

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
Escola de Engenharia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais  
PPGE3M

MELISSA SILVA PEREIRA

**RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS NA UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO GRANDE DO SUL – UM DIAGNÓSTICO**

Porto Alegre, fevereiro de 2020.

MELISSA SILVA PEREIRA

**RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS NA UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO GRANDE DO SUL – UM DIAGNÓSTICO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais – PPGE3M da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito à obtenção do título de Mestre em Engenharia.

Área de Concentração: Ciência e Tecnologia dos Materiais

Orientador: Prof. Dr. Hugo Marcelo Veit

Porto Alegre, fevereiro de 2020.

MELISSA SILVA PEREIRA

**RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS NA UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO GRANDE DO SUL – UM DIAGNÓSTICO**

Esta Dissertação foi analisada e julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais – PPGE3M da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

---

Prof. Dr. Hugo Marcelo Veit  
Orientador

Aprovada em: 17/02/2020

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Alvaro Meneguzzi - PPGE3M - UFRGS

---

Dr. Fernando Hamerski - IPR - PUCRS

---

Prof. Dr. Pablo Dias - SPREE - UNSW

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, por me proporcionar fé e forças necessárias para transpor todos os obstáculos da vida.

Agradeço ao meu filho Lucas, por entender todos os momentos em que fiquei ausente, que deixamos de compartilhar e muitas horas de estudo em que poderíamos estar juntos. Saiba que tudo é por você.

Agradeço à minha querida mãe Eliane que, com seus princípios e força garantiu-me a base necessária para ser uma pessoa de bem.

Aos meus irmãos Michele e Filipe por todo o apoio que me deram nestes longos anos de estudo, pois sempre estiveram do meu lado e nunca duvidaram do meu sucesso.

Ao meu pai, Sérgio, que em algum lugar muito especial, torceu e alegrou-se por mim.

Agradeço também meu namorado, eterno colega e amigo Jeferson Webber por me inspirar e estar presente em minha vida em mais um momento importante.

Agradeço, em especial, ao professor Dr. Hugo Marcelo Veit pelo suporte e atenção, auxiliando com suas correções e compartilhando seu vasto conhecimento e experiência.

Agradeço a UFRGS, ao PPGE3M, aos colegas e demais colaboradores do LACOR por terem possibilitado e me auxiliado na realização deste Mestrado.

E meu obrigado a todos que diretamente ou indiretamente contribuíram para este estudo.

## SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>4</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>7</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>9</b>
<b>LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS</b> .....	<b>10</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>11</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>12</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>17</b>
2.1 OBJETIVOS GERAIS .....	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>18</b>
3.1 RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS .....	18
3.2 LEGISLAÇÃO VIGENTE – PANORAMA MUNDIAL E LOCAL.....	23
3.3 ALTERNATIVAS DE DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS .....	29
3.3.1 Os “5 R’s” da sustentabilidade.....	29
3.3.1.1 <i>Métodos de Reciclagem de REEE</i> .....	30
3.3.2 Economia Circular e Logística Reversa .....	32
3.3.3 Políticas de gestão de REEE de destaque .....	38
3.4 REEE NA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – UFRGS.....	41
3.4.1 Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS – breve panorama .....	41
3.4.2 Gestão de equipamentos de processamento de dados na UFRGS	43
3.4.2.1 <i>Licitação</i> .....	43
3.4.2.2 <i>Patrimônio e Tombamento</i> .....	44
3.4.2.3 <i>Desfazimento</i> .....	45
3.5 GESTÃO DOS REEE EM INSTUIÇÕES DE ENSINO PÚBLICAS E PRIVADAS DO BRASIL .....	49
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>53</b>
4.1 METODOLOGIA DA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA.....	53
4.2 METODOLOGIA PARA ANÁLISE QUANTITATIVA .....	54
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>56</b>
5.1 DA SOLICITAÇÃO AO DESCARTE .....	56
5.2 ANÁLISE QUANTITATIVA DOS EEE DA UFRGS .....	59
5.3 POTECIAL ECONÔMICO DOS REEE NA UFRGS.....	78

6.	CONCLUSÃO .....	81
7.	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	84
	BIBLIOGRAFIA .....	85

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estimativa mundial de geração de resíduo eletroeletrônico. Adaptado de ONU,2018 (3).....	13
Figura 2 - Categorias dos equipamentos eletroeletrônicos no Brasil de acordo com a classificação da ABDI (27).....	19
Figura 3 - Fração típica de material nos REEE (30) .....	22
Figura 4 - Rotas, importações e exportações REEE no mundo em 2013 (50). .....	26
Figura 5 - Fluxo correto de resíduos (57).....	30
Figura 6 - Área de atuação da Logística Reversa (77) .....	33
Figura 7 - Taxas de Reutilização e Reciclagem de TI e Equipamentos de Telecomunicações em 2013-2015 (%) (81). .....	35
Figura 8 - Organograma Geral da UFRGS (98).....	42
Figura 9 - Organograma PROPLAN (98).....	42
Figura 10 - Tela de Consultas Gerais no sistema SAP da UFRGS (105).....	45
Figura 11 - Procedimento de Solicitação de Recolhimento de Bens no sistema SAP (105).....	47
Figura 12 - Lotes de REEE no depósito do DEPATRI (110).....	48
Figura 13 - Depósito do DEPATRI (111).....	49
Figura 14 - Fluxograma de estudo. Elaborado pelo autor.....	54
Figura 15 - Fluxograma de procedimentos de Patrimônio e Tombamento. Elaborado pelo autor com base em UFRGS (108).....	57
Figura 16 - Fluxograma das etapas do Desfazimento de EEE na UFRGS. Elaborado pelo autor com base em UFRGS (126).....	58
Figura 17 - Total de EEE Tombados na UFRGS entre 2008 e 2018. Elaborado pelo autor. ....	63
Figura 18 - EEE Tombados por biênio. Elaborado pelo autor.....	63
Figura 19 - CPU, patrimoniada em 2008, ainda em uso no LACOR. Elaborado pelo autor. ....	64
Figura 20 - EEE Tombados e Baixados entre 2008 e 2018. Elaborado pelo autor. ....	68

Figura 21 - Percentual de EEE Baixados em relação aos Tombados. Elaborado pelo autor. ....	68
Figura 22 - Impressora multifuncional patrimoniada em 2013 como bem de terceiro, sem cartucho e fora de uso. Elaborado pelo autor. ....	69
Figura 23 - CPUs sem uso, não baixadas. Elaborado pelo autor. ....	70
Figura 24 - Total de CPUs tombadas e baixadas entre 2008 e 2018, por biênio. Elaborado pelo autor. ....	74
Figura 25 - Total de vídeo monitores tombados e baixados entre 2008 e 2018, por biênio. Elaborado pelo autor. ....	74
Figura 26 - Percentual de CPUs baixadas em relação às tombadas entre 2008 e 2018, por biênio. Elaborado pelo autor. ....	75
Figura 27 - Percentual de vídeo monitores baixados em relação aos tombados entre 2008 e 2018, por biênio. Elaborado pelo autor. ....	75
Figura 28 - Tipos de baixa patrimonial. Elaborado pelo autor. ....	76
Figura 29 - Representação percentual dos tipos de baixa patrimonial em relação ao total de EEE baixados, por biênio. Elaborado pelo autor. ....	77

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Categorias dos REEE de acordo com a Diretiva Europeia 2012/19 (24).....	18
Tabela 2 - Percentual de acesso a EEE nos domicílios brasileiros entre 2012 e 2017. Adaptado de ABINEE, 2018 (28).....	20
Tabela 3 - Faturamento total da indústria eletroeletrônica no Brasil em 2017 e 2018, por área, em milhões de reais. Adaptado de ABINEE, 2019 (29). ....	21
Tabela 4 - Porcentagem da população coberta por .....	23
Tabela 5 - Principais métodos de reciclagem (69).....	32
Tabela 6 - Redução de energia com o uso de materiais reciclados em comparação com matérias-primas virgens (78). ....	34
Tabela 7 - Exemplos de empresas de LR de EEE no Estado do Rio Grande do Sul. Adptado de PERS-RS (57).....	37
Tabela 8 - Barreiras e direções para melhor reutilização de EEE via recuperação logística reversa (86). ....	38
Tabela 9 - Total de EEE tombados na UFRGS entre 2008 e 2018. Elaborado pelo autor. ....	59
Tabela 10 - Total de EEE baixados na UFRGS, por tipo, entre 2008 e 2018. Elaborado pelo autor. ....	65
Tabela 11 - Idade dos EEE tombados e não baixados na UFRGS, de 2008 a 2018. Elaborado pelo autor. ....	70
Tabela 12 - Total e percentual de EEE Tombados e Baixados na UFRGS, por tipo, entre 2008 e 2018. Elaborado pelo autor. ....	71
Tabela 13 - Concentração dos metais presentes em placas de circuito impresso. Adaptado (34). ....	79
Tabela 14 - Massa, em kg, dos metais em CPUs da UFRGS. ....	79
Tabela 15 - Potencial econômico dos metais extraídos de PCIs do total de CPUs tombadas e não baixadas da UFRGS, entre 2008 e 2018.....	80

## LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

ABINEE - Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

CONSEMA - Conselho Estadual do Meio Ambiente

CPU - *Central Processing Unit*

EC - Economia Circular

EEE - Equipamentos Eletroeletrônicos

EPD - Equipamentos de Processamento de Dados

FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

JPY - Iene Japonês

LACOR - Laboratório de Corrosão, Proteção e Reciclagem de Materiais da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

LR - Logística Reversa

MEC - Ministério da Educação

PCI - Placa de Circuito Impresso

PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos

REEE - Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos

RoHS - *Restriction of Certain Hazardous Substances*

SEI - Sistema Eletrônico de Informações

SAP - Sistema de Administração de Patrimônio

SEMA - Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Infraestrutura do Rio Grande do Sul

UE - União Europeia

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

WEEE - *Waste Electrical and Electronic Equipment*

## RESUMO

Com o aumento da demanda por equipamentos de telecomunicação e informática, observou-se um grande crescimento da indústria eletroeletrônica. Porém, o descarte dos resíduos eletroeletrônicos, os REEEs, quando atingem o fim da vida útil, é um problema mundial, pois são considerados um resíduo perigoso. No intuito de implementar melhorias no processo de gestão dos REEEs, surgiram conceitos como os 5´Rs e a Logística Reversa e muitos países adotaram políticas mais severas. No entanto, muitas instituições apresentam problemas de gestão destes resíduos, tanto pela falta de clareza da legislação, quanto pelo fato de necessitar seguir procedimentos que não permitem alternativas locais. Caso das instituições federais de ensino no Brasil, contexto no qual se enquadra a Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. A instituição segue leis federais, estaduais e municipais para solicitação, patrimônio e descarte do REEEs, dificultando que novas políticas ou melhorias possam ser implantadas, ou mesmo parcerias com a comunidade local sejam facilitadas. Para efetuar uma análise dos EEE na UFRGS, foram extraídos dados do sistema de patrimônio da universidade, entre 2008 e 2018, nos quais foram apontados 87 tipos diferentes de equipamentos. Neste período foram patrimoniados 55.857 EEE e foram baixados, ou seja, receberam baixa patrimonial e contábil, 9.505 EEE, representando 17,01 % do total tombado. Este percentual sugere que os EEE possam ainda estar em uso, apresentando um ciclo de vida maior que a meta de 5 anos de utilização instituída na universidade. E, apesar de atender os procedimentos da legislação a qual pertence, destinando os EEE ou REEE através de doação, caso preferencial, ou por leilão, não se têm total rastreabilidade em outros tipos de baixa. Além disso, há dificuldades em implantar melhorias, devido às barreiras da lei, da mesma forma que ocorre em outras instituições federais no Brasil. Entretanto, foi possível demonstrar, através deste estudo, que na comercialização de REEE de CPUs inteiras para empresas recicladoras, poderia se obter um valor de venda de R\$ 147.960,00. No entanto, se extraídos os metais das placas de circuito impresso da mesma quantidade de CPUs, previamente recicladas, é possível alcançar um valor de R\$ 164.808,16, representando 11,4 % a mais. Estes dados indicam que a reciclagem e comercialização de REEEs pode ser uma opção economicamente atrativa para a UFRGS.

## **ABSTRACT**

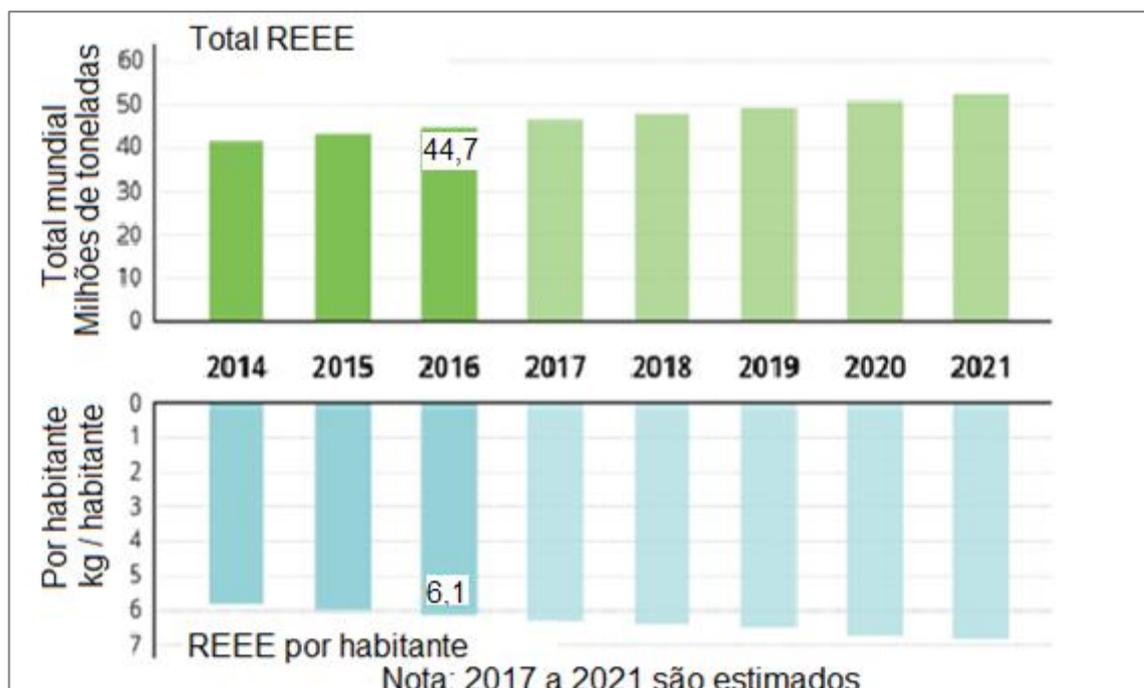
With the increase in demand for telecommunication and computer equipment, there was a great growth in the electronics industry. However, the disposal of electrical and electronic waste, WEEE, when they reach the end of their useful life, is a worldwide problem, as they are considered a hazardous waste. In order to implement improvements in the management process of WEEE, concepts like the 5´Rs and Reverse Logistics emerged and many countries adopted more severe policies. However, many institutions have problems with the management of this waste, both due to the lack of clarity in the legislation and the fact that they need to follow procedures that do not allow local alternatives. Case of federal educational institutions in Brazil, context in which the Federal University of Rio Grande do Sul - UFRGS fits. The institution follows federal, state and municipal laws for request, equity and disposal of WEEE, making it difficult for new policies or improvements to be implemented, or even partnerships with the local community to be facilitated. To carry out an analysis of EEE at UFRGS, data were extracted from the university's heritage system, between 2008 and 2018, in which 87 different types of equipment were identified. During this period, 55,857 EEE were transferred and were written off, that is, they received write-offs and accounting, 9,505 EEE, representing 17.01 % of the total registered. This percentage suggests that EEE may still be in use, presenting a life cycle greater than the goal of 5 years of use instituted at the university. And, despite complying with the procedures of the legislation to which it belongs, allocating EEE or WEEE through donation, if preferred, or by auction, there is no complete traceability in other types of write-off. In addition, there are difficulties in implementing improvements, due to the barriers of the law, in the same way that occurs in other federal institutions in Brazil. However, it was possible to demonstrate, through this study, that in the sale of WEEE of whole CPUs to recycling companies, a sale value of R\$ 147,960.00 could be obtained. However, if the metals from the printed circuit boards are extracted from the same number of CPUs, previously recycled, it is possible to reach a value of R\$ 164,808.16, representing 11.4 % more. These data indicate that the recycling and commercialization of REEEs can be an economically attractive option for UFRGS.

## 1. INTRODUÇÃO

Em um mundo de usuários cada vez mais exigentes, os avanços tecnológicos são necessários e inevitáveis. Quando falamos em tecnologias de informação e comunicação, a inovação é peça chave para conservar-se no mercado (1). Como consequência deste cenário, houve um acréscimo na quantidade e diversidade de equipamentos ofertados pelas empresas de tecnologia, tornando-os velozmente obsoletos, configurando uma porcentagem expressiva dos resíduos descartados (2).

Estima-se que 99% de todos os produtos que compramos são descartados dentro de seis meses e para acomodar os 7,6 bilhões de moradores do mundo, além de suprir o uso de recursos e absorver todo resíduo gerado, seria necessário 70 % de outro planeta Terra. Só em 2016, o mundo produziu resíduo eletroeletrônico - REEE equivalente a 44,7 milhões de toneladas. Um aumento correspondente a 8% em relação a 2014. Além disso, especialistas preveem que a massa de REEE aumente 17 % (52,2 milhões de toneladas até 2021), estando o maior crescimento previsto para resíduos gerados no âmbito doméstico (3). Na Figura 1 está ilustrada a estimativa mundial de geração de resíduo eletrônico prevista, descrita acima, para os próximos anos.

Figura 1 - Estimativa mundial de geração de resíduo eletroeletrônico. Adaptado de ONU,2018 (3).



Somente na América Latina, no mesmo ano de 2016, foram gerados 4,2 milhões de toneladas de REEE, sendo o Brasil o maior gerador com 1,5 milhões de toneladas por ano (4).

A indústria eletroeletrônica tornou-se a maior do mundo, como também a de maior valor agregado. Porém, o final da vida útil destes equipamentos torna-se um problema mundial, devido ao consumo de recursos importantes e elevado potencial de causar danos ao meio ambiente (5). O REEE é considerado um resíduo perigoso e, devido à presença de substâncias tóxicas, como chumbo, cromo, mercúrio, cádmio, arsênio e bem como retardadores de chama, representa riscos ambientais, ocupacionais e de saúde pública (6).

Como reflexo, a sociedade passou a pressionar as operações industriais sobre a redução dos impactos ambientais o que resultou no estabelecimento de padrões mais rígidos e penalidades (7). Essa busca pela redução nos impactos ambientais aplica-se não só aos REEE, mas para todos os tipos de resíduos gerados. A título de exemplo podemos pegar os dados dos Resíduos Sólidos Urbanos – RSU. Na Europa, a gestão destes resíduos melhorou muito nas últimas décadas, eliminando a maioria dos aterros, substituindo-os por processos de reciclagem e incineração. Já em 2015, em seis países europeus (Suíça, Suécia, Dinamarca, Holanda, Noruega e Áustria), menos de 6 % dos RSU foram descartados em aterros sanitários. Mesmo ano em que a Alemanha atingiu uma taxa de reciclagem de 66 %, ficando à frente de todos os outros países da União Europeia (8).

No Brasil, em 2018 foram coletados 79 milhões de toneladas de RSU, o que equivale a um índice de cobertura de coleta de 92 % para o país. Em contrapartida, a estimativa é que 6,3 milhões de toneladas de resíduos não foram coletados pelos serviços públicos e que tenham sido destinados de forma incorreta (9). E, apesar de 30 % de todo o resíduo produzido no Brasil ter potencial de reciclagem, apenas 3 % de fato é reaproveitado (10).

O REEE tem um valor global de, aproximadamente, US\$ 62,5 bilhões, valor equivalente ao Produto Interno Bruto, PIB, de alguns países (11). Nos REEE, há presença de metais como cobre e alumínio, assim como metais preciosos como prata, ouro, paládio, platina, torna a reciclagem e recuperação destes materiais economicamente atraentes (12). Este cenário remete às atividades de reciclagem que, muitas vezes, é executada de maneira informal, por empresas clandestinas que

coletam, classificam e separam manualmente os equipamentos elétricos e eletrônicos utilizando métodos brutos para extrair substâncias ou material de interesse (13). Isto se deve também aos altos custos de mão de obra nos países industrializados, que torna a desmontagem manual para a maioria dos REEE um método economicamente inviável (14).

A União Europeia - UE conta com legislação pertinente desde 2003, quando entrou em vigor a Diretiva 2002/96/CE. Além disso, a UE restringe o uso de substâncias perigosas em equipamentos elétricos e eletrônicos através da Diretiva 2011/65/UE (15). Conforme a estratégia da UE, a hierarquia dos sistemas de gestão de resíduos está fundamentada na minimização, na reutilização, na reciclagem e, por último, na eliminação do resíduo; seguindo esta ordem de prioridade (16).

Na atualidade, muitos setores industriais agem com projetos de Logística Reversa - LR, seja por obrigatoriedade da lei, como no caso das indústrias de agrotóxicos e pilhas, como por iniciativa própria, buscando a qualidade de empresa sustentável (17). As organizações devem ter a LR como estratégia para sustentabilidade, considerando uma nova forma de se relacionar com o meio em que atuam (18). Nesta linha, temos Economia Circular – EC como meio de promoção do uso cíclico e responsável dos recursos, além de ser uma política que visa minimizar os encargos para o meio ambiente e estimular a economia (19).

A legislação para REEE no Brasil é recente, em relação a outros países. A Lei nº 12.305, a Política Nacional de Resíduos Sólidos foi criada em agosto de 2010 (20), e pela primeira vez uma legislação nacional trata especificamente dos REEE. No entanto, para setores públicos, há uma legislação específica para gestão dos REEE que estabelece regras visando a responsabilidade sobre o patrimônio estatal e, apesar de estimular a LR, impossibilita a reciclagem destes equipamentos (21).

A exemplo de grandes instituições que se enquadram nestas regras está a Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, constituída de 397 mil metros quadrados de área edificada, ao longo de uma área territorial de mais de 22 milhões de metros quadrados, envolvendo os municípios de Porto Alegre, Imbé, Tramandaí e Eldorado do Sul, todos no estado do Rio Grande do Sul. A instituição possui em seu corpo técnico 2.968 docentes e 2.611 técnicos administrativos, 1.652 funcionários terceirizados e uma comunidade universitária formada por mais de 50 mil alunos distribuídos na graduação, pós-graduação, ensino básico e técnico (22) (23).

Dentro deste panorama universitário circula uma enorme quantidade e diversidade de equipamentos eletroeletrônicos, os EEE, sendo que não se tem um panorama mais preciso do que são e quantos são adquiridos pela UFRGS, qual a sua vida útil e quais os possíveis destinos ao final do seu uso.

Diante do cenário apresentado, pode-se fazer o seguinte questionamento: quantos EEE fazem parte do patrimônio, como é executada a gestão e qual o potencial econômico dos REEEs na UFRGS?

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVOS GERAIS**

Mapear os equipamentos eletroeletrônicos do patrimônio da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), desde a solicitação de aquisição até seu destino final, em um período de 10 anos, entre 2008 e 2018.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a. Descrever o processo de solicitação, patrimônio e desfazimento de equipamentos eletroeletrônicos na UFRGS;
- b. Apresentar o total de equipamentos eletroeletrônicos adquiridos e descartados entre 2008 e 2018;
- c. Avaliar as políticas de logística reversa e reciclagem dos resíduos eletroeletrônicos praticados na UFRGS;
- d. Avaliar o potencial econômico dos resíduos eletroeletrônicos de CPUs da UFRGS.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica realizada neste capítulo tem por objetivo apresentar os conceitos sobre Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos - REEE e Legislação vigente, especialmente no que tange a órgãos públicos. Visa demonstrar os métodos ambientalmente corretos de descarte destes resíduos. Demonstra dados importantes de gestão de REEE, além de apresentar os impactos da disposição inadequada para a saúde e meio ambiente.

#### 3.1 RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS

São classificados como Equipamentos Eletroeletrônicos - EEE, segundo a Diretiva Europeia 2012/19/UE para REEE (24), aqueles equipamentos cujo funcionamento depende de correntes elétricas ou campos eletromagnéticos; bem como os equipamentos para geração, transferência e medição dessas correntes e campos. Na Tabela 1 estão descritas as categorias dos REEE conforme o Anexo I da Diretiva Europeia de acordo com seu volume e utilidade e dá exemplos.

Tabela 1 - Categorias dos REEE de acordo com a Diretiva Europeia 2012/19 (24).

Nº	Categoria	Exemplos
1	Grandes eletrodomésticos	Refrigeradores, máquinas de lavar roupa, micro-ondas, fogões
2	Pequenos eletrodomésticos	Aspiradores de pó, secadores de cabelo, torradeiras
3	Equipamentos de informática e telecomunicações	Computadores, impressoras, notebooks, telefones fixo e móvel
4	Equipamentos de consumo e painéis fotovoltaicos	Aparelhos de som, aparelhos de vídeo, televisores, painéis fotovoltaicos
5	Equipamentos de iluminação	Lâmpadas fluorescentes, compactas, de Sódio de baixa pressão
6	Ferramentas elétricas e eletrônicas (exceção às ferramentas industriais fixas de grande porte)	Máquinas de cortar grama, máquinas de costura, motosserras
7	Brinquedos e equipamentos de esporte e lazer	Equipamentos esportivos, caça-níqueis, jogos de vídeo
8	Aparelhos médicos (exceção a todos os equipamentos implantados ou infectados)	Equipamentos de medicina nuclear, radioterapia, cardiologia, diálise
9	Instrumentos de monitoramento e controle	Detectores de fumaça, sensores, termostatos
10	Distribuidores automáticos	Distribuidores automáticos de dinheiro, bebidas ou outros produtos sólidos.

