadas em reciclagem ambientalmente correta do lixo eletrônico
- Elaborar métodos de homologação e certificação tanto dos projetos sociais como dessas empresas de reciclagem

- Identificar parcerias críticas para o centro
- Ser referência na destinação final correta de resíduos eletrônicos

8.1.3 Operação

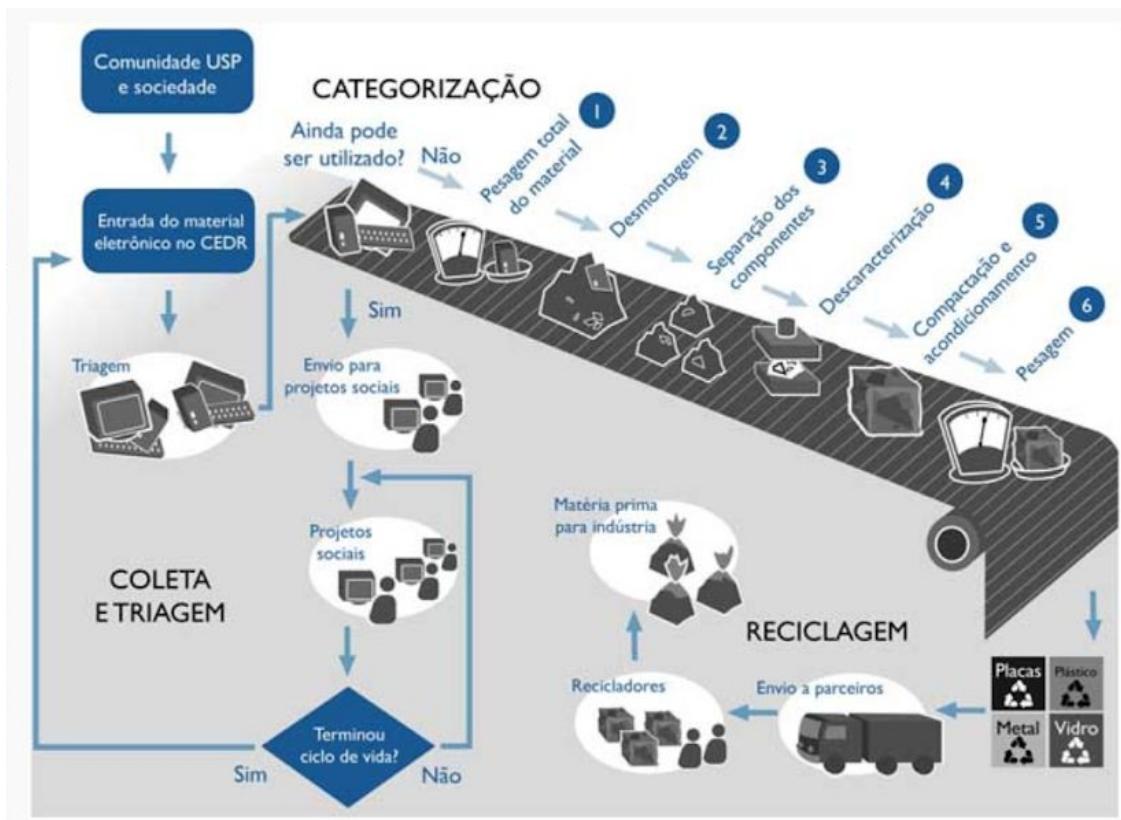
- Recepcionar os equipamentos eletroeletrônicos obsoletos da USP, que estejam despatriados, dos seus colaboradores e pessoas físicas da comunidade do entorno.
- Efetuar triagem do material a partir da possibilidade de reutilização
- Consertar equipamentos eletrônicos que possam ser reutilizados
- Separar e classificar os inservíveis conforme composição, ou seja, plástico, metais, placas eletrônicas, cabos etc.
- Armazenar o material até a redestinação, ou recolhimento de empresas certificadas

8.2 Projeto Eco Eletro

Em parceria com a Petrobras, o Laboratório de Sustentabilidade em Tecnologia e da Informação e Comunicação (LASSU), Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais (PCS) e o Instituto GEA. Foi criado o projeto que tinha como finalidade ensinar questões relacionadas ao manuseio dos REEEs, para evitar contaminação no processo e contaminação do meio ambiente.

Até novembro de 2012, 12 cooperativas participaram do projeto e as ações melhoraram o valor de venda de vários materiais. Os REEEs tiveram um aumento de 10 vezes no seu valor antes do projeto. Passaram de R\$ 0,29 para R\$ 3,07. Ao todo 16 turmas de coletores participaram, totalizando 180 pessoas treinadas e formadas, que correspondiam a uma demografia representativa de 28 cidades dentro e fora do estado de SP.

Figura 8 - Fluxograma de operação do CEDIR



Fonte: CEDIR, 2012 [48]

O CEDIR, desde a sua fundação, consegue abranger várias esferas da sociedade, pois tratar os REEEs é mais do que se preocupar com a destinação correta dos materiais, mas sim mexer com aspectos econômicos e culturais de uma sociedade que ainda está entendendo como é conviver em um mundo tão tecnológico e automatizado.

Figura 9 - Repartição de setores nos quais a CEDIR consegue atuar



Fonte: CEDIR, 2010. [44]

8.3 Green Eletron

A Green Eletron é uma entidade gestora para a logística reversa de produtos eletroeletrônicos. A organização sem fins lucrativos, fundada em 2016 pela Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (Abinee), atende à demanda crescente das empresas, governo e sociedade, pela criação de alternativas para a coleta e tratamento adequado dos eletroeletrônicos em seu fim de vida e cumprimento da Lei 12.305/10 PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos [47].

Embora a Green Eletron não seja uma recicladora, ela é parte fundamental do processo de logística reversa, pois sem esse tipo de empresa, não seria possível fechar o ciclo de reciclagem. A Green Eletron trabalha como uma espécie de ponte. É ela quem garante que todos os caminhos burocráticos sejam seguidos pela empresa que deseja tê-la como parceira, recolhe os REEEs e os redestina.

Nesse sentido, a Green Eletron, é parte do fluxo para que a destinação ocorra de forma correta. Uma vez que os REEEs foram recepcionados, a Green Eletron redireciona para duas recicladoras que ela tem como parceira e que espera que este número cresça, já que, com a assinatura do Acordo Setorial de Logística Reversa de Eletroeletrônicos, em 2019, e a publicação do decreto número 10.240, ainda este ano (2020), deve também crescer a demanda pela expansão da área de atuação da gestora.

Para garantir a segurança da cadeia, a Green Eletron tem altos padrões de homologação. São exigidos alguns passos e documentos para que uma empresa recicladora possa ser considerada, oficialmente, uma recicladora homologada. Além disso, é preciso garantir que a empresa possua rastreabilidade em todas as etapas da sua cadeia de atuação, desde o processo de recolha até o processo de redestinação como matéria prima.

Abaixo, são listadas as informações de quais são os cuidados que cada empresa recicladora deve ter para que possa ser parceira da Green Eletron:

- **CTF e CR do Ibama:** ambos os registros atuam como garantia de que as atividades realizadas pela empresa estão alinhadas com a legislação ambiental. O **Cadastro Técnico Federal** é necessário tanto para pessoas físicas quanto jurídicas, que realizam Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais (APPs); já o **Certificado de Regularidade** é o documento através do qual o Ibama atesta a conformidade da empresa com as obrigações do cadastro.
- **Auto de Vistoria do Corpo de Bombeiro (AVCB):** um dos principais documentos que qualquer empresa deve ter para que receba um alvará de funcionamento. É um atestado de que o local está em conformidade com as regras de segurança e prevenção de incêndios.
- **ISO 14001:** é uma norma da ABNT, cujas diretrizes focam no desenvolvimento de um sistema de gestão ambiental, com o objetivo de estabelecer diretrizes e políticas ambientalmente sustentáveis.
- **Condicionantes LO:** um conjunto de deveres, assumidos pelo empreendedor, que garantem a regularidade ambiental das atividades que se pretende realizar. A sigla LO

significa Licença de Operação.

- **Documento/ licença de transporte (caso aplicável):** documento exigido por alguns estados para regularizar o transporte de resíduos. Por exemplo, o Certificado de Movimentação de Resíduos de Interesse Ambiental (CADRI) no estado de São Paulo, emitido pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) em algumas situações, ou o Licenciamento Ambiental simplificado por cadastro (LAS Cadastro) no estado de Minas Gerais.
- **Outorga (caso aplicável):** a água é um recurso coletivo administrado pelo Poder Público. No caso de atividades que se utilizem de cursos d'água, rios ou lagos, é necessária uma outorga, ou seja, uma licença do governo.
- **Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO) e Programa de Prevenção de Risco Ambiental (PPRA):** ambas as legislações atuam como reguladoras da segurança do trabalho e são necessárias a qualquer empresa. O **PCMSO** é uma norma reguladora que visa identificar, antecipadamente, qualquer aspecto que possa afetar a saúde dos colaboradores do empreendimento. Em conjunto, age o **PPRA**, que busca estabelecer um plano de ação para a preservação da integridade física e mental dos funcionários.
- **Certificação R2:** não é obrigatória, mas que deve ser uma meta para os recicladores do sistema da Green Eletron. O R2 é um conjunto de processos, documentos e medidas de segurança para recicadoras de equipamentos eletrônicos. É conquistada por meio de uma auditoria independente e reconhecida globalmente.
- **Anotação de Responsabilidade Técnica (ART):** documento exigido a serviços ou obras de Agronomia, Engenharia, Geografia, Geologia e Meteorologia. A **ART** é obrigatória a contratos dessa área e tem o objetivo de regular as atividades da empresa, garantindo à sociedade que estão sendo realizadas por um profissional capacitado.
- **Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS):** pretendendo identificar o tipos e a quantidade dos resíduos que uma empresa produz, o **PGRS** é um documento que indica a forma correta de manejo, transporte, reciclagem e disposição final deste material.
- Também são pré-requisitos alguns documentos e licenças padrão. São eles: Licença de Operação junto ao órgão ambiental, licença de exportação (caso necessário), apólice de seguro da empresa e o Plano de Atendimento a

Emergências.[49]

A Green Eletron, desde 2016, vem se expandindo. Atualmente, possui 215 pontos de coleta, distribuídos em 77 cidades. Por meio desses coletores, é viabilizada a participação da população na logística reversa. A empresa, visando possibilitar a maior proporção de reciclagem dos EEEs, propõe uma linha na qual o cidadão, independentemente do seu nível de conhecimento, possa contribuir de forma ativa no sistema de logística reversa.

Este tema é de extrema importância se analisada a Lei Nº 12.305, que fornece as orientações gerais para a correta destinação e tratamento dos resíduos sólidos. Esta lei aborda principalmente o seguinte:

- (1) compromisso dos fabricantes para análise do ciclo de vida do produto, da sua produção, utilização pelo consumidor e a responsabilidade do descarte e reciclagem das embalagens;
- (2) obrigatoriedade do tratamento dos resíduos sólidos gerados, ou reaproveitamento destes em novos produtos;
- (3) responsabilidade compartilhada – conjunto de atribuições dos fabricantes, dos importadores, dos distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços de públicos de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos gerados pela minimização do volume de resíduos gerados, bem como pela correta destinação pós-consumo e;
- (4) logística reversa – integração dos três setores da sociedade para o cumprimento desta lei, por meio de regulamentações e com transparência. [50]

A existência da Lei e a forma que ela foi regulamentada, sozinha seria apenas mais um desejo utópico, pois cada um dos pilares são de suma importância para que de fato essa medida possa contribuir para a redução dos REEE.

Visando toda essa questão, a Green Eletron criou toda uma metodologia visual para comunicar o usuário, como os módulos que ele pode descartar dentro dos coletores da Green Eletron. Essa lista contém cerca de 86 módulos (lista esta que pode ser consultada no link da referência [51]). Essa lista de equipamentos não necessariamente está disponível para cada usuário, mas de forma geral, o contêiner de descarte já é auto explicativo.

Figura 10 - Coletores da Green Eletron



Fonte: Green Eletron, 2019 [47]

O *design* dos coletores foi pensado para que ele possa ter o melhor desempenho independentemente de onde ele estiver. A Green Eletron desenvolveu cinco tipos diferentes de Pontos de Entrega Voluntária (PEVs). Eles foram projetados para conseguir garantir quatro itens essenciais para o funcionamento do sistema da logística reversa de eletroeletrônicos. São estes [47]:

Demanda de descarte: os coletores são sempre instalados em locais com boa visibilidade e alta circulação de pessoas, para que facilite a identificação por parte do consumidor. São selecionados locais que tenham potencial de alta demanda de descarte.

Espaço disponível: além do fluxo de circulação, é necessário avaliar o tamanho disponível no local para a instalação do coletor.

Estética e informação: outro aspecto a ser considerado é a aparência dos coletores, que devem ser agradáveis aos clientes e aos parceiros que os recebem. Além disso, ele precisa ser auto explicativo, contendo informação sobre quais produtos podem ser descartados e, às vezes, em diferentes compartimentos do mesmo coletor.

Segurança: quando o consumidor faz o descarte do seu lixo eletrônico em um coletores da Green Eletron, ele precisa ter a garantia de que aqueles aparelhos terão uma destinação ambientalmente correta e que apenas a equipe da Green Eletron poderá acessar os produtos. Por isso, todo maquinário é pré projetado para que apenas um funcionário habilitado da Green Eletron consiga abri-lo e que os coletores não representem nenhum risco de intoxicação para o ambiente no qual ele se encontra localizado.

O coletores é o maior que a empresa tem disponível e dentro da suas repartições existem várias travas de segurança. O equipamento tem um tamanho projetado para locais com muita demanda e alto potencial de descarte de REEE. Comporta aproximadamente 500 kg de eletroeletrônicos descartados. Também é possível fazer o descarte de pilhas neste coletores, pois em outros tipos de coletores, não há um local adequado para o descarte de pilhas e, por isso, o usuário não pode descartá-las.

Figura 11 - Como é dentro de um coletores da Green Eletron

PONTO DE ENTREGA VOLUNTÁRIA (PEV)

MODELO Tamanho GG



Fonte: Green Eletron, 2019 [47]

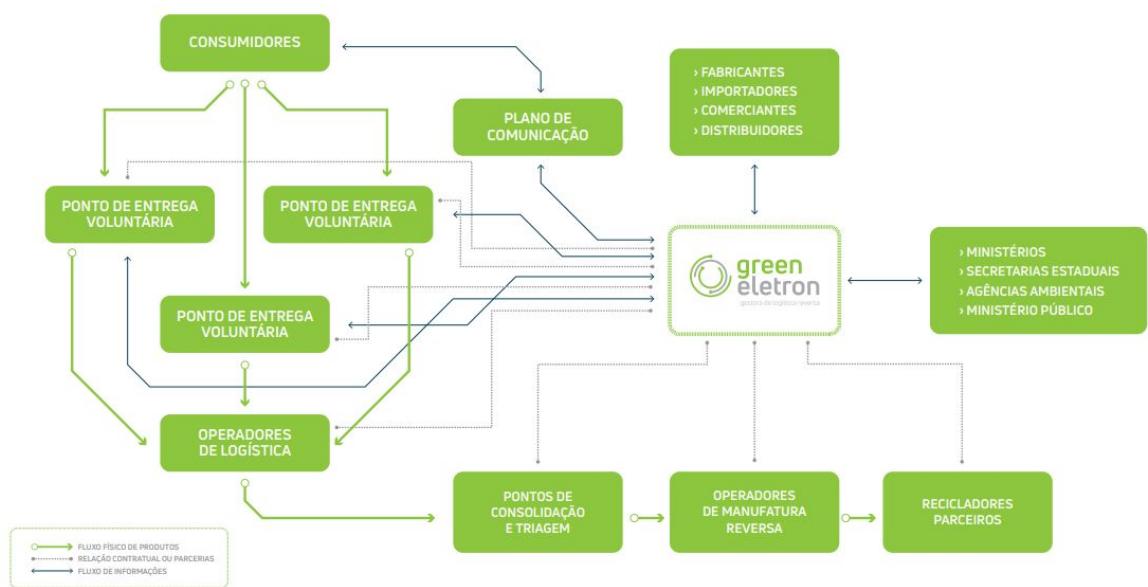
De modo geral, a Green Eletron tem grande responsabilidade para conseguir

e contribui tanto para o Acordo Setorial, que define as regras para a logística reversa apenas dos eletroeletrônicos de uso doméstico, ou seja, aqueles que são descartados voluntariamente pelos consumidores, quanto para o PGRS, que estabelece a obrigação das empresas que geram resíduos que não sejam equiparados aos resíduos domiciliares ou gerem resíduos perigosos.

Elá é a representação do fechamento do ciclo. E, uma vez que os produtos são endereçados às empresa recicladoras, um novo ciclo se inicia, que passa pela triagem, separação e redestinação do material.

Em 2019, a Green Eletron coletou e deu a destinação correta para mais de 514 toneladas de eletroeletrônicos, pilhas e baterias portáteis. Possui atualmente 104 PEVs de eletroeletrônicos instalados, sendo 72 disponibilizados ainda em 2019, e 2.245 unidades voltadas a pilhas e baterias, que teve um aumento de mais de 500 novos coletores em 2019.

Figura 12 - Fluxo de correlações e impactos a partir do desenvolvimento do trabalho da Green Eletron



Fonte: Green Eletron, 2019. [52]

Em 2019, dez novas empresas fabricantes, importadores ou distribuidores de

eletroeletronicos e pilhas se associaram à Green Eletron. Até o momento, são 54 organizações representando 61 marcas. Atualmente, a Green Eletron, conta com o apoio de duas recicadoras homologados que fazem a reciclagem e destinação correta do lixo eletrônico, a Sinctronics e a GM&C Soluções em Logística Reversa e Reciclagem LTDA. Outras duas novas recicadoras já estão na fase final de avaliação [53].

8.4 Recicadoras Situadas No Brasil

No Brasil, não há tecnologia para reciclar placas de circuito impresso. Sendo assim, este material é triturado e enviado para países como Alemanha, Bélgica, Cingapura, Canadá e EUA [44].

Aqui no Brasil, é possível encontrar algumas sedes de recicadoras internacionais, que ficam responsáveis por importar o lixo brasileiro para os países que de fato realizam a reciclagem.

Umicore: Iniciou suas atividades industriais no Brasil em 2003, possuindo unidades industriais nas cidades de Americana (SP), Guarulhos (SP) e Manaus (AM). Ela é um grupo que trabalha com tecnologia de materiais e reciclagem, tendo suas atividades centralizadas em três áreas de negócios: Catálise, Energia e Tecnologia de Superfície e Reciclagem [54].

Ativa Reciclagem: Situada em Guarulhos, especializada na Prestação de Serviço de Reciclagem de Lâmpadas, Reatores e CRT. Realiza a reciclagem da sucata de informática compreendida pela desmanufatura e descaracterização de resíduos de aparelhos elétricos e eletrônicos [55].

Cimélia: Sua planta principal está em Cingapura e possui pontos de coleta no Brasil, EUA, Alemanha, Japão, Malásia e Índia. Localizada em Campinas, reverte 100% da reciclagem do material coletado.

IZN Recicle Brasil: Fundada em 1998, é uma empresa de coleta e destinação de resíduos recicláveis. Ao coletar os resíduos de empresas, indústrias e comércios, é realizada separação, desmanche, classificação destes e posteriormente são destinados ao tratamento final. Está localizada em Porto Alegre [56].

Lorene: Com sede em São Paulo e possui mais 12 unidades espalhadas pelo Brasil. Fundada em 1997, é uma das empresas que cuida da destinação ambientalmente correta de resíduos de materiais que contenham metais preciosos (eletrônicos, catalisadores, carvão ativado etc.) e aço inox [57].

Oxil: Fundada desde 1998, realiza a manufatura reversa de eletrônicos, garantindo, com segurança e rastreabilidade, a correta destinação de eletroeletrônicos. Descaracteriza totalmente os materiais e proporciona um reaproveitamento de mais de 90% de materiais eletroeletrônicos. Possui sede em São Paulo e conta com mais 10 unidades por todo Brasil [58].

Suzaquim: Cuida do reprocessamento e da destinação final de resíduos industriais, pilhas, baterias, lixo tecnológico e materiais diversos para a produção de sais e óxidos metálicos. Possui sede em Suzano [59].

TCG recycling: Fundada na Flórida em 1996, atua no México, Inglaterra, Israel, Índia e Brasil. É uma empresa que atua na reciclagem completa do lixo eletrônico, atuando com a revitalização e reutilização do produto, logística reversa e refino de metais preciosos [60].

