

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO

Eveline Araujo Rodrigues

GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS
ELETROELETRÔNICOS (REEEs) EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO
SUPERIOR (IESs)

Porto Alegre

2019

Eveline Araujo Rodrigues

Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEEs) em Instituições de Ensino Superior (IESs)

Dissertação submetida ao Programa de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, modalidade Profissional, na área de concentração em Sistemas de Qualidade.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ângela de Moura Ferreira Danilevicz

Porto Alegre

2019

Eveline Araujo Rodrigues

Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEEs) em Instituições de Ensino Superior (IESs)

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção na modalidade Profissional e aprovada em sua forma final pelos Orientadores e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof^ª. Dr^ª. Ângela de Moura Ferreira Danilevicz

Orientadora PPGE/UFGRS

Prof^ª. Christine Tessele Nodari

Coordenadora PMPEP/UFGRS

Banca Examinadora:

Prof.^a Istefani Carísio de Paula, Dr.^a (PPGE/UFGRS)

Prof.^a Jaqueline Teresinha Martins Corrêa Rodrigues, Dr.^a (IFRS – Canoas)

Prof. Renato Perez Ribas, Dr. (PPGC/UFGRS)

*Dedico esta conquista à minha família pelo
apoio incondicional em toda minha trajetória*

AGRADECIMENTOS

À minha família que, apesar da distância, segue sendo o meu porto seguro. Em especial, aos meus pais, Estácio e Sirlei, pelo amor, dedicação e por não medirem esforços em investir na minha educação.

À minha irmã ‘predileta’ Daniela e o meu cunhado Samuel, por todo carinho e incentivo de sempre.

Às minhas sobrinhas e afilhadas, Isabella e Rafaella, por preencherem a minha vida com um sentimento lindo e puro que só as crianças são capazes de proporcionar.

À minha vó, Olga, por sua imensa generosidade comigo e com todos da família.

Ao amor da minha vida, Diego Devincenzi, por ser a melhor e mais linda companhia nos meus dias e por participar ativamente desta caminhada.

À minha colega de mestrado e amiga, Camila Machado, por ter se tornado o meu braço direito nesta jornada e a maior motivadora nos momentos mais complicados.

Aos meus colegas/amigos do Departamento de Meio Ambiente e Licenciamento (DMALIC) e da Prefeitura Universitária Campus Centro da UFRGS pelo carinho e incentivo. Não vou citar nomes porque são muitos e todos contribuíram de alguma forma para esta conquista.

À minha orientadora maravilhosa, Ângela Danilevicz, por compartilhar seu conhecimento e proporcionar ensinamentos que vão além das orientações. Exemplo de força e determinação que vou levar para a vida.

Aos colegas do Departamento de Patrimônio e Almoxarifado Central (DEPATRI), do Centro de Processamento de Dados e do Setor de Suporte da Engenharia de Produção da UFRGS por todas as contribuições.

Aos entrevistados representantes das seguintes Instituições de Ensino: SENAC-RS, UFPEL, UFSM, UNISINOS, UFCSPA e USP pela disponibilidade e participação.

Agradeço, por fim, aos professores da Banca, pela dedicação de tempo e contribuições.

RESUMO

Em razão da variedade e complexidade de suas atividades, as Instituições de Ensino Superior têm potencial de gerar impactos socioambientais tão expressivos quanto pequenas cidades, tanto no local quanto no entorno onde estão inseridas. Entre os principais impactos ambientais negativos, estão aqueles relacionados à geração de resíduos sólidos. Nessa esfera, destacam-se resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, como consequência, principalmente, do uso de equipamentos de TI e comunicação, que permeia fortemente as atividades meio e fim dessas Instituições. A ampla geração desse tipo de resíduo, bem como a sua complexa composição por diferentes materiais e substâncias, evidencia a necessidade de uma gestão sistêmica. Por outro lado, os diferentes fluxos e processos, dentro das Instituições de Ensino Superior compostas por uma estrutura fragmentada em inúmeros setores, departamentos, entre outros, dificultam essa gestão. Nesse sentido, a presente pesquisa objetiva a estruturação de um modelo de gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos para Instituições de Ensino Superior. Para alcançar esse objetivo, foi realizada uma revisão sistemática de literatura com vistas a avaliar estudos sobre sistemas e iniciativas de gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos em Instituições de Ensino Superior do Brasil e de outros países. A partir dessa revisão foi possível definir um conjunto de etapas e atividades relevantes para compor um modelo de gerenciamento. Na sequência, o modelo proposto foi avaliado por especialistas de diferentes Instituições, resultando em um modelo mais robusto e viável para as Instituições de Ensino Superior. De forma complementar, foi conduzida uma aplicação prática do modelo em uma Instituição Pública de Ensino Superior por meio de uma análise comparativa entre o processo de gerenciamento dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos dessa Instituição e o proposto no modelo. Essa análise resultou em um diagnóstico que permitiu o desenvolvimento de um plano de ação para complementação das etapas identificadas como 'parcialmente existentes' e para implantação das etapas 'inexistentes' na Instituição. Para tal, foi utilizada a ferramenta de gestão 5W2H. Entre as contribuições desta pesquisa, focada na mitigação de impactos negativos decorrentes da geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, destacam-se: (i) a explicitação dos processos de gerenciamento dos equipamentos e seus resíduos dentro das Instituições de Ensino Superior; (ii) a sistematização de um processo de gerenciamento por meio de etapas e atividades, com vistas a gestão efetiva dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos; (iii) a contribuição positiva para o desenvolvimento sustentável das Instituições; (iv) o atendimento da legislação relativa a gestão de resíduos sólidos; e (v) o alinhamento com os preceitos contemporâneos da economia circular.