No entanto, a partir de 15 de agosto de 2018, os equipamentos eletroeletrônicos, EEE, passaram a ser classificados em 6 novas categorias, como segue:

- Categoria 1: Equipamentos de regulação de temperatura;
- Categoria 2: Telas, monitores e equipamentos com telas de superfície superior a 100 cm<sup>2</sup>;
- Categoria 3: Lâmpadas;
- Categoria 4: Equipamentos de grandes dimensões, com qualquer dimensão externa superior a 50 cm, com exceção dos equipamentos das categorias 1, 2 e 3;
- Categoria 5: Equipamentos de pequenas dimensões, sem dimensões externas superiores a 50 cm, com exceção dos equipamentos abrangidos pelas categorias 1, 2, 3 e 6;
- Categoria 6: Equipamentos de informática e de telecomunicações de pequenas dimensões, com nenhuma dimensão externa superior a 50 cm (25) (26).

No Brasil, a Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial - ABDI separa os EEE em quatro grandes linhas: Linha Verde, Marrom, Branca e Azul. Na Figura 2 aclara-se essa separação conforme as linhas estabelecidas.

Figura 2 - Categorias dos equipamentos eletroeletrônicos no Brasil de acordo com a classificação da ABDI (27).



A Linha Verde compreende equipamentos de informática como *desktops*, *notebooks*, impressoras e aparelhos celulares. São considerados de pequeno porte,

de 0,09 a 30 kg, e possuem a menor vida útil entre todas as linhas, variando de dois e cinco anos. Em contrapartida possuem uma grande variedade de componentes, contendo grande quantidade de materiais metálicos e polímeros. A Linha Marrom representa os equipamentos de áudio e vídeo tais como televisores, monitores, aparelhos de DVD. Sua vida útil média é de cinco a treze anos. Com médio porte, sua massa varia entre 1 a 35 kg, possuem em sua composição principalmente polímeros e vidro. Na Linha Branca, observamos os equipamentos com o maior porte, de 30 a 70 kg, e vida útil mais longa, ficando entre dez e quinze anos. Além disso, são os que apresentam a menor diversidade de elementos, sendo compostos principalmente por metais. Como exemplo desta linha podemos citar refrigeradores, fogões, aparelhos de ar condicionado. Por último, a Linha Azul, representando produtos de pequeno porte, entre 0,5 e 5 kg, longa vida útil (entre dez e doze anos), compostos geralmente em polímeros. São equipamentos eletroportáteis como batedeiras, liquidificadores, cafeteiras e ferramentas, como serras elétricas, furadeiras e parafusadeiras (27).

A Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica - ABINEE, apresentou em seu Panorama de Desempenho Setorial o levantamento realizado em conjunto com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, as características dos domicílios brasileiros em relação ao uso dos EEE. Na Tabela 2 pode-se observar os percentuais de domicílios que possuem acesso à energia elétrica, geladeira, televisor, telefone celular móvel e fixo e máquina de lavar roupas entre 2012 e 2017 (28).

Tabela 2 – Percentual de acesso a EEE nos domicílios brasileiros entre 2012 e 2017. Adaptado de ABINEE, 2018 (28).

Ano	Unidade	Iluminação elétrica	Geladeira	Televisor	Telefone móvel celular	Telefone fixo convencional	Máquina de lavar roupa
2012	%	100	97	97	n.d.	n.d.	55
2013	%	100	97	97	n.d.	n.d.	57
2014	%	100	98	97	n.d.	n.d.	59
2015	%	100	98	97	n.d.	n.d.	61
2016	%	99	98	97	92	35	63
2017	%	99	98	97	93	32	64

n.d. = não disponível

Segundo os dados do levantamento, em 2017, 98 % do total de domicílios brasileiros possuem ao menos um EEE e 99 % tem acesso à energia elétrica.

Indicadores da ABINEE também relacionaram o faturamento do setor, em bilhões de reais, nos anos de 2017 e 2018, por área de equipamento (Tabela 3).

Tabela 3 - Faturamento total da indústria eletroeletrônica no Brasil em 2017 e 2018, por área, em milhões de reais. Adaptado de ABINEE, 2019 (29).

<b>Áreas</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2018 x 2017</b>
Automação Industrial	4.489	5.099	14 %
Componentes	10.631	10.906	3 %
Equipamentos Industriais	23.448	25.446	9 %
Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica	16.367	17.130	5 %
Informática	23.270	25.485	10 %
Material de Instalação	7.426	7.994	8 %
Telecomunicações	32.38	34.127	7 %
Utilidades Domésticas	18.353	19.917	9 %
	<b>136.022</b>	<b>146.104</b>	<b>7 %</b>

O estudo aponta um incremento de 7 % no faturamento da indústria eletroeletrônica no Brasil, atingindo o valor de 146,104 milhões de reais (29).

Existem muitas razões para que, em tão pouco tempo, os REEE tenham se tornado um problema mundial, dentre elas:

- rápido crescimento da indústria eletroeletrônica;
- inovação tecnológica, tornando os EEE obsoletos;
- ciclo de vida reduzido de EEE;
- uso de componentes não degradáveis, como os polímeros;
- redução no custo dos EEE, possibilitando o acesso de um maior número de usuários;
- taxa restrita de reutilização e reciclagem;
- falta de um protocolo globalizado para gerenciamento de REEE
- falta de conhecimento dos usuários sobre a destinação correta dos REEE (1).

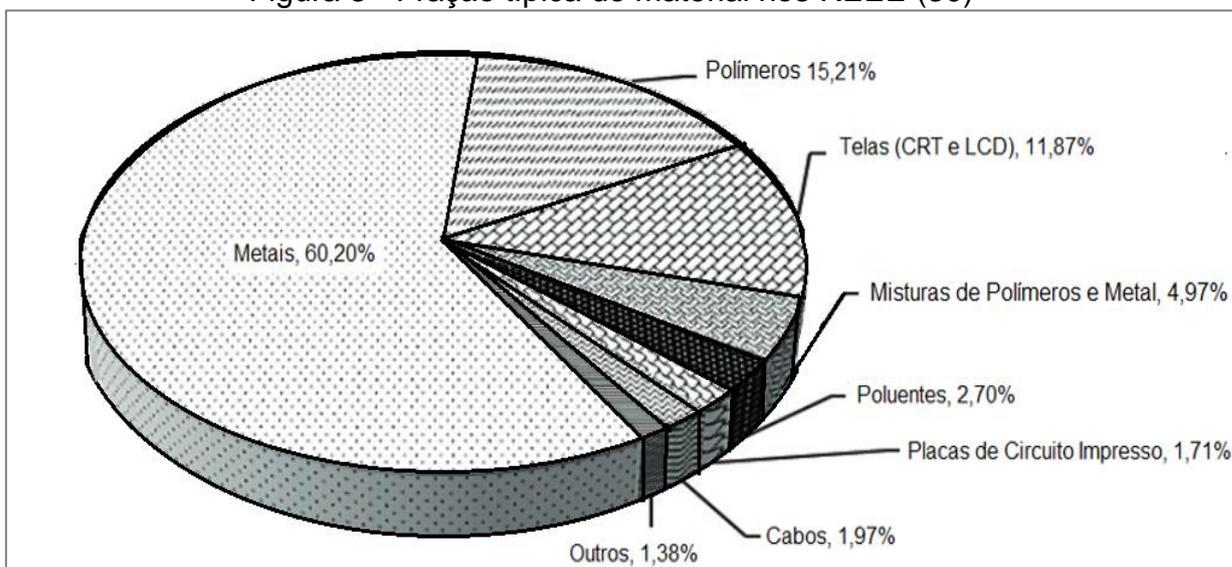
Associado à crescente produção e comercialização destes EEE vem a preocupação com a questão ambiental.

Os REEE podem conter mais de 1.000 substâncias diferentes, muitas destas consideradas tóxicas, como o chumbo, mercúrio, arsênio, cádmio, selênio, cromo hexavalente e retardadores de chama que podem gerar emissões de dioxinas e

furanos quando queimados de forma inadequada. Este resíduo, quando descartado ou reciclado sem qualquer controle, há grande risco de impactos negativos para a saúde humana e meio ambiente (30).

Contudo, da mesma forma que contém substâncias perigosas, proporciona recursos de materiais recicláveis em potencial, sendo chamado habitualmente de "mina urbana" (31). Estima-se que 60,2 % da composição de REEE seja de metais (30). Uma ilustração representada na Figura 3 mostra a porcentagem média de materiais presentes nos REEE.

Figura 3 - Fração típica de material nos REEE (30)



Um típico exemplo que se enquadra na chamada "mina urbana" são as placas de circuito impresso, PCIs. As PCIs, são plataformas nas quais componentes eletrônicos como *chips* e capacitores são montados. São usadas para base de componentes eletrônicos, bem como para conector através de faixas ou traços condutores gravados nas folhas de cobre laminado (32). Em uma tonelada de resíduo de PCI, presente na maioria dos equipamentos eletroeletrônicos, há 17 g de ouro enquanto que, na mineração de ouro bruto, a quantidade extraída varia de 6 a 12 g por tonelada de minério (33). Apesar de apresentar diferentes modelos e composições, a maioria das PCIs concentra metais valiosos como Prata, Ouro e Cobre (34) (35), representando 10 % da massa total de um computador (36).

### 3.2 LEGISLAÇÃO VIGENTE – PANORAMA MUNDIAL E LOCAL

Alguns marcos na história deram origem à regulamentação para os REEE. Pode-se citar a Convenção de Basileia, de 1989, estabelecendo que resíduos perigosos devem ser tratados ou eliminados no país onde foram gerados, e que a exportação destes materiais, quando houver, só ocorra em condições controladas (37). Segundo Baldé et al (4), apenas uma parcela da população mundial está amparada por legislação pertinente a destinação de REEE. Na Tabela 4 podemos vislumbrar os percentuais da população em 2014 e 2017, de acordo com sub-regiões cobertos por legislação para REEE.

Tabela 4 - Porcentagem da população coberta por legislação por sub-região, em 2014 e 2017 (4).

<b>Local</b>	<b>2014</b>	<b>2017</b>
Mundo	44	66
Leste da África	10	31
Centro da África	14	15
Norte da África	0	0
Sul da África	0	0
Oeste da África	49	53
Caribe	12	12
América Central	74	76
América do Norte	98	100
América do Sul	29	30
Ásia Central	0	0
Ásia Oriental	99	100
Sudeste da Ásia	14	17
Sul da Ásia	0	73
Ásia Ocidental	37	38
Europa Oriental	46	99
Norte da Europa	99	100
Sul da Europa	100	100
Europa Ocidental	99	100
Austrália e Nova Zelândia	81	85
Melanésia	0	0
Micronésia	0	0
Polinésia	0	0

Podemos observar que, em 2017, algumas sub-regiões já eram 100% cobertas por legislação, caso do Norte e Sul da Europa, Europa Ocidental, América do Norte e Ásia Ocidental. E apesar dos REEE constituírem um perigo mundial há muitos países que não possuem absolutamente nenhuma regulação, como o caso dos países que compõe a Melanésia, Micronésia, Norte e Sul da África. (4)

Na União Europeia, os REEE ou WEEE (*Waste Electrical and Electronic Equipment*) ou *e-waste*, são os resíduos que mais crescem. Segundo dados oficiais, foram geradas aproximadamente 9 milhões de toneladas de REEE em 2005 e, a estimativa é aumentar para mais de 12 milhões de toneladas até 2020. Para conter essa demanda, o Parlamento Europeu publicou a primeira Diretiva WEEE (Diretiva 2002/96/EC) em fevereiro de 2003. A Diretiva prevê a criação de planos de coleta onde os consumidores devolveriam seus REEE gratuitamente com o intuito de aumentar a reciclagem ou reutilização. Em agosto de 2012 uma nova Diretiva, a WEEE 2012/19/UE entrou em vigor e em 14 de fevereiro de 2014 foi divulgada uma revisão. A legislação da UE, que restringe o uso de substâncias perigosas em equipamentos elétricos e eletrônicos, a Diretiva RoHS 2002/95/EC está em vigor desde fevereiro de 2003. Em janeiro de 2013 houve uma revisão para a RoHS 2011/65/EU. Esta lei europeia determina que metais tóxicos e retardadores de chama sejam substituídos por opções mais seguras (25). A diretiva envolve rede ampla de operações, como coleta, armazenamento, transporte, desmontagem e recuperação de materiais ou componentes, para minimizar os riscos ambientais e de saúde inerentes ao tratamento incorreto dos REEE, como também visa reduzir o impacto ambiental da má disposição (38).

Outro bom exemplo é o Japão onde, a partir de 1960, o governo começou a estabelecer uma legislação rígida para proteger o meio ambiente após a descoberta de que resíduos de mercúrio estavam sendo despejados na Baía de Minamata por uma fábrica por mais de 30 anos, além de outros casos de contaminação de pessoas e animais resultantes da má disposição de resíduos (39). Em 1970, entrou em vigor a Lei de Gestão de Resíduos, legislação que abrange toda a cadeia da produção e destinação do lixo, baseada nos conceitos de reduzir, reciclar e reaproveitar. A infraestrutura de transporte aperfeiçoou-se instalando um sistema de estações de transferência, onde o resíduo, após ser prensado, é transferido de caminhões pequenos ou médios para veículos maiores (40). E, em 1998, foi promulgada a Lei de

Reciclagem dos Eletrodomésticos, entrando em vigor a partir de 2001, com o objetivo de incentivar o tratamento de REEE e alcançar a utilização eficiente dos recursos através da redução de resíduos. Antes de sua aprovação, 50 % do pós-consumo dos eletrodomésticos era descartado em aterros (41). O esquema japonês determina aos consumidores o pagamento de uma taxa de reciclagem de 1500-4800 JPY no momento do descarte de aparelhos de TV, ar condicionados, geladeiras e máquinas de lavar, os denominados aparelhos elétricos de grande porte. Somando-se a esta diretriz, há exigência de recebimento de mercadorias em fim de vida útil pelos varejistas que as venderam, além da determinação de reciclagem para os fabricantes (42). Houve uma revisão da lei em 2009, regulando a taxa de reciclagem dos quatro tipos de eletrodomésticos. A meta para taxa de reciclagem de ar condicionados foi regulada de 70 % para 60 %, a taxa para geladeira passou de 50% para 65%, das máquinas de lavar de 50 % para 65 %. Somando-se a essa alteração, foram adicionados à lei secadoras de roupas, telas LCDs e televisores de plasma. As taxas de reciclagem propostas foram de 65 %, 50 % e 50 %, respectivamente (43).

Em contrapartida, temos a China, outro país asiático, que só a partir de 2012 passou a exigir que produtores de algumas categorias de EEE contribuíssem para um fundo de reciclagem federal. Os fundos são repassados pelo governo à recicladores cadastrados (44). Porém por falta de regulação para o tratamento, o setor informal dominou a coleta e negociação dos REEE (45). Apesar de estar longe de ter uma política adequada, o país proibiu a entrada de diversos materiais, fato que deslocou a rota de sucata para outros países da Ásia, como Malásia, Vietnã e Tailândia (46).

Já em países como os Estados Unidos, não há uma legislação federal. Alguns estados cobram impostos no momento da compra para financiar a gestão dos REEE. Outros formularam leis específicas que proíbem a disposição de produtos da linha branca ou aqueles que contenham tubos de raios catódicos em aterros sanitários (47).

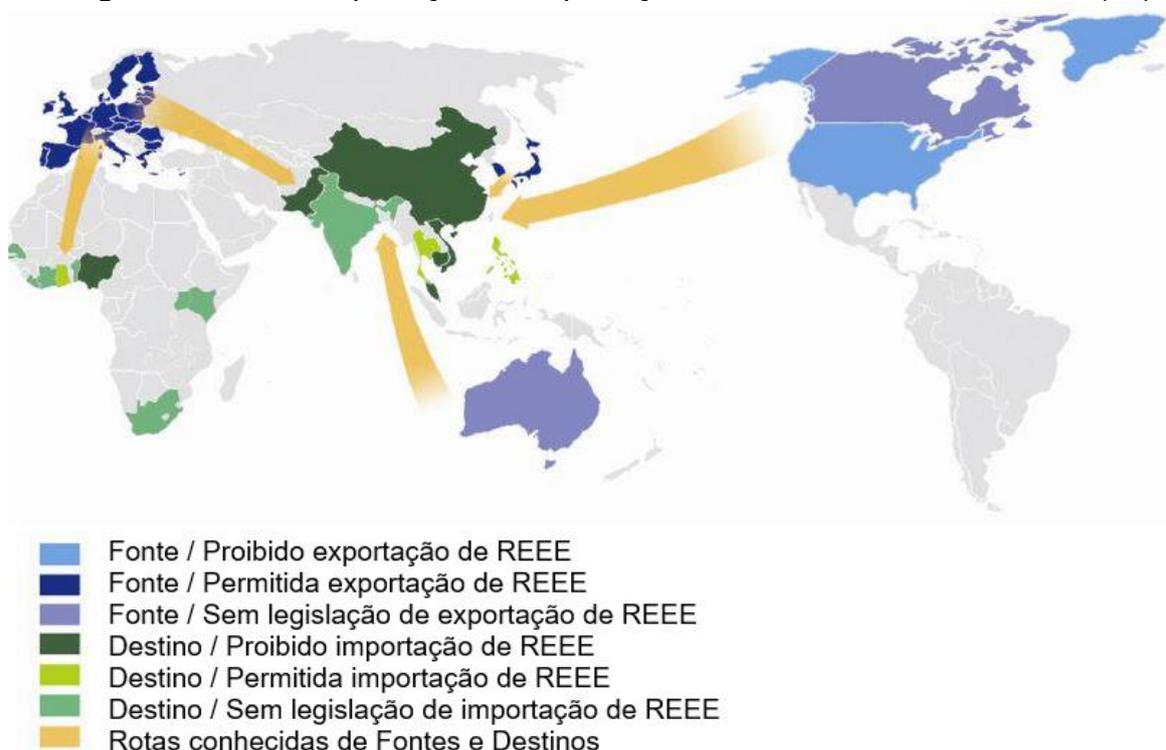
Na América do Sul, no Chile, existe a Lei de Promoção à Reciclagem, em vigor desde junho de 2016, onde produtores, fabricantes e importadores dos chamados produtos prioritários (PP), a saber: lubrificantes, eletro e eletrônicos, baterias, embalagens, pneus, pilhas e baterias, possuem algumas obrigações tais como, manter registros públicos, organizar e financiar a coleta e o tratamento de resíduos, garantir que o tratamento dos resíduos de PP coletados seja efetivado por gestores

autorizados (em conformidade com as normas vigentes), além de alcançar as metas de coleta e avaliação (48).

Um importante marco na história da gestão de REEE foi a Convenção de Basileia, em 1989, que propôs impor um controle sobre o movimento transfronteiriço de resíduos perigosos e seu descarte (49).

Contudo, uma rota transfronteiriça de REEE ainda era observada em muitos países em 2013. Principalmente, exportações de REEE de países da América do Norte, Europa e Austrália para países africanos e asiáticos (Figura 4) (50).

Figura 4 - Rotas, importações e exportações REEE no mundo em 2013 (50).



No Brasil, a partir da implantação da Lei nº 12.305 de agosto de 2010, a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS e seu regulamento, o Decreto Nº 7.404 de dezembro de 2010, a responsabilidade pela Logística Reversa dos resíduos passou a ser compartilhada entre os geradores: fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, cidadão e titulares de serviços de manejo dos resíduos sólidos urbanos.

A PNRS criou o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa (20). A lei ainda dispõe, no seu Artigo 33, sobre a obrigação de estruturar e

implementar, de forma independente do serviço público de limpeza urbana, sistemas de logística reversa para os seguintes produtos:

- agrotóxicos, seus resíduos e embalagens, assim como outros produtos cuja embalagem, após o uso, constitua resíduo perigoso;
- pilhas e baterias;
- pneus;
- óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens;
- lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista;
- produtos eletroeletrônicos e seus componentes.

A Lei 12.305 ainda aponta que as ações devem ser firmadas sob forma de regulamento, em acordos setoriais ou termos de compromisso acertados entre o poder público e o setor empresarial. Este mesmo sistema se aplica a produtos comercializados em embalagens plásticas, metálicas ou de vidro, e aos demais produtos e embalagens, levando em consideração o grau e abrangência do impacto à saúde pública e ao meio ambiente dos resíduos gerados (51). Embora a implementação da PNRS ainda seja recente no Brasil, a logística reversa já é uma realidade há mais de trinta anos em alguns países, e mesmo no país já existiam normas específicas para alguns produtos (pneus, óleo lubrificante, embalagens de agrotóxicos, pilhas e baterias) há mais de dez anos. O Brasil possui um Sistema Nacional de Informações sobre Resíduos Sólidos, onde pode-se coletar dados, taxas e consultar as políticas e legislação vigente para LR (52). A PNRS definiu três instrumentos utilizados para a sua implantação: regulamento, acordo setorial e termo de compromisso.

O acordo setorial é um:

*"ato de natureza contratual firmado entre o poder público e fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes, tendo em vista a implantação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos" (49).*

O poder público pode firmar, ainda, termos de compromisso com os mesmos geradores quando não houver acordo setorial ou regulamento específico ou para fixação de metas.

Em junho de 2013, o Ministério do Meio Ambiente (MMA) recebeu dez propostas de acordo setorial para LR de REEE, sendo quatro consideradas válidas para negociação. Uma proposta unificada foi enviada em janeiro de 2014, e até o presente momento encontra-se em negociação (52).

- Para desfazimento de bens móveis, as instituições públicas, como o caso da UFRGS, devem, além da PNRS, atender às exigências da Lei nº 8.666/93, a Lei das Licitações, que institui normas para compras, contratos e descarte de materiais e equipamentos (53). Faz-se necessário, acatar aos procedimentos do Decreto 9373/2018 que dispõe sobre a alienação, cessão, transferência, destinação e a disposição final ambientalmente adequadas de bens móveis no âmbito da administração pública federal direta, autárquica e fundacional.

Segundo o Art.7º do Decreto

*“os bens móveis inservíveis cujo reaproveitamento seja considerado inconveniente ou inoportuno serão alienados em conformidade com a legislação aplicável às licitações e aos contratos no âmbito da administração pública federal direta, autárquica e fundacional, indispensável a avaliação prévia. (54)”*

O Decreto, em seu Art.3º, descreve que os bens inservíveis devem ser classificados como:

- ocioso: aquele que se encontra em perfeitas condições de uso, porém não é mais aproveitado;
- recuperável: que não se encontra em condições de uso e cujo custo da recuperação seja de até cinquenta por cento do seu valor de mercado ou feita uma análise de custo e benefício, demonstre ser justificável a sua recuperação;
- antieconômico: bem cuja manutenção seja dispendiosa ou cujo rendimento seja precário, em virtude de uso prolongado, desgaste prematuro ou obsolescência; ou
- irrecuperável: aquele que não pode ser utilizado para o fim a que se destina devido à perda de suas características ou em razão de ser o seu custo de recuperação mais de cinquenta por cento do seu valor de

mercado ou de a análise do seu custo e benefício demonstrar ser injustificável a sua recuperação (54).

Além das políticas mundiais e nacionais, os estados possuem legislação complementar. No Rio Grande do Sul foi instituído o Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Sul, o PERS-RS, em atendimento à Lei nº 9.921, de 27 de julho de 1993 (55), a partir de Edital nº 351 /CELIC/2012 e de acordo com a Portaria Conjunta SEMA/FEPAM nº 68/12 e aprovado pela Resolução CONSEMA nº. 297/2015 (56). O PERS-RS foi elaborado para realizar um diagnóstico geral com estudo de regionalização, como também estabelecer metas de redução de resíduos e rejeitos, desenvolver o potencial energético, incentivar a gestão compartilhada dos resíduos, e promover a eliminação e recuperação de lixões, com potencialização social e econômica das associações de catadores (57).

### 3.3 ALTERNATIVAS DE DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS

Como os REEE são geralmente classificados como resíduos perigosos e, considerando seus impactos negativos no meio ambiente, a reciclagem se mostra muito importante. A opção por um determinado método de processamento e das quantidades de REEE a processar é essencialmente importante, uma vez que permite o bom funcionamento e a gestão adequada dos sistemas de reciclagem (58).

Segundo Willians (59), é uma tarefa complexa aplicar a hierarquia de resíduos ao gerenciamento de resíduos em um país pois implica no desenvolvimento e implantação de uma estratégia adequada, estabelecimento de sistemas corretos de coleta e triagem para diferentes fluxos de resíduos, despendimento financiamento e instalações apropriadas de tratamento e disposição, desenvolvimento de parcerias de entrega e coleta, monitoramento de dados, aplicação e controle de estruturas legais, além da formação de recursos humanos.

#### 3.3.1 Os “5 R´s” da sustentabilidade

Inicialmente, conhecemos os princípios chamados de "3R´s", a saber - reduzir, reutilizar e reciclar, foram as primeiras alternativas propostas para gestão de resíduos sólidos. Como todo o processo de design, produção e fabricação está fortemente

ligado com a geração de resíduos, eles são introduzidos nestas etapas como parte fundamental do desenvolvimento de produtos (60).