SINCTRONICS™: É o primeiro ecossistema integrado de soluções voltadas a aplicar o conceito de economia circular no mercado eletroeletrônico do Brasil. O objetivo é elevar o conceito de reaproveitamento dos resíduos para uma escala industrial e integrada na cadeia de manufatura. Desenvolveu infraestrutura e tecnologia para coletar e transformar resíduos eletroeletrônicos em matéria prima e peças para novos produtos. Localizada em Sorocaba [61].

A reciclagem dos REEEs é o mecanismo que se mostra mais eficiente, pois, assim como todos os resíduos, o tempo de vida dos materiais em solo é longo e a decomposição deles gera resíduos tóxicos ao ambiente e seu manuseio incorreto gera contaminações irreversíveis ou até mesmo que podem ser fatais, conforme

demonstrado na tabela 1. Levando em consideração o tempo de vida dos equipamentos e o tempo em que não se utiliza ferramentas como a reciclagem para lidar com a questão, a sociedade fica refém utilizando apenas processos como descarte em aterros e incineração, provavelmente realizada de forma incorreta, contribuindo assim, para gerar cada vez mais poluentes ao longo dos anos.

Tabela 1 - Estimativa de peso e tempo de vida médio de EEE

Equipamento Eletro-Eletrônico	Peso (kg)	Tempo de Vida (anos)
PC + Monitor	25	5-8
Notebook	5	5-8
Impressora	8	5
Celular	0,1	4
Televisor	30	8
Refrigerador	45	10

Fonte: 2010 [44]

Por isso, a reciclagem é a ferramenta que minimiza os impactos. Em se tratando dela, tem-se as recicadoras que efetivamente executam essa tarefa que é fundamental para o fechamento do ciclo. A reciclagem de componentes eletrônicos pode incentivar a economia de até 82% de energia e evitar a emissão de CO₂ na atmosfera em até 71% [61].

Essas recicadoras utilizam diferentes formatos para lidar com cada parte do módulo dos equipamentos EEE. Ao analisar todo o equipamento, nem todas as partes necessariamente podem ser recicladas ou o processo para isso é facilitado.

A tabela 2 faz referência à quantidade de material que compõe um equipamento EEE, o computador, e, destes materiais, quais seriam os módulos recuperáveis, em que porcentagem e quais materiais estariam presentes neles, possibilitando sua recuperação para reinserção no ciclo de fabricação, gerando assim o que foi chamado de “Mineração Urbana” (obtenção de matéria-prima metálica a partir do lixo eletrônico e da construção civil). [63]

Tabela 2 - Relação dos materiais que compõem um microcomputador, sua função, o percentual em relação ao produto e o que pode ser reciclado deste componente

COMPOSIÇÃO DE UM MICROCOMPUTADOR			
MATERIAL	% EM RELAÇÃO AO PESO TOTAL	% RECICLÁVEL	LOCALIZAÇÃO
Alumínio Al	14,172	80	Estrutura/conexões
Chumbo Pb	6,298	5	Circuitos integrados
Germânio Ge	0,001	0	Semicondutor
Gálio Ga	0,001	0	Semicondutor
Ferro Fe	20,471	80	Estrutura, encaixes
Estanho Sn	1,007	70	Circuito, integrados
Cobre Cu	6,928	90	Condutores
Bário Ba	0,031	0	Válvula eletrônica
Níquel Ni	0,850	80	Estrutura, encaixe
Zinco Zn	2,204	60	Baterias
Tântalo Ta	0,015	0	Condensador
Índio In	0,001	60	Transistor, retificador
Vânia V	0,0002	0	Emissor de fósforo vermelho
Berílio Be	0,015	0	Condutivo térmico, conectores
Ouro Au	0,0016	98	Conexões, condutivo
Titânio Ti	0,015	0	Pigmentos
Cobalto Co	0,015	85	Estrutura
Manganês Mn	0,031	0	Estrutura, encaixes
Prata Ag	0,018	98	Condutivo

Fonte: M.C.C Microelectronics and Computer Technology Corporations-2004 [62]

8.5 Reciclagem

Existe um consenso de que o processo de reciclagem e reaproveitamento de materiais é benéfico para o meio ambiente. O processo de reciclagem se mostra fundamental para reaproveitamentos das substâncias de valor agregado, existentes nos REEEs. Uma tonelada de computadores descartados contém mais ouro do que 17 toneladas métricas de minério de ferro, além de apresentar níveis mais baixos de elementos nocivos, comuns à mineração, tais como arsênio, mercúrio e enxofre (USGS, 2001).

Porém, os subprodutos tóxicos gerados a partir da reciclagem dos REEEs também podem afetar de forma direta ou indireta a saúde dos trabalhadores das recicadoras ou prejudicar o meio ambiente. Por isso, várias medidas de segurança e, principalmente, processos organizados e com pessoal informatizado são essenciais para minimizar riscos.

Em se tratando do cenário de reciclagem, as taxas de reciclagem em todo o mundo são baixas. Mesmo na Europa, que lidera o mundo na reciclagem de lixo eletrônico, apenas 35% do lixo eletrônico é oficialmente relatado como adequadamente coletado e reciclado. Globalmente, a média é de 20%; os 80% restantes não são documentados, com muitas coisas acabando enterradas há séculos como aterro sanitário. No Brasil, a taxa de reciclagem, que está bem abaixo dos 20%, escancara um cenário preocupante relacionado à reciclagem, que se demonstra uma questão fundamental dentro do ciclo do material para diminuir os impactos ao meio ambiente [69].

De modo geral, vários EEEs possuem um processo de reciclagem similar, que pode ser dividido nas etapas a seguir (UNEP, 2009; FEA, 2002).

- **Desmontagem:** Consiste na remoção de componentes que possuem substâncias perigosas como chumbo, mercúrio, CFC, e remoção das partes que apresentam substâncias de valor, como cobre, aço, ferro e metais preciosos. Nesta etapa, existe risco de contaminação para o trabalhador e para o meio ambiente.
- **Segregação de metais ferrosos, não ferrosos e plástico:** Ocorre geralmente no processo de moagem e quebra. Há novamente a possibilidade de contaminação ambiental e humana, pela inalação de poeira ou gases voláteis.
- **Reciclagem e recuperação dos materiais de valor:** Os metais ferrosos são colocados em fornos elétricos, os não ferrosos são derretidos e os metais preciosos passam por processo de separação. Nesta etapa, os riscos para o meio ambiente e ao ser humano dependem do tipo de material a ser reciclado.

- **Tratamento e disposição de materiais perigosos e resíduos:** O mercúrio é geralmente reciclado ou disposto no subsolo de aterros. Os CFCs são tratados termicamente e os PCBs são incinerados ou armazenados em compartimentos no subsolo.

De modo geral, essa seria a cadeia mais genérica de tratamento dos REEEs. Para efeito de análises, os tópicos a seguir demonstram de forma mais clara como as diferentes partes dos módulos dos REEEs passam pela reciclagem e quais são os procedimento usualmente escolhidos.

Analizando a composição do computador, por exemplo, é possível avaliar todos os processos envolvidos para que o maior aproveitamento possa ser feito da reciclagem dos módulos.

Reciclagem de Monitores: Os monitores de computadores (PC) e os televisores anteriormente feitos de tubos de raios catódicos (CRT) foram substituídos por telas LCD ou *Light Emitting Diode* (LED). Os monitores CRT obsoletos necessitam de reciclagem, porém, devido ao alto índice de contaminantes, principalmente fósforo e chumbo, e da dificuldade de descontaminação, são poucas as recicadoras que realizam o tratamento destes monitores.

Reciclagem dos Plásticos: O material plástico que compõe teclados, mouses, monitores e CPUs são as resinas termoplásticas, principalmente ABS (copolímero derivado dos três monômeros: acrilonitrila, butadieno e estireno), poliestireno de alto impacto (HIPS) e PVC (policloreto de vinila). 26% do plástico utilizado em aparelhos eletrônicos é o PVC, que é um bom isolante térmico e elétrico, resistente a choques e não propaga chamas. No entanto, pela queima poder formar dioxinas, é necessário estabelecer estratégias para tentar possibilitar a reciclagem desse tipo de polímero. Para os termoplásticos, o reaproveitamento pode ser feito através de reciclagem energética, reciclagem química ou reciclagem mecânica [t63].

Reciclagem Energética: Os resíduos plásticos são utilizados como combustível na geração de energia elétrica. O calor liberado com a incineração do plástico é similar

ao liberado com a queima de óleo combustível (1 kg de plástico libera energia equivalente à queima de 1 kg de óleo combustível) [64].

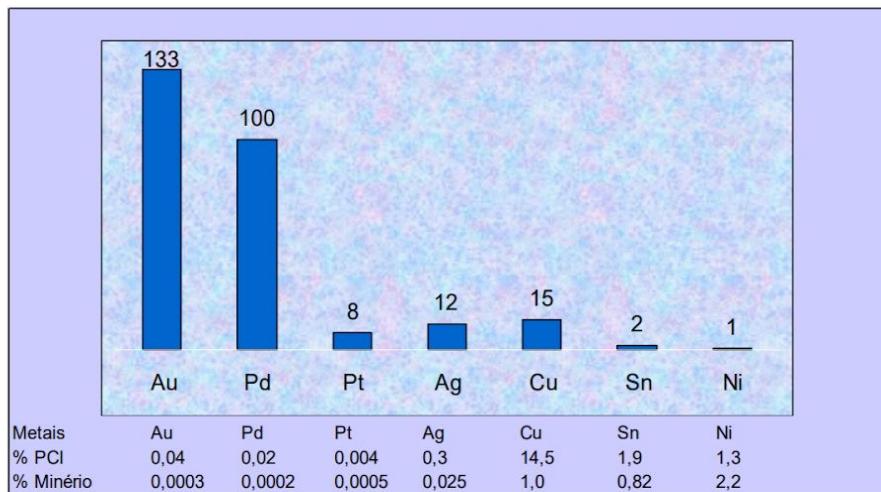
Reciclagem Química: Neste caso, o plástico é reprocessado por aquecimento sendo obtidos monômeros ou hidrocarbonetos que serão utilizados novamente na indústria petroquímica para a produção de novos plásticos. O custo, para a realização deste tipo de reciclagem, é muito elevado, não sendo atrativo para as empresas [64].

Reciclagem Mecânica: A reciclagem mecânica é a mais conhecida, principalmente, por ter um baixo custo e gerar produtos com boa qualidade. É a técnica mais utilizada no Brasil. [64]

8.6 O descarte e a aplicação da reciclagem

Como demonstrado, o descarte incorreto pode gerar muitos problemas para os lençóis freáticos e também prejudicar seriamente a saúde. Esses aspectos são o que tornam relevante o processo de reciclagem, que ajuda a minimizar esses problemas, sem esquecer do alto valor agregado de alguns materiais presentes na fabricação dos EEE, como ouro, cobre, chumbo e estanho. Em todos os circuitos eletrônicos, há uma placa de circuito impresso (PCI), confeccionada de resina ou fibra de vidro, e possui, em sua constituição, esses componentes com valor agregado e outros com potencial de poluição, se tratados de forma incorreta. [9]

Figura 13 - Aproveitamento dos materiais de uma PCI



Fonte: Simpósio de Qualidade Ambiental, Porto Alegre, 2010 [10]

Existem pesquisas, como as da *United Nations University* (UNU), *International Telecommunication Union* (ITU) e *Solid Waste Association* (ISWA), que demonstram como a aplicação correta da reciclagem dos REEE poderia ser benéfica desde a fabricação até a remanufatura. No gráfico abaixo, pode-se observar que, de acordo com a análise realizada, seria mais vantajoso tentar extraír materiais como: Au, Pd, Pt, Ag, Sn e Cu, menos o Ni, que, claramente, como demonstrado pelo gráfico, tem mais vantagem sendo extraído da própria fonte. Isso se dá pela concentração do material e sua pureza, vez que os materiais usados nesse tipo de fabricação já passaram por todos os processos de melhoramento. Algumas alterações que o material pode sofrer são advindas da forma de fabricação do componente ou até mesmo de impurezas, que são acrescentadas aos materiais para melhorar seu desempenho elétrico.

Contudo, constatar o benefício de se utilizar a placa, ao invés de gastar mais matéria prima, já é um avanço e agora é necessário caminhar para um projeto que torne essa vantagem viável. Mais do que isso, é necessário olhar para os processos

de fabricação como um todo e observar em cada uma das fases como torná-los mais eficientes, com menos desperdício e menos agressão ao meio ambiente.

Ao se avaliar cada EEE, vê-se que todos tem suas particularidades. No gráfico da Figura 13, tem-se a análise de alguns materiais presentes nas diferentes tecnologias de monitores. É possível constatar que eles são compostos de diferentes materiais. Como esse gráfico não aborda o nível de dificuldade de separação dos materiais, mas sim a porcentagem de metais presentes, uma análise que se pode fazer é que, aparentemente, esses materiais têm certa facilidade em serem reaproveitados, principalmente o ferro, plástico e vidro. Ainda é preciso entender como eles estão compostos dentro do equipamento para verificar se de fato é possível. Além disso, é preciso averiguar se o plástico presente neles é uma das composições que podem ser recicladas, pois não há tecnologia para reciclar todos os tipos de polímeros.

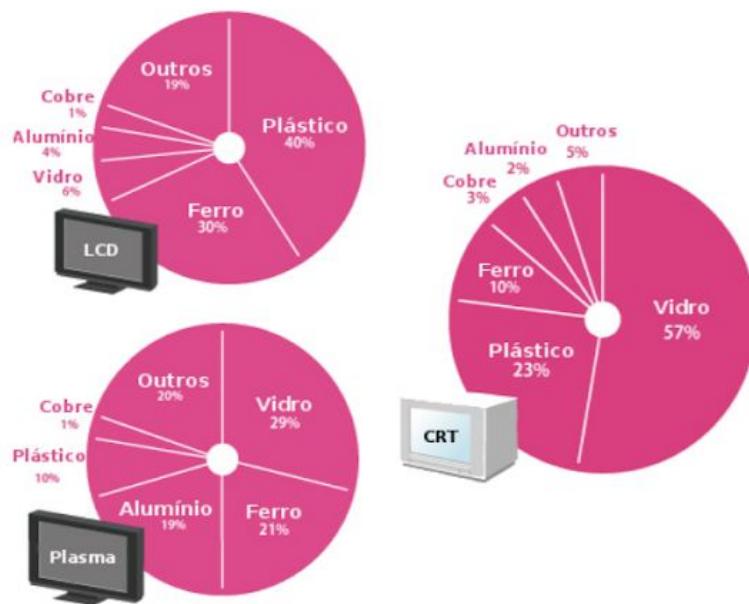
A China tem sofrido muito com essa situação. Com sua nova legislação para entrada de polímeros para as indústrias de tratamento dos REEE, que são extremamente poluentes, outros países passaram a sofrer mais com o material, que é redirecionado para nações que querem lidar com este problema com o qual a China não quer mais lidar.

8.7 Análise da composição de televisores

Na figura 14, pode-se ver a composição média dos materiais que são encontrados na composição de TVs de plasma, *Cathode Ray Tube* (CRT) e *Liquid Crystal Display* (LCD). Foi escolhido este caso, pois se trata de um equipamento simples e comum perante a sociedade. Ocorre que esses equipamentos possuem muitas diferenças tecnológicas, com um composição distinta de materiais, o que faz com que a logística reversa, ligada a cada um desses tipos de televisão (TV), seja

pensada de forma diferente. É possível ver que a composição de vidro, plástico e ferro são encontradas em todas elas.

Figura 14 - Composição média de materiais presentes nas diferentes tecnologias de monitores LCD, Plasma e CRT



Fonte: São Paulo, 2014 [11]

- O local que irá receber tem ferramentas o suficiente para dar a destinação correta para todos os outros materiais, que não são os três presentes em todas as TVs?
- Os fabricantes mantêm essas proporções de materiais para todas as TVs? Essa é uma questão que, ao longo deste trabalho, não poderá ser respondida, vez que o estudo da quantidade média de materiais presentes em cada tipo de TV não foi realizado dentro deste trabalho e, sim, foi feito o uso do gráfico, a fim de ilustrar a composição deste tipo de equipamento, para discutir quais seriam as preocupações que as empresas precisam ter para trabalhar a logística reversa destes tipo de EEE.

- E por último, entre os pontos que foram levantados, o conhecimento e o discernimento da sociedade relacionados ao descarte e diferenças destes tipos de equipamentos e a desinformação a respeito do tema fazem com que seja ainda mais difícil pensar soluções para o problema dos REEE.

Dentro desse último aspecto levantado, é possível encontrar pelo Brasil projetos e estudos que buscam minimizar a desinformação e tornar cada vez mais real a possibilidade de remanufatura e logística reversa.

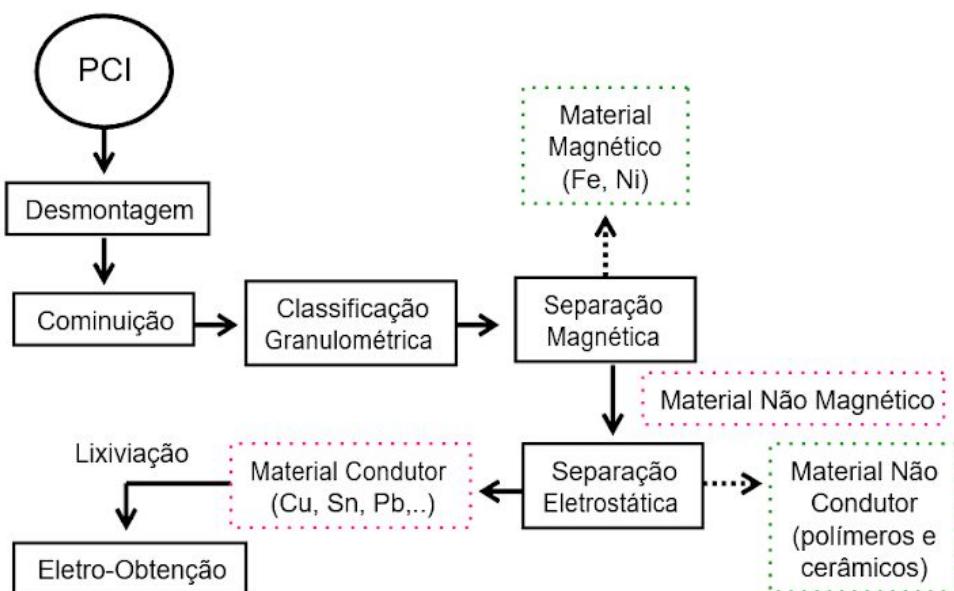
8.8 Processo de cominuição

O processo de cominuição é o procedimento no qual os REEE's como, por exemplo a PCI, vão passar por um processo específico de fragmentação para a sua reciclagem. Este procedimento deve ser visualizado desde o desenho do projeto, de modo a ser estruturado nos moldes de uma logística reversa adequada à facilitação de tal procedimento. Isso ajuda a garantir o máximo de aproveitamento dos materiais, dentro do processo de mineração urbana.

8.8.1 Reciclagem da PCI

O tratamento de uma PCI (placa de circuito impresso) é complexo. Assim, várias tecnologias têm sido desenvolvidas e/ou aprimoradas para a reciclagem deste componente presente em todos os computadores. Os processos para reciclagem de uma PCI podem ser mecânicos, químicos ou térmicos. Os principais processos são pirometalurgia, hidrometalurgia, eletrometalurgia, biotecnologia e processos mecânicos (cominuição, classificação e separação). Dentre os tratamentos possíveis, o tratamento mecânico é o menos agressivo ao meio ambiente e aos seres humanos por gerar menos resíduos contaminantes [55].

Figura 15 - Processo mecânico de reciclagem de PCI utilizado por Veit H. M



Fonte: Veit H. M, 2005 [65]

Na Figura 15, é possível verificar o processo de reciclagem da PCI, que é o processo mais complexo diante de todos os módulos do EEE. Após a separação do material, as partes não metálicas ainda tem utilização, sendo destinados à fabricação de material para construção (telhas, divisórias, placas de isolamento etc.). Contudo, suas aplicações poderiam ser ainda mais amplas, se a logística reversa fosse considerada desde o processo da sua fabricação. O processo de fabricação como se conhece hoje sofreria alterações, mas estas seriam fundamentais para fazer com que essas placas fossem reintegradas de forma mais fácil ao ciclo de reciclagem destes materiais.