Palavras-chave: Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEEs), Equipamentos de TI e comunicação, Instituições de Ensino Superior (IESs).

ABSTRACT

Higher Education Institutions are considered having very complex activities. These activities can generate social-environmental like as small cities. Among the significant negative environmental effects are those related to the generation of solid waste. In this sphere, the highlights are the electrical and electronic equipment waste, as a consequence, mainly, of the use of Information Technology equipment and communication, which strongly permeates the activities of these Institutions. The whole generation of this type of waste, as well as its complex composition by different materials and substances, evidences the need for systematic management. On the other hand, the different flows and processes, within the Higher Education Institutions' structure, make this management very difficult. In this sense, the present research aims to propose an electrical and electronic equipment waste management model for Higher Education Institutions, focusing on the mitigation of the negative impacts of it. This goal was divided into two specific objectives. The first one included a systematic literature review of electrical and electronic equipment waste management initiatives in Brazilians' Higher Education Institutions and other countries. The second one was the evaluation of the model using a practical application at a Higher Education Institution to evaluate its efficacy. From the literature review, it was possible to define a set of relevant steps and activities to compose the waste management model. Following that, the waste management model was evaluated by specialists from different institutions, resulting in a more robust and feasible model for Higher Education Institutions. In a complementary way, a practical application of the model in a Public Higher Education Institution was conducted. It compared the Institution's existing practices related to electrical and electronic equipment waste management and the proposed ones. This analysis resulted in a diagnosis that allowed the development of an action plan. This plan considered which model stages of the model were 'partially existing,' 'non-existing,' and 'full existing' in the Institution. For this, the 5W2H management tool was used. Among the contributions of this research is possible to highlight: (i) the clarification of the waste management processes related to electrical and electronic equipment; (ii) the systematization of a waste management process through stages and activities, with a view to the effective management of electrical and electronic equipment waste; (iii) the positive contribution to the Institutions' sustainable development; (iv) the compliance with legislation on solid waste management; and (v) the alignment with the circular economy contemporary fundamentals.

Keywords: Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE), IT and communication equipment, Higher Education Institutions (HEIs).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura do trabalho.....	21
Figura 2 – Percentual de existência das etapas nos 23 estudos analisados.....	44
Figura 3 – Modelo de gerenciamento de REEEs proposto para IESs.....	52
Figura 4 – Representação exemplificada da composição dos REEEs.....	74
Figura 5 – Representação gráfica dos termos frequentemente citados nas entrevistas.....	80
Figura 6 – Classificação dos itens na solicitação de coleta.....	83
Figura 7 – Modelo definitivo de gerenciamento de REEEs para IESs.....	86
Figura 8 – Centro de Recondicionamento de Computadores (CRC).....	94

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Estrutura da Revisão Sistemática de Literatura (RSL).....	31
Quadro 2 – Categorias de REEEs segundo a Diretiva Europeia 2012/19/EU.....	32
Quadro 3 – Características dos artigos selecionados.....	34
Quadro 4 – Análise de dados dos 23 estudos identificados na RSL.....	45
Quadro 5 – Representação do método de pesquisa.....	77
Quadro 6 – Dados dos especialistas entrevistados.....	79
Quadro 7 – Resumo de atividades propostas para cada etapa do modelo de gerenciamento de REEEs.....	87
Quadro 8 – Requisitos previstos para a etapa de aquisição sustentável.....	88
Quadro 9 – Diagnóstico do processo de gerenciamento de REEEs na UFRGS.....	89
Quadro 10 – Requisitos ambientais adotados nas contratações da UFRGS.....	91

LISTA DE SIGLAS

A3P – Agenda Ambiental na Administração Pública

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CEDIR – Centro de Descarte e Reuso de Resíduos de Informática