Para amortizar ainda mais os danos da poluição, reduzir a geração de resíduos e proporcionar bem-estar as pessoas, pesquisadores têm oferecido alternativas de ações preventivas. Neste contexto, a política de gestão sustentável evoluiu para “5 R’s” – reduzir, reutilizar ou reaproveitar, reciclar, repensar e recusar (61). Abaixo uma breve descrição dos processos:

- Repensar – consiste em repensar a necessidade de consumir determinados produtos e padrões de produção, além de avaliar o descarte adequado.
- Recusar - recusar produtos desnecessários ou que causem impactos ambientais.
- Reduzir – significa consumir menos, evitar desperdícios, dando preferência a produtos mais duráveis e com menor geração de resíduos.
- Reutilizar – é a forma de reaproveitar produtos para outras finalidades sem a necessidade de reciclar.
- Reciclar – transformação dos materiais usados em matéria prima para novos produtos, reinserindo-os novamente no processo produtivo.

A evolução da política 5`Rs permite que os administradores reflitam sobre o consumismo, ao invés de focar somente na reciclagem (62). Uma reprodução do modelo de fluxo correto a ser adotado para os resíduos pode ser observada na Figura 5.

Figura 5 - Fluxo correto de resíduos (57)



A reutilização pode ser aplicada tanto a nível de produto como em componentes. Portanto, torna-se importante analisar os componentes para reutilização, o que pode reduzir bastante o REEE. No final da vida útil, o *End-of-Life*, do EEE, uma vasta gama de tecnologias de desmontagem e reciclagem pode ser aplicada dependendo da capacidade de reutilização e reciclagem destes componentes (63).

No Brasil, os equipamentos, peças e componentes de tecnologia da informação e comunicação classificados como ociosos ou recuperáveis podem ser doados e reutilizados por Organizações da Sociedade Civil de Interesse Público que participem de programas de inclusão digital do governo federal, conforme orientação do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (64). Dentro dos Centros de Recondicionamento de Computadores - CRC, espaços são destinados ao recondicionamento de equipamentos eletroeletrônicos através de oficinas destinadas a profissionalização de jovens. Os equipamentos recuperados são, então, destinados a programas de inclusão em escolas, bibliotecas e tele centros (64). Embora existam mercados de segunda mão para muitos tipos de EEE, a reutilização ainda não compõe uma parte importante do quadro legislativo (65).

### *3.3.1.1 Métodos de Reciclagem de REEE*

"Potencial de reciclagem" é um termo que foi definido a partir de uma análise econômica, contemplando a premissa de que as receitas da reciclagem de resíduos excedam os custos de coleta, transporte e processamento (66). Para ser viável, a reciclagem precisa levar em consideração fatores econômicos, qualidade dos bens reciclados e conveniência para os interessados (67). Em 2016, o valor total de todas as matérias-primas presentes nos REEE foi maior que o PIB da maioria dos países do mundo, estimado em aproximadamente 55 bilhões de euros (4).

O Japão, impulsionado por sua alta densidade demográfica foi um dos pioneiros no quesito reciclagem (68).

Existem diversas técnicas para reciclagem de REEE. Os principais métodos utilizados são o processamento mecânico, pirometalurgia, hidrometalurgia, eletrometalurgia e biohidrometalurgia. Na Tabela 5 estão descritos, brevemente, estes processos.

Tabela 5 - Principais métodos de reciclagem (69)

<b>Processamento mecânico</b>	<b>Pirometalurgia</b>	<b>Hidrometalurgia</b>	<b>Eletrometalurgia</b>	<b>Biohidrometalurgia</b>
Cominuição Separação Classificação	Incineração Fusão Pirólise	Lixiviação Purificação	Reação eletroquímica para obtenção de metal	Lixiviação por micro-organismos

A reciclagem de REEE pode ser dividida em etapas. A primeira consiste na desmontagem dos equipamentos (70). Considerado um pré tratamento para os demais métodos, o processamento mecânico tem a função de separar inicialmente os REEE em metais, polímeros e cerâmicos empregando os métodos de cominuição, classificação e separação (35).

A hidrometalurgia consiste na dissolução de metais pela ação de soluções aquosas ou agentes lixiviantes. Basicamente, metais de base podem ser lixiviados em ácidos inorgânicos, o cobre em ácido sulfúrico, utilizada também para o ouro, ou então soluções a base de cianeto. Posteriormente ocorrem outras etapas como cementação, extração por solvente, adsorção por carvão ativado e troca iônica (71).

O processo pirometalúrgico é também muito utilizado na recuperação de metais não ferrosos e preciosos. O processo pirometalúrgico normalmente consiste na produção de uma liga de cobre com metais preciosos. Apesar de ser um processo altamente indicado para o tratamento de REEE, onde os compostos orgânicos podem ser utilizados como combustível e agentes oxidantes, é despendido um elevado consumo de energia (72).

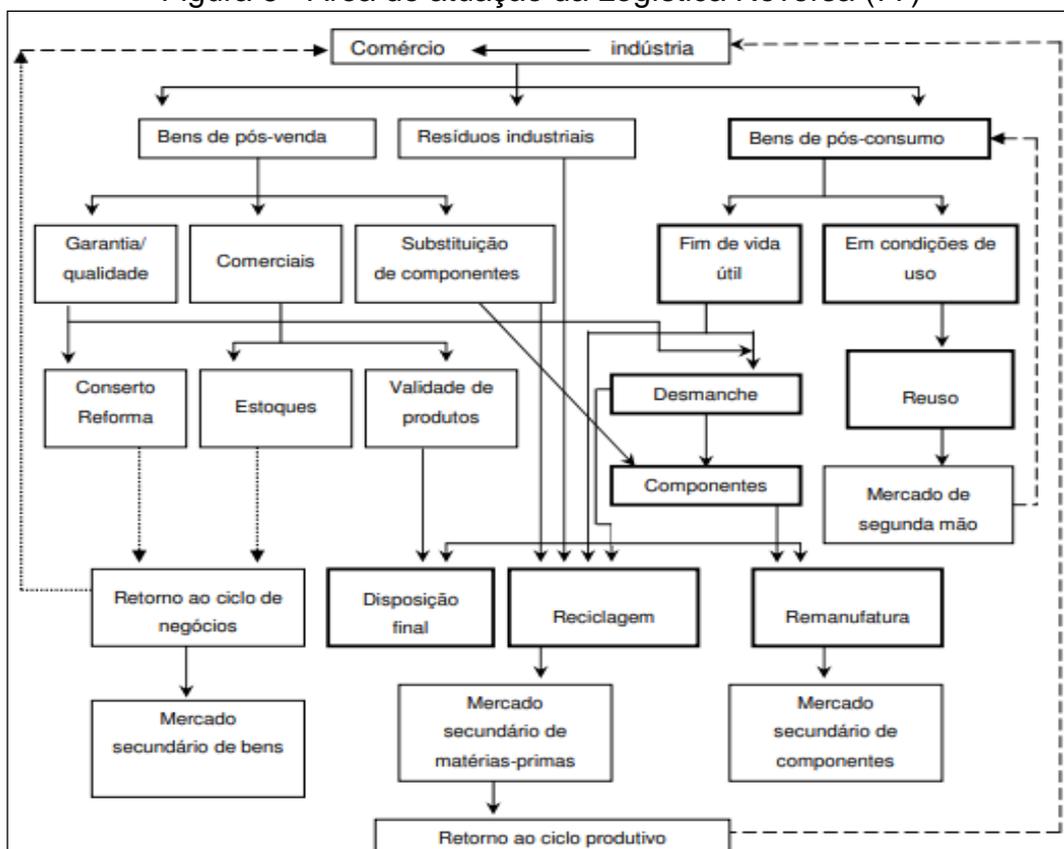
Os métodos mais usuais de eletrometalurgia são a eletroobtenção e o eletrorefino. O eletrorefino dissolve um ânodo metálico impuro para produzir um cátodo de alta pureza. A eletroobtenção consiste na realização de eletrólise a fim de recuperar os metais em solução aquosa obtidos, geralmente através do resultado de um material que passou por processos hidrometalúrgicos. Neste procedimento o metal de interesse é revestido sobre o cátodo e o ânodo age como condutor elétrico inerte (73) (71).

Já na biometalurgia são utilizados microorganismos e minerais para recuperar metais valiosos, principalmente através da biolixiviação de sulfetos metálicos. A desvantagem desta técnica é que o metal necessita estar exposto ao ataque microbiano (34).

### 3.3.2 Economia Circular e Logística Reversa

A logística reversa – LR surgiu como um dos principais instrumentos para promover a gestão adequada dos REEE. Teve início na década de 1990, com a atuação dianteira de países europeus, como Alemanha, Suécia e Suíça e, paralelamente, no Japão (74). Um recurso utilizado é a recuperação de produtos para gerar valor econômico, atender às exigências do mercado ou regulamentações governamentais. Além de ser uma importante atividade para gerenciar o fluxo de produtos ou peças destinadas à remanufatura, conserto ou descarte (75). A LR é um método de planejamento, implementação e controle de fluxos reversos de matérias-primas, estoque em processo, embalagem e produtos acabados, desde sua fabricação, distribuição ou uso, até um ponto de recuperação ou de descarte adequado (52), garantindo a sustentabilidade desde o “berço” até o “túmulo” (76). Pode ser realizada no pós-venda, quando os produtos devem ser devolvidos com pouco ou nenhum uso, ou no pós-consumo, quando o ciclo de vida útil do produto termina e necessita ser descartado pela primeira vez (Figura 6) (77).

Figura 6 - Área de atuação da Logística Reversa (77)



De acordo com a Lei 12.305 - Política Nacional dos Resíduos Sólidos, o ciclo de vida do produto compreende as etapas que envolvem o desenvolvimento do produto, a obtenção de matérias-primas e insumos, o processo produtivo, o consumo e a disposição final. A logística reversa é um instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos para reaproveitamento pelo setor empresarial, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação. Os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes são obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos. Também atribui responsabilidades para os consumidores, que deverão efetuar a devolução após o uso aos comerciantes ou distribuidores dos produtos e embalagens (51). Estudos apontam a considerável economia de energia através da reciclagem de material nos processos de fabricação (78) . Estes percentuais estão apontados na Tabela 6.

Tabela 6 - Redução de energia com o uso de materiais reciclados em comparação com matérias-primas virgens (78).

<b>Material</b>	<b>Economia de energia %</b>
Alumínio	95
Cobre	85
Ferro e aço	74
Chumbo	65
Zinco	60
Papel	64
Polímeros	>80

Neste contexto de Economia Circular – EC, existem alguns bons exemplos a serem citados. No Chile, algumas empresas manipulam aparelhos elétricos e eletrônicos descartados, desmontando-os em suas plantas de processamento para avaliar os componentes a fim de recuperá-los. A estimativa de recuperação média, em 2016, era de 20 % para computadores e impressoras, 5% para telefones celulares, 5 % para aparelhos audiovisuais, outros equipamentos de informática e comunicações e 1,4 % para eletrodomésticos (48).

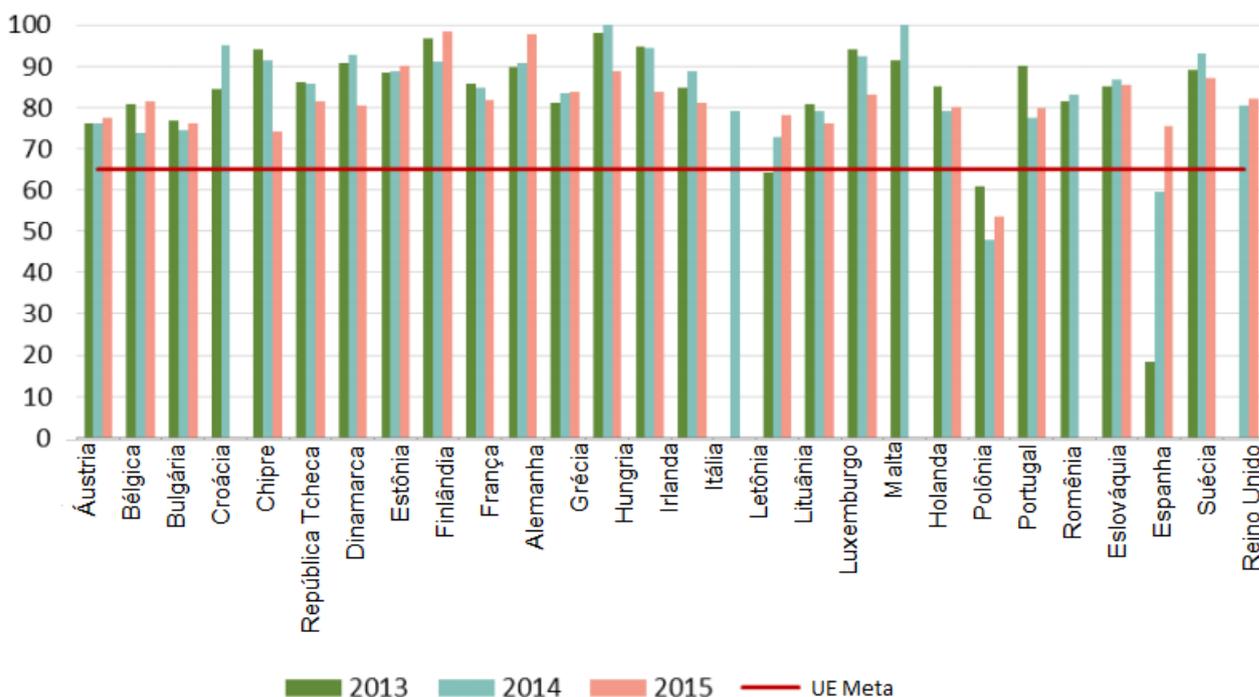
Na Europa, o pacote da EC aplica uma abordagem de redução sistêmica de resíduos, além de propor a reparabilidade, competência para atualização, durabilidade

e reciclagem dos produtos. Este conceito também é praticado em outros países como China e Japão (79).

Ao contrário do tradicional ciclo de fabricar para consumir e dispor, a EC busca a sustentabilidade, incluindo a participação de recursos renováveis ou recicláveis da mesma forma que reduz o consumo de matérias-primas e energia. Conceitos como design ecológico, compartilhamento, reutilização, reparo, reforma e reciclagem de produtos e materiais existentes ganham importância na gestão de recursos (80).

Na UE, com as políticas adotadas para LR e EC, a maioria dos países membros atingiu a meta proposta e obteve altas taxas de recuperação e reciclagem de equipamentos de informática e telecomunicações (Figura 7).

Figura 7 - Taxas de Reutilização e Reciclagem de TI e Equipamentos de Telecomunicações em 2013-2015 (%) (81).



Muitos países se destacam, como o caso da Suíça, primeiro país a implementar um sistema organizado para todo o setor industrial para coleta e reciclagem de REEE. Este sistema, em operação desde 1995, foi precedido por iniciativas voluntárias de fabricantes de EEE que criaram duas das chamadas *Producer Responsibility Organisations* - PRO (45). As PROs definem a taxa de reciclagem, licenciam e auditam os recicladores gerenciando a operação. Os consumidores estão isentos de taxas de descarte de REEE, pois pagam, no ato da compra, uma taxa de reciclagem antecipada. Os consumidores podem entregar seus REEE em pontos de coleta

instalados, basicamente no comércio varejista. Por fim, o governo faz sua parte, controlando e monitorando os resultados (67).

Na Holanda, a legislação prevê a “responsabilidade em cadeia”, e através do Regulamento sobre EEE descartados, o *Regeling AEEA*, estabelece que os municípios, as lojas de varejo e as instalações de tratamento têm responsabilidades, assim como os produtores. Foi introduzido no país, o Registro Nacional de EEE, que coleta dados de produtores e instalações de tratamento e os envia ao Ministério de Infraestrutura e Meio Ambiente. As instalações de tratamento também devem ser certificadas e devem cumprir um padrão mínimo, chamado WEEELABEX, certificação para requisitos técnicos e de gerenciamento. Os produtores e importadores de EEE são solidariamente responsáveis pela disposição correta do EEE que colocam no mercado. Somado a este fato, os distribuidores têm o dever de receber gratuitamente os REEE em lojas de varejo, quando os clientes desejam devolver um produto semelhante ao que está sendo comprado, mesmo em compras on-line. Outro fato importante é responsabilidade das instalações de tratamento para REEE em atingir metas mínimas de recuperação e reciclagem, que variam de acordo com a categoria do EEE (82).

Alguns países asiáticos, como nas Filipinas e Índia existem plantas oficiais de processamento de REEE em parceria com a Alemanha e a Suíça. Porém na maioria dos países asiáticos, bem como africanos não possuem política consolidada e operacional para a LR de EEE, fato que favorece a informalidade dos processos de reciclagem (83).

Um exemplo não governamental que merece ser mencionado, foi a criação da Ellen MacArthur Foundation, uma instituição filantrópica fundada em 2009, em Cowe na Inglaterra, criou o programa *Circular Economy 100*, o CE100, que reúne grandes empresas multinacionais como a Coca-Cola, Renault, Google, autoridades governamentais, universidades e redes afiliadas promovendo a EC entre os membros, gerando oportunidades de cooperação, aproveitamento de recursos e troca de conhecimentos (84).

A Ellen MacArthur Foundation realizou alguns estudos em 2017 no Brasil, enfatizando alguns modelos bem sucedidos de cooperação entre grandes empresas e pequenas organizações, alavancados pela regulamentação da PNRS. Processo que tem se fortificado a partir da inserção do sistema produto-serviço e dos mercados

*business to business* - B2B e *business to consume* - B2C, onde as relações comerciais são intensificadas e outros serviços e produtos são oferecidos, como agregados ou alternativas à aquisição de EEE. Como exemplo, pode ser citada a HP Brasil que oferece serviços de TI, otimizando o ciclo de vida dos equipamentos comercializados. A empresa Philips, também possui um programa de LR para seus REEE. Os equipamentos são entregues pelos usuários mediante preenchimento de um Termo de Doação às Assistências Técnicas que, por sua vez, os entregam a empresas recicladoras cadastradas que realizam o desmantelamento, reinserindo a matéria prima novamente no mercado. Este sistema está implantado no Brasil bem como em países da Europa, Estados Unidos, Nova Zelândia e Taiwan (85).

No estado do Rio Grande do Sul, sul do Brasil, o próprio governo, através do PERS-RS, (57) indica algumas empresas que realizam gestão de LR de EEE (Tabela 7).

Tabela 7 - Exemplos de empresas de LR de EEE no Estado do Rio Grande do Sul. Adptado de PERS-RS (57).

<b>Empresa</b>	<b>Município</b>	<b>Serviço</b>
Reverse Gerenciamento de Resíduos Tecnológicos	Novo Hamburgo	Coleta e armazenamento de equipamentos de informática, telefonia, pilhas e baterias diversas, baterias de chumbo ácida, resíduos eletrônicos de manutenção (fios, cabos, placas, entre outros), reatores de lâmpadas. Segregação e classificação para destinação final adequada.
Ambe – Gerenciamento de Resíduos Tecnológicos	Caxias do Sul	Coleta e transporte de resíduo classe I, classificação dos resíduos em categorias de trabalho; descontaminação de equipamentos com possíveis fontes contaminantes, desmanufatura dos equipamentos coletados, descaracterização física de dispositivos capazes de armazenar informações, segregação do material conforme tipologia, estocagem e acondicionamento para destinação final.
Trade Recycle	Cachoeirinha	Coleta e segregação de resíduos recicláveis de equipamentos eletrônicos (celulares e materiais de informática).

continua

conclusão		
<b>Empresa</b>	<b>Município</b>	<b>Serviço</b>
RS Recicla	Porto Alegre	Coleta, transbordo, separação e transporte para destinação final de materiais eletroeletrônicos.
JG Recicla	Alvorada	Coleta, transporte, triagem (seleção, pesagem), desmontagem, destinação do resíduo de volta a cadeia produtiva.

Observa-se uma grande preocupação em reverter a logística nas últimas décadas, devido à recuperação de valor de produtos usados. Porém, apesar dos bons exemplos citados acima muitas barreiras são encontradas neste processo (Tabela 8) (86).

Tabela 8 - Barreiras e direções para melhor reutilização de EEE via recuperação logística reversa (86).

<b>Barreiras</b>	<b>Direções</b>
Políticas das empresas	Competitividade
Preferências do cliente	Preferências do cliente
Restrições financeiras	Econômico (reduzindo custos de disposição de resíduos)
Falta de coleta, armazenamento e infraestrutura de processamento	Interesses ambientais
Falta de conscientização do consumidor	Legislação
Falta de conhecimento da legislação	Escassez de recursos
Custo de implementação	Responsabilidade do produtor
	Recuperação do valor no retorno

### 3.3.3 Políticas de gestão de REEE de destaque

Algumas ferramentas foram desenvolvidas com o intuito de viabilizar a gestão de REEE, como a Avaliação do Ciclo de Vida - ACV, Análise de Fluxo de Material – AFM e Responsabilidade Ampliada do Produtor – RAP (87).

E, apesar das políticas oferecidas mundialmente estarem longe do ideal é possível mencionar algumas iniciativas públicas e privadas que se destacam.

Em 2007, surgiu a plataforma *Solving the E-waste Problem - StEP* como uma iniciativa independente de múltiplas partes interessadas para o desenvolvimento de estratégias que abordam os problemas dos REEE. Fundamentado pela ciência, este projeto da Universidade das Nações Unidas visa implementar a hierarquia de resíduos, oferecer soluções importantes e inovadoras, disponibilizar treinamentos e comunicação, além de estabelecer metas para membros espalhados por todo mundo. (88)

Em 2008, nos EUA, no Estado de Washington, foi criada a lei de Reciclagem dos Produtos Eletrônicos. Lei que exige dos produtores de computadores e televisões o fornecimento de serviço de reciclagem, sem custo algum para o consumidor, em todo o estado (89).

Na Espanha podemos citar o exemplo da ACS Recycling, uma empresa privada que está localizada no cinturão industrial de Barcelona, em Sant Quirze del Vallés, autorizada pela Agência de Resíduos da Catalunha a executar tarefas que vão da coleta e processamento à reciclagem e recuperação. A ACS Recycling centraliza a coleta, a triagem e a descontaminação de resíduos separando as diferentes peças e materiais para posterior revenda como componentes ou matérias-primas recicladas trabalhando com pequenas, médias e grandes empresas, operando dentro do sistemas normatizados (90).

Na África foi lançado, em 2008 o projeto e-Waste Management in Africa pela Hewlett-Packard – HP, uma empresa de EEE conhecida mundialmente, em parceria com o Global Digital Solidarity Fund - DSF e com os Laboratórios Federais Suíços de Ciência e Tecnologia de Materiais – EMPA, com o apoio da Associação de Lixo Eletrônico da África do Sul - eWASA e da Aliança de Lixo Eletrônico da África Austral. No intuito de desenvolver um projeto piloto na Cidade do Cabo para implementar uma estratégia para REEE de âmbito nacional, controlando desde a coleta e desmantelamento de materiais até a recuperação para o pré-processamento. O projeto comanda etapas da coleta, desmontagem, reforma e venda de itens até a produção de obras de arte criadas a partir de REEE. E apesar dos funcionários executarem o trabalho operacional informalmente, eles recebem treinamento para realizar as atividades com segurança. Reconhecido pela EMPA, a iniciativa apoia ativamente o desenvolvimento de soluções locais práticas, socialmente justas e ambientalmente corretas (91).

Em âmbito nacional, foi fundada pela ABINEE, em 2016, a GREEN Eletron, empresa gestora para LR de EEE de pequeno porte com o propósito de atender a PNRS do Brasil. Atuando em parceria com empresas do ramo, a GREEN Eletron coordena e implanta pontos de coleta voluntária, transporte e destinação final dos resíduos, além de promover a EC através do reaproveitamento de matérias primas. A entrega dos REEE é gratuita sendo possível consultar os Pontos de Entrega Voluntária, os PEVs, bem como associar-se, no site do programa (92).

No norte do Brasil, uma política de destaque vem de Recife, capital do estado de Pernambuco, que recebeu o Prêmio A3P, do Ministério do Meio Ambiente, por práticas de sustentabilidade na administração pública. O projeto é responsável pela coleta de equipamentos obsoletos de escolas da rede pública redirecionando para trabalhos artísticos, robótica, automatização de hortas. Caso o EEE esteja inutilizável ele é encaminhado para empresas cadastradas para reciclagem (91).

Desde 2011, a plataforma B2B (business to business) oferece a gestão de armazenamento de dados do mercado permitindo que seus associados geradores de resíduos possam se conectar a consumidores destas matérias primas. A plataforma conta com 6000 associados, negociando 700 mil toneladas de resíduos mensalmente, movimentando na faixa de R\$ 800 milhões (94) (93).

Já no sul do país, no Rio Grande do Sul, entrou em vigor o Decreto nº 53.307 de 24 de novembro de 2016 instituindo o Programa SUSTENTARE, que aborda a destinação e o descarte de ativos eletroeletrônicos de órgãos e de entidades públicas do estado. O programa tem como objetivo a destinação ambientalmente correta dos EEE. Podem aderir ao programa Órgãos de outros Poderes, Órgãos Constitucionais Autônomos, Municípios, sociedade civil organizada e pessoas jurídicas de direito privado. Entidades privadas assistenciais e Órgãos Públicos podem solicitar doação, bem como empresas devidamente licenciadas e especializadas, que atuam na descaracterização ou recondicionamento de EEE (93). Um exemplo prático de funcionamento do projeto foi a doação de 5 microcomputadores ociosos da Companhia de Processamento de Dados do Estado do Rio Grande do Sul – PROCERGS, uma sociedade de economia mista (96), para o Hospital Municipal de Viamão para informatização e inclusão digital. Desde a implantação do programa em 2016, já foram destinados corretamente cerca de 700 toneladas de REEE, doados

500 computadores para as entidades conveniadas e recuperados 400 computadores por jovens de unidades sociais (97).