9. EVOLUÇÃO DA PESQUISA SOBRE LIXO ELETRÔNICO NO BRASIL

9.1. Delineamento da Metodologia

Com o intuito de atender às expectativas propostas por esse estudo, foram realizadas pesquisas de caráter descritivo, com natureza qualitativa, pois segundo Liebscher (1998), “esse tipo de pesquisa envolve um fenômeno de natureza social, em que se pretende entender o processo no contexto social em diferentes níveis.”

Ainda neste contexto, segundo Gergen e Gergen (2006, p. 367), “a investigação qualitativa proporciona algumas das mais ricas e compensadoras explorações disponíveis na ciência social contemporânea”, pois está “repleta de entusiasmo, criatividade, efervescência intelectual e ação”.

O levantamento de dados da pesquisa, foi dividido em duas etapas: na primeira, foi realizado o levantamento de dados através de pesquisa nas plataformas CNPQ e CAPES, referentes aos trabalhos que envolvem a temática abordada. Estes dados foram obtidos a partir de fontes disponíveis na forma digital. Na segunda etapa, de natureza qualitativa, foram realizadas análises com os dados levantados e comparados ao cenário do país.

9.2 Desenho da Pesquisa

Primeiramente, foi desenvolvido um levantamento de todos os trabalhos e pesquisas feitos a partir do portal do CNPQ, filtrando-se os trabalhos referentes ao cenário do tema “lixo eletrônico”. A escolha deste portal para o levantamento foi devida ao fato de que a comunidade de pesquisa brasileira, em geral, costuma

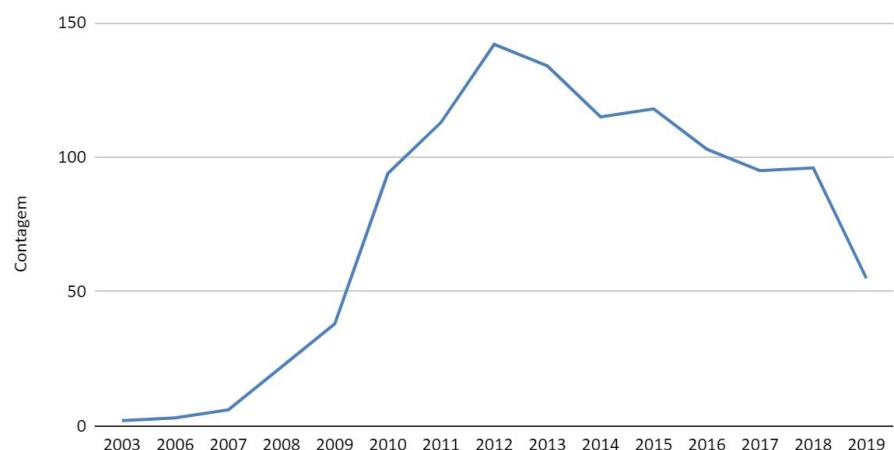
documentar todos os trabalhos nele.

Para efeitos de pesquisa, foram levantados 3.067 currículos, onde constam trabalhos ou pesquisas relacionadas ao tema. Destas, foi realizado um refinamento para chegar ao número de 1.137 trabalhos de pesquisa.

Com relação aos trabalhos, algumas análises foram feitas a fim de poder avaliar o cenário no Brasil.

Gráfico 4 - Evolução dos trabalhos sobre o tema de lixo eletrônico

Evolução dos trabalho sobre o tema lixo eletrônico na base de dados do CNPQ



Fonte: próprio autor a partir de dados do CNPQ, 2019 [66]

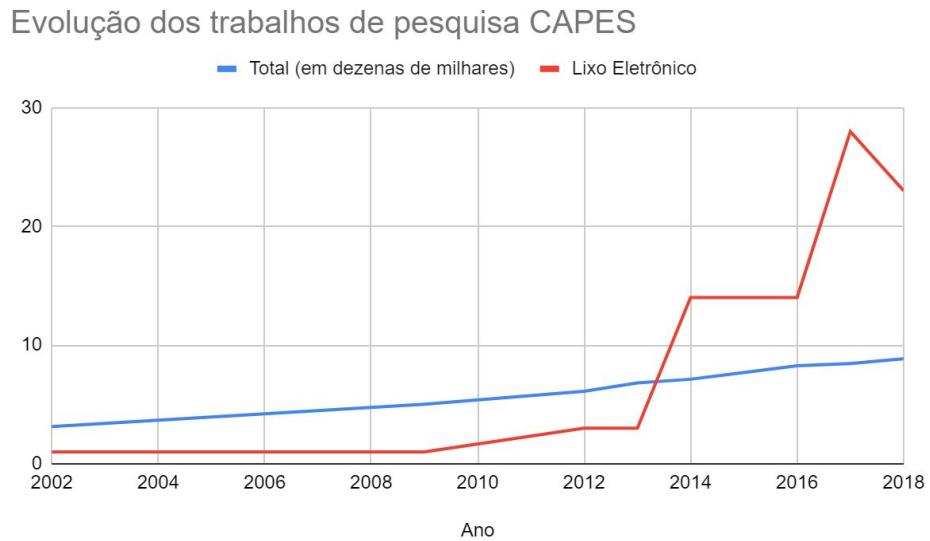
O Gráfico 4 apresenta um levantamento de trabalhos relacionados ao lixo eletrônico através do banco de dados do CNPQ. Para construí-lo, foi executada uma pesquisa relacionada ao tema de lixo eletrônico e, posteriormente, foram investigados todos os currículos que continham trabalhos ligados ao tema e discriminados em uma planilha, que pode ser acessada pelo link disponível na fonte do gráfico.

A quantidade de trabalhos levantados a partir do portal do CNPQ não representa todos os trabalhos direcionados ao tema. Contudo, por ser um ambiente direcionado ao currículo do pesquisador, acredita-se que possa conter uma

quantidade significativa de dados para a análise proposta.

Diante do gráfico 4, observando-se a evolução ano a ano dos trabalhos com o tema de lixo eletrônico, é possível verificar, que nos primeiros anos, de 2003 a 2006, quase não houve evolução de trabalhos sobre o tema. Ao sobrepor os gráficos 3 e 4, pode-se observar uma nova correlação no aumento de trabalhos a partir do ano de 2007. Vê-se que há uma evolução dos dispêndios em pesquisa e desenvolvimento (como demonstrado no gráfico 3). Mesmo considerando que o gráfico 3 faz referência apenas ao cenários de universidades estaduais e o gráfico 4 faz referência ao cenário nacional como um todo, a relação é possível, pois a maior parte das pesquisas se concentra em universidades públicas estaduais. Um maior investimento em pesquisa possibilita que outros temas possam alcançar diferentes posições no prisma e irem alcançando maior significância dentro do cenário de desenvolvimento e pesquisa no Brasil.

Gráfico 5 - Evolução dos trabalhos de pesquisa CAPES

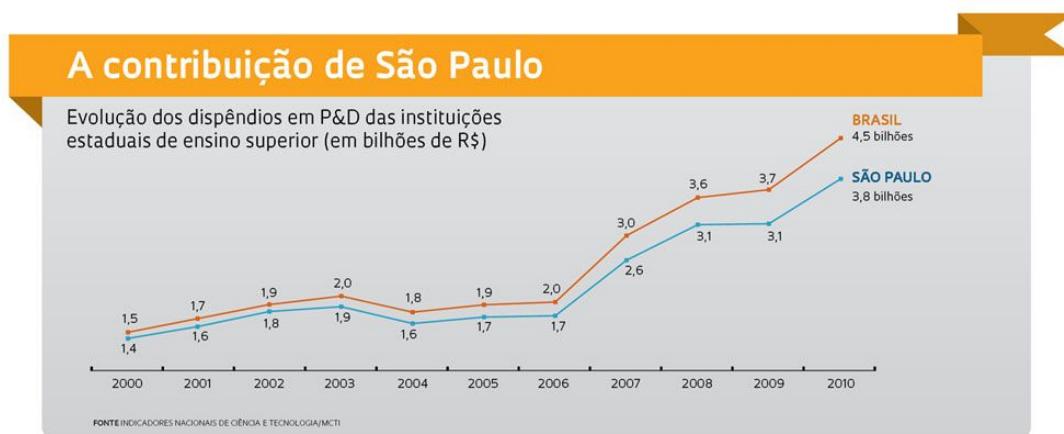


Fonte: CAPES, 2010 [75] e [78]

No gráfico 5, foram levantados os mesmos aspectos que no gráfico 4, usando como base de dados os trabalhos disponíveis na plataforma da CAPES. Para a construção deste, foram utilizadas planilhas com trabalhos desde o ano de 1989 e

levantados os trabalhos com tema direcionado ao mote central deste trabalho. Neste gráfico, os dados de todos os trabalhos ao longo dos anos de 2002 a 2018 são confrontados com os dados de trabalhos com o tema de lixo eletrônico na mesma época.

Gráfico 6 - Evolução dos dispêndios em Pesquisa e Desenvolvimento IES estaduais

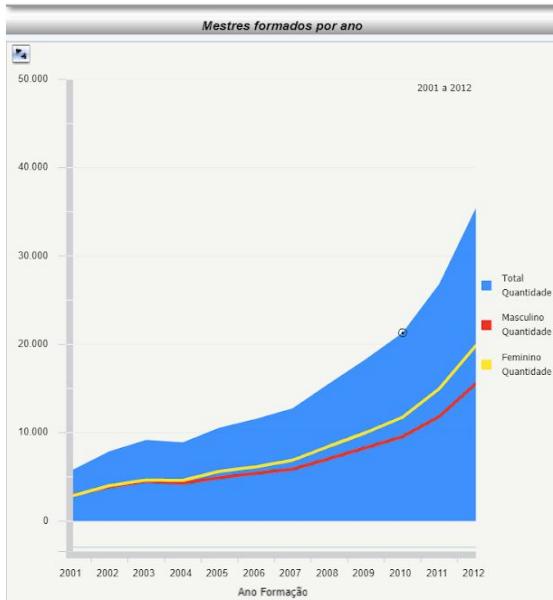


Fonte: 2012 [67]

O Gráfico 6 trata do dispêndio em pesquisa e desenvolvimento em instituições estaduais de ensino superior. Este gráfico será utilizado nas análises relacionadas ao crescimento de pesquisas direcionadas ao tema central deste trabalho.

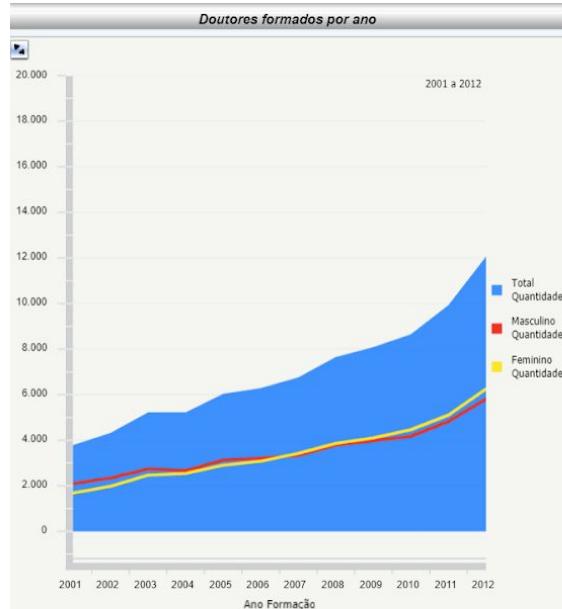
Já no gráfico 5, observa-se que a quantidade de trabalhos de pesquisa sobe de forma mais linear de modo geral. Quando o foco são os trabalhos sobre o tema de lixo eletrônico, é possível ver que, a partir do ano de 2012, se tem um crescimento inicial e, a partir do ano de 2014, existe uma disparada, muito parecido com o que ocorre dentro do levantamento de trabalhos do CNPQ (Gráfico 4). Isso pode demonstrar um cenário em comum que propiciou a evolução e crescimento de trabalhos com este tema (que tem um crescimento mais vigoroso), que é diferente do comportamento do crescimento de pesquisas de modo geral.

Gráfico 7 - Evolução da formação de mestres nos anos de 2005 a 2016 base de dados CNPQ.



Fonte: Extração de dados da base de currículos Lattes em 30/11/2016. [68]. Acesso em 26/03/2020.

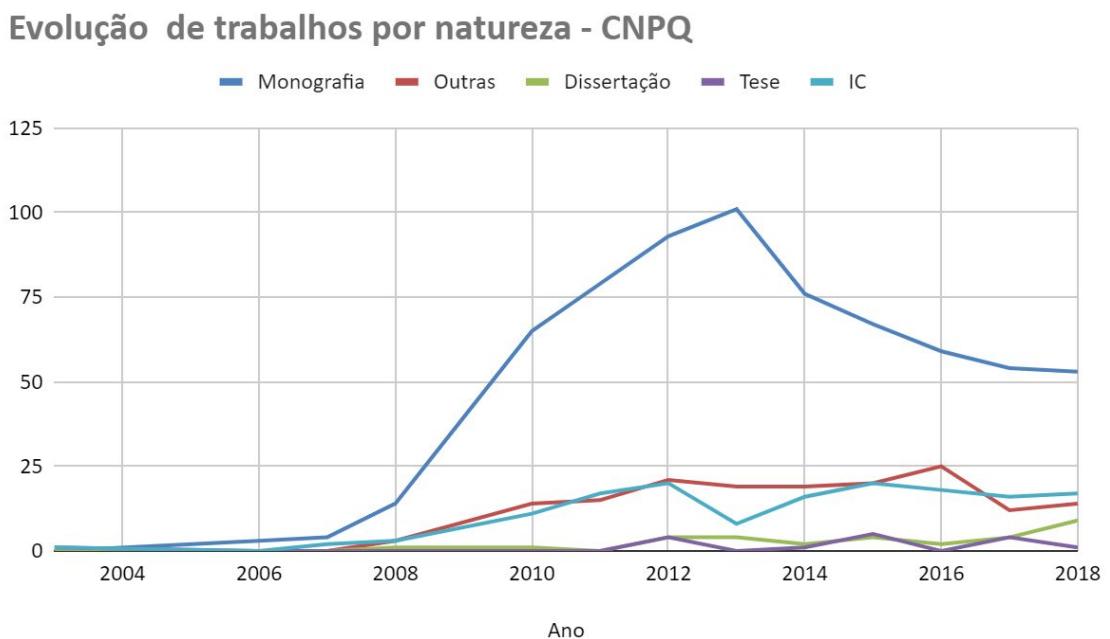
Gráfico 8 - Evolução da formação de doutores nos anos de 2001 a 2012 - base de dados do CNPQ.



Fonte: Extração de dados da base de currículos Lattes em 30/11/2016. [68]. Acesso em 26/03/2020.

As informações do Gráfico 4 corroboram com o crescimento de pesquisadores formados, conforme o Gráfico 8 e 9, o que nos mostra que há um crescimento nos dois gráficos. Pode-se observar que há mais formação de mestres do que de doutores.

Gráfico 9 - Evolução de trabalhos por natureza - CNPQ



Fonte: Próprio autor a partir de dados do CNPQ, 2020 [66]

No Gráfico 9, vê-se o cenário da evolução dos trabalhos separados por natureza. E isso, sobreposto aos Gráficos 4, 7 e 8, possibilita a visualização do aumento dos trabalhos, corroborando com uma quantidade de trabalhos, conforme o gráfico 4. Não é possível observar a predominância de mestrados em relação a doutorados, similar aos Gráficos 7 8 9, possivelmente pelo fato de que as quantidades de trabalhos levantados no período são escassas.

Os Gráficos 10 e 11 fazem referência ao cenário de evolução de trabalhos por natureza, direcionado na base de dados do CAPES. A partir dos gráficos, é possível verificar que o tema de lixo eletrônico corresponde a menos de 0,1% dos trabalhos de pesquisa desenvolvidos, o que destaca que o tema ainda não ganhou relevância e que o fomento e difusão dele se faz necessário, diante do fato de que a evolução do cenário ao longo dos anos, principalmente com o avanço da tecnologia, que tem sido discutido neste trabalho, necessita de muita atenção. Trata-se de um cenário

que representa um valor anual, globalmente falando, superior a 62,5 bilhões de dólares, que é mais do que o Produto Interno Bruto (PIB) de muitos países [4].

Gráfico 10 - Evolução de nº de teses - Gráfico 11 - Evolução de nº de teses - base de dados CAPES.



Fonte: Próprio autor a partir de dados do CAPES, 2020 [75] e [78]



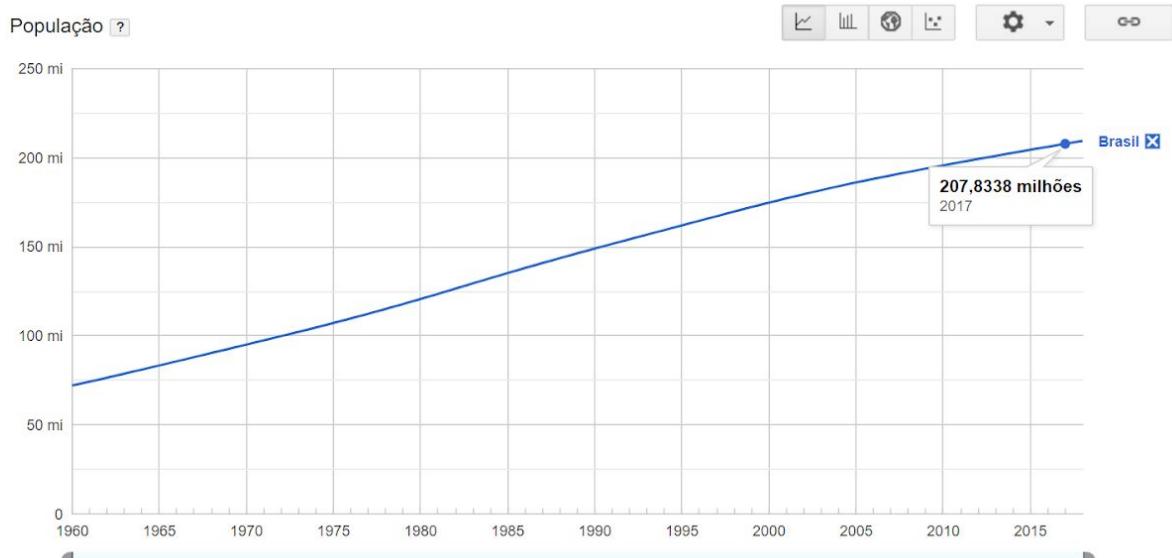
Fonte: Próprio autor a partir de dados do CAPES, 2020 [75] e [78]

A situação é algo que vem tomando proporções inimagináveis e vem crescendo a cada dia, pois anualmente os brasileiros geram cerca de 7,4 Kg de REEE por habitante. Considerando-se também para o cenário de consumo, dados da Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica informam que as exportações de equipamentos eletrônicos do Brasil totalizaram mais de US\$ 420 milhões em fevereiro de 2019 e a categoria de componentes eletrônicos representa 46% desse montante. No mesmo período, as importações somaram US\$ 236 milhões, e os componentes foram 55% do total. Em 2017, segundo a Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel), o país possuía mais de 240 milhões de linhas ativas de telefonia móvel. Nesta mesma época, a população brasileira era menor que a quantidade de linhas ativas, como é possível visualizar ao analisar o gráfico abaixo (Gráfico 12). O Gráfico 13 faz referência à evolução do cenário do lixo eletrônico diante do espectro mundial extrapolando os dados de crescimento.

Viver em um mundo globalizado hoje acaba se traduzindo em ter as melhores tecnologias. O país que detém conhecimento e o que há de ponta é visto como um país com maior soberania, mesmo que o seu desenvolvimento esteja direcionado

apenas à produção e não necessariamente à logística reversa ou à reciclagem, pois vários desses países resolvem este problema despejando seus REEEs em países menos desenvolvidos [4].

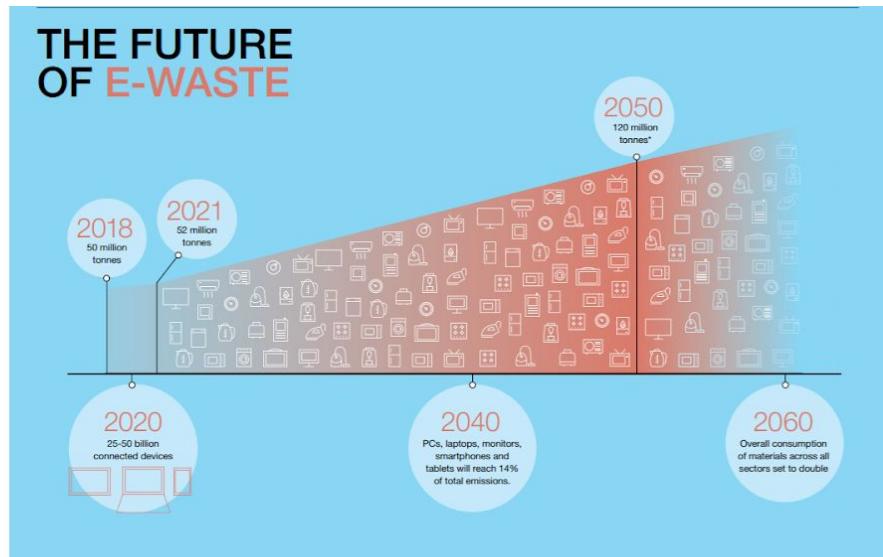
Gráfico 12: população brasileira no ano de 2017, a partir dos dados fornecidos pelo Banco Mundial, com última atualização no dia 08/02/2020.