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CRC – Centro de Recondicionamento de Computadores

EEE – Equipamento Eletroeletrônico

FATEC ZL – Faculdade de Tecnologia da Zona Leste

IES – Instituição de Ensino Superior

IFCE – Instituto Federal do Ceará

LR – Logística Reversa

ONG – Organização Não Governamental

PEV – Pontos de Entrega Voluntária

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

PSA – Prestadora de Serviço Ambiental

REEE – Resíduo de Equipamento Eletroeletrônico

RoHS – *Restriction of Hazardous Substances*

RSL – Revisão Sistemática de Literatura

SENACRS – Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial do Rio Grande do Sul

TI – Tecnologia da Informação

UCS – Universidade de Caxias do Sul

UEM – Universidade Estadual de Maringá

UERN – Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

UFBA – Universidade Federal da Bahia

UFCSPA – Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre

UFES – Universidade Federal do Espírito Santo

UFPE – Universidade Federal de Pernambuco

UFPEL – Universidade Federal de Pelotas

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UFSM – Universidade Federal de Santa Maria

UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas

UNIFEI – Universidade Federal de Itajubá

UNISINOS – Universidade do Vale do Rio dos Sinos

USP – Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1 Tema e Justificativa do Tema.....	15
1.2 Objetivos da Pesquisa.....	18
1.3 Procedimentos Metodológicos.....	18
1.4 Delimitações.....	19
1.5 Estrutura do Trabalho.....	20
Referências.....	22
2. ARTIGO 1: PROPOSIÇÃO DE UM MODELO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS PARA INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR.....	26
2.1 Introdução.....	27
2.2 Procedimentos Metodológicos.....	29
2.2.1 Classificação da Pesquisa.....	29
2.2.2 Método de Pesquisa.....	30
2.3 Resultados da Revisão Sistemática de Literatura (RSL).....	30
2.3.1 Classificação de REEE em IES.....	30
2.3.2 Caracterização dos Artigos da RSL.....	32
2.3.3 Sistemas e Iniciativas de Gerenciamento de REEEs em IESs.....	33
2.3.3.1 Sistemas e Iniciativas de Gerenciamento de REEEs em IESs Brasileiras.....	33
2.3.3.2 Sistemas e Iniciativas de Gerenciamento de REEEs em IESs de Outros Países.....	41
2.4 Análise dos Sistemas e Iniciativas de Gerenciamento de REEEs em IESs.....	44
2.5 Proposta de um Modelo de Gerenciamento de REEEs para IESs.....	51
2.6 Considerações sobre o Modelo de Gerenciamento de REEEs Proposto.....	60
2.7 Conclusão.....	61
Referências.....	63
3. ARTIGO 2: IMPLANTAÇÃO DE UM MODELO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR.....	69
3.1 Introdução.....	70
3.2 Gestão Integrada de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos.....	72
3.2.1 Definição, Classificação e Caracterização dos REEEs.....	72
3.2.2 Gerenciamento de REEEs e Legislação Aplicável.....	74

3.3 Procedimentos Metodológicos.....	76
3.3.1 Cenário de Pesquisa.....	76
3.3.2 Classificação da Pesquisa.....	77
3.3.3 Método de Pesquisa.....	77
3.3.3.1 Avaliação e Adequação de um Modelo de Gerenciamento de REEEs.....	78
3.3.3.2 Aplicação do Modelo Proposto em uma IES Pública.....	78
3.3.3.3 Elaboração de um Plano de Ação para Implantação do Modelo Proposto.....	79
3.4 Resultados e Discussões.....	79
3.4.1 Proposta de Modelo de Gerenciamento de REEEs para IESs.....	79
3.4.2 Diagnóstico do Processo de Gerenciamento de REEEs na UFRGS.....	88
3.4.3 Plano de Ação para Implantação do Modelo de Gerenciamento de REEEs na UFRGS.....	94
3.5 Conclusão.....	99
Referências.....	101
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	109
Referências.....	112
APÊNDICE A – Carta-convite para participação na pesquisa.....	122
APÊNDICE B – Roteiro de entrevistas utilizado com os especialistas.....	124
APÊNDICE C – Roteiro de entrevistas utilizado com os <i>stakeholders</i> internos.....	126

1 INTRODUÇÃO

A geração de impactos ambientais por diferentes setores da sociedade está diretamente associada ao tipo de atividade antropogênica realizada. Entre essas atividades estão àquelas desenvolvidas pelo setor da educação, a exemplo das Instituições de Ensino Superior (IESs). Nas IESs são desempenhadas atividades de ensino, pesquisa, extensão, bem como atividades administrativas e de infraestrutura. Nesse contexto, as IESs são equiparadas a cidades de pequeno porte, tendo em vista a quantidade e diversidade de atividades e seus impactos decorrentes (FROIO et al., 2016; ALVES, 2017; PACHECO et al., 2018). Entre os potenciais impactos, estão aqueles relacionados à geração de resíduos sólidos, os quais representam um constante desafio de gestão para a maioria das IESs (GALLARDO et al., 2016).