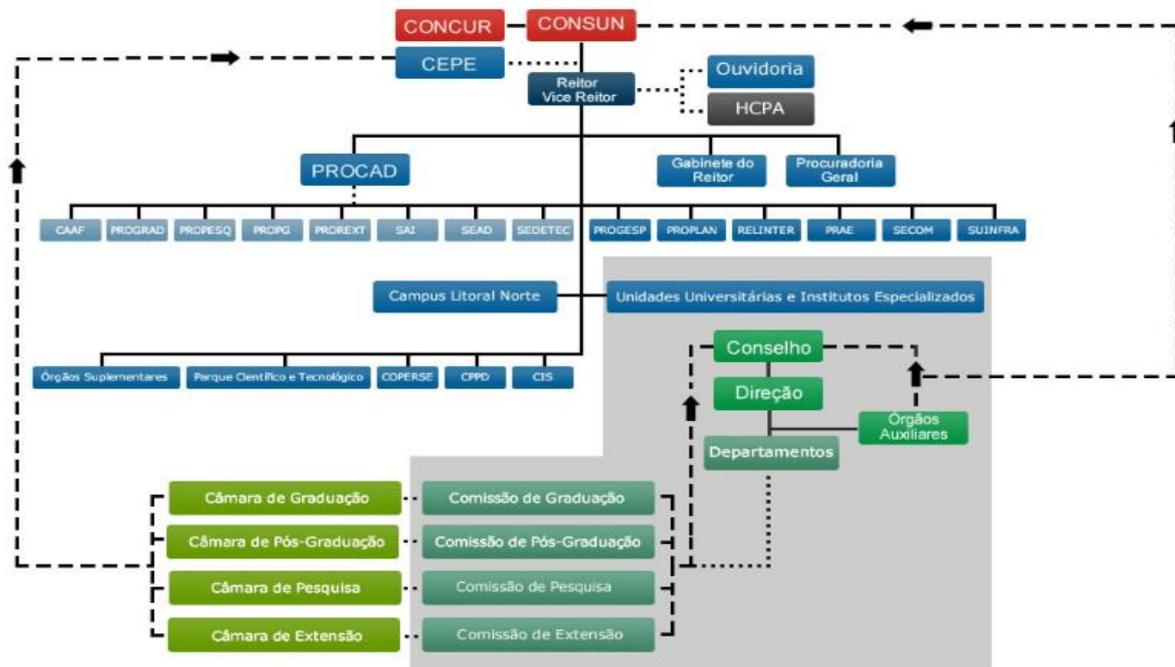
### 3.4 REEE NA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – UFRGS

#### **3.4.1 Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS – breve panorama**

A Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) teve seu início com a fundação, em Porto Alegre, da Escola de Farmácia e Química em 1895, seguida da Escola de Engenharia. Em dezembro de 1950, a universidade foi federalizada, através da Lei nº 1.254, passando à esfera administrativa da União, sendo denominada UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul). Em 1970, com a reforma do ensino, a sua estrutura didática e administrativa foi alterada e os departamentos passaram a ser unidades fundamentais, reunidos em faculdades, institutos ou escolas, os quais abrigam cursos de graduação, pós-graduação, pesquisa e extensão. (98). Possui 4 centros - Centro, Saúde, Olímpico e Vale - além de unidades dispersas totalizando mais de 400.000 m<sup>2</sup> de área construída (99). Administrativamente, a UFRGS é composta por três Conselhos, sete Pró-Reitorias e demais setores, que contemplam câmaras, secretarias, comissões. No organograma da Figura 8 está demonstrada a estrutura geral da Universidade.

Entre os diversos setores está a Pró-Reitoria de Planejamento e Administração (PROPLAN/UFRGS). A PROPLAN é responsável pelo planejamento, aprimoramento de processos, análise de dados, orçamento, celebração e acompanhamento de contratos e convênios, **aquisições de bens** e serviços, **importação de equipamentos** e serviços para o suporte à pesquisa e ensino, gestão financeira e contábil, envolvendo a racionalização de custos e registro dos atos financeiros, contábeis e **patrimoniais**, documentação e arquivo, transporte e gestão administrativa geral. Também atua diretamente com órgãos públicos direcionados como o MPOG – Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão e reguladores, como o TCU – Tribunal de Contas na União e o CGU – Controladoria Geral da União. Além disso, fornece todos os dados de acesso a contratos, convênios, indicadores institucionais, entre outros em conformidade com a LAI – Lei de Acesso à Informação.

Figura 8 - Organograma Geral da UFRGS (98)



A PROPLAN está dividida em diversos departamentos, os quais executam funções específicas para a universidade, como os setores responsáveis pelas licitações (DELIT) e patrimônio (DEPATRI); ambos subordinados ao Núcleo de Contratos e Normativas (NUDECON) que atua como uma assessoria à administração central (98). O organograma da PROPLAN da Universidade está explanado na Figura 9.

Figura 9 - Organograma PROPLAN (98)



### **3.4.2 Gestão de equipamentos de processamento de dados na UFRGS**

Alguns materiais possuem procedimentos específicos dentro das instituições públicas. Este é o caso dos Equipamentos de Processamentos de Dados, chamados aqui de EPD. Estes equipamentos devem observar, na aquisição, o art. 3º da Lei 8.248, de 23 de outubro de 1991, além da Lei das Licitações (100). E, no desfazimento do bem, considerar a Política Desfazimento de Bens, na qual se faz necessário o preenchimento e envio de formulário específico ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações para avaliação da destinação (101).

A seguir serão descritos alguns procedimentos que fazem parte da rotina dos EEE dentro da UFRGS que foram estudados e mapeados neste trabalho.

#### *3.4.2.1 Licitação*

Toda instituição pública tem obrigação de zelar pelo correto uso dos recursos, especialmente quando contrata serviços ou adquire bens. Para isso, deve seguir as regras dispostas na Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, a Lei das Licitações, e em outros instrumentos normativos que asseguram ao órgão público a escolha da melhor proposta em termos de qualidade e preço (102).

A UFRGS, conta com o Departamento de Licitações e Transportes (DELIT), que atua tanto no planejamento e controle das aquisições e licitações da universidade, quanto na supervisão e coordenação da área de transportes. O departamento mantém todos os processos licitatórios disponíveis no site da universidade.

Para abertura de processo licitatório é necessário que o usuário envie à PROPLAN os formulários exigidos e que disponha das autorizações necessárias do diretor da unidade. Alguns equipamentos específicos necessitam de estudos e liberações prévias, como é o caso da aquisição de equipamentos de informática e ar condicionado.

O requisitante pode abrir um Processo Licitatório diretamente no Sistema Eletrônico de Informações - SEI, um sistema desenvolvido pelo Tribunal Regional Federal da 4ª Região (TRF4), para gerenciar documentos e processos eletrônicos. O SEI é parte integrante do Processo Eletrônico Nacional (PEN), um cadastro unificado

que permite a integralização dos processos administrativos (103). O processo de licitação deverá conter, obrigatoriamente, os seguintes documentos:

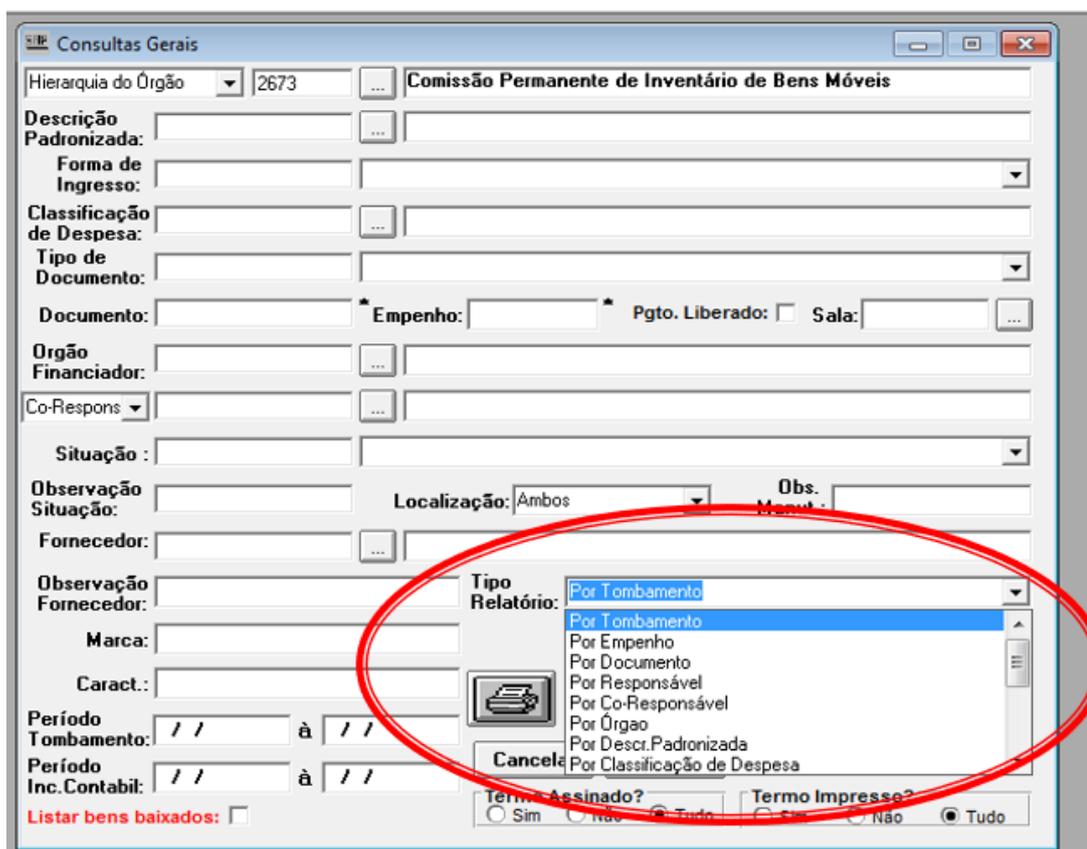
- Licitação - Termo de referência de Bens Comuns;
- Licitação - Requisição de Bens Comuns (deve ser assinado pelo ordenador de despesas da Unidade Requisitante, ou nas situações em que a Unidade não possua ordenador de despesa, devem ser assinados pelo Diretor);
- Licitação - Pesquisa de Preços;
- Orçamentos (realizados com fornecedor, Atas de realização de Pregão, Relatórios do Painel de Preços ou telas de consulta a sites especializados contendo data de consulta, entre outros (104).

O processo deve ser enviado ao DELIT para aprovação. Em 2018, foi implantado Plano Anual de Aquisições, visando prever os gastos orçamentários e efetuar melhores compras através da verificação da demanda em mais de uma unidade para o mesmo bem (104).

#### *3.4.2.2 Patrimônio e Tombamento*

Todo bem deve ser incluído no patrimônio da instituição através de um processo chamado de Tombamento. Este processo é feito pelos Agentes de Patrimônio no Sistema de Administração de Patrimônio – SAP. Somente servidores autorizados tem acesso ao SAP. No sistema SAP é possível cadastrar bem como consultar os bens da universidade por diversas categorias como data de Tombamento, órgão em que está localizado o EEE, responsável pelo EEE, descrição, número do documento, entre outros. O sistema pode ser acessado por meio virtual, através de *login* na página da UFRGS ou em computadores dentro do espaço físico da universidade (Figura 10).

Figura 10 - Tela de Consultas Gerais no sistema SAP da UFRGS (105).



Para Tombamento de um bem externo é necessário abrir um processo no Sistema Eletrônico de Informações – SEI, incluir os documentos e encaminhá-lo à Seção de Levantamento de Bens Móveis – SELEV da Divisão de Tombamento e Levantamento de Bens Móveis – DTLBM que enviará um agente verificar o material e coletar as informações necessárias para registro (106).

Para Tombamento de um bem interno basta levar o material até o DEPATRI. Se o bem foi adquirido através de Projeto de Pesquisa é necessário informar o nome do projeto, anexar a Nota fiscal e termo de concessão, onde consta o número de processo junto ao órgão financiador. No caso do bem doado à UFRGS é necessário o Termo de Doação devidamente preenchido (107).

### 3.4.2.3 Desfazimento

O desfazimento de bens consiste no processo de baixa patrimonial e contábil de um bem do acervo patrimonial da instituição, de acordo com a legislação vigente,

Decreto nº 99.658 de 30 de outubro de 1990, Decreto nº 6.087 de 20 de abril de 2007 e, estas revogadas pelo Decreto 9.373, Instrução Normativa nº 205 de 08 de abril de 1988 da SEDAP, e expressamente autorizado pelos Órgãos competentes da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

São pré-requisitos para desfazimento: a existência de bens classificados como inservíveis, conforme determinação do Decreto nº 99.658/90. Os bens devem estar na Carga Patrimonial do Departamento de Patrimônio/Divisão de Recolhimento e Desfazimento de Bens Móveis. E a Avaliação dos Bens Inservíveis efetuada por comissão especialmente instituída por Portaria do Pro-Reitor de Planejamento e Administração atendendo as exigências do Decreto nº 99.658/90, o Decreto nº 6.087/2007 e Instrução Normativa nº 205 da SEDAP.

O processo de desfazimento é composto por:

- Parecer da comissão de Desfazimento de Bens Móveis;
- Relação dos bens para desfazimento;
- Portaria de designação da Comissão de Desfazimento;
- Ofício de solicitação de doação e documentos da Instituição ou Órgão interessado em receber bens em doação;
- Laudo de avaliação dos lotes, quando se tratar de alienação por leilão;
- Cópia do ofício enviado à Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação se for o caso, para bens de informática;
- Justificativa do desfazimento (pode constar no Parecer da Comissão de Desfazimento);
- Anuência do Pró-Reitor de Planejamento e Administração;
- Anuência do Conselho de Curadores;
- Exame da Procuradoria Geral.

Para o desfazimento por Leilão é necessário: Edital de Licitação do Leilão, ata do leilão, relação de arrematantes por lote, comprovantes de pagamento do lote, recibo de entrega dos lotes, Termo de Baixa Patrimonial dos bens emitido via Sistema de Administração de Patrimônio - SAP.

Para o desfazimento por Doação é necessário: Termo de doação, Termo de Baixa Patrimonial dos bens emitido via SAP.

Para o desfazimento por Inutilização e/ou abandono é necessário: Termo ou justificativa de Inutilização ou abandono, Termo de baixa Patrimonial dos Bens emitido via SAP.

O procedimento de desfazimento na UFRGS possui 2 etapas:

- O setor que pretende se desfazer dos bens patrimoniais comunica o Agente Patrimonial da Unidade que providencia através do SAP, a Solicitação de Recolhimento de Bens (Figura 11);
- Recebida a Solicitação de Recolhimento de Materiais, o Departamento de Patrimônio, assim que possível e considerando a disponibilidade de espaço físico no Depósito de Bens Inservíveis, providencia o recolhimento dos materiais.

Figura 11 - Procedimento de Solicitação de Recolhimento de Bens no sistema SAP (105).

A Comissão de Desfazimento de Bens Móveis elabora o Parecer de Classificação e Avaliação de Bens, verificando as condições do material considerado genericamente inservível para a Universidade, classificando-o conforme os seguintes

critérios previstos no art. 3º, parágrafo único do Decreto nº 99.658/90. Este artigo foi revogado e equivale ao Art. 1º do novo Decreto 9.373 (54).

Para o desfazimento de equipamentos de informática, respectivos mobiliários e peças-parte (microcomputadores de mesa, monitores de vídeo, impressoras e demais equipamentos de informática, respectivos mobiliários, peças-partes ou componentes), a Comissão de Desfazimento envia um ofício com respectivas planilhas contendo informações dos bens à Secretaria de Tecnologia da Informação do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, informando a existência dos bens a serem desfeitos e sua classificação, conforme prevê o Art. 3º do Decreto 9.373. A Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação indicará a instituição receptora dos bens, em consonância com o Programa de Inclusão Digital do Governo Federal. Não ocorrendo à manifestação por parte da Secretaria de Tecnologia da Informação no prazo de 30 (trinta) dias, a UFRGS poderá proceder ao desfazimento dos materiais da forma que melhor convier. Bens cadastrados como bens de terceiros (CNPq, FAPERGS, FAURGS, comodatos) não são recolhidos para o depósito; a Unidade e o pesquisador responsável deverão solicitar a regularização dos mesmos junto ao órgão financiador para, se for o caso, emitirem o termo de doação ou a devolução dos bens inservíveis (108). Uma situação já levantada em 2014, por Santos et al., em entrevistas elaboradas com funcionários da UFRGS, é que a universidade não possui um setor de manutenção. Quando identificado qualquer problema no equipamento, o usuário solicita o recolhimento. Não é executada nenhuma verificação, quer para substituição de peças ou reparo destas (109). Em 2019 este quadro ainda permanece inalterado.

Os bens recolhidos ficam armazenados no depósito do DEPATRI até sua destinação final (Figura 12 e Figura 13).

Figura 12 - Lotes de REEE no depósito do DEPATRI (110).



Figura 13 - Depósito do DEPATRI (111).



Segundo dados do Ministério da Educação - MEC e UFRGS, a vida útil de EPD é de 5 anos e seu valor residual de 10 % (112).

Em seu Plano de Logística Sustentável – PLS de 2016, a universidade definiu algumas boas práticas a serem adotadas, porém não estipulou prazo para cumpri-las. Seguem as diretrizes:

- Utilizar equipamentos de TI com alta eficiência energética;
- Gerenciar eficazmente o resíduo eletroeletrônico;
- Obter maior índice de utilização dos equipamentos de TI;
- Aumentar o ciclo de vida dos equipamentos de TI;
- Selecionar fornecedores verdes de equipamentos de TI (23).

Algumas metas estão sendo atingidas e os dados apresentados neste estudo confirmam esta afirmativa, conforme veremos no capítulo 4.

### 3.5 GESTÃO DOS EEE EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO PÚBLICAS E PRIVADAS DO BRASIL

Foram pesquisados os procedimentos internos e o Plano de Logística Sustentável na gestão dos REEE da UFRGS a fim de identificar boas práticas e dificuldades nos processos.

- Uma boa prática que pode ser destacada é que na UFRGS é possível fazer uma redistribuição de bens ociosos dentre os usuários. Os bens ficam à disposição no DEPATRI, o interessado deverá agendar um

horário e então, escolher os bens de seu interesse. O DEPATRI providencia a transferência (113).

- Alguns setores fazem uma gestão individualizada dos REEE. Como o caso do Setor de Infraestrutura e Informática da Faculdade de Farmácia, da UFRGS, que envia REEE para o Centro de Triagem da Vila Pinto – CTVP, em Porto Alegre que possui convênio com diversas instituições do governo e particulares. O Centro de Educação faz coleta, triagem, desmonte, descontaminação, recuperação de metais de maior valor e envio do material como matéria prima para reciclagem (114). São 45 associados ao todo, neste projeto, processando 130 toneladas por mês de REEE, gerando um ganho médio de 1 salário mínimo por mês para cada membro (115). Porém, o número de equipamentos enviados para a instituição é reduzido, pois trata-se de EEE não patrimoniados, muitas vezes de propriedade dos próprios alunos do curso, que realizam a doação dos REEE ao centro.

Relacionando os mesmos dados de pesquisa para algumas instituições públicas e privadas do Brasil é possível os verificar problemas enfrentados e ações relevantes quando se trata da gestão de REEE. Seguem alguns dados disponíveis de consulta:

- A Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – PUCRS possui um programa de descarte de resíduo eletroeletrônico que promove a LR atentando para as diretrizes da PNRS e FEPAM. Os REEE são segregados e encaminhados para o Centro Social Marista, em Porto Alegre, onde são reutilizados. As chapas de Raio-X, que possuem metais tóxicos, são encaminhadas para a Escola de Ciências, de onde é extraída a prata que é posteriormente utilizada em experimentos didáticos dentro da própria faculdade (116).
- A Universidade Luterana do Brasil, a ULBRA, Campus Canoas, através do Curso de Engenharia Ambiental, promove coletas esporádicas de REEE e os encaminha à empresas parceiras para reutilização e reciclagem. Não foi localizado plano de gestão específico na universidade para EEE (117).

- Na Universidade de São Paulo – USP, foram identificadas diversas dificuldades no gerenciamento de REEE, como a ausência de destinação adequada, a desinformação de alguns setores para lidar com a gestão dos REEE e a falta de dados no sistema patrimonial da instituição (118).
- Na Universidade de Caxias do Sul – UCS, observou-se uma grande variedade de EEE e a inexistência de uma diretriz de destinação de seus resíduos (118).
- Por outro lado, práticas isoladas de LR foram observadas em outras instituições de ensino superior por Sadalla, em 2019 (119). No projeto 3RC da Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, são recondicionados computadores para reutilização dentro da própria universidade ou para doação a outras instituições públicas.
- Além de recondicionar computadores para doação, a Universidade de São Carlos, UFSCar, através do projeto Recicl@tesc, reutiliza os equipamentos recebidos, como também os oferece a programas de capacitação e inclusão digital (119).
- Uma das unidades da USP, localizada na cidade de São Carlos, também participa do mesmo programa Recicl@tesc, destinando seus REEE após baixa patrimonial (119).
- A Universidade Federal de São Paulo, a UNIFESP, possui Políticas de Gestão Ambiental incluindo tópicos para REEE em seus campi. No Campus Baixada Santista foi solicitado chamamento público para estabelecer convênio com ONGs ou cooperativas para recolhimento de pilhas e baterias. Já para o Campus Osasco, da mesma universidade, houve solicitação para recolhimento e destinação correta de REEE. Estas ações estão listadas no Plano de Logística Sustentável da instituição, porém não possível obter registros de ações concretas (120).
- A Universidade Rural de Pernambuco segue o mesmo procedimento executado na UFRGS. Os bens de informática classificados como ociosos, recuperáveis, antieconômicos ou irrecuperáveis, disponíveis para reaproveitamento são destinados para entidades indicadas pela Secretária de Logística e Tecnologia da Informação. Porém um

problema maior é observado na universidade, o pouco espaço físico para armazenamento destes bens. Para remediar tal situação, contratos emergenciais de manutenção são solicitados (121).

- A Universidade Federal de Pelotas enfrenta o mesmo problema de gestão de REEE, como já constatado por Barreto, França e Oliveira (122), em 2015, pois, considerando as legislações vigentes verificou-se que não é permitido que tais materiais sejam recolhidos/destinados por um sistema de logística reversa.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia para realização deste estudo foi dividida em duas partes. A primeira parte compreendeu uma pesquisa bibliográfica e a segunda, explicativa, destinada à obtenção e análise de dados quantitativos e qualitativos referentes aos EEE na UFRGS.

### 4.1 METODOLOGIA DA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Pesquisou-se na literatura nacional e internacional, especialmente em base de dados científicos, publicações relacionadas a resíduos eletroeletrônicos, logística reversa e economia circular. As palavras chaves utilizadas foram: resíduos eletroeletrônicos, equipamentos eletroeletrônicos, reciclagem, gestão de resíduos, logística reversa, economia circular, legislação de REEE.

Obteve-se referências da biblioteca eletrônica científica Scielo, da plataforma para acesso a revistas científicas ScienceDirect e do repositório digital da UFRGS, o Lume.

Além destes, outras diversas fontes eletrônicas, livros e revistas foram consultados a fim de obter informações pertinentes à legislação de REEE, políticas de gestão públicas e privadas, boas práticas para gestão de REEE, 5 R's, logística reversa e economia circular. Pesquisou-se ainda, políticas de gerenciamento de REEE de algumas instituições de ensino públicas e privadas a fim de comparar com as políticas praticadas pela UFRGS, legislações pertinentes ao setor em estudo e os procedimentos internos realizados pela UFRGS. Além disso, foi analisado o organograma da instituição bem como todos os procedimentos disponíveis para gerenciamento de REEE. Como base para avaliação foram selecionadas as metas de gestão propostas no Plano de Logística Sustentável da UFRGS, publicado em 2016, com validade até o ano de 2020.

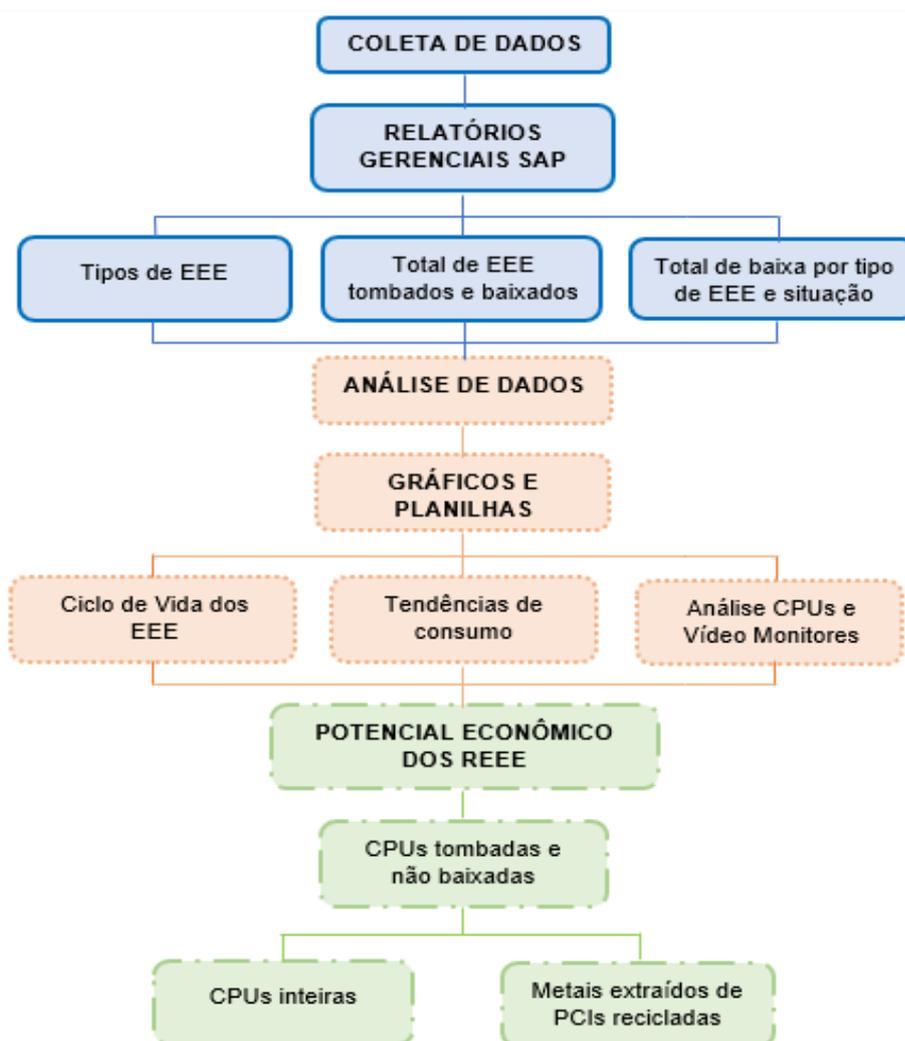
Por fim, foi mapeado o processo de aquisição e desfazimento de EEE da UFRGS, observando os procedimentos, documentos e autorizações executados. Os dados apresentados foram obtidos no *site* da universidade e fontes oficiais do governo federal.