Fonte: Google, 2020

Pensando que o contexto do lixo eletrônico é um contexto ambiental no há como discuti-lo sem olhar para os dados mundiais pois as questões ambientais afetam o globo como um todo. Até 2021 o volume total anual esperado ultrapassar 52 milhões de toneladas [70].

Gráfico 13. - Extrapolação dos dados de lixo eletrônico até o ano de 2060



Fonte: World Economic Forum, 2019 [69]

Há outras indicações que podem mostrar um crescimento no uso de eletrônicos e dispositivos elétricos. Por exemplo, segundo as previsões de janeiro de 2019, o número de dispositivos conectados à internet seria entre 25-50 bilhões até 2020 [70], que é aproximadamente 5 vezes o número de pessoas no planeta, todos esses dispositivos terão um ponto final de vida útil e também vão estar sob a ação da obsolescência programada.

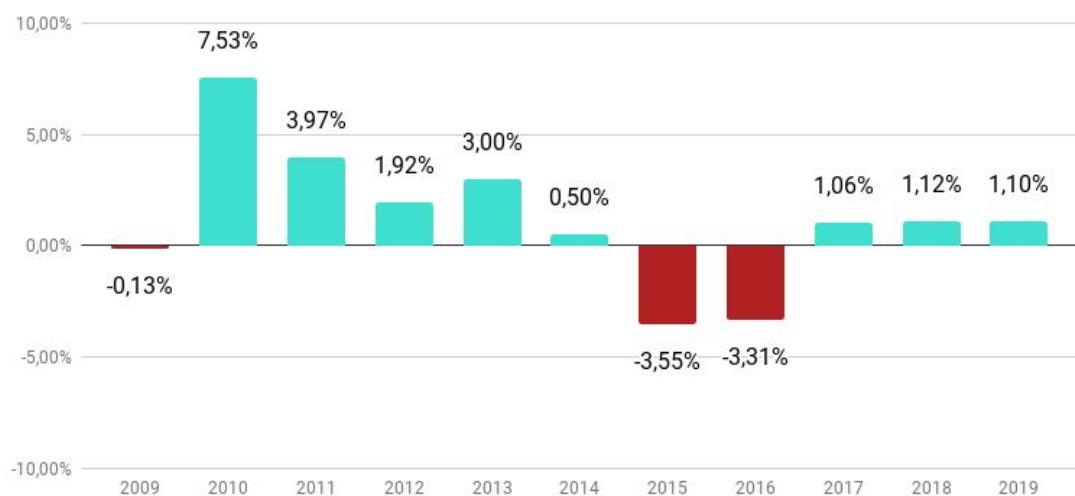
Até 2040, as emissões de carbono da produção e uso de eletrônicos, incluindo dispositivos como PCs, laptops, monitores, smartphones e tablets (e sua produção) alcançará 14% do total de emissões. Isso é a metade do total do setor de transporte global hoje. Em 2050, o volume de lixo eletrônico, no pior cenário, pode chegar a 120 milhões de toneladas anualmente, de acordo com estimativas da United Universidade das Nações Unidas em Viena.

O lixo eletrônico hoje em dia geralmente consiste em produtos do passado. Milhões de tubos de raios catódicos antigos, televisores e monitores de computador, fitas *Video Home System* (VHS) e *Digital Versatile Disc* (DVD), muitos com compostos tóxicos, como chumbo, tornaram-se perigosos e problemáticos. Há uma

trilha de lixo eletrônico gerado a partir de tecnologia antiga que precisa ser endereçado.

Uma outra análise possível de ser realizada é avaliar os crescimentos dentro da pesquisa de modo geral e o aumento de pesquisas relacionadas ao tema de lixo eletrônico. O gráfico 14 traz o crescimento e o encurtamento do PIB no Brasil. Aspectos econômicos estão diretamente ligados ao desenvolvimento de uma nação. E quando se fala em desenvolvimento, a pesquisa é um pilar importante.

Gráfico 14 - Variação do PIB brasileiro do ano de 2009 a 2019



Fonte: IBGE, 2019 [71]

É possível verificar que o PIB brasileiro apresenta um crescimento após o ano de 2010, tendo um salto de -0,13% para 7,53%. Esse salto faz com que a economia comece a tomar fôlego e isso se reflete no cenário da pesquisa brasileira, pois nos anos de 2012 é justamente quando se consegue observar um crescimento do investimento na pesquisa, que pode ser visto nos gráficos 4 e 5. Já nos anos de 2015 e 2016, por conta da recessão do governo Dilma, houve um recuo do crescimento do PIB, o que também impactou no cenário de pesquisa e desenvolvimento, já que é possível ver que os gráficos 5 e 6 apresentam uma queda

de investimento nesse período. O PIB representa o nível de desenvolvimento de um país e não há como se falar em desenvolvimento sem pensar no desenvolvimento da pesquisa dentro de um país. Deste modo, é bem razoável que o fôlego da economia se reflita no eixo da pesquisa. E que isso, de modo geral, possibilite que haja mais projetos na temática de lixo eletrônico, mas, por outras perspectivas, na verdade, o próprio lixo eletrônico é que poderia ajudar a alavancar a economia, atingindo pontos importantes de três pilares que são fundamentais para o desenvolvimento humano.

Tratar os REEEs é possibilitar outras formas de renda e a logística reversa dos EEEs ajuda em uma processo de “Mineração Urbana”. A mineração urbana é uma das novas soluções práticas que emergiram dos conceitos de “economia circular” que é um conceito estratégico que assenta na redução, reutilização, recuperação e reciclagem de materiais e energia [72] e circuito fechado. Essa atividade pode ser realizada a partir de cinzas de incineração, efluentes, resíduos de demolição e construção, bem como REEE. O desenvolvimento de uma prática como essa diminui a exploração de matéria prima, barateando o custo de produção. Além disso, possibilita um formato de economia circular, com a possibilidade de reuso e remanufatura, o que também contribui no barateamento dos produtos e redução do consumo. A redução do consumo, por sua vez, traz resultados positivos para o meio ambiente e reduz custos com despoluição e outras iniciativas que visam minimizar os impactos causados nos processos industriais e descarte. A junção dessa iniciativas abrem espaço para o crescimento econômico apenas com a reeducação e reformulação do *supply chain*.

Figura 16 - Economia circular



Fonte: Sintronics, 2018 [61]

Outro fator de extrema importância é o processo de logística reversa, que é percebida como um investimento que gera retorno e não simplesmente como um custo que minimiza a administração do desperdício. O sistema pode trazer benefícios de custo para as empresas, enfatizando o reuso e redução de materiais, agregando valor aos produtos recuperados e reduzindo os custos de disposição do produto no fim de vida útil [73].

Isso pode ser considerado como uma primeira ação na diminuição do lixo não reciclado, já que, conforme determinado pelo Acordo Setorial e o Decreto Federal nº 10.240/2020, que estipulam metas para fabricantes, importadores, distribuidores e o varejo, na questão da coleta e reciclagem de aparelhos eletroeletrônicos de uso doméstico, as empresas devem começar a se adequar o quanto antes. Já em 2021, elas devem recolher o equivalente, em peso, a 1% do que foi colocado no mercado em 2018, ano definido como base [74].

9.3 Desafios da Remanufatura

A remanufatura é um dos pilares de maior importância dentro da gestão dos REEE's, além da influência das legislações, da reciclagem, da logística e da participação da comunidade como um todo: sociedade civil, governo e empresas. Tem-se um aspecto que é o uso dos componentes e das partes comissionadas dos EEE's. Cada país tem uma ótica sobre essa questão e aqui, no Brasil, as empresas vêm trabalhando para se adequar a realizar alguns procedimentos ainda no país, quando se tem a tecnologia adequada e outros são realizados fora do país por diversas questões. Pelo levantamento deste trabalho, foi possível observar que alguns dos desafios encontrados na remanufatura são:

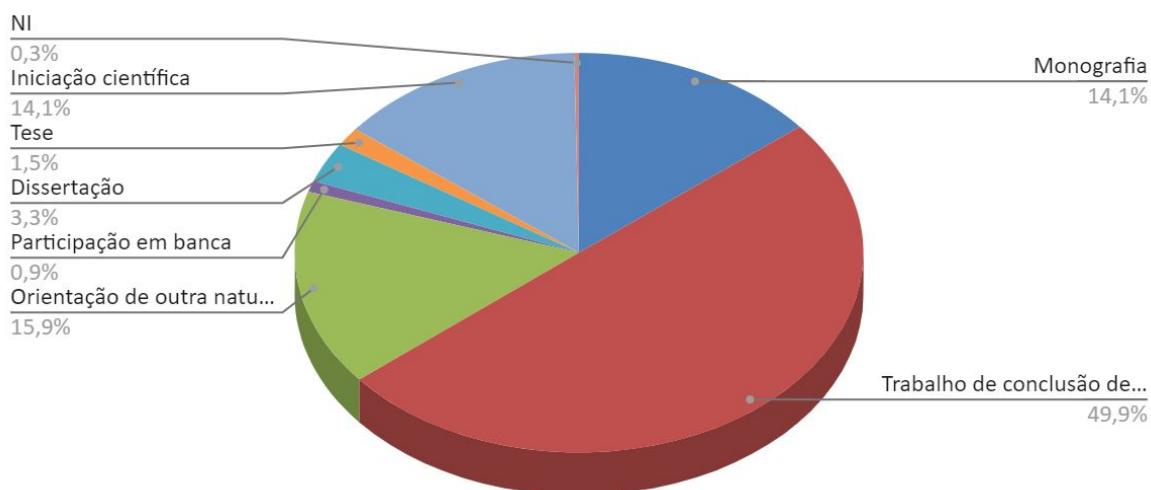
1. Falta de dados viáveis é um desafio para os políticos que desejam criar uma estratégia de gestão de e-lixo e uma indústria que pretenda investir em decisões racionais.
2. Falta de uma infra-estrutura de reciclagem de REEE segura no setor formal, pois mesmo o Brasil tendo hoje recicadoras que recolhem parte do material, estas somente não conseguem escoar toda a demanda que o país tem e ainda é preciso levar em consideração que seria mais eficiente um processo de reciclagem total no Brasil. A efetivação de uma proposta como essa fortalece o pilar social, podendo oferecer inúmeras oportunidades de emprego.
3. Falta de padrões internacionais para sistemas de gestão simples mas eficientes dos REEEs. Como primeiro passo, uma coleção de exemplos de “boas práticas” ou “lições aprendidas” nas implementações piloto em países em desenvolvimento ajudaria a acelerar o processo de mitigação. Falta de apoio às indústrias de fundição (processamento de metal, vidro e resíduos de plástico) através de treinamento e consultoria específica em tecnologias mais limpas e processos de manipulação para melhorar os processos atuais de lixo eletrônico.

4. Falta de apoio aos municípios e/ou governos provinciais na elaboração, consulta (pública) e na aplicação da legislação sobre o manuseio de lixo eletrônico, oferecendo conselhos e exposição testando sistemas de gestão piloto, para além das PNRS e algumas outras legislações, que inclusive acabam valendo para estados em específico ao invés do país. Falta de apoio à eficiência econômica e a sustentabilidade dos sistemas de gestão de REEE através da otimização do valor acrescentado e melhoria na eficácia dos sistemas de coleta e reciclagem (por exemplo, parcerias público-privadas, criação de buy-back (comprar de volta) ou centros de eliminação e criando um custo adicional, por exemplo, taxas de reciclagem de antecedência (ARF) [85].

Natureza do Desenvolvimento de Pesquisas com a temática de Lixo Eletrônico

Gráfico 15 - Natureza dos levantamentos de trabalhos sobre lixo eletrônico-CNPQ

Natureza dos levantamento de trabalhos sobre o lixo eletrônico CNPQ (2008 a 2019)

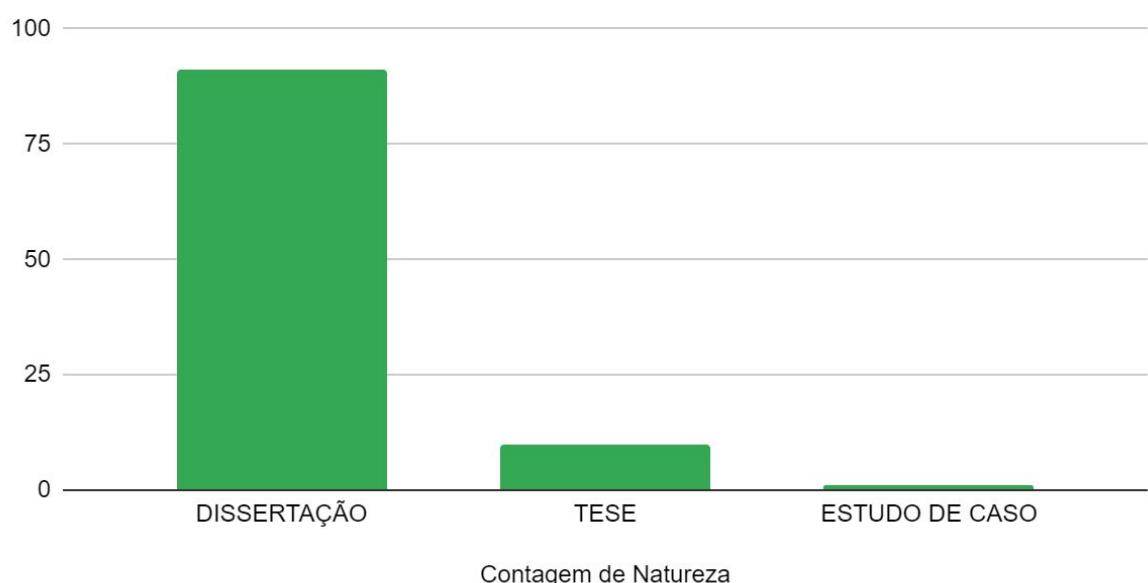


Fonte: próprio autor a partir de dados do CNPQ, 2020 [70]

No gráfico 15, é possível visualizar como ocorre a divisão dos trabalhos a partir da perspectiva dos trabalhos a partir da base de dados do CNPQ. Já o gráfico 16 corresponde a um levantamento de dados sobre a natureza dos trabalhos sobre lixo eletrônico, a partir da base de dados da CAPES. Para o levantamento dos dados, foram avaliadas planilhas desde o ano de 1989.

Gráfico 16 - Natureza dos levantamentos de trabalhos sobre lixo eletrônico CAPES

Natureza dos levantamento de trabalhos sobre o lixo eletrônico CAPES (2002 a 2018)



Fonte: próprio autor a partir de dados do CNPQ, 2020 [75] e [78]

Confrontando esses dois gráficos, é possível ver que, quanto menor o nível de instrução acadêmica, a não ser pela iniciação científica, é visível uma quantidade maior de trabalho relevante ao tema. Visto isso, existe uma deficiência de estudos mais complexos e aprovados dentro desta temática do lixo eletrônico.

O aprofundamento de estudos sobre ações que possam ser desenvolvidas para reciclagem ou até mesmo a remanufatura de 100% deste material ainda não é possível no nosso país. O Brasil, assim como outros países, importa toda tecnologia

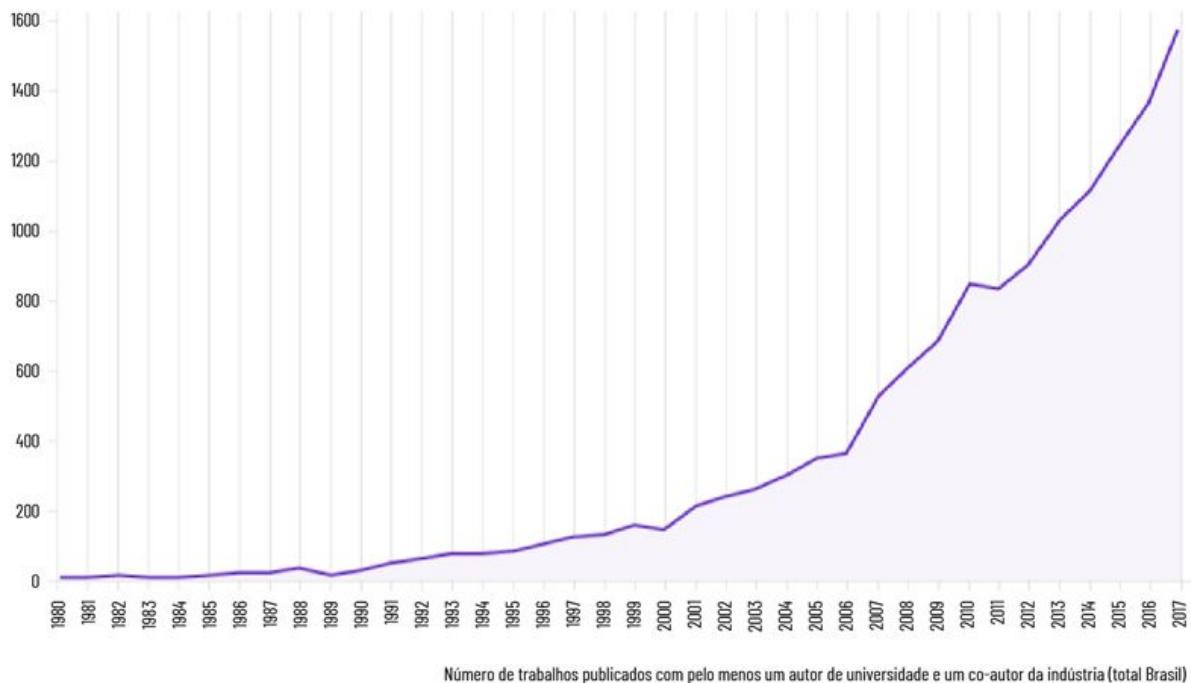
necessária e acaba ficando encarregado de tarefas relacionadas à montagem destes produtos.

O investimento nesse tipo de tecnologia para o país não faria tanto sentido, já que países na Europa e Ásia vem desenvolvendo suas tecnologias e hoje tem o custo de produção muito bem diluído na produção, fazendo com que os custos não sejam tão facilmente confrontados. Para o Brasil, seria um desafio. Como a pesquisa também está interligada ao desenvolvimento de tecnologias que possam ser usadas no nosso mercado, isso se mostra muito coerente e tem se consolidado cada vez mais. Prova disso é o gráfico 17, que mostra a quantidade de trabalhos publicados com pelo menos um autor de universidade pública e um co-autor da indústria.

Gráfico 17 - Crescimento da colaboração da indústria em projetos de pesquisa e desenvolvimento no Brasil

Colaboração com a indústria

Parcerias entre universidades públicas e empresas são cada vez mais frequentes



Fonte: Jornal da USP, 2018 [79]

No gráfico 17, é possível observar que há um crescimento do interesse da indústria em relação ao cenário de pesquisa e desenvolvimento no Brasil. Embora o gráfico apresentado demonstre o cenário de universidades públicas, a colaboração de empresas privadas em Instituição de Ensino Superior (IES) privadas ocorre de forma cada vez mais vigorosa, seja por parcerias estudantis, seja por incentivo e patrocínio a projetos de pesquisas de interesse da empresa.

Além disso, cerca de 60% da produção de pesquisa do Brasil, segundo o gráfico 18, vem das IES públicas, mesmo elas representando apenas 12,1% das IES no Brasil, segundo os dados do INEP do ano de 2017 [80].