Devido a sua expressiva geração e complexa composição, os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEEs) estão entre os principais resíduos sólidos gerados nas IESs. A geração expressiva de REEEs pode ser justificada pelo avanço tecnológico, inclusive na área da educação, aliado a redução do ciclo de vida desses equipamentos (AZEVEDO, 2017). De acordo com o estudo de Panizzon et al. (2017), as IESs podem gerar REEEs de todas as categorias previstas na Diretiva nº 19 de 2012 da Comunidade Europeia (PARLAMENTO EUROPEU, 2012), com destaque para os equipamentos de Tecnologia da Informação (TI) e comunicação. Ainda de acordo com Panizzon et al. (2017), a origem de geração dos REEEs nas IESs também é variada, sendo que os setores administrativos e as salas de informática contribuem de forma mais significativa para essa geração.

Em relação à caracterização, os REEEs são constituídos por uma ampla composição de materiais, incluindo metais pesados com potenciais riscos de contaminação, bem como materiais recicláveis e metais nobres, os quais apresentam alto valor agregado (PEREIRA et al., 2017; DIAS et al., 2018). Assim, se por um lado o descarte irregular e o processamento inapropriado geram, por consequência, impactos negativos ao meio ambiente e à saúde humana; por outro, a gestão adequada pode ser considerada um dos fatores determinantes para a promoção da sustentabilidade, possibilitando impactos positivos à economia, à sociedade e ao meio ambiente.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) brasileira, instituída pela Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010, define gestão integrada de resíduos sólidos como um conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2010). A complexidade dos REEEs em relação as

suas características e impactos decorrentes potencializa a necessidade dessa gestão, uma vez que possibilita a minimização de impactos negativos e estimula o retorno de benefícios socioambientais e econômicos (NETO et al., 2017). No entanto, segundo Rodrigues et al. (2018), as iniciativas de sustentabilidade em IESs relacionadas a gestão de resíduos especiais, como os REEEs, são frequentemente apresentadas como práticas isoladas ou estratégias institucionais com algum grau de dificuldade na sua implantação.

Por outro lado, pelo fato de exercerem atividades potencialmente poluidoras e passíveis de licenciamento ambiental, as IESs têm o dever de atender uma série de obrigações referentes à legislação ambiental. No Brasil, a PNRS determina aos grandes geradores, como as IESs, a elaboração e implantação de Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRSs), os quais devem contemplar todas as etapas de gerenciamento dos diferentes tipos de resíduos gerados na instituição. Para que essa obrigação se torne um exemplo de gestão para a sociedade à qual a instituição está inserida é importante que os princípios e práticas de sustentabilidade sejam incorporados à IES (RODRIGUES et al., 2018). Em consonância com essa afirmação, Freire e Bortoleto (2018) ressaltam que as instituições de ensino são consideradas fundamentais para o desenvolvimento de soluções inovadoras, tanto para os seus problemas quanto para os da sociedade, não apenas pesquisando, mas também criando novas políticas de gestão.

Assim sendo, entende-se que a elaboração e implantação de um modelo de gerenciamento de REEEs, composto por um conjunto de procedimentos técnico e operacional, pode ser definida como uma ação estratégica na gestão integrada de resíduos sólidos das IESs. Essa alternativa é interessante para qualquer IES, seja ela de direito público ou privado, desde que considerada as suas especificidades. A principal particularidade das IESs públicas brasileiras em relação às privadas reside no modo de efetuar compras e de contratar serviços, os quais devem estar em conformidade com a legislação que institui normas para licitações e contratos da administração pública – Lei 8.666 de 21 de junho de 1993 (BRASIL, 1993). Além disso, quanto à destinação final de REEEs, as IESs públicas devem atender, além da legislação ambiental, o Decreto 9.373, de 11 de maio de 2018, o qual dispõe sobre a alienação, a cessão, a transferência, a destinação e a disposição final ambientalmente adequada de bens móveis no âmbito da administração pública federal direta, autárquica e fundacional (BRASIL, 2018).

1.1 Tema e Justificativa do Tema

Considerando os avanços da sociedade contemporânea em virtude da tecnologia, verifica-se o incremento do uso de equipamentos eletroeletrônicos, principalmente, aqueles relacionados à tecnologia da informação e comunicação. De acordo com Schroeder et al. (2015), esses

produtos são os principais facilitadores das mais diversas atividades cotidianas, sendo que no aspecto profissional possibilitam o compartilhamento de informações, a viabilidade e agilidade de processos, a redução de custos com deslocamentos, entre outros benefícios. Por outro lado, o avanço tecnológico aliado à redução do ciclo de vida desses equipamentos, tem como consequência a geração expressiva de REEEs. De acordo com Rodrigues (2016), a substituição de equipamentos eletroeletrônicos, seus componentes e acessórios é acelerada em decorrência do mercado em expansão e das inovações constantes.