E, em complemento, foram efetuadas visitas à PROPLAN, à Reitoria no Campus Centro, ao depósito do DEPATRI e Unidades da Engenharia no Campus Vale para coleta de informações adicionais e registros fotográficos.

#### 4.2 METODOLOGIA PARA ANÁLISE QUANTITATIVA

A análise quantitativa foi realizada conforme etapas ilustradas no fluxograma apresentado na Figura 14.

Figura 14 - Fluxograma de estudo. Elaborado pelo autor.



Por fim, para as avaliações quantitativas foram coletados os dados dos Equipamentos Eletroeletrônicos no Sistema de Administração de Patrimônio, o SAP, da UFRGS. Para as análises, foram extraídos relatórios do SAP, filtrando os dados de

todas as unidades da UFRGS, por Equipamentos de Processamento de Dados tombados e baixados entre 2008 e 2018, por biênio. Os relatórios foram gerados em formato PDF, onde foi possível obter o total de EEE tombados e baixados, tipos de equipamentos e tipos de baixas. Posteriormente foram convertidos em planilhas e gráficos do sistema Microsoft Excel nos quais verificou-se, então, os percentuais de EEE baixados em relação aos tombados, o provável ciclo de vida dos EEE, percentual dos tipos de baixas, os EEE mais consumidos no período entre 2008 e 2018 por biênio. Para CPUs e vídeo monitores efetuou-se as análises de baixa por período em quantidade e percentual.

Já para a análise do potencial econômico dos REEEs da UFRGS, foi tomado como base o total de CPUs tombadas e não baixadas entre 2008 e 2018. Primeiramente, verificou-se o valor de venda de CPUs inteiras para empresas recicladoras (123). Em uma segunda etapa, avaliou-se o potencial econômico da venda de metais extraídos de placas de circuito impresso, PCIs, para mesma quantidade de CPUs. Neste caso, adotou-se a massa média de 7,5 kg (124) para CPU e o percentual de 10 % de massa de PCIs em cada unidade; estes dados foram extraídos da literatura partindo de estudos já realizados na universidade. Para o valor dos metais utilizou-se a cotação London Metal Exchange – LME, de fevereiro de 2020, muito utilizada como base de negociação para compra destes materiais, em dólar convertidos para reais (125).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 DA SOLICITAÇÃO AO DESCARTE

Como proposto, todo o processo de EEE na UFRGS, em especial os Equipamentos de Processamento de Dados, foi mapeado e descrito desde a solicitação, patrimônio até o desfazimento.

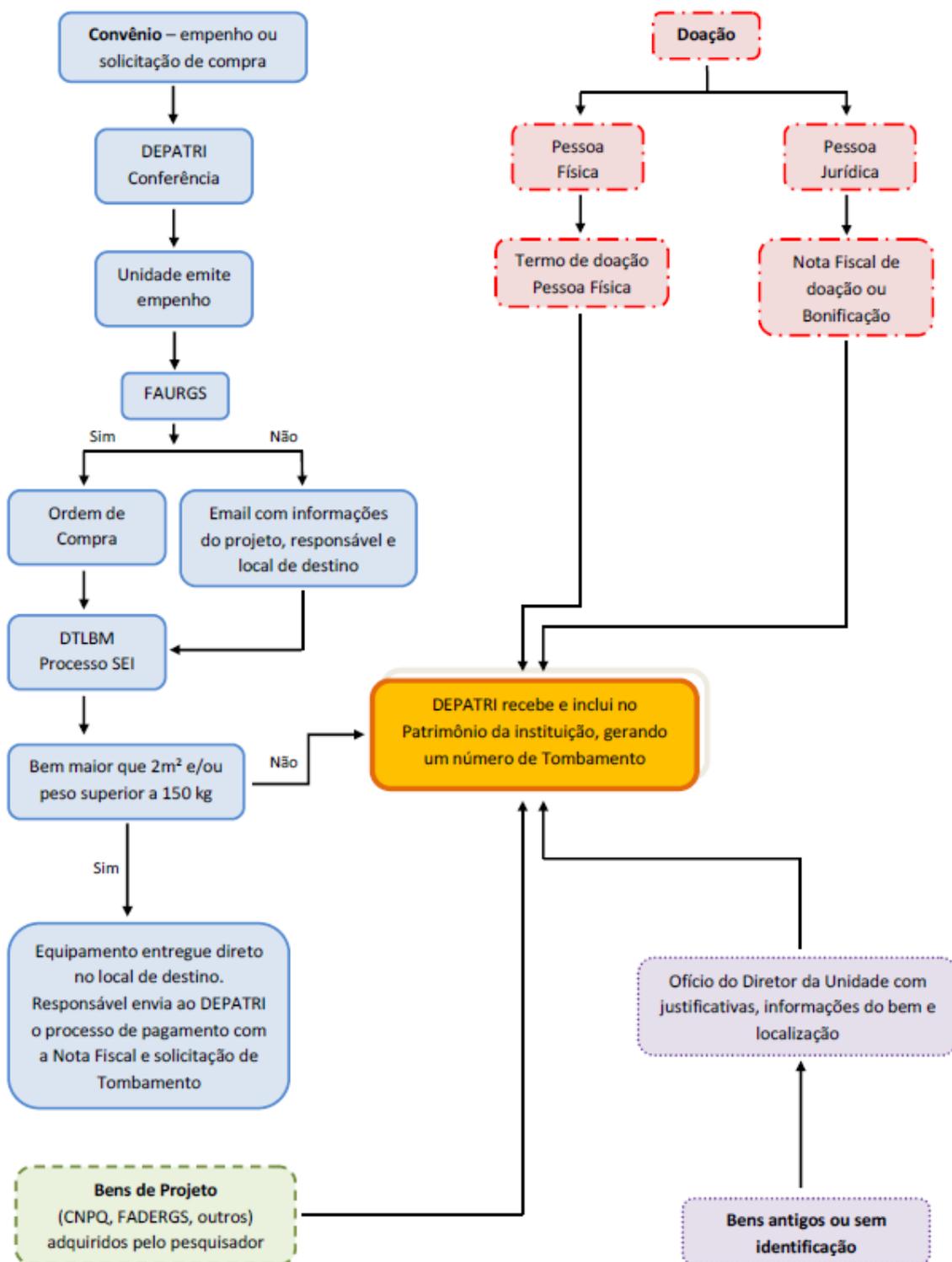
O processo inicia-se na solicitação do EEE, pelo usuário ou responsável da unidade. Tanto para EEE, quanto para demais bens, o procedimento de solicitação é realizado via sistema SEI com a abertura de um processo. Muitos itens já possuem registro de preços negociados previamente. Neste caso, é necessário informar o número da Ata vigente e do item do processo aprovado. Caso negativo, deverão ser solicitados três orçamentos para serem enviados juntamente com o documento. Após aprovação da Unidade e dos setores responsáveis, como a PROPLAN, o EEE é adquirido. O DTLBM deve receber o processo para providenciar a entrega e o DEPATRI, responsável pelo Tombamento do EEE, Termo de Liberação de Pagamentos e Certificação de Notas Fiscais. Somente então o processo é enviado ao Departamento de Contabilidade e Finanças. Solicitações oriundas de projetos, como a FAURGS, por exemplo, devem ser seguidos de uma Ordem de Compra.

É permitida a entrada de bens de terceiros na universidade. Porém devem ser registrados através de Tombamento de Bens de Projeto, quando adquiridos por pesquisador de programas – FAURGS, CNPQ, CAPES, comodatos. Outra forma, são as Doações de Bens, podendo estas virem de Pessoas Físicas ou Jurídicas. Bens que estão a mais de 10 anos em posse da universidade também podem ser patrimoniados mediante ofício do Reitor com as devidas justificativas.

Na universidade, os EEE podem ser transferidos para outros usuários após estarem patrimoniados. O Agente Patrimonial solicita ao DEPATRI, através do SAP, a Mudança de Responsabilidade, inserindo dados do patrimônio do bem a ser transferido, local de origem e destinação e o nome do novo responsável. Com a aprovação é gerado um Termo de Transferência (108).

Na Figura 15 está ilustrado o procedimento de Patrimônio e Tombamento de um EEE de forma esquemática.

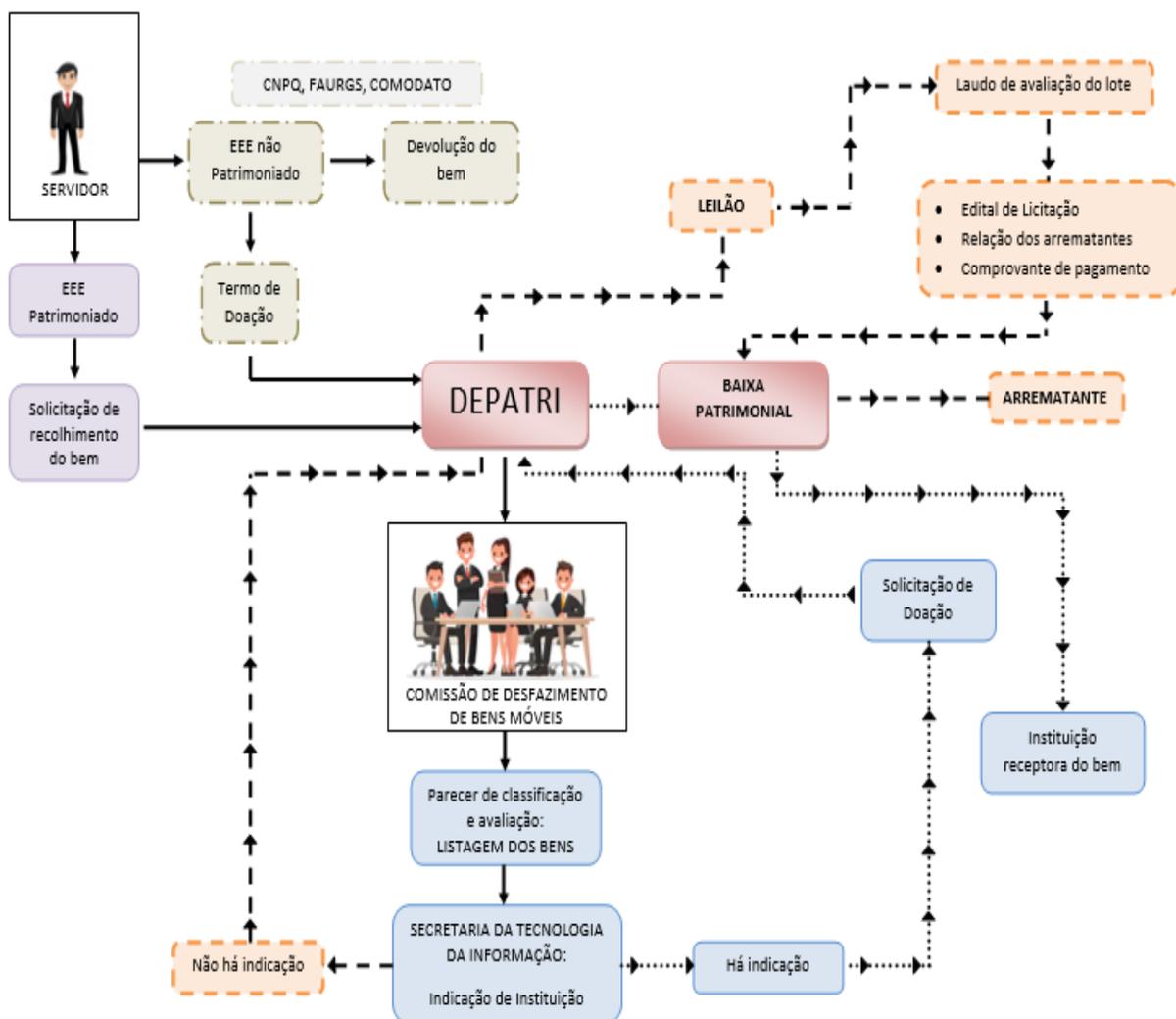
Figura 15 - Fluxograma de procedimentos de Patrimônio e Tombamento. Elaborado pelo autor com base em UFRGS (108).



Quando um EEE é julgado como inservível por seu usuário, inicia-se o processo de Desfazimento do bem.

Na Figura 16, está ilustrado, de forma esquemática, um fluxograma das etapas de Desfazimento de um EEE na UFRGS.

Figura 16 - Fluxograma das etapas do Desfazimento de EEE na UFRGS. Elaborado pelo autor com base em UFRGS (126).



O servidor, ou usuário, solicita o recolhimento do bem. O agente patrimonial da unidade é responsável por inserir no sistema SAP a Solicitação de Recolhimento de Bens ao DEPATRI. Quando se tratar de um bem de terceiro pode-se optar por doá-lo à UFRGS ou devolvê-lo. EEE patrimonializados, passam então por uma avaliação da Comissão de Desfazimento de Bens Móveis. Esta comissão envia seu parecer e listagem dos EEE à Secretaria da Tecnologia da Informação, que será responsável por apresentar, dentro de um prazo de 30 dias, uma instituição para recebimento da doação destes bens.

Se houver interessado, a instituição receptora deverá enviar uma Solicitação de Doação ao DEPATRI. Este emitirá o Termo de Doação, dando baixa patrimonial e o EEE segue para a receptora.

Caso não haja indicação para doação, o DEPATRI é responsável pela destinação do EEE ou REEE, quando inutilizável. O procedimento adotado passa a ser, preferencialmente, o leilão. Os EEE ou REEE são avaliados, por lotes, e um edital para leilão é lançado. Com a realização do leilão e o lote arrematado finda o ciclo do EEE na universidade, com o DEPATRI processando a baixa patrimonial mediante a entrega da lista dos arrematadores seguida do compromisso de pagamento do lote.

## 5.2 ANÁLISE QUANTITATIVA DOS EEE DA UFRGS

A segunda parte do estudo proposto, foi apresentar a quantidade de EEE tombados e baixados na UFRGS.

Com base nos dados do levantamento, foi possível avaliar o percentual de EEE baixados em relação aos tombados e tendências de consumos, entre os anos de 2008 e 2018, por biênio. Os números foram analisados por biênio, pois no sistema SAP, a geração de relatórios para análise com este intervalo permite uma melhor visualização dos dados.

Na Tabela 9 estão listados os EEE tombados pela universidade no intervalo de tempo mencionado.

Tabela 9 - Total de EEE tombados na UFRGS entre 2008 e 2018. Elaborado pelo autor.

Descrição	Período					Total
	2008 a 2010	2010 a 2012	2012 a 2014	2014 a 2015	2016 a 2018	
Analisador de cabos de rede	-	-	1	8	2	11
Analisador lógico (uso em Informática)	1	-	3	-	-	4
Apresentador de slides	8	-	21	13	-	42
Caixa de som para multimídia	2076	1023	757	299	4	4159
Central educacional digital	-	3	-	-	-	3
Chaveador	7	7	20	6	7	47
Coletor de dados	23	46	30	35	23	157

continua

continuação						
Descrição	Período					Total
	2008 a 2010	2010 a 2012	2012 a 2014	2014 a 2015	2016 a 2018	
Comutador	-	-	4	2	-	6
Conversor	39	25	24	9	7	104
CPU	4508	3804	3531	2304	2473	16620
CPU com vídeo monitor integrado	73	83	176	379	184	895
Dispositivo de realidade virtual	1	1	-	2	2	6
Dispositivo para transmissão de Imagens	2	-	1	-	-	3
Drive	10	4	1	1	2	18
Equipamento de armazenamento de dados	2	1	1	2	10	16
Estação de dados	-	-	2	1	2	5
Estação de trabalhos - CPU	-	-	-	-	14	14
Estação de trabalhos gráficos	-	1	5	-	-	6
Estação de trabalhos gráficos - Vídeo	-	-	1	-	-	1
Etiquetadora de cabos de rede	-	1	-	-	-	1
Expansor de portas para notebook	2	1	1	-	3	7
Gabinete	5	5	10	2	2	24
Gabinete para computador	26	10	35	-	-	71
Gabinete para drive externo	4	4	1	2	-	11
Gravadora de CD Room	-	1	-	-	-	1
Hd externo	117	254	275	288	274	1208
Impressora	242	230	318	161	191	1142
Impressora 3D	-	-	-	-	6	6
Impressora laser	219	180	26	5	-	430
Impressora matricial	4	2	1	1	-	8
Impressora multifuncional	299	376	180	128	87	1070
Injetor de sinais	-	-	41	148	119	308
Injetor Poe	-	-	-	-	1	1
Interface	20	16	7	10	6	59
Interface para sistema de aquisição de dados	14	10	26	3	8	61
Joy Stick	-	1	-	1	-	2
Leitor biométrico	-	-	-	-	230	230

continua

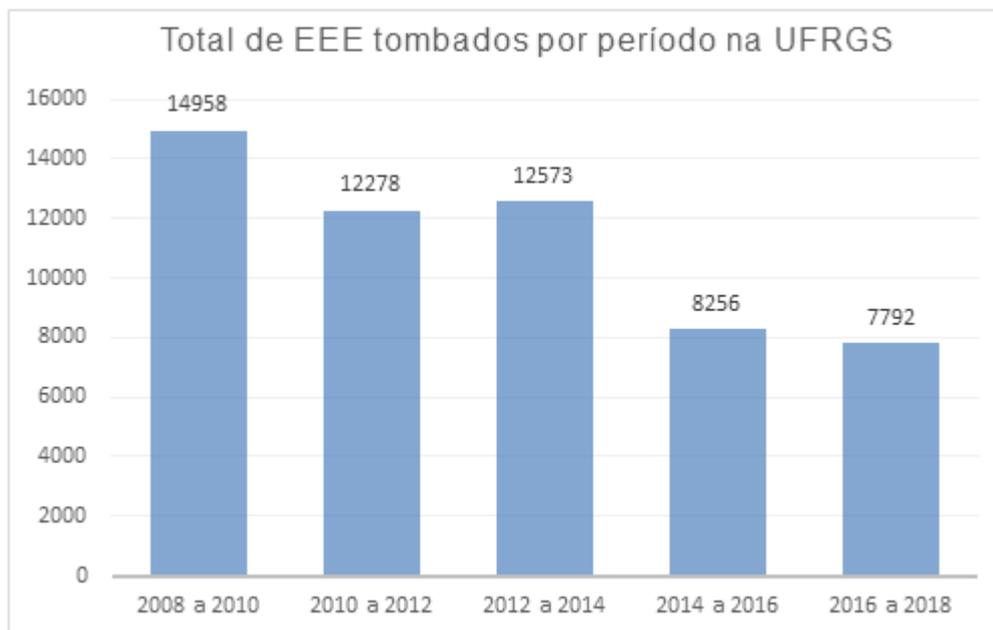
continuação						
Descrição	Período					Total
	2008 a 2010	2010 a 2012	2012 a 2014	2014 a 2015	2016 a 2018	
Leitora de cartões	40	10	9	5	4	68
Leitora de código de barra	68	182	32	73	67	422
Leitora de Compact-disc (CD-room)	-	2	2	2	2	8
Leitora de fita	-	-	-	-	2	2
Leitora digital	3	7	11	9	7	37
Memória	1	5	-	-	-	6
Mesa digitalizadora	10	31	14	13	8	76
Microcomputador	-	1	-	-	-	1
Microfone para multimidia	-	1	4	1	6	12
Minicomputador	8	6	1	4	108	127
Modem auxiliar para transmissão de dados	60	25	4	52	1	142
Módulo básico (rack para Informática)	17	11	29	8	4	69
Módulo de expansão de disco	6	-	-	-	-	6
Módulo de processamento	4	-	2	2	19	27
Mouse	1	6	3	-	-	10
Multiplex	2	-	-	3	-	5
Multiprogramador	-	1	-	-	-	1
Notebook	731	884	922	754	674	3965
Óculos para visualização-3D	5	3	12	15	14	49
Peças para atualização (Equipamentos de Informática)	-	304	362	132	35	833
Placa captura de vídeo	-	-	-	-	1	1
Placa de som externa	-	-	-	-	1	1
Placa mãe para microcomputador	2	1	-	-	-	3
Placa para aquisição	5	19	1	38	3	66
Plataforma de processamento digital	2	-	-	1	-	3
Plotter	1	-	2	2	2	7
Pontas de prova	-	-	3	-	-	3
Ponto de acesso (para Informática-DWL)	265	203	274	228	324	1294
Processador	2	1	1	1	1	6

continua

continuação						
Descrição	Período					Total
	2008 a 2010	2010 a 2012	2012 a 2014	2014 a 2015	2016 a 2018	
Programador	-	9	-	1	-	10
Repetidor de sinais	9	4	-	2	-	15
Roteador de rede (ponte)	71	53	98	33	23	278
Scanner digital	123	73	55	54	33	338
Servidor de impressão	1	-	-	-	-	1
Servidor de rede	70	38	70	66	55	299
Servidor de terminal	-	1	1	-	-	2
Sistema de processamento de alto desempenho	-	-	-	-	1	1
Switch (chave)	655	312	265	395	463	2090
Tablet	-	26	1115	277	152	1570
Teclado especial	1	3	-	9	-	13
Teclado para computador	-	-	1	-	-	1
Terminal de autoatendimento	-	-	1	-	-	1
Terminal de vídeo	-	-	1	-	-	1
Traçador de gráficos	-	-	-	1	-	1
Unidade de fita magnética	-	-	-	1	-	1
Vídeo monitor	4837	3743	3215	2223	2120	16138
Vídeo phone	2	11	9	5	4	31
Vocalizador	-	-	1	-	-	1
Webcam	252	210	554	36	1	1053
Zip-Drive	2	3	-	-	-	5
<b>Total</b>	<b>14958</b>	<b>12278</b>	<b>12573</b>	<b>8256</b>	<b>7792</b>	<b>55857</b>

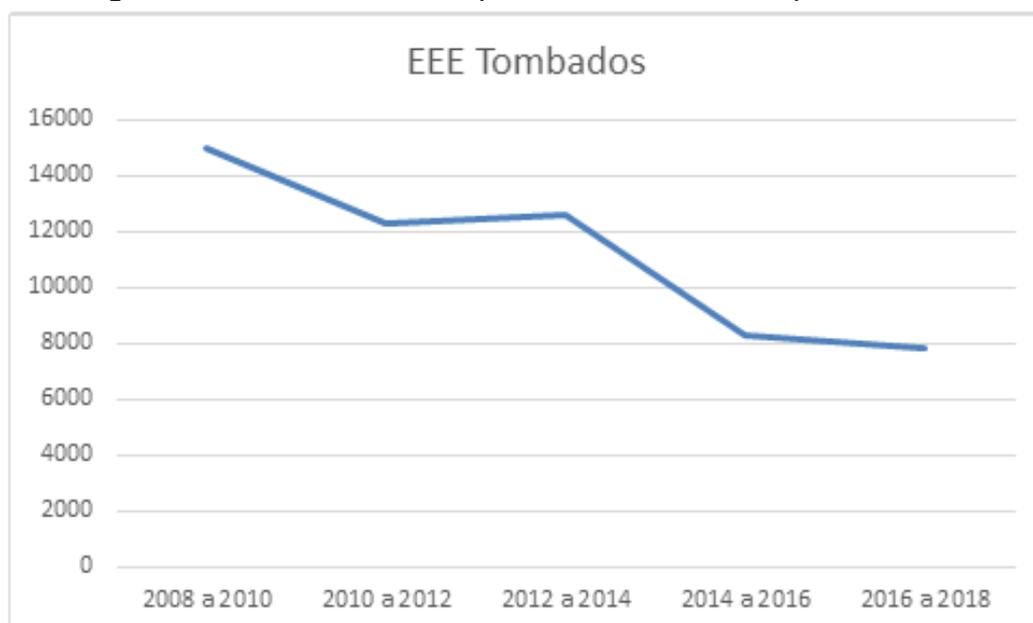
Entre 2008 a 2018, um total de 55.857 EEE foram tombados no sistema SAP da UFRGS. Rastreou-se 87 diferentes tipos de equipamentos catalogados como equipamentos de processamento de dados - EPD, classificação de despesa dos EEE na universidade. É possível observar na Tabela 9 e pela Figura 17 os totais de EEE tombados entre 2008 e 2018.

Figura 17 - Total de EEE Tombados na UFRGS entre 2008 e 2018. Elaborado pelo autor.



Pode-se observar uma tendência a diminuição no total de equipamentos tombados ao longo tempo (Figura 18).

Figura 18 - EEE Tombados por biênio. Elaborado pelo autor.