Gráfico 18 - Quantidade de produção científica, contendo 15 IES

Produção científica acadêmica

As 15 instituições que mais produzem ciência no Brasil são universidades públicas

	Ciências da Saúde	Ciências Biológicas	Ciências Exatas e da Natureza	Ciências Agrárias	Engenharia	Todas as pesquisas
Universidade de São Paulo (USP)	21,912	17,025	14,536	6,476	6,819	58,899
Universidade Estadual Paulista (UNESP)	5,283	6,948	5,336	5,908	2,914	22,868
Universidade Estadual de Campinas (Unicamp)	5,719	4,416	6,571	1,989	3,941	19,317
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)	4,672	5,351	5,503	981	3,038	17,484
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)	5,199	4,009	3,960	2,168	2,599	15,860
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)	5,233	4,349	3,293	1,809	2,108	14,904
Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP)	7,372	3,186	1,212	358	724	11,228
Universidade Federal do Paraná (UFPR)	2,133	3,333	2,486	2,190	1,628	9,995
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)	2,473	1,974	2,468	1,358	2,284	9,162
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)	1,778	2,302	2,391	662	1,082	7,098
Universidade de Brasília (UnB)	1,756	2,039	2,023	895	892	7,056
Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)	2,110	1,315	3,046	281	1,030	7,039
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)	977	1,727	2,643	670	2,072	6,980
Universidade Federal de Viçosa (UFV)	602	2,726	940	3,064	441	6,893
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)	1,247	1,809	1,425	2,522	782	6,670

Fonte: Jornal da USP, 2018 [80]

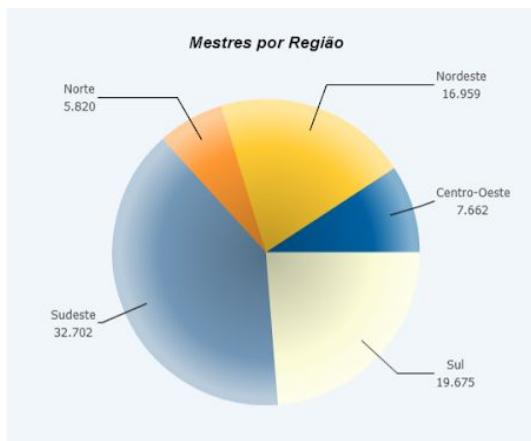
O gráfico 18 traz dados sobre as IES que mais desenvolvem pesquisa e

desenvolvimento nos anos de 2013 a 2018 no Brasil, segundo a fonte Clarivate Analytics, 2019.

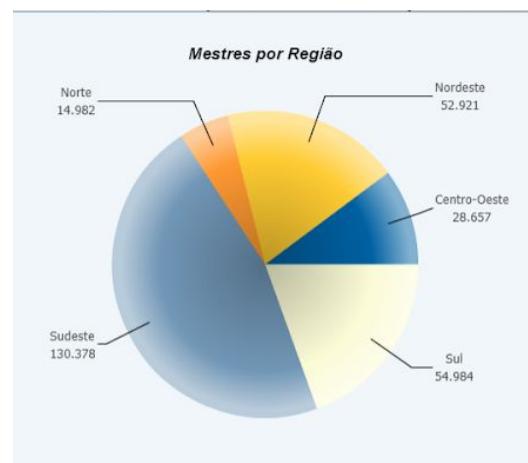
Várias instituições estão criando programas de conscientização sobre lixo eletrônico com foco em desenvolvimento sustentável. Entre eles, a maioria utiliza este recurso para promover a aprendizagem através de cursos voltados para a área de informática e eletrônica, utilizando lixo de computadores para fazer experiências reais. Algumas instituições ainda recuperam peças e montam computadores a partir das sucatas para serem doados a comunidades carentes. Esta é uma grande ação que visa um futuro consciente. No entanto, o lixo eletrônico utilizado neste fim é apenas uma fatia da enorme quantidade gerada pela humanidade.

Panorama do lixo eletrônico por região do país

Gráfico 19 - Distribuição geográfica de mestres no Brasil (pesquisa e ensino) **Gráfico 20 - Distribuição geográfica de mestres no Brasil (Adm, Tec. e outros)**

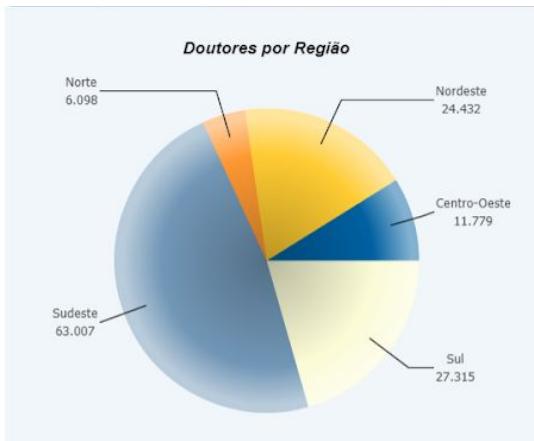


Fonte: Extração de dados da base de currículos Lattes em 30/11/2016 [68]



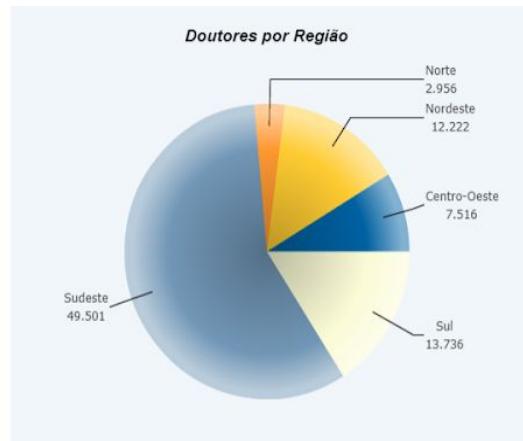
Fonte: Extração de dados da base de currículos Lattes em 30/11/2016 [68]

Gráfico 21 - Distribuição geográfica de doutorado no Brasil (adm, tec. e outros)



Fonte: Extração de dados da base de Currículos Lattes em 30/11/2016 [68]

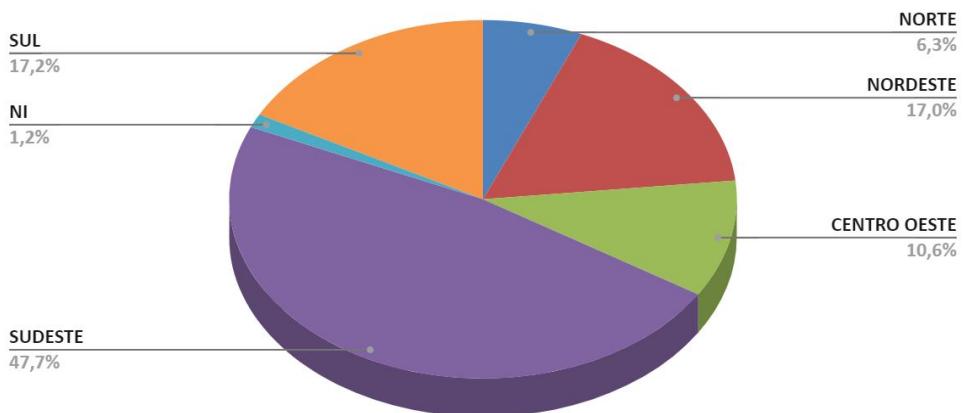
Gráfico 22 - Distribuição geográfica de doutorado no Brasil (Adm, Tec. e outros)



Fonte: Extração de dados da base de currículos Lattes em 30/11/2016 [68]

Gráfico 23 - Distribuição dos trabalhos com tema de lixo eletrônico por regiões do Brasil - base de dados CNPQ

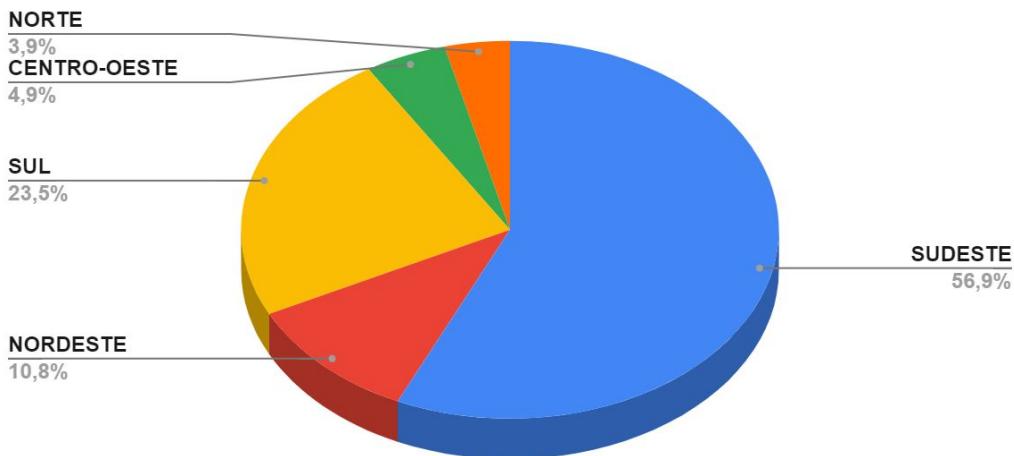
Distribuição dos trabalhos por regiões do Brasil - CNPQ



Fonte: Próprio autor a partir de dados do CNPQ, 2020. [66]

Gráfico 24 - Distribuição dos trabalhos com tema de lixo eletrônico no Brasil - base de dados CAPES

Distribuição dos trabalhos por regiões do Brasil



Fonte: próprio autor a partir de dados do CNPQ, 2020 [75]

Considerando os gráficos de 19 a 20, é possível verificar que o número de mestres e doutores formados por região do Brasil, o equivalente à quantidade de trabalhos apresentados, considerando o banco de dados do CNPQ, é compatível com o número de trabalhos com o tema de lixo eletrônico nas mesmas regiões. A região sudeste detém uma quantidade maior de trabalhos, por conta da localização das universidades públicas que detém a maior parcela de produção de pesquisa e desenvolvimento, como demonstrado no gráfico 18, onde é possível verificar que 60% das pesquisas de ciência brasileira tem IES como: USP, Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), que são universidades localizadas na região sudeste do país.

Como reflexo disso, vez que os gráficos 23 e 24, que fazem referência a trabalhos com o tema de lixo eletrônico, acompanham o número geral de trabalhos, é de se esperar que este número seria proporcional aos dados dos gráficos gerais

(de 21 a 22).

Olhando para estes dados, é possível verificar que, caso essas instituições tivessem o compromisso de ter, dentro de todas elas, programas de conscientização sobre o lixo eletrônico em projetos, embora não fosse possível dar conta de toda demanda, afinal cada habitante do país gera cerca de 7,4 kg de REEE por ano, seria possível atingir uma grande parcela do universo acadêmico. Juntando-se esse potencial às pesquisas do nordeste e sul, seria possível atingir a maior parcela do cenário acadêmico do país. Mais do que isso, a contribuição dessas instituições poderia contribuir para aumentar o impacto da remanufatura dentro do prisma do lixo eletrônico no Brasil.

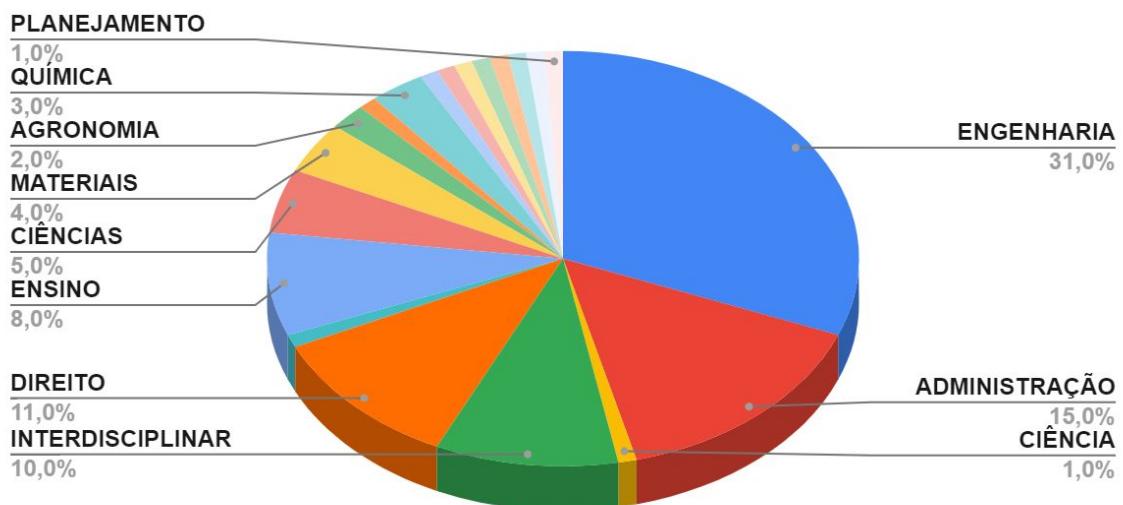
A reciclagem é uma maneira eficiente para este remanufaturamento dos EEEs. Nesse processo, tenta-se colocar em funcionamento os EEEs, seja na função original ou em outra. Esse processo é chamado de reúso - o que pode ser até mesmo um atalho para a inclusão digital. O governo federal, por exemplo, conta com quatro centros de recondicionamento de computadores (em Porto Alegre, Guarulhos, Brasília e Belo Horizonte) que dão uma segunda vida aos equipamentos. Depois de reparados e atualizados, são doados a escolas públicas, bibliotecas, entre outras instituições. Mais dois centros - na Bahia e no Pará - estão em fase de implantação.

Isso poderia ser ainda mais efetivo se o projeto pudesse abranger as IES e o processo de remanufatura poderia otimizar os processos dentro dessa IES e possibilitar novas linhas de conhecimento e estudo, assim como foi proposto em 2008 pelo projeto do CEDIR que capacitou alunos e coletores da comunidade sobre a remanufatura, desmontagem e destinação correta dos REEE.

Claro, somente propor não seria suficiente, pois existe todo um planejamento por trás que deve ser considerado e alguns deles são os desafios ligados à remanufatura, que estão ligados a gestão de produtos no fim de suas vidas úteis com segurança e eficácia nos países em desenvolvimento.

Gráfico 25 - Levantamento de cursos que realizam pesquisas sobre o tema - base de dados CAPES

Levantamento de cursos -base de dados CAPES

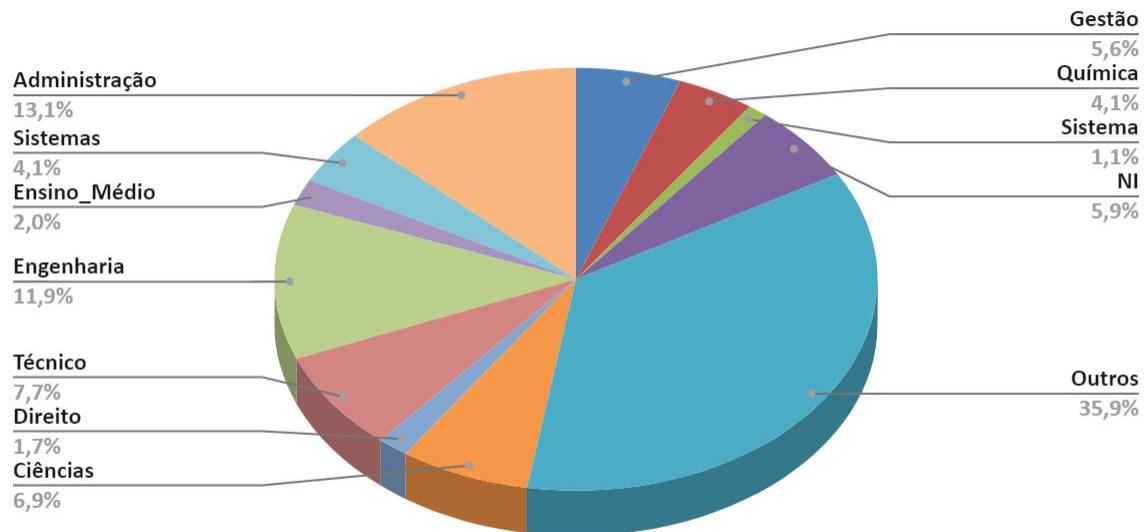


Fonte: próprio autor a partir de dados do CNPQ, 2020 [75]

Além disso, é preciso considerar que o contingente universitário que demonstram interesse por este cenário ainda está bem concentrado em cursos como engenharia e administração, como demonstra o gráfico 26, com dados extraídos do banco de dados da CAPES e são reafirmados no gráfico 27, com os dados do CNPQ, enquanto não houver um entendimento de que a questão dos resíduos REEE embasa diferentes áreas de conhecimento e por isso deve ser discutida em diferentes frentes de conhecimento, ficaremos estagnados ou impedidos de continuar por falta de uma coisa básica, entender que o universo e as coisas são parte de um conjunto, mesmo que diariamente trabalhamos para moldá-los em pequenas caixas, como se a fragmentação dos saberes fizesse algum sentido.

Gráfico 26 - Levantamento de cursos que realizam pesquisas sobre o tema - base de dados CNPQ

Levantamentos de cursos - base de dados CNPQ



Fonte: próprio autor a partir de dados do CNPQ, 2020 [66]

9.4 Tendências em sites de busca

Como o Trends funciona: O Google Trends permite que você veja os tópicos que as pessoas estão ou não seguem, praticamente em tempo real. Os pesquisadores e jornalistas, podem usar essas informações para explorar possíveis tendências, dados em notícias para ilustrar um nível geral de interesse das pessoas em determinado momento e local para determinado tema. [76]

Na ferramenta se tem os seguintes dados, no eixo horizontal o gráfico representa o tempo, e o vertical representa a frequência com a qual o termo é buscado no país, ou ainda de forma global. A ferramenta ainda possibilita que essa análise possa ser realizada em diversos idiomas. A porcentagem dentro do trends é representada da seguinte forma: 100% é o máximo de vezes que o termo é

observado dentro do amostragem, as demais porcentagens são relativas a esta primeira. Assim são formados os dados dos gráficos que veremos a seguir.

Que amostras são fornecidas?

É possível aceder a dois exemplos de dados do Google Trends:

- Os dados em tempo real são uma amostra dos últimos sete dias.
- Os dados em tempo não real são uma amostra separada dos dados em tempo real e remontam a 2004 e até 36 horas antes da pesquisa.

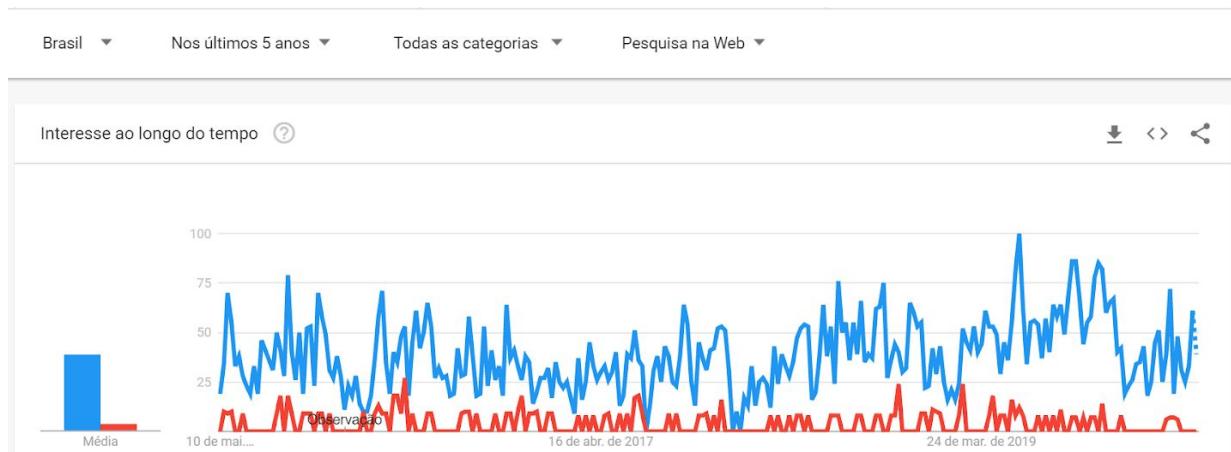
Como são normalizados os dados do Google Trends?

O Google Trends normaliza os dados de pesquisa para facilitar as comparações entre termos. Os resultados da pesquisa são normalizados para a hora e a localização de uma consulta através do seguinte processo:

- Cada ponto de dados é dividido pelo total de pesquisas da geografia e do intervalo de tempo que representa para se comparar a popularidade relativa. Caso contrário, os locais com o maior volume de pesquisa apresentariam sempre a classificação mais elevada.
- Os números resultantes são, em seguida, dimensionados num intervalo de 0 a 100 com base na proporção de um tópico em relação a todas as pesquisas em todos os tópicos.
- Regiões diferentes que mostram o mesmo interesse de pesquisa num termo nem sempre têm os mesmos volumes totais de pesquisa. [77]

Com expectativa de ampliar a visão das tendências sobre o cenário de lixo eletrônico no Brasil, foram feitas algumas análises utilizando a ferramenta do Google Trends. Nessa ferramenta, foram levantadas análises direcionadas ao comportamento de pesquisa das palavras que envolvem o tema de lixo eletrônico.