Dessa forma, segundo Awasthi et al. (2018), os REEEs são a categoria de resíduos que mais cresce em todo o mundo, com uma geração anual que ultrapassa 46 milhões de toneladas (BALDÉ et al., 2017). Em relação aos REEEs gerados por IESs, a pesquisa de Agamuthu et al. (2015) sobre seis universidades – três americanas, duas australianas e uma brasileira – concluiu que a geração variou de 20.000 kg/ano (Universidade de Sydney) a 272.000 kg/ano (Universidade de Indiana), o que representa uma geração *per capita* de 0,50 a 4,80 kg/ano respectivamente. Enquanto a pesquisa de Panizzon et al. (2017) sobre uma IES brasileira teve como resultado a geração média *per capita* de 1,02 kg/ano de REEE.

Além da geração expressiva, as características do REEE reforça a necessidade de gestão. Segundo Moraes et al. (2014), a composição desses resíduos pode ser dividida, de um modo geral, em materiais: metálicos, cerâmicos e poliméricos. Entre os materiais metálicos, estão diversos metais pesados, que em algumas situações podem causar impactos negativos ao meio ambiente e à saúde humana. De acordo com Ikhlal (2017), esses riscos estão associados, principalmente, a disposição inadequada no ambiente, que em determinadas condições, resulta na contaminação por meio da emissão de substâncias tóxicas na água, no ar e no solo. Outro problema relacionado à geração excessiva de REEEs está no possível esgotamento das reservas minerais necessárias para a extração e posterior produção dos equipamentos, tendo em vista a finitude desses recursos (GIESE et al., 2018).

Por outro lado, o mesmo REEE é composto por materiais recicláveis e metais nobres, os quais apresentam alto valor agregado (DIAS et al., 2018). Nesse sentido, surge inclusive o conceito de ‘mineração urbana de REEE’, que consiste no aproveitamento econômico de recursos do “sobressolo” resultantes da geração de REEEs, a partir da sua reciclagem (XAVIER; LINS, 2018). A recuperação de metais valiosos a partir da reciclagem de REEE pode ser considerada um dos principais instrumentos da economia circular – uma proposta que reúne conceitos relacionados à sustentabilidade na cadeia de suprimentos e que busca dissociar a atividade econômica do consumo de recursos finitos através da economia linear – como no caso das

reservas minerais naturais para a produção de eletroeletrônicos (GIESE et al., 2018). Embora apenas cerca de 20% da quantidade de REEE gerada mundialmente seja coletada e reciclada – no Brasil essa taxa é ainda menor (5%) – diversos estudos demonstram a efetividade da reciclagem desses resíduos (XAVIER; LINS, 2018). Kunrath e Veit (2015) realizaram um estudo com foco na análise de diferentes empresas processadoras de REEEs e concluíram que a parcela reciclável dos resíduos é em média 80% do total de material coletado. Corroborando com esses resultados, o experimento de Kohl e Gomes (2018) sobre a caracterização física e química de REEEs (computadores) e sua reciclabilidade, constatou que 96,66% dos materiais analisados são potencialmente recicláveis.

Nesse contexto, verifica-se que embora haja uma problemática relacionada à geração de REEEs e seus impactos decorrentes, existem alternativas sustentáveis para a mitigação e o retorno de benefícios socioambientais e econômicos. Para tanto, é interessante que as soluções sistemáticas de gestão de REEEs sejam transferidas de macro para microescalas (ZENG et al., 2017). Nesse sentido, cita-se o trabalho de Souza et al. (2016), o qual apresenta a realização de priorização de alternativas de decisão e a definição de critérios de sustentabilidade para a implantação de um sistema de gerenciamento de REEEs na região metropolitana do Rio de Janeiro. O método utilizado foi uma abordagem multicritério, combinando Avaliação do Ciclo de Vida com avaliações qualitativas a partir da opinião de especialistas da área. Em menor escala, a pesquisa de Silva et al. (2015) propôs um plano de gerenciamento de REEEs para uma microempresa de assistência técnica para celular. Nesse plano foram definidas ações desde o acondicionamento e coleta de REEE até a destinação final, além do desenvolvimento de um programa de educação ambiental com foco na redução de resíduos.