Algumas possíveis hipóteses para a diminuição de EEE tombados deve-se à evolução dos dispositivos que agregam funções que antes eram desempenhadas por mais de um equipamento. Um exemplo a citar são os computadores que agregaram

câmeras, microfones e caixas de som; quando no início do período da análise eram necessários adquirir *webcams* e caixas de som para multimídia para realizar as mesmas funções.

Outra causa possível, é o acesso mais facilitado à informação, através de redes de *wifi* disponibilizada nos campi, podendo facilmente ser acessada pelos usuários através de equipamentos próprios, como *smartphones*.

Uma outra explicação para diminuição de EEE adquiridos pode ser a restrição orçamentária enfrentada pelas universidades federais, incluindo a UFRGS, a partir de 2015 (112).

Porém, o fator mais provável, evidenciado em um pequeno levantamento fotográfico efetuado no LACOR, é que muitos dos EEE ainda se encontram em uso na universidade (Figura 19), tornando desnecessária novas aquisições, como também a existência de equipamentos não baixados e fora de uso depositados nas unidades.

Figura 19 - CPU, patrimoniada em 2008, ainda em uso no LACOR. Elaborado pelo autor.



Posteriormente foram relacionados os equipamentos baixados, por tipo, por biênio e quantidade total, entre 2008 e 2018. Na Tabela 10 estão descritos os dados deste levantamento.

Tabela 10 - Total de EEE baixados na UFRGS, por tipo, entre 2008 e 2018.  
Elaborado pelo autor.

Descrição	Período					Total
	2008 a 2010	2010 a 2012	2012 a 2014	2014 a 2015	2016 a 2018	
Analizador de cabos de rede	-	-	-	1	-	1
Analizador lógico (uso em Informática)	1	-	-	-	-	1
Apresentador de slides	8	-	21	13	-	42
Caixa de som para multimídia	2076	1023	757	299	-	4155
Central educacional digital	-	-	-	-	-	0
Chaveador	2	1	2	-	-	5
Coletor de dados	-	1	1	-	-	2
Comutador	-	-	-	-	-	0
Conversor	3	-	1	-	-	4
CPU	1197	355	233	33	6	1824
CPU com vídeo monitor integrado	3	1	5	1	-	10
Dispositivo de realidade virtual	-	-	-	-	-	0
Dispositivo para transmissão de Imagens	-	-	-	-	-	0
Drive	-	-	-	-	-	0
Equipamento de armazenamento de dados	-	-	-	-	-	0
Estação de dados	-	-	1	-	-	1
Estação de trabalhos - CPU	-	-	-	-	-	0
Estação de trabalhos gráficos	-	1	5	-	-	6
Estação de trabalhos gráficos - Vídeo	-	-	-	-	-	0
Etiquetadora de cabos de rede	-	-	-	-	-	0
Expansor de portas para notebook	-	-	-	-	-	0
Gabinete	-	-	-	-	-	0
Gabinete para computador	1	-	-	-	-	1
Gabinete para drive externo	1	1	2	-	-	4
Gravadora de CD Room	-	-	-	-	-	0
Hd externo	6	5	3	2	-	16
Impressora	97	46	22	-	-	165
Impressora 3D	-	-	-	-	-	0
Impressora laser	52	16	3	-	-	71
Impressora matricial	3	-	-	-	-	3

continua

continuação

Descrição	Período					Total
	2008 a 2010	2010 a 2012	2012 a 2014	2014 a 2015	2016 a 2018	
Impressora multifuncional	59	41	5	1	-	106
Injetor de sinais	-	-	-	-	-	0
Injetor Poe	-	-	-	-	-	0
Interface	3	-	-	-	-	3
Interface para sistema de aquisição de dados	-	-	-	-	-	0
Joy Stick	-	-	-	-	-	0
Leitor biométrico	-	-	-	-	-	0
Leitora de cartões	12	-	-	-	-	12
Leitora de código de barra	6	14	4	2	-	26
Leitora de Compact-disc (CD-room)	-	-	-	-	-	0
Leitora de fita	-	-	-	-	-	0
Leitora digital	-	-	-	-	-	0
Memória	1	5	-	-	-	6
Mesa digitalizadora	-	1	-	1	-	2
Microcomputador	-	1	-	-	-	1
Microfone para multimídia	-	-	1	1	-	2
Minicomputador	3	1	1	-	-	5
Modem auxiliar para transmissão de dados	12	-	-	-	-	12
Módulo básico (rack para Informática)	2	-	1	-	-	3
Módulo de expansão de disco	-	-	-	-	-	0
Módulo de processamento	-	-	-	-	-	0
Mouse	-	-	-	-	-	0
Multiplex	2	-	-	-	-	2
Multiprogramador	-	1	-	-	-	1
Notebook	127	70	32	12	-	241
Óculos para visualização-3D	-	-	-	-	-	0
Peças para atualização (Equipamentos de Informática)	-	96	75	8	-	179
Placa captura de vídeo	-	-	-	-	-	0
Placa de som externa	1	-	-	-	-	1
Placa mãe para microcomputador	-	1	-	-	-	1
Placa para aquisição	-	-	-	-	-	0

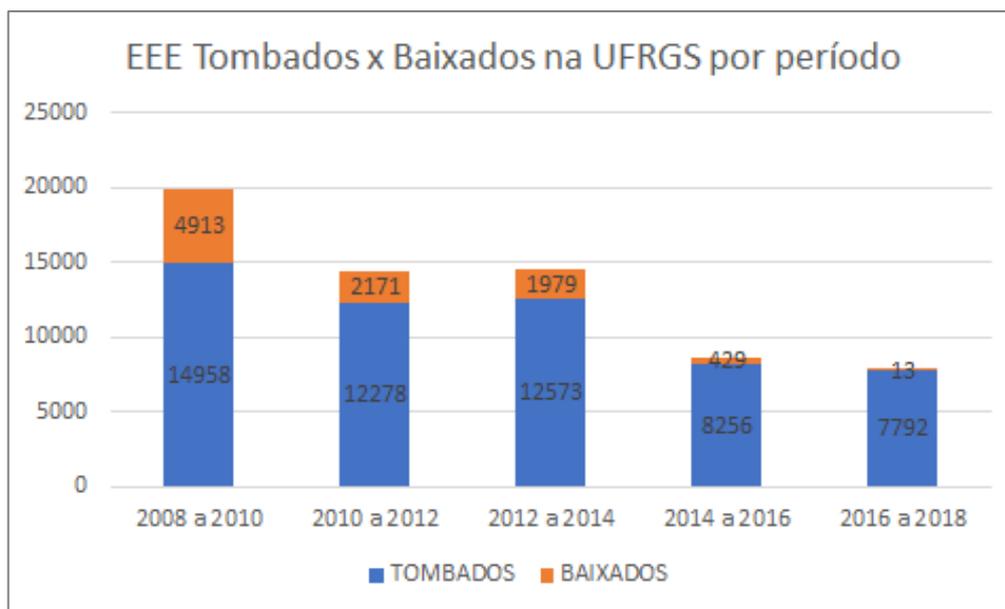
continua

continuação

Descrição	Período					Total
	2008 a 2010	2010 a 2012	2012 a 2014	2014 a 2015	2016 a 2018	
Plataforma de processamento digital	-	-	-	-	-	0
Ploter	-	-	-	-	-	0
Pontas de prova	-	-	-	-	-	0
Ponto de acesso (para Informática-DWL)	56	20	2	-	-	78
Processador	-	1	1	-	-	2
Programador	-	-	-	-	-	0
Repetidor de sinais	1	-	-	-	-	1
Roteador de rede (ponte)	14	8	10	1	-	33
Scanner digital	35	13	9	3	-	60
Servidor de impressão	1	-	-	-	-	1
Servidor de rede	10	1	8	-	-	19
Servidor de terminal	-	-	-	-	-	0
Sistema de processamento de alto desempenho	-	-	-	-	-	0
Switch (chave)	48	21	19	1	5	94
Tablet	-	3	15	5	1	24
Teclado especial	1	-	-	2	-	3
Teclado para computador	-	-	1	-	-	1
Terminal de autoatendimento	-	-	-	-	-	0
Terminal de vídeo	-	-	1	-	-	1
Traçador de gráficos	-	-	-	-	-	0
Unidade de fita magnética	-	-	-	-	-	0
Vídeo monitor	815	210	184	7	-	1216
Vídeo phone	-	-	-	-	-	0
Vocalizador	-	-	-	-	-	0
Webcam	252	210	554	36	1	1053
Zip-Drive	2	3	-	-	-	5
<b>Total</b>	<b>4912</b>	<b>2171</b>	<b>1979</b>	<b>429</b>	<b>13</b>	<b>9504</b>

Na Figura 20, está relacionado o total de EEE tombados e baixados, entre 2008 e 2018, por biênio.

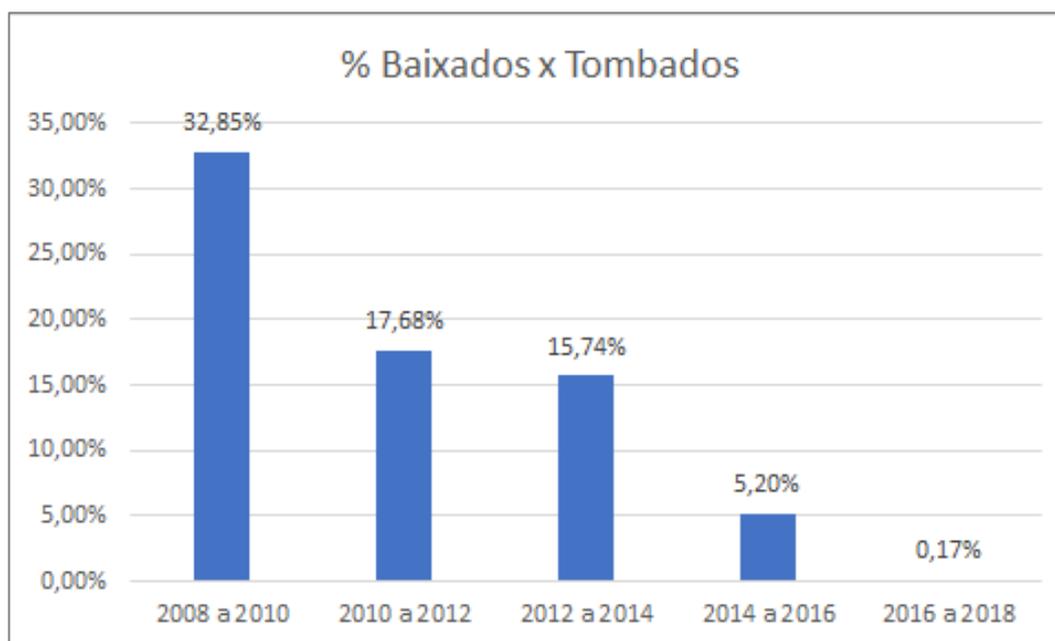
Figura 20 - EEE Tombados e Baixados entre 2008 e 2018. Elaborado pelo autor.



Pode-se observar na Figura 20 que a quantidade total de EEE tombados e baixados nos intervalos diminuiu ao longo do período analisado.

Realizou-se, também, uma verificação, em percentual, do total de EEE baixados por EEE tombados gerando o gráfico da Figura 21.

Figura 21 - Percentual de EEE Baixados em relação aos Tombados. Elaborado pelo autor.



O maior percentual de equipamentos baixados, foi no primeiro período da análise. Entre 2008 e 2010 foram baixados 32,85 % do total de EEE tombados no mesmo período. Entre 2010 e 2012, foram baixados 17,68 % do total de EEE. No intervalo que compreende os anos de 2012 a 2014, 15,74 % dos EEE tombados foram baixados. Entre 2016 e 2018, houve diminuição do percentual para 5,20%. No período de 2016 a 2018 somente 0,17 % dos EEE tombados na universidade foram baixados, o que mostra que praticamente 100% destes encontra-se ainda em uso.

No período total, dos 55.857 EEE tombados, foi dado baixa patrimonial em 9.505. Este número representa 17,01 % do total de EEE tombados.

Além das hipóteses já apresentadas, pode-se supor outras alternativas. Um número expressivo de EEE pode estar apresentando uma vida útil maior que a recomendada. Ou, conforme observado em uma pequena amostragem, muitos equipamentos podem ainda estar armazenados nas unidades sem uso, mas também sem ter sido baixados (Figura 22 e 23).

Figura 22 - Impressora multifuncional patrimoniada em 2013 como bem de terceiro, sem cartucho e fora de uso. Elaborado pelo autor.



Figura 23 - CPUs sem uso, não baixadas. Elaborado pelo autor.



Uma análise, descrita na Tabela 11, foi elaborada considerando somente os itens tombados e não baixados, por data de tombamento, até o ano de 2019, quando foram coletados os dados para este trabalho afim de verificar a idade dos EEE.

Tabela 11 - Idade dos EEE tombados e não baixados na UFRGS, de 2008 a 2018.  
Elaborado pelo autor.

<b>Idade do EEE</b>	<b>Quantidade</b>	<b>% em relação ao total</b>
Entre 9 e 11 anos	10045	21,67 %
Entre 7 e 9 anos	10107	21,80 %
Entre 5 e 7 anos	10594	22,86 %
Entre 3 e 5 anos	7827	16,89 %
Entre 1 e 3 anos	7779	16,78 %

Avaliando os dados, pode-se estimar a idade dos EEE da UFRGS. Na Tabela 11, pode-se constatar que 66,33 % dos EEE tombados e não baixados possuem uma vida útil maior que os 5 anos recomendados pelo MEC e adotado no PLS-2016. No entanto, a confirmação de que os EEE estejam fisicamente na universidade e principalmente, em uso, só poderia ser afirmada através de um inventário.

Uma das hipóteses é que alguns EEE, classificados como Bens de Terceiros na UFRGS, possam ter saído da universidade sem ter sido efetuada a baixa, e com isso continuam nos relatórios, assim como a possibilidade de Bens Próprios estarem ociosos em suas unidades, como visto nas Figuras 22 e 23.

Além disso, o aumento da vida útil de um EEE pode também apresentar um problema. O EEE pode tornar-se obsoleto e apresentar baixa funcionalidade em relação a um equipamento mais atual.

Para confirmar esta afirmativa, outro estudo quantitativo, por tipo de EEE, foi efetuado para os mesmos períodos. Os resultados em totais e percentual de EEE tombados e baixados, obtidos estão relacionados na Tabela 12.

Tabela 12 - Total e percentual de EEE Tombados e Baixados na UFRGS, por tipo, entre 2008 e 2018. Elaborado pelo autor.

<b>Descrição</b>	<b>Tombados</b>	<b>Baixados</b>	<b>%</b>
Analizador de cabos de rede	11	1	9,09%
Analizador lógico (uso em Informática)	4	1	25,00%
Apresentador de slides	42	42	100,00%
Caixa de som para multimídia	4159	4155	99,90%
Central educacional digital	3	0	0,00%
Chaveador	47	5	10,64%
Coletor de dados	157	2	1,27%
Comutador	6	0	0,00%
Conversor	104	4	3,85%
CPU	16620	1824	10,97%
CPU com vídeo monitor integrado	895	10	1,12%
Dispositivo de realidade virtual	6	0	0,00%
Dispositivo para transmissão de Imagens	3	0	0,00%
Drive	18	0	0,00%
Equipamento de armazenamento de dados	16	0	0,00%
Estação de dados	5	1	20,00%
Estação de trabalhos - CPU	1	0	0,00%
Estação de trabalhos gráficos	6	6	100,00%
Estação de trabalhos gráficos - Vídeo	14	0	0,00%
Etiquetadora de cabos de rede	1	0	0,00%
Expansor de portas para notebook	7	0	0,00%
Gabinete	24	0	0,00%
Gabinete para computador	11	1	9,09%
Gabinete para drive externo	71	4	5,63%
Gravadora de CD Room	1	0	0,00%

continua

continuação			
<b>Descrição</b>	<b>Tombados</b>	<b>Baixados</b>	<b>%</b>
Impressora	1142	165	14,45%
Impressora 3D	6	0	0,00%
Impressora laser	430	71	16,51%
Impressora matricial	8	3	37,50%
Impressora multifuncional	1070	106	9,91%
Injetor de sinais	308	0	0,00%
Injetor Poe	1	0	0,00%
Interface	59	3	5,08%
Interface para sistema de aquisição de dados	61	0	0,00%
Joy Stick	2	0	0,00%
Leitor biométrico	230	0	0,00%
Leitora de cartões	68	12	17,65%
Leitora de código de barra	422	26	6,16%
Leitora de Compact-disc (CD-room)	8	0	0,00%
Leitora de fita	2	0	0,00%
Leitora digital	37	0	0,00%
Memória	6	6	100,00%
Mesa digitalizadora	76	2	2,63%
Microcomputador	1	1	100,00%
Microfone para multimidia	12	2	16,67%
Minicomputador	127	5	3,94%
Modem auxiliar para transmissão de dados	142	12	8,45%
Módulo básico (rack para Informática)	69	3	4,35%
Módulo de expansão de disco	6	0	0,00%
Módulo de processamento	27	0	0,00%
Mouse	10	0	0,00%
Multiplex	5	2	40,00%
Multiprogramador	1	1	100,00%
Notebook	3965	241	6,08%
Óculos para visualização-3D	49	0	0,00%
Peças para atualização (Equipamentos de Informática)	833	179	21,49%
Placa captura de vídeo	1	0	0,00%
continua			

continuação			
<b>Descrição</b>	<b>Tombados</b>	<b>Baixados</b>	<b>%</b>
Placa de som externa	1	1	100,00%
Placa mãe para microcomputador	3	1	33,33%
Placa para aquisição	66	0	0,00%
Plataforma de processamento digital	3	0	0,00%
Ploter	7	0	0,00%
Pontas de prova	3	0	0,00%
Ponto de acesso (para Informática-DWL)	1294	78	6,03%
Processador	6	2	33,33%
Programador	10	0	0,00%
Repetidor de sinais	15	1	6,67%
Roteador de rede (ponte)	278	33	11,87%
Scanner digital	338	60	17,75%
Servidor de impressão	1	1	100,00%
Servidor de rede	299	19	6,35%
Servidor de terminal	2	0	0,00%
Sistema de processamento de alto desempenho	1	0	0,00%
Switch (chave)	2090	94	4,50%
Tablet	1570	24	1,53%
Teclado especial	13	3	23,08%
Teclado para computador	1	1	100,00%
Terminal de autoatendimento	1	0	0,00%
Terminal de vídeo	1	1	100,00%
Traçador de gráficos	1	0	0,00%
Unidade de fita magnética	1	0	0,00%
Vídeo monitor	16138	1216	7,54%
Vídeo phone	31	0	0,00%
Vocalizador	1	0	0,00%
Webcam	1053	1053	100,00%
Zip-Drive	5	5	100,00%
<b>Total</b>	<b>55857</b>	<b>9504</b>	<b>17,01%</b>

Baseado na Tabela 12, pode-se observar alguns itens que se tornaram obsoletos como caixas de som para multimídia, *webcams* e apresentadores de *slides*, cujos percentuais de baixa patrimonial já atingiram praticamente 100 %. Outro dado

importante, observado nos relatórios, foi a representatividade de CPUs e vídeo monitores dentre os EEE estudados. Dos 55.857 EEE tombados, 16.620 são CPUs e, 16.138 vídeo monitores. Somados representam 59 % do total de EEE tombados. Para estes foram avaliados os totais tombados e baixados, por período, em quantidade e percentual. Os resultados podem ser observados nas Figuras 24, 25, 26 e 27.

Figura 24 - Total de CPUs tombadas e baixadas entre 2008 e 2018, por biênio.

Elaborado pelo autor.

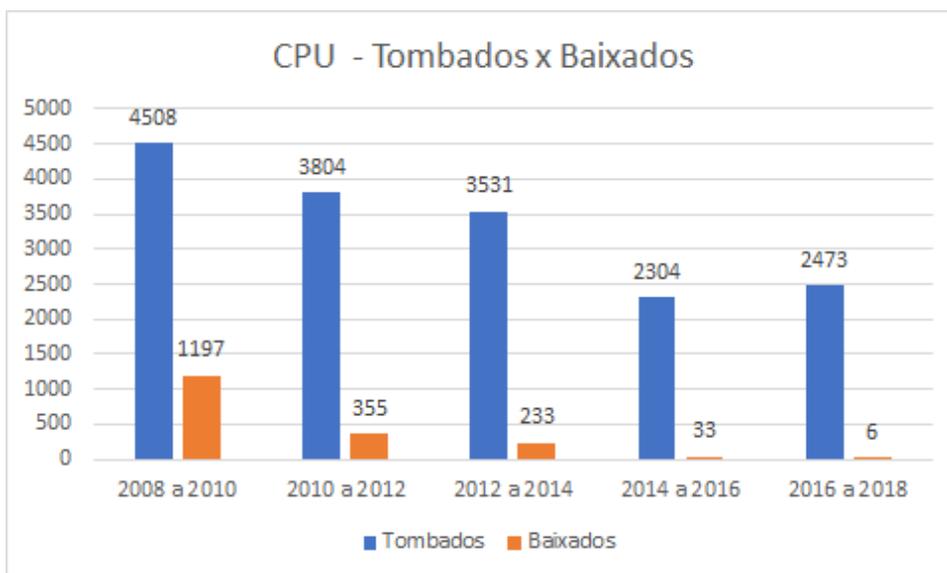
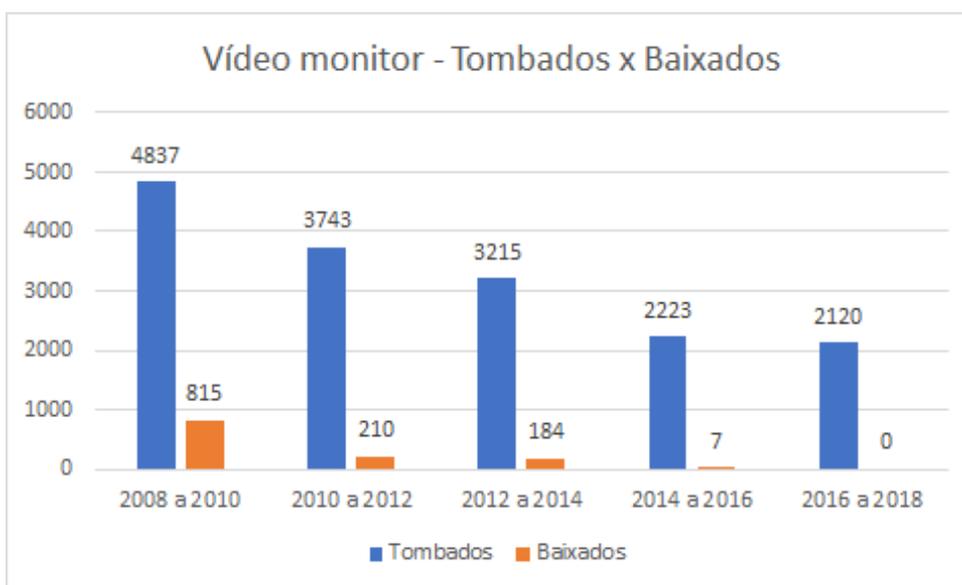


Figura 25 - Total de vídeo monitores tombados e baixados entre 2008 e 2018, por biênio. Elaborado pelo autor



Pode ser observada uma tendência à diminuição na aquisição de CPUs e vídeo monitores dentro do período tal qual os demais EEE analisados. Houve um decréscimo nas baixas ao longo do tempo, como também verificado para os demais itens.

Figura 26 - Percentual de CPUs baixadas em relação às tombadas entre 2008 e 2018, por biênio. Elaborado pelo autor.

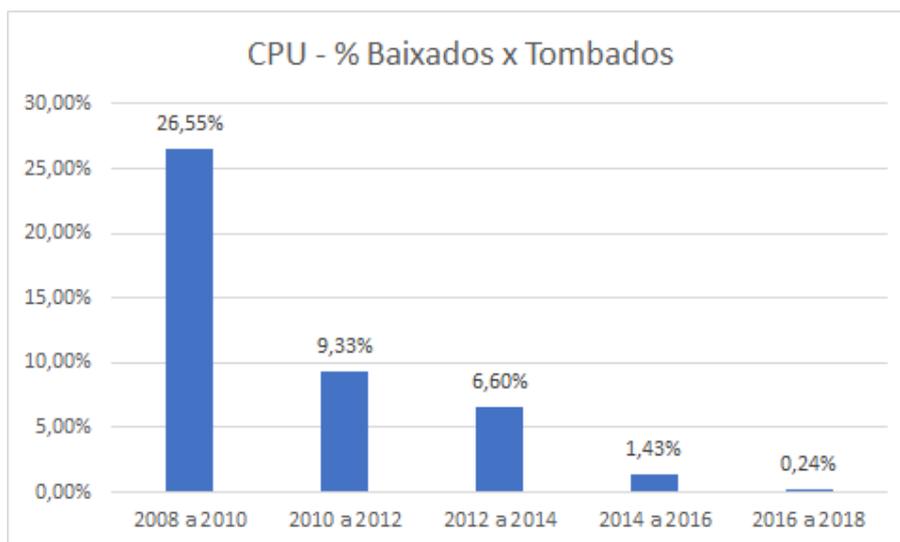
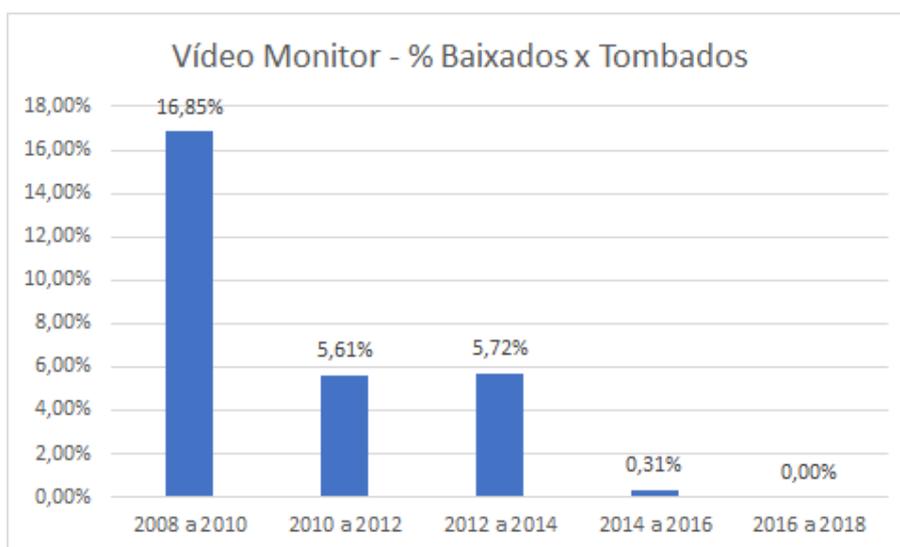


Figura 27 - Percentual de vídeo monitores baixados em relação aos tombados entre 2008 e 2018, por biênio. Elaborado pelo autor.