Gráfico 27: lixo eletrônico x reciclagem de lixo eletrônico (azul é o tema lixo eletrônico e vermelho, reciclagem de lixo eletrônico)



Fonte: Google Trends, 2020

No Gráfico 27, foram levantados os dados de pesquisa referente aos termos “lixo eletrônico” e “reciclagem eletrônicos” nos últimos cinco anos, no Brasil. Com o levantamento deste perfil, é possível perceber que a reciclagem destes componentes parece ter uma importância ínfima se comparada ao tema em si e aparentemente o tema de lixo eletrônico teve uma oscilação maior de interesse nos últimos anos.

Gráfico 28: reciclagem x reciclagem eletrônico (amarelo é o tema reciclagem e vermelho, reciclagem de lixo eletrônico)



Fonte: Google Trends, 2020

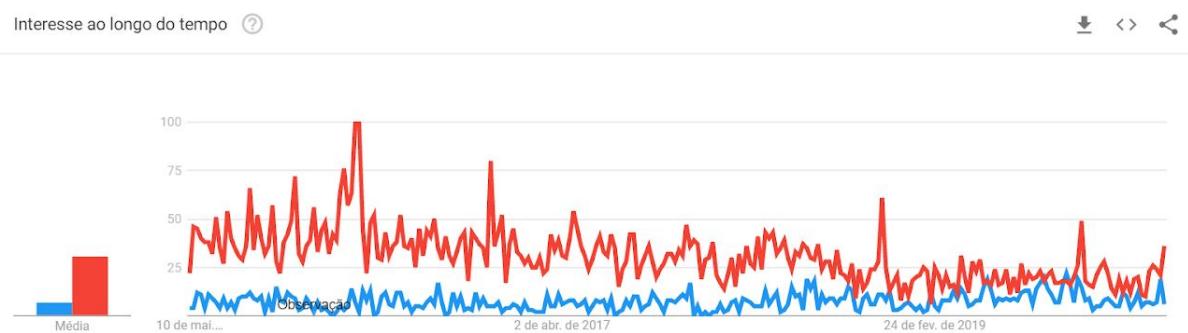
No Gráfico 28, é possível visualizar a relevância dos temas em contraponto. Isso deriva de uma questão simples, o tema de reciclagem é algo que tem ganhado bastante visibilidade e se difundido ao longo dos anos. Mesmo assim, este assunto também não tem recebido a devida atenção, já que, no Brasil, 30% do lixo gerado se demonstra apto para ser reciclado, mas somente 3% deste realmente passou pelo processo, em 2018 [86].

Já o tema da reciclagem dos REEEs vem tomando mais fôlego nos últimos anos, por conta do aumento do descarte de EEEs que já estão obsoletos e que sua composição de fabricação foi realizada sem considerar qualquer processo de logística reversa. As TV's de “tubo” e disquetes, por exemplo, acabaram se tornando os vilões deste tipo de resíduo, já que sua reciclagem é praticamente impossível.

É possível perceber que o tema de reciclagem parece ter uma certa “periodicidade”, onde é possível perceber que o tema vai ganhando e perdendo fôlego ao longo do tempo. E apresenta picos nos meses de junho e julho e com quedas no final do ano, com uma diferença de aproximadamente 25% de queda na relevância do tema. Isso pode ter relação com o Dia Nacional da Reciclagem (5 de junho), que foi criado oficialmente pela Lei nº12.055, de 9 de Outubro de 2009, onde empresas e comunidades realizam ações em comemoração e conscientização à data. Esta data também é o Dia Mundial do Meio Ambiente.

No gráfico 29, é possível perceber que o tema de “televisores”, em comparação ao “lixo eletrônico”, tem dados mais próximos. Logo no início do gráfico, é possível ver um grande pico em meados de março de 2016, que ocorreu por conta da chegada da TV Digital e diversos aparelhos não estavam prontos para receber a tecnologia. Pesquisas apontam que, em 2016, em 67,373 milhões de domicílios com TV no país, existiam, em 2016, 102.633 milhões de televisões; 63,4% eram de tela fina e 36,6% de tubo [87]. Os demais picos que se seguem no gráfico, ocorrem sempre em meados de novembro e início de novembro, onde se concentram as promoções advindas do movimento da “Black Friday”.

Gráfico 29: Lixo eletrônico x Televisores (azul é o tema lixo eletrônico e vermelho, televisores)



Fonte: Google Trends, 2020

Ainda em análise ao gráfico 29, vê-se que as pesquisas relacionadas ao tema “televisores” vem caindo, enquanto que as relacionadas à “reciclagem de eletrônicos” aumenta. Isso se deve ao fato de que nos últimos anos, algumas empresas têm investido em logística reversa e criado programas de benefício, onde os clientes devolvem seus aparelhos e realizam a troca dos mesmos por um modelos mais novo, garantindo que a empresa recupere seu produto, assegurando o cumprimento da Lei 13.576, que institui normas e procedimentos para reciclagem, processamento e destinação final do lixo tecnológico e resolução SMA-038 de 02/08/2011, que visa responsabilizar o fabricante pela destinação correta dos produtos fabricados.

Além disso, faz-se necessário levar em consideração o próprio avanço tecnológico que tem possibilitado o crescimento dos meios de comunicação via *streaming*, que vem desestabilizando o monopólio dos canais abertos. E as diferentes funcionalidades implementadas em aparelhos celulares, com o crescimento e desenvolvimento dos *smartphones* que vem suprindo e substituindo alguns EEEs do dia-a-dia.

**Gráfico 30: Logística reversa x lixo eletrônico x obsolescência programada
(azul é o tema logística reversa; vermelho, lixo eletrônico e amarelo,
obsolescência programada)**



Fonte: Google Trends, 2020

No Gráfico 30, foram colocados em contraposição a relevância dos seguintes termos: “logística reversa”, “lixo eletrônico” e “obsolescência programada”, com o intuito de visualizar como esses temas se apresentam enquanto conteúdo de interesse para a sociedade brasileira, em uma análise dos últimos 5 anos.

Assim, foi possível verificar que a ocorrência e o interesse sobre essa temática, dentro do Brasil, é relativamente parecida, vez que os temas, por sua vez, se encontram intrinsecamente correlacionados. Contudo, é visível que teve um pico atípico, em meados de outubro de 2015. Essa ocorrência se deve ao fato de que, neste ano, o Superior Tribunal de Justiça, reconheceu que a ocorrência dessa condição estava afetando a transparência dos fornecedores com o consumidor, relacionando ao tempo de vida útil do produto. Sendo assim, essa questão deveria estar expressa de forma mais clara nos produtos, propondo que vários pontos fossem incluídos no Código de Defesa do Consumidor (CDC):

- Inclusão de dispositivo que preveja expressamente a abusividade da obsolescência programada;
- Inclusão de dispositivo que preveja expressamente que a responsabilidade do fornecedor de bens duráveis deve

observar o critério da vida útil do produto, e não o da garantia contratual;

- Inclusão de dispositivo referente à obrigação de os fornecedores indicarem nos próprios produtos a vida útil ou o número de utilizações previstas;
- Como medida socioambiental, a partir da ideia de um consumo ecologicamente equilibrado, inclusão de dispositivo que impunha aos fornecedores de produtos maléficos ao meio ambiente a obrigação de coleta de equipamentos obsoletos;
- Regulamentação legal ou infralegal acerca da aplicação de multas administrativas a empresas que comprovadamente praticarem a obsolescência programada em suas diversas formas;
- Certificação por órgão oficial (Inmetro, Secretaria de Direito Econômico/Ministério da Justiça e órgãos ambientais) de empresas comprometidas em combater a obsolescência programada (uma espécie de certificado anti-obsolescência, como o que ocorre com a ISO);
- Regulamentação pela Secretaria de Direito Econômico/Ministério da Justiça e/ou Inmetro (artigo 7º do CDC) sobre a vida útil esperada de produtos em setores industriais estratégicos, como o de eletroeletrônicos e de peças automotivas, com a obrigação de garantia durante esse prazo;
- Contratos públicos: critério de preferência na contratação, pela Administração Pública, de empresas que tenham certificação anti-obsolescência. Alteração da lei de licitações e contratos administrativos;
- Fomentar a existência de disciplinas escolares relacionadas à educação para um consumo sustentável e equilibrado;
- Informação clara ao consumidor acerca dos impactos da atualização de programas ou troca de componentes no que concerne ao desempenho do produto (por exemplo, informar que a atualização da nova versão de softwares pode deixar os aparelhos celulares antigos mais lentos). [88]

Tabela 3: Valor potencial dos materiais encontrados em lixo eletrônico em 2016

Material	Kilo Toneladas (Kt)	Milhões de euros
Fe	16,283	3,582
Cu	2,164	9,524
Al	2,472	3,585
Ag	1,6	884
Au	0,5	18,84
Pd	0,2	3,369
Plásticos	12,23	15,043

Fonte: Estudo da Global E-waste, 2017 [4]

A partir da tabela 3, é possível visualizar o potencial econômico que os REEEs podem trazer para a economia, se passarem a ser considerados como parte significativa da economia. Essa base de análise faz referência ao cenário europeu. Transpondo para a situação do Brasil, estudos apontam que a reciclagem do lixo eletrônico tem potencial para gerar dez mil empregos e injetar R\$ 700 milhões na economia brasileira. E o problema desse dinheiro ainda não compor a economia do Brasil é o fato de que não se conhece com profundidade esse mercado [89].

A partir da tabela 4, é possível verificar que, em 2016, a maior parte do lixo eletrônico foi gerada na Ásia, cerca de 18,2 Mt. Aproximadamente 2,7 mt foram documentados como coletados e reciclados. A Oceania gerou a maior quantidade por habitante: 17,3 Kg / habitante. No entanto, a Oceania gerou a menor quantidade, em termos absolutos, de lixo eletrônico no mundo em 2016: 0,7 Mt. O continente europeu, incluindo a Rússia, gerou uma quantidade de lixo eletrônico por habitante comparável à Oceania (16,6 kg / habitante).

Tabela 4: Geração e coleta de lixo eletrônico por continente

Indicador	África	América	Ásia	Europa	Oceania
Países no continente	53	35	49	40	13
População (milhões)	1.174	977	4.364	738	39
Geração de lixo (kg / habitante)	1,9	11,6	4,2	16,6	17,3
Geração de lixo total Mt (megatoneladas)	2,2	11,3	18,2	12,3	0,7
Coletado e reciclado (reportado) Mt	4	1,9	2,7	4,3	0,04
Taxa de cobrança (por região)	0%	17%	15%	35%	6%

Fonte: Estudo da Global E-waste, 2017 [4]

No total, a geração de lixo eletrônico para toda essa região foi de 12,3 milhões de toneladas. Cerca de 4,3 Mt de lixo eletrônico foi coletado para ser reciclado na Europa, mostrando a maior taxa de coleta regional (35% em comparação com lixo eletrônico gerado). A menor quantidade de lixo eletrônico por habitante foi gerado na África; 1,9 kg / habitante. Todo o continente gerou 2,2 Mt de lixo eletrônico. Destes, apenas 4 kt foram documentados como coletado e reciclado; isso é inferior a 1%.

Na América gerou 11,3 Mt de lixo eletrônico: 7 Mt só a América do Norte, 3 Mt a América do Sul, 1,2 Mt a América Central. Todo o continente gerou 11,6 kg / habitante de lixo eletrônico e, aproximadamente, 1,9 Mt de lixo eletrônico tem documentação de que foram coletados e reciclados [4].

A diferença de lixo eletrônico gerado em países desenvolvidos versus países em desenvolvimento é bastante grande. O país mais rico do mundo em 2016 gerou

uma média de 19,6 kg / habitante, enquanto os mais pobres gerou apenas 0,6 kg / habitante.

10.RECOMENDAÇÕES

- Formular regulamentos específicos para gestão do descarte de equipamentos elétricos e eletrônicos no país, visando aprofundar a responsabilidade das empresas sobre os REEEs gerados.
- Estabelecer políticas públicas que incluam a responsabilidade estendida das empresas e propostas que visem padronizar o tempo de vida útil de EEE.
- Avançar os trabalhos do grupo de trabalho do CONAMA referentes a resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos, para acelerar a normatização referente à norma RoHS brasileira.
- Caracterizar os REEEs na composição dos resíduos sólidos urbanos dos municípios.
- Estimular pesquisa e desenvolvimento acadêmico sobre os impactos ambientais do descarte inadequado desses REEEs.
- Desenvolver processos de reciclagem ambientalmente adequados considerando-se a realidade econômica nacional e as tecnologias disponíveis no país.
- Estimar a geração dos resíduos eletrônicos em nível nacional, com estudos elaborados pelo cenário acadêmico do país.
- Promover campanhas educativas para conscientização da população sobre o descarte ambientalmente adequado.
- Incorporar o conceito de ecodesign e logística reversa na indústria de EEE.
- Criar programas de incentivo a empresas que valorizem a economia circular e a logística reversa.
- Incentivar as pesquisas alinhadas à mineração urbana que proponham

soluções eficientes e criativas para os REEEs no país.

11. CONCLUSÃO

É possível destacar que este trabalho, realizado por meio de uma abordagem de análise do cenário do lixo eletrônico no Brasil, possibilitou a discussão sobre valores que marcam há algum tempo nossa sociedade. O avanço tecnológico tem causado o descarte dos equipamentos eletrônicos num curto espaço de tempo cada vez menor e a falta de conscientização do consumidor, tornando o lixo eletrônico um problema cada vez mais aparente na sociedade atual.

O tema do lixo eletrônico é complexo e multidisciplinar, como se pode observar ao longo do desenvolvimento deste trabalho. Seu desafio está presente em vários aspectos, como a obsolescência programada, a má destinação dos resíduos, a ausência da responsabilização de algumas empresas fabricantes dos EEEs, a falta de iniciativas que facilitem a comunicação do tema com a sociedade civil, e, em muitos locais, a ausência de locais que facilitem o descarte correto destes materiais, como ocorrem com outros tipos de lixos recicláveis.

Em todos os anos, a equação desenvolvimento tecnológico versus consumo inconsciente agravam a questão do lixo eletrônico no mundo. O lixo eletrônico é um problema de responsabilidade de empresas, de governos, da sociedade e de instituições de ensino em seus diversos níveis, que devem assumir compromisso quanto ao cumprimento do ciclo completo desses equipamentos, contidos em postulados da ABNT e Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA.

A prática da logística reversa tem sido uma ferramenta de gestão ambiental que tem atingido sucesso em diferentes áreas de gerenciamento de resíduos em vários países. As empresas apresentam uma série de deficiências em infraestrutura, informação e articulação com fabricantes. Em relação ao destino final, apenas 35% direcionam os resíduos eletrônicos para a reciclagem, proporcionando o fluxo dos resíduos por mercados secundários. Assim, a ausência de planos de gerenciamento

de resíduos eletrônicos, em algumas empresas, desde o processo de fabricação, dificulta o fomento da logística reversa. E claro a dificuldade no retorno do resíduo gerado até o fabricante ou recicadoras [92].

Um dos fatores de sucesso dos sistemas de gerenciamento de REEE em países desenvolvidos, como EUA, China e países europeus, se deve ao fato das legislações vigentes adotarem o princípio da responsabilidade estendida do produtor (assim como propõe a PNRS no Brasil para a política de resíduos), o que leva o fabricante a desenvolver equipamentos a partir do conceito de ecodesign, investir em pesquisas de reciclagem dos materiais e adotar a logística reversa. Além disso, a fiscalização em cima destas legislações tem mais efetividade e as mesmas foram elaboradas de modo a especificar os REEEs, não deixando espaços para “não enquadramento”.

No Brasil, não se obtém o sucesso esperado sobre esta problemática. Embora haja legislações que gerem o gerenciamento destes REEEs, muitos não são adotados de forma correta e faltam outras especificações legislativas nacionais, que tratem especificamente do tema.

No estado de São Paulo, existem empresas de gestão de resíduos, as recicadoras, e entre seus processos está inserida a descaracterização de equipamentos eletrônicos e a redestinação, seja por remanufatura ou reintegralização ao processo de fabricação. Os clientes destas recicadoras são fabricantes de EEE que, por motivos diversos e inclusive as PNRS, precisam retirar do mercado equipamentos que não apresentam mais possibilidade de uso, ou ainda, empresas que possuam certificação ambiental e necessitem dar um destino ambientalmente correto para seus resíduos.

Os impactos ambientais negativos decorrentes da disposição inadequada dos REEEs, bem como a perda econômica proveniente da não valorização dos materiais recicláveis presentes na sua composição e da ausência da geração de novos empregos voltados à área, são questões vitais e que merecem especial atenção da

sociedade civil, dos órgãos ambientais, do governo, dos acadêmicos e da iniciativa privada.

Os resultados deste trabalho reforçam a importância de que ações precisam ser tomadas para que se possa mitigar os impactos que o negligenciamento da questão dos REEEs pode trazer para o cenário do país.

12.REFERÊNCIAS

- [1] **Solving the e-waste problem.** Disponível em: <http://www.step-initiative.org/other-publications.html>. Acesso em: 30 de jan. de 2020.
- [2] MATTOS, K. M. da C.; PERALES, W. J. S. **Os impactos ambientais causados pelo lixo eletrônico e o uso da logística reversa para minimizar os efeitos causados ao meio ambiente.** In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 28., 2008, Rio de Janeiro. Anais. ABEPROM, 2008. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STP_077_543_11709.pdf>. Acesso: 24 de dez. de 2019.
- [3] SILVA, J. R. N. da. **Lixo eletrônico: um estudo de responsabilidade ambiental no contexto no Instituto de Educação Ciência e Tecnologia do Amazonas – IFAM Campus Manaus Centro.** In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 1., 2010, Bauru. Anais... IBEAS, 2010. Disponível em: <http://www.ibeas.org.br/Congresso/Trabalhos2010/III-009.pdf>. Acesso em: 29 de dez. de 2019.
- [4] **Estudo da Global e-Waste Monitor 2017.** Disponível em: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Climate-Change/Documents/GEM%202017/Global-E-waste%20Monitor%202017%20.pdf>. Acesso em: 25 de ago. de 2019.
- [5] **Recuperação de metais a partir de placas de circuito impresso de aparelhos celulares obsoletos.** Disponível em: <http://www.larex.poli.usp.br/trabalhos/Aparelhos%20Celulares%20Obsoletos.pdf>. Acesso em: 29 de ago. de 2019.
- [6] Cunha, Roselaine Calzavara da, **Extração de cobalto, níquel, ferro e mercúrio empregando sistema aquoso bifásico na presença de concomitantes.** Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.
- [7] De Tavares, Maurício Vicente. **Reciclagem Ascendente De Componentes Eletrônicos Para Desenvolvimento De Atividades Educacionais.** Trabalho de Conclusão de Curso - Fatec São Paulo, São Paulo, 2019.

[8] LIMA, E. S. **Diagrama dos aspectos relacionados ao Lixo Eletrônico tratados neste trabalho..**

[9] TOZZI, Laís Pereira. **Reciclagem de Placas de Circuito Impresso para a obtenção de metais não ferrosos.** 2017. 45f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2017.

[10] **Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental, 2010.** Disponível em: http://www.abes-rs.org.br/qualidade/palestras/hugo_veit.pdf http://www.abes-rs.org.br/qualidade/palestras/hugo_veit.pdf. Acesso em: 13 de Out. de 2019.

[11] Rubin, R.S. **Método de desmontagem de placas de circuito impresso provenientes de resíduos de equipamentos eletrônicos para a reciclagem.** Tese - São Paulo, SP, 2014.

[12] STACHAK, A. et al. **Reaproveitamento de computadores doados ao Museu da Computação da UEPG para a construção de equipamentos úteis para a comunidade. Anais do CONEX 2015.** Disponível em: http://sites.uepg.br/conex/anais/anais_2015. Acesso em: 27 de out. de 2019.

[13] MARTINS JUNIOR, H. **Museu Virtual e redes sociais: Uma possibilidade de interação com a comunidade. Anais do CONEX 2015.** Disponível em: http://sites.uepg.br/conex/anais/anais_2015. Acesso em: 27 de out. de 2019.

[14] Projeto Museu da Computação. Disponível em: https://sites.uepg.br/conex/anais/anais_2017/assets/uploads/trabalhos/07072017_090703.pdf. Acesso em: 20 de ago. de 2019.