Em relação às IESs, verifica-se a existência de diversas iniciativas de gestão, evidenciadas nos trabalhos de Assis e Marcusso (2014), Zanta et al. (2016), Paes et al. (2017), Panizzon et al. (2017), entre outros autores da literatura. Porém, há uma série de dificuldades relacionadas à sistematização efetiva do gerenciamento desses REEEs (ANDRADE et al., 2010; FRANÇA et al., 2010). Quanto a essas dificuldades, uma possível causa, apontada por Tauchen et al. (2008), é o fato de que os fluxos e processos dentro de um campus universitário possuem uma complexidade significativa e uma grande fragmentação em departamentos, setores e estrutura hierárquica. Por outro lado, de acordo com Pacheco et al. (2018), as IESs possuem potencial de estimular práticas sistêmicas, integradas e consistentes, com vistas ao envolvimento da comunidade acadêmica e promovendo o sucesso dessas ações.

Com base no exposto, justifica-se a escolha do tema, tendo em vista que os REEEs estão entre os principais resíduos sólidos gerados nas IESs. Justifica-se ainda pelo fato desses REEEs, quando gerenciados de forma inadequada, potencializarem impactos negativos ao meio ambiente e à saúde humana. Além disso, observa-se que há limitações na literatura sobre soluções sistemáticas de gestão e gerenciamento de REEEs em microescalas, como as IES. Por fim, embora sejam identificadas ações e medidas individualizadas, constata-se uma lacuna no que se refere a sistemas institucionalizados de gerenciamento de REEEs em IESs.

1.2 Objetivos da Pesquisa

Como forma de contribuição ao problema de pesquisa apresentado, o objetivo geral deste estudo consiste na estruturação de um modelo de gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEEs) para Instituições de Ensino Superior (IESs), com vistas à mitigação de potenciais impactos negativos. Para tanto, listam-se quatro objetivos específicos:

- Avaliação de estudos sobre sistemas e iniciativas de gerenciamento de REEEs em IESs brasileiras e de outros países;
- Definição de etapas e atividades relevantes para compor um modelo de gerenciamento de REEEs em IESs;
- Proposição de um modelo de gerenciamento de REEEs para IESs;
- Diagnóstico de uma IES Pública para planejamento da implantação do modelo.

1.3 Procedimentos Metodológicos

Visando a solução de um problema específico, esta pesquisa é classificada como de natureza aplicada. No que se refere à abordagem, se caracteriza como qualitativa, com a realização de revisão sistemática de literatura (RSL), entrevistas com especialistas, entrevistas com *stakeholders* internos e utilização de ferramenta de gestão. Em relação aos objetivos, o estudo foi baseado em pesquisa exploratória, por meio da construção de soluções para a geração de REEEs em IESs (GIL, 2010).

No primeiro artigo, empregou-se como abordagem metodológica principal, uma revisão sistemática de literatura (RSL) para avaliação de estudos sobre sistemas e iniciativas de gerenciamento de REEEs em IESs brasileiras e de outros países. Para tanto, foi utilizado um método de RSL adaptado de Sampaio e Mancini (2007) com a execução de oito etapas: (i) definição da pergunta científica; (ii) identificação das bases de dados a serem consultadas e

definição de palavras-chaves e de estratégias de busca; (iii) estabelecimento de critérios para seleção dos artigos a partir da busca; (iv) condução da busca nas bases de dados escolhidas e com base nas estratégias definidas; (v) aplicação dos critérios na seleção dos artigos e justificativa de possíveis exclusões; (vi) análise de todos os estudos incluídos na revisão sistemática; (vii) preparação de um resumo crítico, sintetizando as informações disponibilizadas pelos artigos da revisão sistemática; e (viii) apresentação de uma conclusão, informando a evidência sobre os efeitos da intervenção. A partir da análise dos resultados da RSL, foi possível definir etapas e atividades para compor um modelo de gerenciamento de REEEs para IESs.

Em relação ao segundo artigo, os procedimentos metodológicos incluíram: entrevistas com especialistas; análise de conteúdo; entrevistas com *stakeholders* internos; e aplicação da ferramenta de gestão 5W2H. As entrevistas com especialistas vinculados a diferentes IESs brasileiras foram realizadas com o intuito de avaliar o modelo de gerenciamento de REEEs proposto no Artigo 1. Essas entrevistas resultaram em um conjunto de opiniões sobre o modelo proposto, considerando suas etapas e atividades. Posteriormente, esses dados foram analisados qualitativamente com o auxílio do *software* SQR NVIVO, gerando potenciais ajustes no modelo apresentado e resultando, conseqüentemente, na proposta de um novo modelo de gerenciamento de REEEs para IESs.