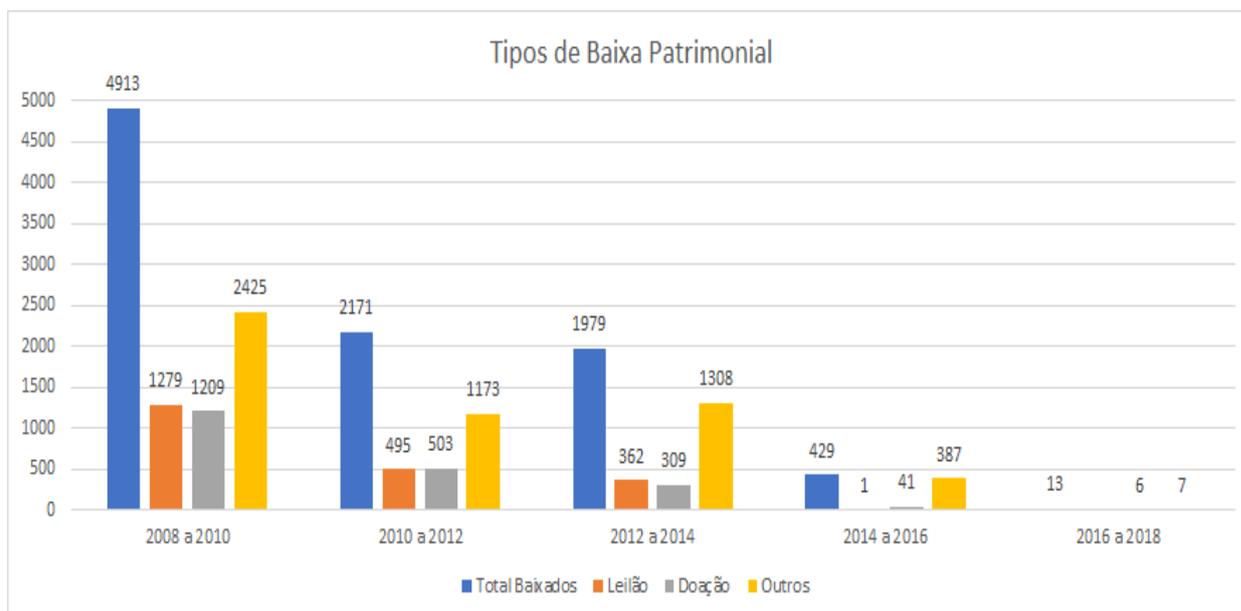


Examinando as Figuras 26 e 27, pode-se verificar que o maior percentual de baixas está no período entre 2008 e 2010, quando os EEE têm entre 9 e 11 anos. A partir de 2010-2012 a taxa diminui consideravelmente, chegando a praticamente zero no

período 2016-2018. Os dados apresentados demonstram que a maior parte das CPUs e vídeo monitores encontram-se na universidade e, teoricamente, em uso, já que o índice de aquisições também caiu neste período. Esta afirmativa poderá ser confirmada através de um inventário.

Por fim, foram obtidos nos relatórios, os tipos de baixa patrimonial os EEE baixados nos mesmos intervalos de tempo. Os resultados podem ser observados no gráfico da Figura 28.

Figura 28 - Tipos de baixa patrimonial. Elaborado pelo autor.



Foi possível, através dos relatórios, rastrear as baixas por doação e leilão. No entanto a maior parte das baixas patrimoniais não estão claramente informadas e foram classificadas com a nomenclatura outros para este estudo. Outros tipos de baixa são compostos por bens de terceiros devolvidos, bens de projetos devolvidos, mas também englobam bens que ainda podem estar na universidade (que não foram ainda leiloados ou doados).

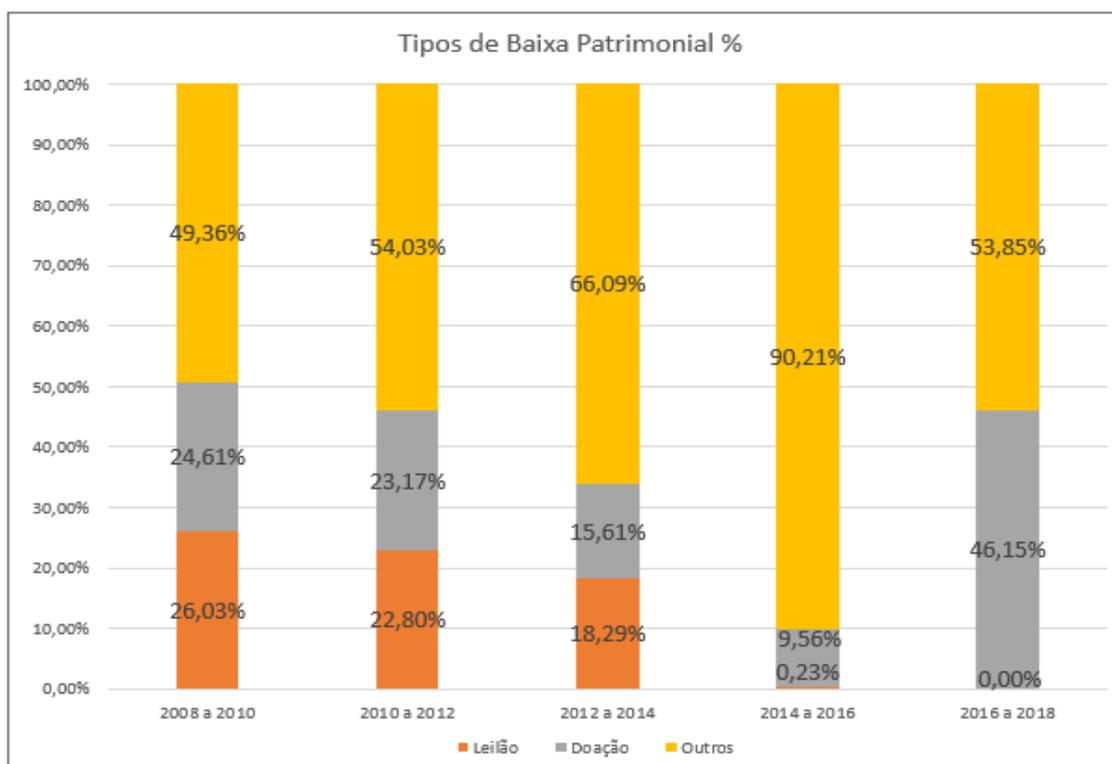
Avaliando os dados do gráfico (Figura 28) pode-se observar que as baixas por doação e leilão apresentam praticamente as mesmas quantidades. E, que a quantidade de baixas por outros tipos foi maior em todos os períodos.

Conforme dados do DEPATRI, os bens doados no período foram destinados a instituições indicadas pela Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação. Instituições como a União Sul Brasileira de Educação e Ensino, Sociedade Meridional de Educação, Instituto Nova Ágora de Cidadania e Superintendência de Serviços

Penitenciários – SUSEPE, foram contempladas com EEE para reutilização ou acondicionamento.

A representação percentual de cada tipo de baixa em relação ao total de EEE baixados, por biênio, está ilustrada na Figura 29.

Figura 29 - Representação percentual dos tipos de baixa patrimonial em relação ao total de EEE baixados, por biênio. Elaborado pelo autor.



As baixas patrimoniais por outros tipos representaram sempre maior quantidade em relação ao total de EEE baixados. As baixas por leilão e doação obtiveram índices semelhantes nos períodos compreendidos entre 2008 e 2014. Em 2014-2016 as baixas por outros tipos tiveram o maior índice, atingindo 90,21 % do total e baixas por doação foram mais altas que baixas por leilão. Já no último biênio, 2016 a 2018, não ocorreram baixas por leilão e as baixas por doação atingiram o maior percentual, quase se igualando a outros tipos de baixas.

Não foi possível identificar o destino final dos EEE caracterizados como bens de terceiros ou de projeto, bem como rastrear os demais tipos de baixa.

Observou-se uma grande dificuldade em avaliar o destino final dos REEE da UFRGS.

Avaliando a gestão dos REEE segundo o ponto de vista do PLS-2016, pode-se observar que a universidade desempenha o processo conforme os procedimentos previstos em lei. No entanto ainda não executa um gerenciamento eficaz, visto que possui EEE obsoletos, não baixados, em suas unidades, como observou-se em um pequeno levantamento realizado no LACOR.

A UFRGS não possui um plano de manutenção de EEE. Os EEE são diretamente recolhidos, sem prévia análise, logo que apresentam algum problema. Independente da possibilidade de conserto ou não, são recolhidos diretamente para o DEPATRI, o que eleva o número de equipamentos baixados. Não há informação de quantos equipamentos poderiam ser recuperados e/ou reutilizados.

Não há programação para substituição de EEE com idade avançada. Foram identificados equipamentos obsoletos e/ou com tecnologias ultrapassadas em uso na universidade.

### 5.3 POTENCIAL ECONÔMICO DOS REEE NA UFRGS

Os REEE possuem em sua composição uma vasta quantidade de materiais interessantes à reciclagem e, com um sistema de gestão adequado e segregação eficiente é possível obter lucro na venda destes componentes (127).

Com base nesta premissa, foi realizada uma análise do potencial econômico das CPUs por serem os EEE em maior quantidade na UFRGS.

Para esta parte do estudo foi considerada a quantidade total de CPUs tombadas e não baixadas, entre 2008 e 2018, um total de 14796 unidades. Não foi realizada distinção dos equipamentos por estes apresentarem idades e modelos diferentes.

Adotando o valor médio de mercado de R\$ 10,00 por REEE de CPUs inteiras, seria possível obter R\$ 147.960,00 na venda deste material para empresas recicladoras, sem necessidade de prévio tratamento (123). Não estão considerados valores de transporte ou outras despesas decorrentes do processo, apenas o valor bruto adquirido na venda.

Em uma segunda análise, avaliou-se o potencial econômico da venda de metais extraídos de placas de circuito impresso, PCIs, da mesma quantidade de CPUs. Neste caso, adotou-se a massa de 7,5 kg (124) para cada CPU e o percentual

de 10% de massa de PCIs presentes em cada unidade de computador (36). Da mesma forma, foi considerada a concentração média dos principais metais presentes nas PCIs. Em ambos os casos foram utilizadas as médias usualmente apresentadas na literatura. Foi dada a preferência por metais presentes somente em PCIs e não os demais materiais presentes nas CPU por serem de fácil acesso na literatura, mas também, por se tratar de estudos já realizados dentro da própria universidade.

Nas Tabela 13 pode-se observar a concentração média dos metais presentes em PCIs.

Tabela 13 - Concentração dos metais presentes em placas de circuito impresso. Adaptado (34).

<b>Metal</b>	<b>Massa média (%)</b>
Cu	14,00 %
Fe	6,00 %
Al	5,00 %
Ni	2,00 %
Zn	2,00 %
Sn	2,00 %
Pb	1,50 %
Ag	0,30 %
Au	0,04 %
Pd	0,02 %

A partir da Tabela 13, obteve-se a massa de cada metal, em kg, presentes em PCIs por unidade e no total de 14.796 CPUs tombadas e não baixadas na UFRGS, entre 2008 a 2018.

Tabela 14 - Massa, em kg, dos metais em CPUs da UFRGS.

<b>Metal</b>	<b>Massa por unidade de CPU (kg)</b>	<b>Massa total (kg)</b>
Cu	0,105	1.553,58
Fe	0,045	665,82
Al	0,038	554,85
Ni	0,015	221,94
Zn	0,015	221,94
Sn	0,015	221,94
Pb	0,011	166,46
Ag	0,002	33,29
Au	0,000	4,44
Pd	0,000	2,22

Baseado nas quantidades totais de metal encontradas, contruiu-se a Tabela 15 a fim de obter o valor total, em reais, na venda destes insumos para reciclagem.

Cabe salientar que as quantidades de metal apresentadas são para a representatividade de PCIs em diferentes CPUs após serem aplicadas etapas prévias de reciclagem, como separação manual, cominuição, separação eletrostática, entre outros.

Assim, utilizando-se de valores praticados no mercado brasileiro para compra destes materiais, como a cotação LME, obteve-se o potencial econômico para comercialização dos metais extraídos de PCIs do total das CPUs tombadas e não baixadas da UFRGS, entre 2008 e 2018.

Tabela 15 - Potencial econômico dos metais extraídos de PCIs do total de CPUs tombadas e não baixadas da UFRGS, entre 2008 e 2018.

<b>Metal</b>	<b>Valor unitário por kg (R\$)</b>	<b>Valor total (R\$)</b>
Cu	24,66	38.316,36
Fe	0,10	66,58
Al	7,31	4.056,99
Ni	55,27	12.266,87
Zn	9,20	2.041,17
Sn	71,38	15.841,00
Pb	8,12	1.351,70
Ag	2.343,74	78.025,45
Au	2.700,53	11.987,13
Pd	385,20	854,91
	<b>Total</b>	<b>164.808,16</b>

O valor atingido na venda dos metais previamente extraídos é 11,4 % maior em relação a venda de CPUs inteiras.

Como não foram considerados os demais materiais provenientes de outras partes das CPUs, bem como materiais residuais da reciclagem destas, é provável que os REEEs possam proporcionar um potencial econômico ainda mais atrativo do que este já apresentado.

## 6. CONCLUSÃO

Baseado nos dados obtidos, foi descrito o processo de solicitação até o desfazimento dos EEE da UFRGS. O processo inicia com a solicitação de um usuário, por meio eletrônico. Este processo passa por diversas aprovações sendo regido pela Lei 8.666. Após os trâmites de aquisição o EEE chega à universidade e um novo procedimento se inicia: o Tombamento, quando o equipamento passa a fazer parte do patrimônio da UFRGS. O Tombamento é igualmente aplicado à bens de Terceiros e bens de Projeto que, porventura, estejam em uso nas dependências da universidade como também a bens recebidos de doação por pessoa física ou jurídica. Quando o EEE apresenta qualquer falha, ou torna-se inservível ou esteja fora de uso, é solicitado o descarte, ou Desfazimento. O DEPATRI recolhe o EEE na unidade, levando para seu Depósito de Bens Inservíveis, no Campus Agronomia, quando houver espaço físico disponível, onde uma comissão o avalia. Se o EEE estiver em condições de uso, é possível efetuar a transferência para outra unidade dentro da universidade. Caso o EEE seja considerado inservível, o DEPATRI procede com a baixa patrimonial, atendendo o Decreto 9.373. Os tipos de Baixa Patrimonial são Doação, Leilão ou Inutilização. A instituição que receberá a doação deve ser indicada pela Secretaria de Tecnologia da Informação. Todo procedimento é eletrônico e registrado no SAP da universidade.

No período compreendido entre 2008 e 2018, foram tombados (adquiridos) 55.857 EEE, dos quais 9.505 sofreram baixa patrimonial. Este número representa 17 % do total de EEE tombados. Não foi possível identificar o destino final da maioria dos EEE baixados, apenas identificar os tipos de baixa por Doação e Leilão. Não foi localizada baixa por inutilização, bem como não foi possível identificar o procedimento para destinação final de bens de terceiros, bens de projeto e outros tipos de baixa.

As baixas por leilão e doação obtiveram índices muito próximos períodos compreendidos entre 2008 e 2014. No biênio 2014-2016 as baixas por outros tipos apresentaram o maior índice, atingindo 90,21 % do total. As baixas por doação foram mais altas que baixas por leilão neste período. E, no último biênio não ocorreram baixas por leilão e as baixas por doação atingiram o maior percentual, praticamente igualando-se a outros tipos de baixas.

Ainda analisando os dados, pode-se estimar a idade dos EEE da UFRGS. Na Tabela 11, constatou-se que 66,33 % dos EEE tombados e não baixados possuem uma vida útil maior que os 5 anos. Este dado somente poderá ser comprovado através de um inventário. Como também pode-se concluir que alguns itens tornaram-se obsoletos, cujos percentuais de baixa patrimonial alcançaram praticamente 100 %; caso de itens como caixas de som para multimídia, *webcams* e apresentadores de *slides*.

Outro importante dado observado, foi a grande quantidade de CPUs e vídeo monitores dentre os EEE tombados. De 55.857 EEE tombados, 16.620 são CPUs e, 16.138 vídeo monitores que, somados representam 59 % do total. São os EPD com maior número de tombamentos na UFRGS. Estes EEE apresentaram a mesma tendência, reduzindo o número de tombamentos e baixas ao longo do tempo.

Avaliando alguns pontos do PLS-2016, pode-se concluir, através dos números apresentados, que a UFRGS atingiu uma de suas metas, pois a taxa de baixas patrimoniais diminuiu ao longo do tempo. Os dados apresentados demonstram também, um provável ciclo de vida maior do que os 5 anos previstos para os EEE.

A partir dos estudos realizados, também pode-se concluir que a gestão dos EEE da universidade está diretamente ligada a legislação estadual e federal. Fato que dificulta a implantação de melhorias no processo. Sugere-se, com base nos dados apresentados, uma reavaliação nas diretrizes federais para equipamentos de informática.

Algumas alternativas poderiam ser implantadas, em âmbito local ou nacional, como a realização de parcerias público-privadas ou convênio com empresas e cooperativas que realizem o desmantelamento para venda de matéria prima de REEE. Esta sugestão vem de encontro às diretivas para LR.

Para estimular a EC poderiam ser efetuadas parcerias com os próprios fornecedores, já que estes também são responsáveis pelos REEE, segundo a PNRS.

A universidade atende a legislação a qual pertence, destinando os EEE ou REEE através de doação, caso preferencial, ou por leilão. Porém o grande número de bens baixados de terceiros, de projetos ou próprios não permite uma avaliação completa da gestão de todos os EEE tombados. E, além disso, não foi possível confirmar, somente com base nos relatórios, se os EEE não baixados encontram-se realmente em uso ou então estão depositados nas dependências da universidade. As

informações dos relatórios gerenciais do SAP não permitem avaliar o fluxo completo do processo e como pode-se observar em um registro fotográfico realizado no LACOR, alguns EEE encontram-se tombados, porém fora de uso.

Não foi observada nenhuma diretriz referente à reciclagem na UFRGS ou política para tratamento dos REEE. E, outro fator relevante, é a falta de um setor de manutenção para EEE na UFRGS. Os EEE, por muitas vezes, são leiloados em lotes compostos de equipamentos que ainda poderiam ser utilizados juntamente com sucatas.

Há de se discutir, o desmantelamento dentro da própria universidade, onde os REEE pudessem ser comercializados como matéria prima gerando maior lucro já que, pode-se comprovar que adotando um valor médio de mercado de R\$ 10,00 por REEE de CPUs inteiras seria possível obter R\$ 147.960,00 na venda para empresas recicladoras. Em contrapartida, conclui-se que, na comercialização de metais extraídos de apenas 10 % da massa da mesma quantidade de CPUs, referentes às placas de circuito impresso – PCIs, é possível obter o valor de R\$ 164.808,16, representando 11,4 % de incremento no seu potencial econômico, indicando que a reciclagem e comercialização de REEEs pode ser uma opção economicamente atrativa para a UFRGS.

## **7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

A presente pesquisa sugere a realização de uma análise criteriosa dos dados de EEE da UFRGS, verificando o ciclo de vida dos EEE, avaliando a viabilidade de implantar um setor para manutenção.

Considera-se importante que novos meios de LR sejam pesquisados e implantados; não só para eletroeletrônicos, mas para todos os produtos que permitam essa prática.

Coletar dados mais completos na UFRGS, ou sugerir melhorias nos relatórios gerenciais de EEE, indicando o destino final realmente dado a todos os equipamentos tombados.

E, por fim, estudos para gestão de REEE julgam-se necessários no que tange à administração pública, fica claro que muitos processos necessitam ser atualizados e que novas práticas, mais sustentáveis e lucrativas, podem implantadas.

## BIBLIOGRAFIA

1. **Jaiswal, Anand, et al.** Go Green with WEEE: Eco-friendly approach for handling e-waste. *Procedia Computer Science*. 23 de abril de 2015, Vol. 46, pp. 1317-1324.
2. **Natume, R. Y. e Sant'Anna, F. S. P.** Resíduos Eletroeletrônicos: Um Desafio Para o Desenvolvimento Sustentável e a Nova Lei da Política Nacional de Resíduos. *3rd International Workshop | Advances in Cleaner Production*. 18 de maio de 2011.
3. **ONU, Organização das Nações Unidas.** Nações Unidas no Brasil. *ONU no Brasil*. [Online] 01 de 10 de 2018. [Citado em: 2018 de março de 15.] <https://nacoesunidas.org/lixo-eletronico-representa-crescente-risco-ao-meio-ambiente-e-a-saude-humana-diz-relatorio-da-onu/>.
4. **Baldé, C. P., Forti, V., Gray, V., Kuehr, R., Stegmann, P.** *The Global E-waste Monitor 2017 - Quantities, Flows, and Resources*. International Telecommunication Union - ITU, United Nations University. Tokyo : s.n., 2017. 978-92-808-9054-9.
5. **Zeng, Xianlai e Jinhui, Li.** Measuring the recyclability of e-waste: an innovative method and its implications. *Journal of Cleaner Production*. 16 de setembro de 2016, Vol. 131, pp. 156-162.
6. **Larry, Liza e Mwaura, Francis.** The Variability in the Generation, Disposal and Recycling of Mobile Phone E-waste According to Social Classes in Lang'ata Area, Nairobi, Kenya. *Journal of Environment Pollution and Human Health*. 2, junho de 2016, Vol. 4, pp. 42-51.
7. **Yingjin, Lu, Jiao, Lu e Huifang, Jia.** Study on the Environmental Cost-sharing Method for Reverse. *Energy Procedia* . 30 de abril de 2011, Vol. 5, pp. 186-190.
8. **The EU Circular Economy Package: A genius programme or an old hat? Bartl, Andreas.** 29 de março de 2018, Waste Management & Research.
9. **ABRELPE, Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais.** *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018/2019*. São Paulo, Brasil : ABRELPE, setembro de 2019. ISSN2179-8303.
10. **ABRELPE, Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais..** *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2017*. São Paulo, Brasil : ABRELPE, setembro de 2018.
11. **ONU, Nações Unidas Brail.** *Mundo produzirá 120 milhões de toneladas de lixo eletrônico por ano até 2050, diz relatório*. 25 de janeiro de 2019.
12. **Kalmykova, Yuliya, Patrício, João e Rosado, Leonardo.** Out with the old, out with the new – The effect of transitions in TVs and monitors technology on consumption and WEEE generation in Sweden 1996-2014. *Waste Management*. dezembro de 2015, Vol. 46, pp. 511-522.
13. **Sepúlveda, Alejandra, et al.** A review of the environmental fate and effects of hazardous substances released from. *Environmental Impact Assessment Review*. janeiro de 2010, Vol. 30, pp. 28-41.
14. **R. Peeters, Jef, et al.** Tool Design for Electronic Product Dismantling. *Procedia CIRP* 48. 27 de julho de 2016, Vol. 48, pp. 466-471.
15. **UE, União Europeia.** *Diretiva 2011/65 / UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 8 de junho de 2011, relativa à restrição do uso de determinadas substâncias perigosas em equipamentos elétricos e eletrônicos Texto relevante para efeitos do EEE*. [prod.] EUR - Lex. s.l. : Jornal Oficial da União Europeia , 08 de junho de 2011. DIRECTIVA 2011/65/UE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO.
16. **Popescu, Maria-Loredana.** Waste electrical and electronic equipment management in Romania. Harmonizing national environmental law with the UE.

- Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 14 de maio de 2015, Vol. 188, pp. 264-269.
17. **Amado, Natália**. *Logística Reversa: solução ambiental, social e econômica*. 17 de abril de 2019, Administradores.com.
  18. **Pereira, André Luiz, et al.** *Logística Reversa e Sustentabilidade*. São Paulo, Brasil : Câmara Brasileira do Livro, 2012.
  19. **Moraga, Gustavo, et al.** Circular economy indicators: What do they measure? *Resources, Conservation & Recycling*. julho de 2019, Vol. 146, pp. 452-461.
  20. **MMA, Ministério do Meio Ambiente**. Linha do Tempo. 2018.
  21. **Juliano Nemitz Biscaino, Marcel**. *A problemática do descarte de resíduo eletrônico no setor público gaúcho*. Porto Alegre, Brasil : LUME, 2012.
  22. **UFRGS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul**. Painel de Dados. *UFRGS*. [Online] agosto de 2019. [Citado em: 28 de Agosto de 2019.] <https://www1.ufrgs.br/paineldedados/>.
  23. **UFRGS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul**. *Plano de Logística Sustentável*. Porto Alegre, Brasil : UFRGS, maio de 2016. PLS-2016.
  24. **Parliament, European**. *EU directive 2002/96/EC*. Disponível em <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32002L0096>>. 27 de janeiro de 2003.
  25. **UE, European Union**. *Waste Electrical & Electronic Equipment (WEEE)*. 04 de julho de 2012. Legislation.
  26. **APA, Agência Portuguesa do Ambiente**. *Equipamentos elétricos e eletrônicos (EEE)*. Portugal : s.n., 31 de outubro de 2019. Transição para o novo âmbito (âmbito aberto) - Passagem de 10 para as 6 categorias de equipamentos.
  27. **ABDI, Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial**. *Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos. Análise de Viabilidade Técnica e Econômica*. Brasília, Brasil : s.n., dezembro de 2013.
  28. **ABINEE, Associação Brasileira da Indústria Eletroeletrônica**. *Panorama Econômico e Desempenho Setorial*. s.l. : ABINEE, dezembro de 2019.
  29. **ABINEE, Associação Brasileira da Indústria Eletroeletrônica**. *Desempenho do Setor - Dados Preliminares atualizados em Abril/19*. s.l. : ABINEE, dezembro de 2019.
  30. **Widmer, Rolf, et al.** *Perspectivas Globais sobre o E-Lixo*. 1, São Paulo, Brasil : Senac, 8 de 05 de 2013, InterfacEHS, Vol. 8, pp. 154-187. ISSN 1980-0894.
  31. **Balde, Cornelis P., et al.** *The Global E-waste Monitor 2014: Quantities, flows and resources*. UNU - United Nations University. Tokyo & Bonn : s.n., 2014.
  32. **Hamerski, Fernando**. *Emprego de Processamento Mecânico na Concentração de Cobre a Partir de Placas de Circuito Impresso*. junho de 2018.
  33. **Veit, Hugo Marcelo**. *Reciclagem de cobre de sucatas de placas de circuito impresso*. LUME. janeiro de 2005.
  34. **Engel Gerbase, Annelise e Reis de Oliveira, Camila**. *Reciclagem do lixo de informática: uma oportunidade para a química*. 7, Porto Alegre : s.n., 23 de janeiro de 2012, Química Nova, Vol. 35, pp. 1486-1492. 0100-4042.
  35. **Veit, Hugo Marcelo**. *Geração e Destino dos Resíduos eletro-eletrônicos*. VII *Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental*. 2010.
  36. **Costa Miranda, Felipe, et al.** *Programa de Educação Tutorial. Gerenciamento de Resíduos - Uma análise econômica do potencial de reciclagem dos computadores*,

- considerando um caso na Universidade Federal Fluminense - UFF. Rio de Janeiro : s.n., 2011.*
37. **Kasper, Angela Cristina.** *Caracterização e reciclagem de materiais presentes em sucatas de telefones celulares.* Porto Alegre, Brasil : LUME, fevereiro de 2011.
  38. **Ongondo, F.O., Wilians, I.D. e Cherret, T.J.** How are WEEE doing? A global review of the management of electrical and electronic wastes. *Waste Management.* 4, 31 de abril de 2011, Vol. 31, pp. 714-730.
  39. **Brasil, Embaixada do Japão no.** Avanços foram feitos, mas há novos desafios a serem enfrentados. *Questões Ambientais.* [Online] 2012. [Citado em: 08 de Setembro de 2019.] <https://www.br.emb-japan.go.jp/cultura/ambiente.html>.
  40. **Senado Federal.** *Resíduos Sólidos - Como alguns países tratam seus resíduos.* s.l. : Em Discussão, setembro de 2014, Vol. 22.
  41. **Satoshi, S.** *Lei da Reciclagem de Eletrodomésticos no Japão.* Brasília, DF : s.n., 2013.
  42. **Yoshida, Fumikazu e Yoshida, Haruyo.** E-waste Management in Japan: a focus on Appliance Recycling. *8th International Conference on Waste Management and Technology 2013.* 2013.
  43. **Tian, Hui, et al.** *Evaluation on implementation of Chinese 'WEEE Catalog' Policy.* Beijin : s.n., 19 de dezembro de 2012, Procedia Environmental Sciences, Vol. 16, pp. 477-484.
  44. **Tong, Xin e Yan, Lin.** *From legal transplants to sustainable transition: extended producer responsibility in Chinese waste electrical and electronic equipment management.* 2, 14 de abril de 2013, Journal of Industrial Ecology, Vol. 17.
  45. **Demajorovic, Jacques, Eugênia Fernandes Augusto, Eryka e Saraiva de Souza, Maria Tereza.** *Logística Reversa de REEE em países em desenvolvimento: desafios e perspectivas para o modelo brasileiro.* 2, São Paulo, Brasil : Ambiente & Sociedade, junho de 2016, Ambiente & Sociedade, Vol. 19, pp. 117-136. 1809-4422.
  46. **Staub, C.** *Exporter response to China: 'We are changing our whole strategy.* 09 de janeiro de 2018. Resource Recycling.
  47. **Kahhat, Ramzy, et al.** *Exploring e-waste management systems in the United States.* 7, Tempe, USA : s.n., 02 de maio de 2008, Vol. 52, pp. 955-964.
  48. **Hoffmann, Adriana.** *Curso E learning Prevención, Valorización y Buen Manejo de los Residuos.* Santiago, Chile : Ministerio del Medio Ambiente, 12 de dezembro de 2016.
  49. **MMA, Ministério do Meio Ambiente.** Convenção de Basileia de 1989 sobre o controle de movimentos transfronteiriços de resíduos perigosos e sua eliminação. [Online] 2019. [Citado em: 21 de setembro de 2019.] <https://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-perigosos/convencao-de-basileia.html>.
  50. *Regional or global WEEE recycling. Where to go?* **Li, J., et al.** 4, abril de 2013, Waste Management, Vol. 33, pp. 923-934.
  51. **BRASIL.** Lei nº 12.205 Política Nacional dos Resíduos Sólidos. [Online] 02 de Agosto de 2010. [Citado em: 11 de Agosto de 2019.] [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm).
  52. **SINIR.** SINIR - Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos. *SINIR - Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos.* [Online] SINIR, dezembro de 2018. [Citado em: 11 de 8 de 2018.] <http://sinir.gov.br/web/guest/logistica-reversa>.

53. **BRASIL.** Lei nº 8.666 Lei das Licitações. [Online] 21 de Junho de 1993. [Citado em: 02 de Agosto de 2019.] [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l8666cons.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8666cons.htm).
54. **BRASIL.** Decreto nº 9.373. [Online] 11 de Maio de 2018. [Citado em: 11 de Agosto de 2019.] [http://legislacao.planalto.gov.br/legisla/legislacao.nsf/Viw\\_Identificacao/DEC%209.373-2018?OpenDocument](http://legislacao.planalto.gov.br/legisla/legislacao.nsf/Viw_Identificacao/DEC%209.373-2018?OpenDocument).
55. **Governo do Estado do Rio Grandedo Sul.** Lei 9.921. [Online] 27 de Julho de 1993. [Citado em: 10 de outubro de 2019.] [http://www.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100099.ASP?Hid\\_Tipo=TEXT0&Hid\\_Toda sNormas=14221&hTexto=&Hid\\_IDNorma=14221](http://www.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100099.ASP?Hid_Tipo=TEXT0&Hid_Toda sNormas=14221&hTexto=&Hid_IDNorma=14221).
56. **Governo do Estado do Rio Grande do Sul.** Resolução CONSEMA n. 297/2015. [Online] 23 de Julho de 2015. [Citado em: 09 de dezembro de 2018.] <https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201612/02145555-297-2015-aprova-o-plano-estadual-de-residuos-solidos.pdf>.
57. **Governo do Estado do Rio Grande do Sul.** Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Sul - PERS-RS. [Online] dezembro de 2014. [Citado em: 08 de dezembro de 2018.] <http://www.pers.rs.gov.br/>.
58. **Polat, Olcay, Capraz, Ozan e Gungora, Askiner.** Modelling of WEEE recycling operation planning under uncertainty. *Journal of Cleaner Production*. 10 de abril de 2018, Vol. 180, pp. 769-779.
59. **Willians, I.D., Ongond, F. O. e Whitlock, G.** Distinct Urban Mines: Exploiting secondary resources in unique anthropogenic spaces. *Waste Management*. 2015, Vol. 45, pp. 4-9.
60. **Shuanggui, Ye, Baoguo, Jiang e Chun, Li.** *The tentative idea of energy recovery based on "3R" principle*. Wuhan, China : s.n., 13 de dezembro de 2011, Procedia Engineering, Vol. 21, pp. 1188-1192.
61. **da Silva, Saionara, et al.** Os 5 R's da Sustentabilidade. V *Seminário de Jovens Pesquisadores em Economia e Desenvolvimento*. 09 de novembro de 2017.
62. **MMA, Ministério do Meio Ambiente.** *Agenda Ambiental da Administração Pública*. 5, Brasília, Brasil : Agenda Ambiental de Admnistração Pública, 2009.
63. **Lu, Bin, et al.** *Reusability based on Life Cycle Sustainability Assessment: case study on WEEE*. 16 de junho de 2014, Procedia CIRP, Vol. 15, pp. 473-478.
64. **Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações.** Inclusão Digital. <http://www.mctic.gov.br>. [Online] 2018. [Citado em: 11 de Agosto de 2019.] [http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/comunicacao/SETEL/inclusao\\_digital/CR Cs/CRCs.html](http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/comunicacao/SETEL/inclusao_digital/CR Cs/CRCs.html).
65. **Cole , Christine, et al.** *Towards a Zero Waste Strategy for an English Local Authority*. Leicestershire, United Kingdom : s.n., 27 de janeiro de 2014, Resources, Conservation and Recycling, Vol. 89, pp. 64-75.
66. **Bartl, Andreas.** *Moving from recycling to waste prevention: a review of barriers and enables* 15 de julho de 2014, Waste Management & Research.
67. **Dias, Pablo Ribeiro.** *Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) Management in Australia and Brazil*. Sydney : LUME, março de 2019.
68. **Filho, A. F.** *JICA 2013: Urban Development, focused on Land Readjustment Measure*. Curitiba, Brasil : Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba -, 2013.
69. **Kunrath, Jorge Luiz.** *Resíduos Eletroeletrônicos: um diagnóstico da cadeia de processamento*. Porto Alegre, Brasil : LUME, 2015.

70. **AESABESP, Associação dos Engenheiros da Sabesp.** *Definindo resíduo valioso: O problema de definir massa como unidade de medida de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos.* São Paulo, Brail : s.n., 07 de janeiro de 2019.
71. **Gonçalves Ferreira Franco, Rosana e de Vasconcelos Barros, Raphael Tobias.** Revisão das técnicas utilizadas na recuperação de metais em resíduos de placas de circuito impresso (RPCI). *VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental.* 24 de novembro de 2016.
72. **Veit, Hugo Marcelo, Cristina de Freitas Juchneski, Nichele e Scherer, Janine.** Uso de mistura gravimétrica na concentração de metais. Registro de sucatas de placas de circuito impresso. *Metalurgia e Materiais.* janeiro de 2014, Vol. 67, 1, pp. 73-79.
73. **Hoffmann, J.E.** Recovery of Precious Metals from Electronic Scrap. *Journal of Metals.* julho de 1992, Vol. 44, pp. 43-48.
74. **Silva de Carvalho Pereira, Raissa, Maria Risso Gunther, Wanda e de Miranda Ribeiro, Flávio.** *Logística reversa de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos: uma proposta de indicadores de.* São Paulo, Brasil : USP, 27 de setembro de 2018.
75. **Sangwan, Kuldip Singh.** *Key activities, decision variables and performance indicators of reverse.* 14 de novembro de 2016, Procedia CIRP, Vol. 61, pp. 257-262.
76. **Giacomelli Sobrinho, Valny.** Sustentabilidade do Berço ao túmulo: Extensão de modelos insumo-produto para RSU e RSA no varejo. *Ambiente & Sociedade.* outubro de 2013.
77. **P.R., Leite.** *Logística Reversa - Meio Ambiente e Competitividade.* 2. s.l. : Saraiva, 2009.
78. **Richard C., Li e Tarin Jenelle C., Tee.** *A Reverse Logistics Model For Recovery Options Of Ewaste Considering the Integration of the Formal and.* Manila, Philippines : s.n., 2012, Procedia, pp. 788 – 816.
79. **Cole, Christine, et al.** Uma avaliação das realizações da Diretiva WEEE na promoção do movimento na hierarquia de resíduos: experiências no Reino Unido. *Waste Management.* 2019.
80. **Foundation, Ellen MacArthur.** *Rumo a Economia Circular: O racional de negócio para acelerar a transição.* Copenhague : s.n., 2016.
81. **UE, União Europeia.** *Relatório final de implementação para Diretivas 2002/96 / CE e 2012/19 / UE sobre resíduos elétricos.* Comissão Europeia. Reino Unido : s.n., 2018.
82. **L.T. Hegger, Dries e Börner, Laura.** *Toward design principles for sound e-waste governance: A research approach illustrated with the case of the Netherlands.* Utrecht : s.n., julho de 2018, Resources, Conservation and Recycling, Vol. 134, pp. 271-281.
83. **J.C., Afonso.** *Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos: O Antropoceno bate à nossa porta.* s.l. : 6, 2018, Revista Virtual de Química, Vol. 11.
84. **Foundation, Ellen MacArthur.** *Economia Circular.* Ellen MacArthur Foundation. [Online] 2017. [Citado em: 07 de novembro de 2019.] <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/>.
85. **PHILIPS.** *Economia Circular.* PHILIPS. [Online] 2019. [Citado em: 11 de Novembro de 2019.] <https://www.philips.com/>.

86. **Cole, Christine, et al.** *Enhancing Reuse and Resource Recovery of Electrical and Electronic Equipment with Reverse Logistics to Meet Carbon Reduction Targets*. Nottingham : s.n., abril de 2018, Procedia CIRP, Vol. 69, pp. 980-985.
87. **Kiddee, P., Naidu, R. e Wong, M.H.** *Electronic waste management approaches: An overview*. 5, maio de 2013, Waste Management, Vol. 33, pp. 1237-1250.
88. **StEP, Solving the E-waste Problem.** *Iniciativa StEP*. [Online] 2019. [Citado em: 10 de Setembro de 2019.] <http://www.step-initiative.org/index.html>.
89. **André dos Santos, Diogo.** *Gestão de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos*. Vila Real, Portugal : Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 2014.
90. **Catalunya, ACS Recycling Electrònics de.** ACS Recycling Electrònics de Catalunya. [Online] 2018. [Citado em: 11 de Setembro de 2019.] <https://www.linkedin.com/company/acs-recycling-electronics-de-catalunya>.
91. **Schluep, Mathias, Müller, Esther e Rochat, David.** *e-Waste Assessment Methodology Training & Reference Manual*. 26 de julho de 2012, SRI - Sustainable Recycling industries.
92. **Eletron, GREEN.** Logística Reversa. <https://green.care-br.com/site/index.php>. [Online] 2019. [Citado em: 11 de Setembro de 2019.] <https://green.care-br.com/site/index.php>.
93. **Politize.** Iniciativas populares na gestão de resíduos. [www.politize.com.br](http://www.politize.com.br). [Online] 04 de Setembro de 2019. [Citado em: 29 de Novembro de 2019.] <https://www.politize.com.br/gestao-de-residuos/>.
94. **B2Blue.com.** Plataforma Digital. [www.b2blue.com](http://www.b2blue.com). [Online] 2019. [Citado em: 30 de Novembro de 2019.] <https://www.b2blue.com/landing/#sobre>.
95. **Governo do Estado do Rio Grande do Sul.** *Decreto 53.307 - Programa SUSTENTARE, que trata da destinação e do descarte de ativos eletroeletrônicos de órgãos e de entidades do Estado do Rio Grande do Sul*. s.l. : Assembléia Legislativa, 2016.
96. **PROCERGS - Companhia de Processamento de Dados do Estado do Rio Grande do Sul.** PROCERGS - Quem somos. *ompanhia de Processamento de Dados do Estado do Rio Grande do Sul - PROCERGS*. [Online] 2019. [Citado em: 08 de Setembro de 2019.] <https://www.procergs.rs.gov.br/quem-somos>.
97. **Governo do Estado do Rio Grande do Sul.** Programa Sustentare. [Online] 31 de Maio de 2019. [Citado em: 08 de Setembro de 2019.] <https://sustentare.rs.gov.br/sustentare-realiza-a-entrega-de-mais-cinco-microcomputadores-os-equipamentos-foram-entregues-ao-hospital-de-viamao>.
98. **UFRGS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.** UFRGS - Organograma e Estrutura. [www.ufrgs.br](http://www.ufrgs.br). [Online] 2019. [Citado em: 18 de Agosto de 2019.] <http://www.ufrgs.br/ufrgs/a-ufrgs/organograma>.
99. **UFRGS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.** RAAI 2016 RELATÓRIO DE AUTOAVALIAÇÃO INSTITUCIONAL DA UFRGS. [www.ufrgs.br](http://www.ufrgs.br). [Online] 2017. [Citado em: 14 de outubro de 2019.] <http://www.ufrgs.br/sai/relatorios-de-autoavaliacao-institucional/relatorios-de-autoavaliacao>.
100. **BRASIL.** *Lei nº 8.248*. 23 de Outubro de 1991.
101. **UFRGS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.** Desfazimento de Bens de Informática. *Portal de Compras*. [Online] 2018. [Citado em: 09 de Novembro de 2019.] <https://www.comprasgovernamentais.gov.br/index.php/desfazimento-de-bens>.

102. **Ministério da Economia, Receita Federal.** Receita Federal. [Online] 2019. [Citado em: 05 de Agosto de 2019.] <http://receita.economia.gov.br/sobre/licitacoes-e-contratos>.
103. **BRASIL.** Ministério da Economia. *SEI - Sistema Eletrônico de Informações.* [Online] junho de 2019. [Citado em: 17 de outubro de 2019.] <http://www.fazenda.gov.br/sei>.
104. **UFRGS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.** PROPLAN. *Orientações para abertura de processo licitatório.* [Online] 2019. [Citado em: 15 de Novembro de 2019.] <https://www.ufrgs.br/proplan/wp-content/uploads/2017/08/Orienta%C3%A7%C3%B5es-para-abertura-de-Processo-Licitat%C3%B3rio-no-SEI.pdf>.
105. **UFRGS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.** Sistema de Patrimônio (SAP) - UFRGS. *www.ufrgs.br.* [Online] 2019. [Citado em: 23 de setembro de 2019.] <https://www.google.com/search?q=SAP+UFRGS&oq=SAP+UFRGS&aqs=chrome..69i57j69i60.2654j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8>.
106. **UFRGS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.** UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. *licitação de Tombamento Externo de Bens.* [Online] 07 de setembro de 2019. [Citado em: 28 de agosto de 2019.] <https://www.ufrgs.br/proplan/catalogo-de-servicos-comunidade-ufrgs/patrimonio/solicitacao-de-tombamento-externo-de-bens/>.
107. **UFRGS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.** Tombamento Interno. *www.ufrgs.br.* [Online] Setembro de 2019. [Citado em: 07 de novembro de 2019.] <https://www.ufrgs.br/proplan/wp-content/uploads/2017/12/modelo-passo-a-passo-TOMBAMENTO-INTERNO.pdf>.
108. **UFRGS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.** Gestão e Rotinas Patrimoniais. [Online] 2017. [Citado em: 18 de Agosto de 2019.] <https://www.ufrgs.br/proplan/wp-content/uploads/2017/12/Orienta%C3%A7%C3%B5es-aos-Agentes-Patrimoniais-Gest%C3%A3o-e-Rotinas-Patrimoniais.pdf>.
109. **Frantz dos Santos, Carlos Alberto, Machado do Nascimento, Luis Felipe e Muliing Neutzling, Daiane.** *A Gestão dos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) e as Consequências para a Sustentabilidade: As Práticas de Descarte dos Usuários Organizacionais.* 1, Porto Alegre, Brasil : s.n., janeiro de 2014, Revista Capital Científico, Vol. 12.
110. **UFRGS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.** Jornal da Universidade. [Online] 2019. [Citado em: 25 de Novembro de 2019.] <https://www.ufrgs.br/jornal/entradas-e-saidas/>.
111. **SUINFRA - Superintendência de Infraestrutura.** *SUINFRA.* s.l. : UFRGS, 2019.
112. **UFRGS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.** Informações Contábeis 2017. *UFRGS.* [Online] 24 de Janeiro de 2018. [Citado em: 20 de Janeiro de 2020.] [http://www.ufrgs.br/ufrgs/arquivos/demonstrativos-contabeis/copy\\_of\\_InformaesContbeis2017.pdf](http://www.ufrgs.br/ufrgs/arquivos/demonstrativos-contabeis/copy_of_InformaesContbeis2017.pdf).
113. **UFRGS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.** Redistribuição de Bens. [Online] 07 de Setembro de 2019. [Citado em: 18 de janeiro de 2020.] <https://www.ufrgs.br/proplan/wp-content/uploads/2017/12/modelo-passo-a-passo-REDISTRIBUI%C3%87AO-DE-BENS.pdf>.
114. **Passos da Conceição, Élton e Enio Pierog, Adilson.** Curso de Gestão de Resíduos no Ambiente Laboral e Doméstico. *www.ufrgs.br.* [Online] 2019. [Citado

- em: 2019 de novembro de 02.]  
<http://www.ufrgs.br/icta/farmacia/comissoes/cosat/curso-de-gestao-de-residuos-no-ambiente-laboral-e-domestico>.
115. **CEA, Centro de Educação Ambiental.** Centro de Educação Ambiental - CEA. CTVP. [Online] 2019. [Citado em: 11 de Setembro de 2019.] <http://www.ceavilapinto.org/ctvp>.
  116. **PUCRS, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.** PUCRS. [Online] 2019. [Citado em: 27 de Agosto de 2019.] <http://www.pucrs.br/ima/comite-de-gestao-ambiental/eixos/eixo-efluentes-emissoes-e-residuos/>.
  117. **Brasil, ULBRA - Univrsidade Luterana do.** Descarte consciente de resíduos eletrônicos. *Sala de Imprensa.* [Online] 16 de junho de 2015. [Citado em: 20 de 10 de 2019.] <https://www.ulbra.br/canoas/imprensa/noticia/19203/descarte-consciente-de-residuos-eletronicos>.
  118. **Panizzon, Tiago, Antônio Reichert, Geraldo e Elisabete Schneider, Vânia** *Avaliação da geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEEs) em uma universidade particular.*. 4, julho de 2017, Eng Sanit Ambient, Vol. 22, pp. 625-635.
  119. **Sadalla, Beatriz de Aragão.** *Destinação de Resíduos Eletroeletrônicos em Instituições de Ensino Superior do Estado de São Paulo: Práticas adotadas na USP, UNICAMP e UFSCAR.* Campinas, Brasil: Biblioteca do Instituto de Geociências, 29 de agosto de 2019.
  120. **UNIFESP, Universidade Federal de São Paulo.** Plano de Logística Sustentável 2019. [Online] 2019. [Citado em: 26 de Novembro de 2019.] [http://www.unifesp.br/reitoria/dga/images/PLS/Documentos/PLS-UNIFESP%202019\\_v1.2.pdf](http://www.unifesp.br/reitoria/dga/images/PLS/Documentos/PLS-UNIFESP%202019_v1.2.pdf).
  121. **Marcel Carneval de Oliveira, Bruno e Giovanetti El-Deir, Soraya.** *Gestão do Lixo Eletrônico na Universidade Federal Rural de Pernambuco.* 2011, II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental .
  122. **Barreto, Carlos Alberto Alves, França, Domingos Sávio de e Oliveira, Janeide Ferreira Alencar de.** *Abordagem da rastreabilidade no sistema de logística Reversa para os REEE de Computadores na UFPER* *Resumo Palavras-*. 1, 10 de março de 2015, Revista de Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, Vol. 10, pp. 15-22.
  123. **ECO ELETRO.** ECO ELETRO - Comércio de Sucata Eletrônica. [Online] 29 de março de 2020. [Citado em: 29 de março de 2020.] <http://ecoeletrofase2.com.br/ecoeletro2/comercio-de-sucata-eletronica/>.
  124. **Casa Print.** PC COMPUTADOR DESKTOP HP COMPAQ PRO 6305 SMALL FORM FACTOR AMD. [Online] março de 2020. [Citado em: 29 de março de 2020.] [https://www.lojacasaprint.com.br/loja/busca.php?loja=27440&pg\\_avancada=1&no\\_results=1&query=HP+COMPAQ+PRO+6305+SMALL+FORM+FACTOR&v=3](https://www.lojacasaprint.com.br/loja/busca.php?loja=27440&pg_avancada=1&no_results=1&query=HP+COMPAQ+PRO+6305+SMALL+FORM+FACTOR&v=3).
  125. **MAXILIGAS.** MAXILIGAS. *COTAÇÃO LME – LONDON METAL EXCHANGE.* [Online] março de 2020. [Citado em: 29 de março de 2020.] <https://maxiligas.com.br/cotacao-lme-london-metal-exchange/>.
  126. **UFRGS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.** Recolhimento de Bens Inservíveis. [Online] 2019. [Citado em: 11 de Novembro de 2019.] <https://www.ufrgs.br/proplan/catalogo-de-servicos-comunidade-ufrgs/patrimonio/recolhimento-de-bens-inserviveis/>.

127. **Webber dos Santos, Jeferson.** Caracterização e separação dos materiais presentes em cartuchos de toner pós consumo avaliando o potencial econômico para reciclagem. *LUME*. 2019.