[15] **Os impactos ambientais causados pelo lixo eletrônico e o uso da logística reversa para minimizar os efeitos causados ao meio ambiente.** Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STP_077_543_11709.pdf. Acesso em: 27 de set. de 2019.

[16] **Resíduos Hi-tech: uma bomba-relógio ambiental.** Disponível em: <https://noticias.ambientebrasil.com.br/exclusivas/2007/05/21/31266-residuos-hi-tech->

[uma-bomba-relogio-ambiental-ultima-parte.htmlf](#). Acesso em: 13 de set. de 2019.

[17] Yamane, L. H. **Recuperação de metais de placas de circuito impresso de computadores obsoletos através de processo biohidrometalúrgico**. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da USP, São Paulo 145p. (2012).

[18] **The Global E-waste Monitor 2017.** Disponível em: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Climate-Change/Documents/GEM%202017/Global-E-waste%20Monitor%202017%20.pdf>. Acesso em: 01 de mar. de 2020.

[19] **ONU e Fórum Econômico Mundial propõem economia circular para lixo eletrônico.** Disponível em: <https://www.efe.com/efe/brasil/variros/onu-e-forum-economico-mundial-prop-em-economia-circular-para-lixo-eletronico/50000250-3877212>. Acesso em: 22 de mar. de 2020.

[20] **Perspectiva da OIT sobre o lixo eletrônico formalmente reciclado.** Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2019/04/1668641>. Acesso em: 13 de set. de 2019.

[21] **RoHS Compliance Guide: Regulations, 10 Substances, Exemptions.** Disponível em: <https://www.rohsguide.com/>. Acesso em: 13 de jan. de 2020.

[22] **Ministério do meio ambiente.** Disponível em: https://www.mma.gov.br/images/arquivo/80491/lbict_ACVRoHS.pdf. Acesso em: 12 de jul. de 2019.

[23] Fernandes, R. G. **Estudo de técnicas de recuperação de metais de resíduos de equipamentos eletrônicos .** Monografia. São Carlos - SP (2014).

[24] INVENTTA. **Logística Reversa de Equipamentos Eletrônicos - Análise de Viabilidade Técnica e Econômica.** São Paulo. 2012.

[25] Rodrigues, A.C. **Impactos socioambientais do REEE: Estudo da cadeia de pós-consumo no Brasil.** Dissertação. Universidade Metodista de Piracicaba, Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo. São Paulo. 2007.

- [26] **Estrutura do museu da Computação em relação ao lixo eletrônico.** Disponível em: http://limpezapublica.com.br/textos/iii-020_1.pdf. Acesso em: 24 de ago. de 2019.
- [27] Martins, P. G. & Alt, P. R. C. (2004) **Administração de Materiais e Recursos Patrimoniais**. São Paulo: Saraiva.
- [28] Rodrigues, D. F, Rodrigues, G. G., Leal, J. E. & Pizzolato, N. D. (2002) **Logística Reversa – Conceitos e Componentes do Sistema**. XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção.
- [29] LEITE, Paulo Roberto; LAVEZ, Natalie; SOUZA, Vivian Mansano. **Fatores da logística reversa que influem no reaproveitamento do “lixo eletrônico”—um estudo no setor de informática**. XII Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais-SIMPOI, 2009.
- [30] Leite, P. R. (2003) **Logística Reversa: meio ambiente e competitividade**. São Paulo: Pearson Prentice Hall.
- [31] STOCK, James R.. **Reverse logistics management**. Illinois, 1998. ROGERS, Dale S & TIBBEN-LEMBKE, Ronald S.. Going bakcwards: **reverse logistics trends and pratics**. Reno, Universidade de Nevada, 1999.
- [32] **Fluxo de logística reversa do REEE.** Disponível em: <https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Fconteudo.ebc.com.br%2Fagencia%2F2019%2Flixoeletronico%2Findex.html&psig=AOvVaw0VeX0mFOH2CvpyX07qtTSp&ust=1586269791631000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCIjnosIB1OgCFQAAAAAdAAAAABAR> Acesso em: 06 de abr. de 2020.
- [33] ESTRADA, Daniela (colaboradora do IPS). O segredo do modelo nórdico: **Os riscos do lixo eletrônico**. 2005. Terramérica (Pnuma) (Pnud), Inter Press Service (IPS) e distribuído pela Agência Envolverde. Disponível em<<http://www.mwglobal.org/ipsbrasil.net/nota.php?idnews=25>>. Acesso em: 03 de jan. de 2020.
- [34] DE BRITO, Marisa P.. **Management Reverse Logistics or Reversing**

Logistics Management. Erasmus Research Institute of Management (ERIM), 2003.

[35] DE BRITO, Marisa P. e DEKKER, Rommert. **Reverse logistics – a framework.** Erasmus University Rotterdam, 2002.

[36] **Fluxo de logística reversa Empresa: Itautec.** Disponível em: http://web-resol.org/textos/e2009_t00166_pcn20771.pdf. Acesso em: 17 de maio de 2019.

[37] **Fluxo de logística reversa Empresa: San Lien.** Disponível em: http://web-resol.org/textos/e2009_t00166_pcn20771.pdf. Acesso em: 12 de jun. de 2019.

[38] Borges, A. (nov.2004) **Lixo eletrônico vira montanha de problemas.** Computerworld - Edição 421. Disponível em: <http://computerworld.uol.com.br/mercado/2004/11/29>. Acesso em: 24 de set. de 2019.

[39] Demajorovic, J. (1995) **Da política tradicional de tratamento do lixo à política de gestão de resíduos sólidos as novas prioridades**, Revista de Administração de Empresas, São Paulo: Mai./Jun.

[40] LAVEZ, Natalie; DE SOUZA, Vivian Mansano; LEITE, Paulo Roberto. **O papel da logística reversa no reaproveitamento do “lixo eletrônico”– um estudo no setor de computadores.** Revista de Gestão Social e Ambiental, v. 5, n. 1, 2011. Disponível em: http://www.clrb.com.br/portal/us/arq/09_REVISTA%20GESTO%20SOCIAL%20E%20AMBIENTAL%202011_0.pdf. Acesso em: 25 de set. de 2019.

[41] Andrade-Lima, H. **Gestão dos recursos e impactos socioambientais no ciclo de vida dos equipamentos eletroeletrônicos (EEE).** Monografia. Universidade Federal de Pernambuco. Centro de ciências Biológicas, 2012.

[42] SEPA - **Swedish Environmental Protection Agency. Recycling and disposal os electronic waste REPORT 6417.** Bromma, Swedwn March 2011. Disponível em: www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-6417-4.pdf. Acesso em: 22 de jan. de 2020.

[43] UNEP - United Nations Environment Programme. Inventory Asses Manual 2007. Disponível em: www.unep.or.jp/ietc/Publications/spc/EWasteManual_Vo11.pdf. Acesso em: 04 de jan. de 2020.

[44] Xavier, Lúcia Helena; Carvalho, Tereza Cristina. **Gestão de resíduos eletroeletrônicos** - 1 ed - Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

[45] LIMA, E. S. **Planilha com dados do anuário de EEE da USP**.

[46] Jornal da USP. Disponível em:<https://jornal.usp.br/ciencias/usp-lanca-selo-verde/>. Acesso em: 02 de dez. de 2019.

[47] **Conheça os tipos de coletores da Green Eletron**. Disponível em: <https://www.greeneletron.org.br/blog/conheca-os-coletores-da-green-eletron/>. Acesso em: 16 de abr. de 2020.

[48] **Fluxograma de funcionamento do CEDIR**. [http://www.ecycle.com.br/component/content/article/35/435-centro-de-descarte-da-usuário-dissemina-o-descarte-correto-.html](http://www.ecycle.com.br/component/content/article/35/435-centro-de-descarte-da-usuario-dissemina-o-descarte-correto-.html). Acesso em: 01 de dez. de 2019.

[49] **Pesquisa: Quais os pré requisitos necessários para se homologar a Green Eletron**. Disponível em: www.greeneletron.org.br/blog/quais-pre-requisitos-sao-necessarios-para-ser-uma-recicladora-homologada-da-green-eletron/. Acesso em: 16 de abr. de 2020.

[50] **BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos).

[51] **O que podemos descartar nos coletores da Green Eletron**. Disponível em: <https://www.greeneletron.org.br/blog/o-que-podemos-descartar-nos-coletores-da-green-eletron/>. Acesso em: 16 de abr. de 2020.

[52] **Esclarecimentos sobre as principais dúvidas das empresas sobre gestão de REEE**. Disponível em: <https://www.greeneletron.org.br/blog/esclarecemos-as-quatro-principais-duvidas-das-empresas-sobre-a-gestao-de-residuos-eletroeletronicos/>. Acesso em: 16 de abr. de

2020.

[53] **Relatório de atuação da Green Eletron em 2019.** Disponível em: (<https://www.greeneletron.org.br/blog/green-eletron-reciclagem-mais-de-514-toneladas-de-lixo-elettronico-em-2019-confira-outras-conquistas/>). Acesso em: 16 de abr. de 2020.

[54] **Empresa Unicore.** Disponível em: <https://www.unicore.com.br/>. Acesso em: 14 de fev. de 2020.

[55] **Empresa Ativa Reciclagem.** Disponível em: <http://www.ativareciclagem.com.br/>. Acesso em: 20 de jan. de 2020.

[56] **Empresa IZN Recicle Brasil.** Disponível em: <http://www.izn.com.br/site/index.php>. Acesso em: 21 de fev. de 2020.

[57] **Empresa Lorene.** Disponível em: <http://www.lorene.com.br/sobre-nos/>. Acesso em: 13 de mar. de 2020.

[58] **Empresa Oxil.** Disponível em: <http://www.estre.com.br/contato/fale-conosco/>. Acesso em: 20 de abr. de 2020.

[59] **Empresa Suzaquim.** Disponível em: <http://www.suzaquim.com.br/>. Acesso em: 02 de abr. de 2020.

[60] **Empresa TG Recycling.** Disponível em: <https://www.tcgrecycling.com/about-us/#>. Acesso em: 03 de abr. de 2020.

[61] **Empresa Sintronics.** Disponível em: <http://www.sintronics.com.br/>. Acesso em: 20 de mar. de 2020.

[62] **Microelectronics and Computer Technology Corporation.** Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Microelectronics_and_Computer_Technology_Corporation. Acesso em: 4 de fev. de 2020.

[63] **Mineração Urbana de resíduos eletroeletrônicos: uma nova fronteira a explorar no Brasil.** Disponível em: <https://www.cetem.gov.br/images/periodicos/2018/mineracao-urbana.pdf>. Acesso em: 13 de fev. de 2020.

[64] Schwantes, D. **Reciclagem Química de PET Proveniente de Filtros Industriais Pós- Consumo.** Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Ciências e Engenharia de Materiais. UFSCAR, 2006.

[65] Veit, H. M. **Reciclagem de Cobre de Sucatas de Placas de Circuito Impresso.** Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais. UFRGS, 2005.

[66] Lima, E. S. **Base de dados do panorama do cenário do lixo eletrônico no Brasil.**

[67] **Evolução dos dispêndios em Pesquisa e Desenvolvimento IES estaduais.** Disponível em: <https://gizmodo.uol.com.br/como-o-brasil-distribui-os-r45-bilhoes-destinados-para-pesquisas-cientificas/>. Acesso em: 10 de abr. de 2020.

[68] **Extração de dados da base de Currículos Lattes em 30/11/2016.** Disponível em: <http://estatico.cnpq.br/painelLattes/>. Acesso em: 26 de mar. de 2020.

[69] **Gráfico de extração dos da geração de REEE até o ano de 2060.** Disponível em: http://www3.weforum.org/docs/WEF_A_New_Circular_Vision_for_Electronics.pdf. Acesso em: 13 de jan. de 2020.

[70] **A New Circular Vision for Electronics.** Disponível em: http://www3.weforum.org/docs/WEF_A_New_Circular_Vision_for_Electronics.pdf. Acesso em: 13 de mar. de 2020.

[71] **Infográficos do PIB Brasileiro.** Disponível em: <https://infograficos.gazetadopovo.com.br/economia/pib-do-brasil/>. Acesso em: 21 de abr. de 2020.

[72] O que é a Economia Circular?. Disponível em: <https://eco.nomia.pt/pt/economia-circular/estrategias>. Acesso em: 15 de fev. de 2020.

[73] Fernandes, S. M. , Rodriguez, C. M. T. , Bornia, A. C. , Trierweiller, A. C. , Silva, S. M. d. , & Freire, P. d. S. (2017). **Revisão sistemática da literatura sobre as formas de mensuração do desempenho da logística reversa.** Gestão & Produção, 25(1), 175. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0104-530x3177-16>. Acesso em: 25 de set. de 2019.

[74] Qual é o custo de aderir ao sistema de logística reversa da Green Eletron?. Disponível em: <https://www.geneletron.org.br/blog/qual-e-o-custo-de-aderir-ao-sistema-de-logistica-reversa-da-green-eletronre/>. Acesso em: 23 de fev. de 2020.

[75] Lima, E. S. **Dados de análise do cenário do lixo eletrônico - CAPES.**

[76] **Dados do google trends.** Disponível em: https://storage.googleapis.com/gweb-news-initiative-training.appspot.com/upload/G0802_NewsInitiativeLessons_Fundamentals-L03-GoogleTrends_UPBIPbc.pdf. Acesso em 15 de jul de 2020.

[77] **Como funciona o Google trends.** Disponível em: <https://support.google.com/trends/answer/4365533?hl=pt>. Acesso em: 15 de jul de 2020.

[78] **Dados do CAPES:** https://dadosabertos.capes.gov.br/https://docs.google.com/spreadsheets/d/1L2rJcs_z96zHlh-XsOdHbBc_D0eQSK6V5dYHCH5wTw4/edit?usp=sharing. Acesso em: 13 de fev. de 2020.

[79] **Crescimento da colaboração da indústria em projetos de pesquisa e desenvolvimento no Brasil.** Disponível em: <https://jornal.usp.br/universidade/politicas-cientificas/15-universidades-publicas-produzem-60-da-ciencia-brasileira/>. Acesso em: 21 de abr. de 2020.

[80] **15 universidades públicas produzem 60% da ciência brasileira.** Disponível em: http://portal.inep.gov.br/artigo/-/asset_publisher/B4AQV9zFY7Bv/content/dados-do-c

[enso-da-educacao-superior-as-universidades-brasileiras-representam-8-da-rede-ma-s-concentram-53-das-matriculas/21206](#)). Acesso em: 13 de jan. de 2020.

[81] HOCH, Patrícia Adriani. **A obsolescência programada e os impactos ambientais causados pelo lixo eletrônico: o consumo sustentável e a educação ambiental como alternativas.** Seminário Nacional Demandas Sociais e Políticas Públicas na Sociedade Contemporânea, 2016

[82] BAUMAN, Zygmunt. Vida para consumo: a transformação das pessoas em mercadoria. Rio de Janeiro: Zahar, 2008.

[83] MIRAGEM, Bruno. **Vício oculto, vida útil do produto e extensão da responsabilidade do fornecedor: comentários à decisão do Resp 984.106/SC, do STJ.** Revista de Direito do Consumidor, São Paulo, v. 85, p. 325 et. seq., Jan. 2013.

[84] PORTILHO, Fátima. **Sustentabilidade Ambiental, Consumo e Cidadania.** São Paulo - Cortez, 2005.

[85] WIDMER, Rolf et al. **Perspectivas globais sobre e-lixo.** InterfacEHS-Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade, v. 8, n. 1, 2013.

[86] **Reciclagem No Brasil: Panorama Atual E Desafios Para O Futuro.** Disponível em:
<https://portal.fmu.br/reciclagem-no-brasil-panorama-atual-e-desafios-para-o-futuro/>. Acesso em: 03 de abr. de 2020.

[87] **Pesquisa diz que, de 69 milhões de casas, só 2,8% não têm TV no Brasil.** Disponível em:
<https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2018-02/uso-de-celular-e-acesso-internet-sao-tendencias-crescentes-no-brasil>. Acesso em: 01 de maio de 2020.

[88] **CDC deve proteger consumidor da obsolescência programada, diz ministro.** Disponível em:
<https://www.conjur.com.br/2015-jun-25/cdc-combater-obsolescencia-programada-ministro-salomao>. Acesso em: 03 de maio de 2020.

[89] O negócio bilionário do lixo eletrônico. Disponível em: https://istoe.com.br/422443_O+NEGOCIO+BILIONARIO+DO+LIXO+ELETRONICO/. Acesso em: 07 de mar. de 2020.

[90] Ferreira, Vivian Fernandes Marinho. **Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos: um estudo do campo de ação estratégica no contexto brasileiro**. Dissertação de Mestrado - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

[91] Sustainable Cycles (SCYCLE), United Nations University. **Análise do cenário do lixo eletrônico pelo mundo**. Disponível em: <https://ehs.unu.edu/vice-rectorate/sustainable-cycles-scycle#overview>. Acesso em: 26 de mar. de 2020.

[92] DA SILVA, Lorena Albuquerque Adriano; PIMENTA, Handson Dias; DE SOUZA CAMPOS, Lucila Maria. **Logística reversa dos resíduos eletrônicos do setor de informática: realidade, perspectivas e desafios na cidade do Natal-RN**. Revista Produção Online, v. 13, n. 2, p. 544-576, 2013. Disponível em: <https://producaoonline.org.br/rpo/article/view/1133>. Acesso em: 01 de maio de 2020.

[93] FRANCO, ROSANA GONÇALVES FERREIRA; LANGE, L. C. **Protocolo de referência para gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos domésticos para o município de Belo Horizonte**. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, p. 162, 2008.

[94] ITAUTEC. **Gestão Ambiental, 2008**. Disponível em www.itautec.com.br/iFileExplorer/.../2008/Gestao%20Ambiental-port.pdf. Acesso em: 14 de ago. de 2019.

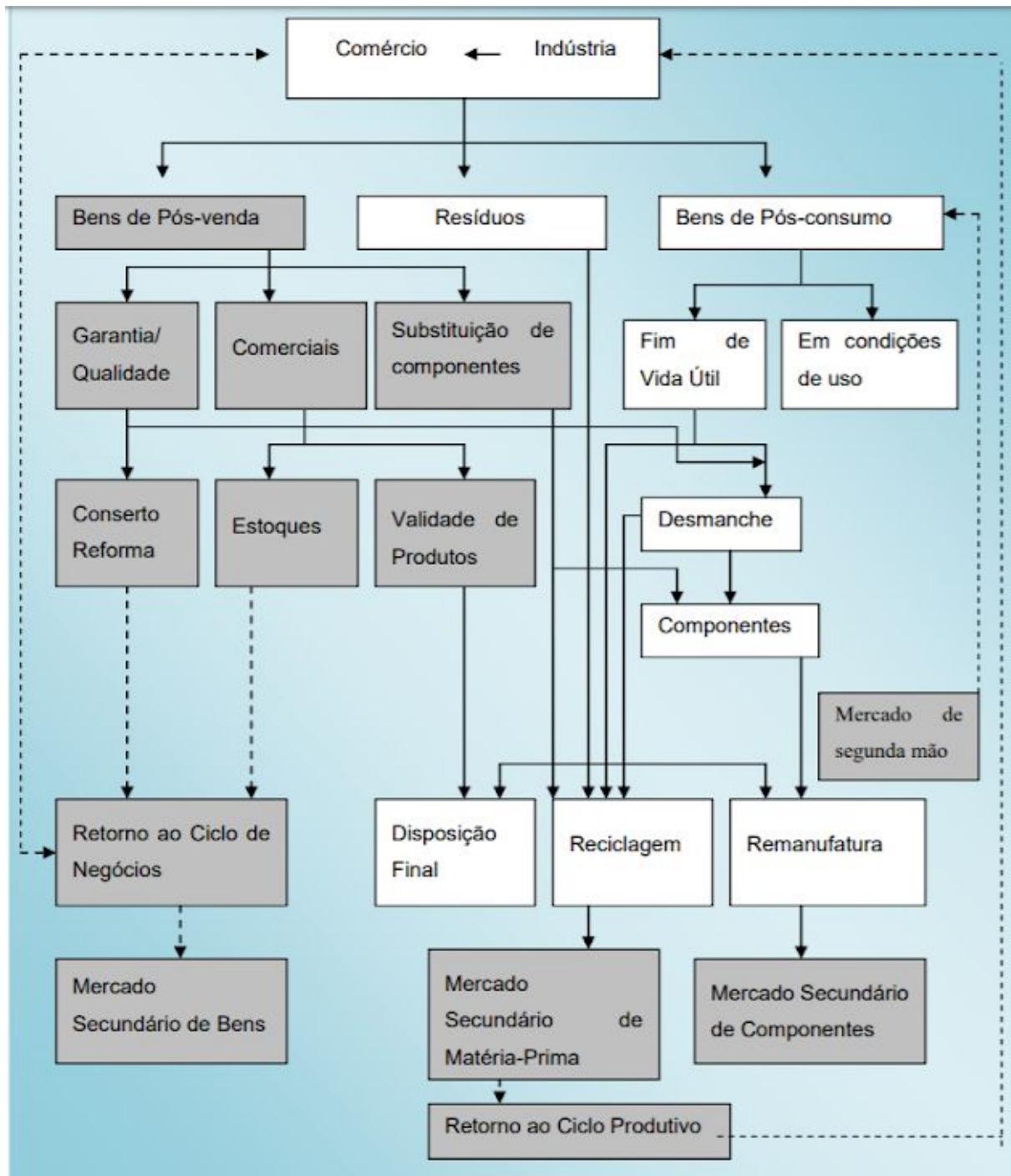
[95] XAVIER, Lúcia Helena et al. **Gestão de resíduos eletroeletrônicos: mapeamento da logística reversa de computadores e componentes no Brasil**. In: **Anais do 3º Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos, 2º Seminário da Região Nordeste sobre Resíduos Sólidos**. João Pessoa, PB, Brasil. 2010.