Na sequência, foi definida uma IES Pública como estudo de caso para o planejamento da implantação do modelo proposto. Para tanto, foram realizadas entrevistas com *stakeholders* internos à IES, com o intuito de diagnosticar o processo de gerenciamento de REEEs dessa IES. Dessa forma, a análise comparativa entre o sistema de gerenciamento de REEEs da IES estudo de caso e o sistema proposto no modelo, resultou na identificação de etapas existentes, parcialmente existentes e inexistentes na referida IES. A partir desses dados, utilizando como referência a ferramenta de gestão 5W2H, foi desenvolvido um plano de ação para complementação das etapas identificadas como ‘parcialmente existentes’ e para implantação das etapas identificadas como ‘inexistentes’ na IES.

1.4 Delimitações

A primeira delimitação deste estudo está relacionada ao fato de o trabalho ter como foco os processos existentes em Instituições de Ensino Superior de direito público e privado. Dessa forma, nesta pesquisa não são abordadas instituições de ensino de outros níveis ou instituições de outros segmentos.

Além disso, considerando que o modelo de gerenciamento proposto é voltado para IESs, o trabalho focou na principal categoria de REEE gerada por elas. Portanto, não são exploradas todas as categorias de REEEs previstas na Diretiva Europeia 2012/19/EU (PARLAMENTO EUROPEU, 2012), delimitando-se a categoria mais significativa.

Embora existam diversos impactos ambientais negativos relacionados aos equipamentos eletroeletrônicos em diferentes fases de seu ciclo de vida, neste trabalho, são abordados somente aqueles decorrentes dos processos internos das IESs e do processo decisório de destinação final dos REEEs. Assim sendo, não são considerados quaisquer outros tipos de impactos anteriores e em grande escala causados por esses equipamentos, sejam eles associados à extração de matéria-prima, à produção, ao transporte, entre outros.

1.5 Estrutura do Trabalho

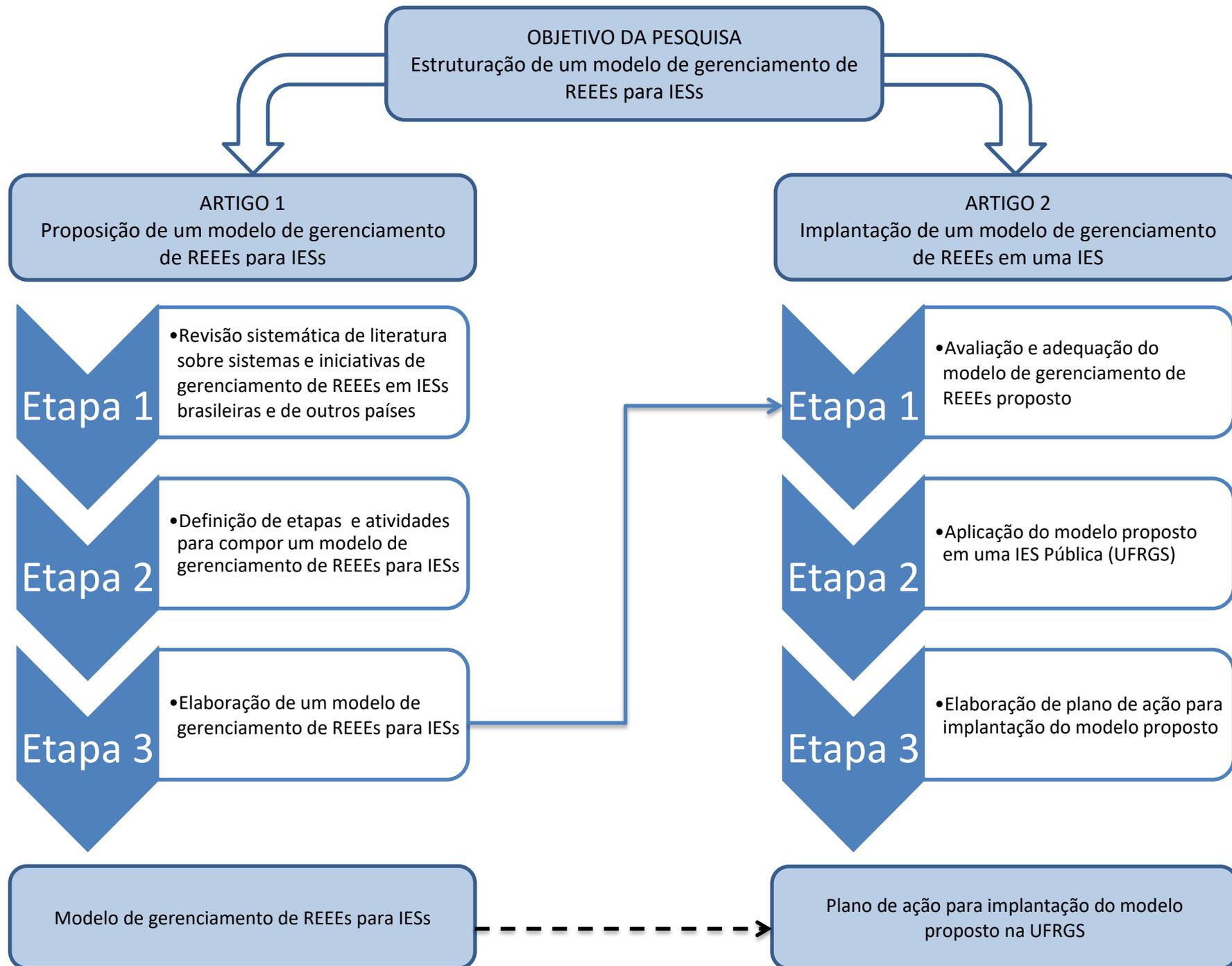
O presente trabalho está estruturado em quatro capítulos. O primeiro apresenta a introdução, contemplando uma contextualização inicial, o tema e a justificativa do tema, os objetivos da pesquisa, os procedimentos metodológicos e as delimitações. Os capítulos dois e três contêm um artigo cada, sendo esses detalhados a seguir e representados na Figura 1.