[96] Medeiros, Natalia Moraes. **Caracterização e separação física de placas de circuito impresso de computadores obsoletos**. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

- [97] LIEBSCHER, P. Quantity with quality? teaching quantitative and qualitative methods in a LIS master's program. **Library Trends**, v. 46, n. 4, p. 668-680, 1998.
- [98] GERGEN, M. M.; GERGEN, K. J. Investigação qualitativa: tensões e transformações. In: DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. (orgs). **O planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens**. Porto Alegre: Artmed, 2006, p. 367-288. GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. Ed. – São Paulo: Atlas, 2008.
- [99] YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Porto Alegre: Bookman, 2001. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- [100] **Proceedings of the 1987 Academy of Marketing Science (AMS) Annual Conference**, editado por Jon M. Hawes, George B. Glisan, editora Springer, maio de 1987, Florida
- [101] **Handbook of Qualitative Research Methods in Marketing**, editado por Russell W. Belk, editora Edward Elgar, 2006, Toronto
- [102] **Acordo setorial Brasileiro de 2019**. Disponível em: http://consultaspublicas.mma.gov.br/eletroeletronicos/wp-content/uploads/2019/08/NewAS_LR_EEE_Completo_30_07_2019-compactado.pdf. Acesso em 03 de Jun de 2020.
- [103] **Global E-waste 2020**. Disponível em: <https://globalewaste.org/>. Acesso em 05 de Jun de 2020.

13.ANEXOS

Figura 1: Análise em logística reversa



Logística Reversa. Fonte: Leite, 2003

Tabela 1: Composição da Placa de Circuito Impresso

Composição		(%)
Materiais cerâmicos, vidros e óxidos.	Sílica	15
	Alumina	6
	Óxidos alcalinos e alcalinos Ferrosos	6
	Outros óxidos	3
Plásticos	Polímeros (polietileno, polipropileno, poliésteres e policarbonetos).	26
	Plásticos halogenados (Br)	4
Metais	Metais bases (Cu, Fe, Sn, Ni, Al, Pb, Zn e outros)	39,5
	Metais preciosos (Ag, Au e Pd).	0,5

Fonte: Menetti, Chaves & Tenório, 1996

Planilha 1: Análise da abordagem de REEEs nas Políticas de Resíduos Sólidos de dez estados Brasileiros

Estado	Lei	Comentários
Rio Grande do sul	Lei 9.921 de 27/07/1993	Extremamente simples. Não aborda REEEs.
Paraná	Lei 12.493 de 22/01/1999	Aborda a responsabilidade de fabricantes, importadores e comerciantes de pneus e agrotóxicos. Aborda resíduos Radioativos. Não aborda REEEs
Mato Grosso do Sul	Lei 2.080 de 13/01/2000	Aborda a responsabilidade de fabricante, importadores e comerciantes de pneus e agrotóxicos. Aborda resíduos radioativos. Não aborda REEEs

Ceará	Lei 13.103 de 24/01/2001	Adota o Princípio do Poluidor Pagador (PPP); responsabilidade pós-consumo do fabricante ou importador pelos produtos e respectivas embalagens ofertadas ao consumidor final. Classificam pilhas, baterias e assemelhados; lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio, vapor de mercúrio e luz mista como resíduos especiais. Responsabiliza fabricante e importadores de resíduos classificados como especiais sobre seu gerenciamento. Não aborda outros tipos de REEEs.
Pernambuco	Lei 12.008 de 01/06/2001	Estabelece a responsabilidade pós consumo do produtor pelos produtos e serviços ofertados; responsabiliza os fabricantes e importadores de produtos classificados como especiais sobre o seu gerenciamento. No entanto não especifica o que são resíduos especiais. Não aborda REEEs.
Goiás	Lei 14.248 de 29/07/2002	Estabelece a responsabilidade pós consumo do produtor pelos produtos e serviços ofertados. Classificam pilhas, baterias e assemelhados; lâmpadas fluorescentes, importadores de vapor de mercúrio, vapor de sódio e luz mista; disquete e CD-ROM's como resíduos especiais e responsabilizam os fabricantes, importadores e representantes pelo seu gerenciamento. Não aborda outros tipos de REEEs
Minas Gerais	PL 1.269 de 16/06/2007	Estabelece a responsabilidade socioambiental compartilhada entre poder público, produtor, transportadores, distribuidores, consumidores e geradores no fluxo RS. Define RS especiais e RS pós-consumo ,mas não específico . Adota PPP. Não aborda o REEEs.
Santa Catarina	Lei 13.557 de 17/11/2005	Estabelece a responsabilidade pós consumo do fabricante ou importador pelos produtos e respectivas embalagens ofertadas ao consumidor final. Define resíduos especiais não específica não específica. Adota o PPP. Não aborda REEEs.
São Paulo	Lei 12.300 de 16/02/2006	Adota o PPP. Estabelecem a responsabilidade pós-consumo do fabricante ou importador pelos

		produtos respectivos embalagens ofertadas ao consumidor final. Não aborda REEEs.
Rio de Janeiro	Lei 4.191 de 30/09/2003 - Lei 4.969 de 03/12/2008	Estabelece a responsabilidade pós consumo do produtor pelos produtos e serviços ofertados, incentiva a prática e implantação de selos verdes por produtores e seus produtos. Não define conceito de resíduos adotados pela Lei. Não aborda REEEs. Estabelece as pilhas, baterias e lâmpadas, após seu uso ou esgotamento energético, são considerados resíduos potencialmente perigosos à saúde e ao meio ambiente, devendo a sua coleta, seu recolhimento e seu destino final observar o estabelecimento nesta lei. Estendesse o disposto nesta Seção aos produtos Eletroeletrônicos que, possuindo ou não pilhas ou baterias em sua estrutura, contenham metais ou outras substâncias tóxicas. Aborda em parte as substâncias dos REEEs

Fonte: CE, 2001; GO, 2002; MG, 2007; MGS, 2000; PE, 2001; PR, 1999; RGS, 1993; RJ 2003, 2010; SC, 2005; SP, 2006.

Equipamentos Eletroeletrônicos, de acordo com o Ministério do Desenvolvimento da Indústria e do Comércio Exterior (MDIC), são todos equipamentos cujo funcionamento dependa de corrente elétrica ou campos eletromagnéticos dividindo eles em 4 categorias.

Tabela 2: Categorias dos REEE e alguns exemplos

Categoria	Exemplos de produtos
Linha Branca	Refrigeradores e congeladores, fogões, lavadoras de roupa e louça, secadoras, condicionadores de ar
Linha Marrom	Monitores e televisores de tubo, plasma, LCD e LED, aparelhos de DVD e VHS, equipamentos de áudio, filmadoras
Linha Azul	Batedeiras, liquidificadores, ferros elétricos, furadeiras, secadores de cabelo, espremedores de frutas, aspiradores de pó, cafeteiras
Linha Verde	Computadores <i>desktop</i> e <i>laptops</i> , acessórios de informática, <i>tablets</i> e telefones celulares

Fonte: MDIC 2013

Tabela 3: Composição dos REEEs

Composição	% em massa
Ferro e aço	47,9
Plástico sem retardante de chama	15,3
Cobre	7,0
Vidro	5,4
Plástico com retardante de chama	5,3
Alumínio	4,7
Placas de Circuito Impresso	3,1
Outros	4,6
Madeira	2,6
Cerâmica	2,0
Outros metais não-ferrosos	1,0
Borracha	0,9

Fonte: WINDMER et al, 2005

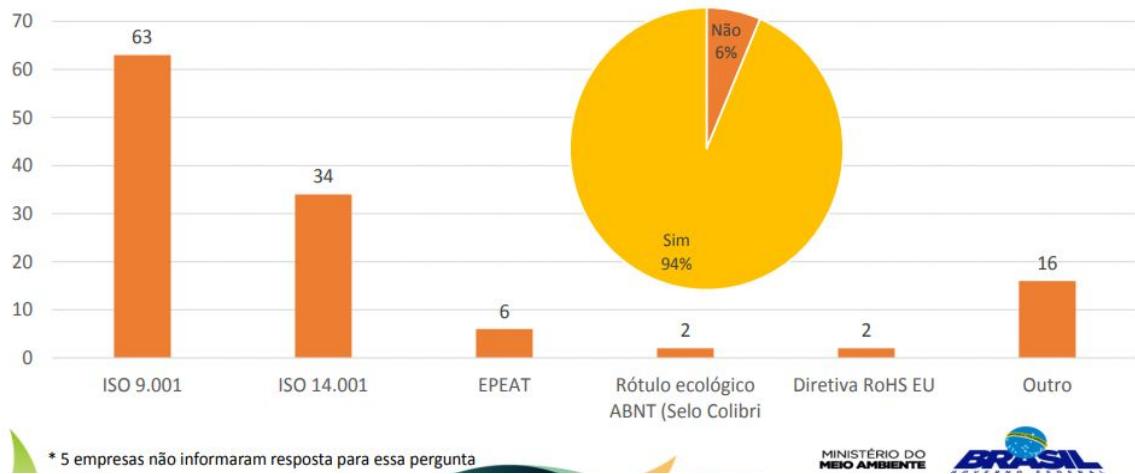
Tabela 5: relação dos componentes eletrônicos que trazem risco à saúde

Materiais e componentes	Descrição
Baterias	Metais como chumbo, mercúrio e cádmio podem estar presentes nas baterias.
Telas de tubos de raios catódicos	Chumbo no cone de vidro e camada fluorescente que cobre o interior do painel de vidro.
Componentes contendo mercúrio (p.e. interruptores)	Mercúrio é usado em termostatos, sensores, relés e interruptores. Também é usado em equipamentos médicos, transmissores de dados, telecomunicação e celulares.
Cartuchos de tinta, líquida ou pastosa, assim como cartuchos coloridos	Toners e cartuchos de tinta têm que ser removidos e coletados separadamente devido à tinta residual que pode conter metais como chumbo.
Placas de circuito impresso (PCI)	Nas placas de circuito impresso, ocorre cádmio em certos componentes, como por exemplo chips, detectores e semicondutores. Ocorre chumbo nas soldas.
Capacitores contendo bifenilas policloradas	Capacitores têm que ser removidos, pois caso venham a ser incinerados, geram gases tóxicos.
Plásticos contendo retardadores de chama halogenados	Durante a incineração ou combustão do plástico com retardadores de chama halogenados, pode ocorrer o desprendimento de gases tóxicos
Equipamentos contendo CFC, HCFC ou HFCs	CFC ou HCFC presentes na espuma e no circuito de refrigeração devem ser cuidadosamente extraídos e destruídos, e o mercúrio deve ser removido.

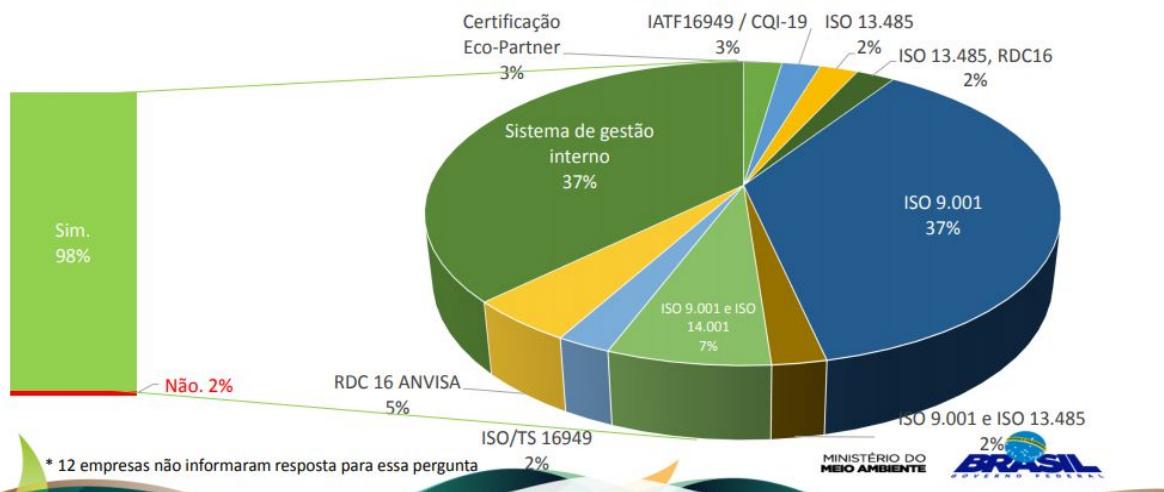
Fonte: CUI et al, 2003; TSYDENOVA et al, 2011

O estudo realizado pelo Ministério do Meio Ambiente trouxe algumas questões bem relevantes, algumas delas trago os dados abaixo para conhecimento.

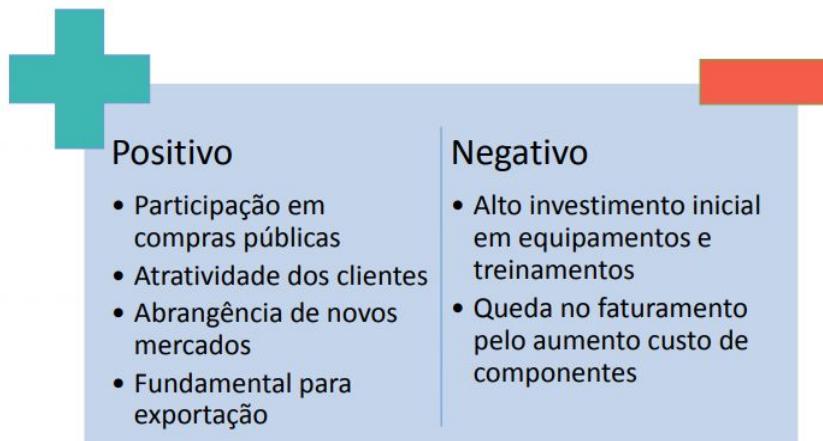
Questão 7: A empresa possui alguma certificação de qualidade e/ou ambiental?



Questão 8: A empresa possui algum sistema de gestão de qualidade/ controle de processos e/ou controle de fornecedores?



Impactos ao Faturamento

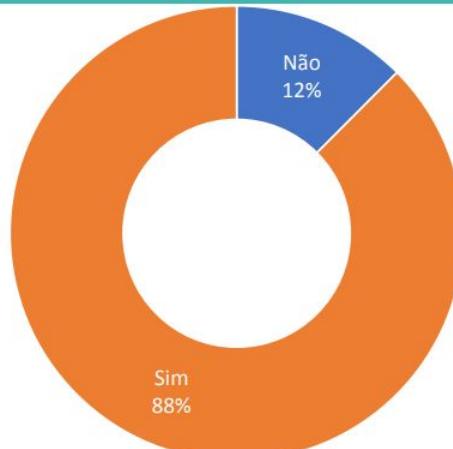


Demonstração dos impactos ao faturamento mais apontados pelas empresas que preencheram o questionário

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE



Questão 4: Sua instituição possui conhecimento da Diretiva 2002/95/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 27 de janeiro de 2003 relativa à restrição do uso de determinadas substâncias perigosas em equipamentos eléctricos e electrónicos, conhecida como RoHS (*Restriction of Certain Hazardous Substances*):



* 14 empresas não informaram resposta para essa pergunta

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE



Descobertas-chave do Global E-waste Monitor 2020

- O gerenciamento adequado de resíduos eletrônicos pode ajudar a mitigar o aquecimento global.
- Em 2019, cerca de **98 Mt de equivalentes de CO₂** foram lançados na atmosfera

- **A Europa ocupou o primeiro lugar** no mundo em termos de geração de resíduos eletrônicos per capita, com 16,2 kg per capita
- Estima-se que, **anualmente, 50 toneladas de mercúrio** – usado em monitores, PCBs e lâmpadas fluorescentes ou de baixo consumo energético – **estejam contidas em fluxos não documentados de resíduos eletrônicos.**

Comparação da evolução do cenário brasileiro com relação a geração dos REEE's ao longo dos anos

Projeção para o cenário mundial

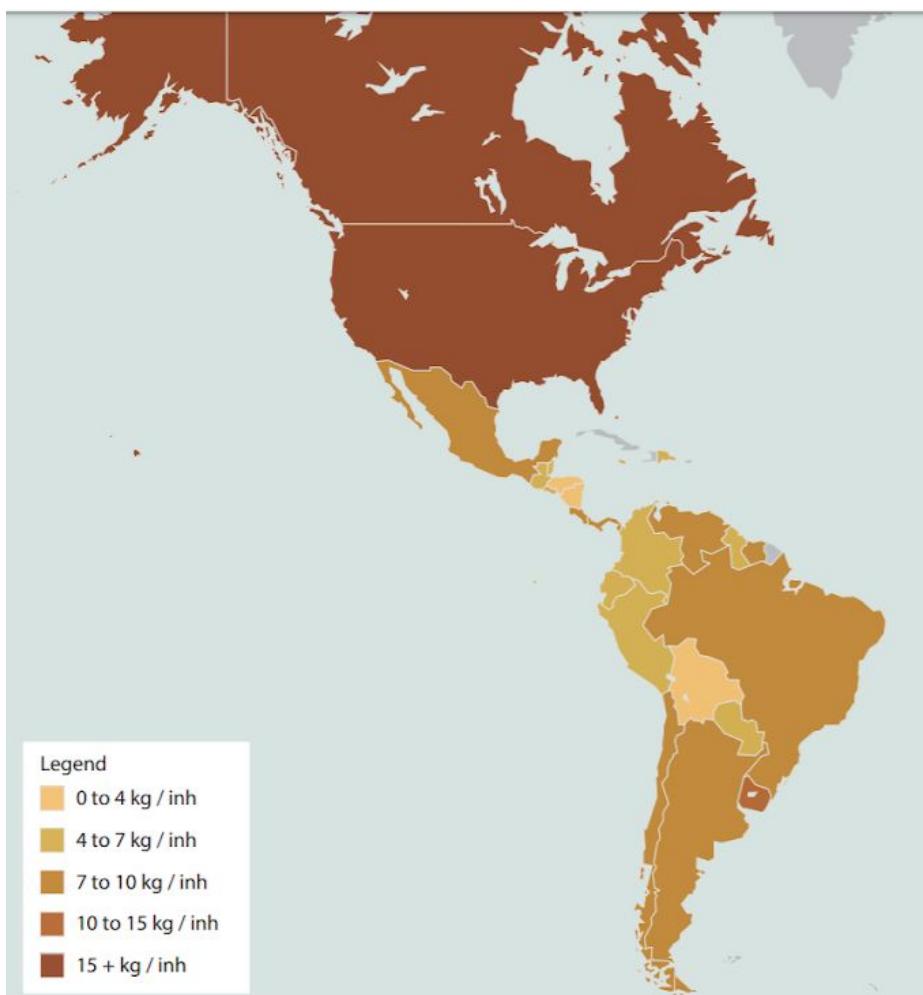


Distribuição geográfica da quantidade de lixo eletrônico gerado (em quilos/habitante) pelos países do continente americano no ano de 2013.



Fonte: www.itu.int, 2014

Distribuição geográfica da quantidade de lixo eletrônico gerado (em quilos/habitante) pelos países do continente americano no ano de 2015.



Fonte: www.itu.int, 2016

Distribuição geográfica da quantidade de lixo eletrônico gerado (em quilos/habitante) pelos países do continente americano no ano de 2019.



Fonte: www.itu.int, 2020