O segundo capítulo, que contempla o primeiro artigo da dissertação, teve como objetivo a proposição de um modelo de gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos para Instituições de Ensino Superior. Para tanto, a partir de uma revisão sistemática de literatura (RSL) sobre sistemas e iniciativas de gerenciamento de REEEs em IESs brasileiras e de outros países, foram definidas etapas e atividades relevantes para compor esse modelo.

O terceiro capítulo, composto pelo segundo artigo da dissertação, objetivou o planejamento da implantação do modelo de gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos em uma IES Pública. Para alcançar esse objetivo, o modelo previamente proposto no Artigo 1 foi avaliado por especialistas e adequado de acordo com essa avaliação, resultando em um novo modelo de gerenciamento de REEEs para IESs. Na sequência, esse modelo foi aplicado, como estudo de caso, em uma IES Pública (Universidade Federal do Rio Grande do Sul). Por fim, foi desenvolvido um plano de ação para implantação do modelo proposto.

No quarto capítulo foram realizadas as considerações finais deste trabalho. Dessa forma, foi apresentada uma análise geral da pesquisa desenvolvida e dos resultados, bem como sugestões de trabalhos futuros.

Figura 1 – Estrutura do trabalho



Referências

- AGAMUTHU, P.; KASAPO, P.; NORDIN, N.A.M. E-waste flow among selected institutions of higher learning using material flow analysis model. **Resources, Conservation and Recycling**, v.105, p.177-185, 2015.
- ALVES, A. R. Responsabilidade ambiental: os benefícios de um sistema de gestão ambiental (SGA) em instituições de ensino superior (IES). **Revista da Universidade de Ibirapuera**, São Paulo, n.13, p.24-33, 2017.
- ANDRADE, R. T. G.; FONSECA, C. S. M.; MATTOS, K. M. C. Geração e destino dos resíduos eletrônicos de informática nas faculdades e universidades de Natal – RN. In: xxx Encontro Nacional de Engenharia de Produção Maturidade e Desafios da Engenharia de Produção: competitividade das empresas, condições de trabalho, meio ambiente. 2010, São Carlos. **Anais...** São Carlos – SP, 2010.
- ASSIS, T. C.; MARCUSSO, N. T. Logística reversa de resíduos eletroeletrônicos: o caso CEDIR. **Revista Tecnológica da Fatec Americana**, v.2, n.2, p.22-36, 2014.
- AZEVEDO, L. P. **Logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos pós-consumo: visão da sustentabilidade**. 2017. 195f. Tese (Doutorado em Engenharia de Materiais) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais da Rede Temática de Materiais, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.
- AWASTHI, A. K.; CUCCHIELLA, F.; D'ADAMO, I.; LI, J.; ROSA, P.; TERZI, S.; WEI, G.; ZENG, X. Modelling the correlations of e-waste quantity with economic increase. **Science of the Total Environment**, v.613-614, p.46-53, 2018.
- BALDÉ, C. P.; FORTI, V.; GRAY, V.; KUEHR, R.; STEGMANN, P. **The Global E-Waste Monitor**, 2017. Disponível em: < www.ewastemonitor.info>. Acesso em: 15 janeiro 2019.
- BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. **Decreto n. 9.373**, de 11 de maio de 2018. Dispõe sobre a alienação, a cessão, a transferência, a destinação e a disposição final ambientalmente adequadas de bens móveis no âmbito da administração pública federal direta, autárquica e fundacional. Brasília, DF, 2018.
- BRASIL. Presidência da República. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei n. 8.666**, de 21 de junho de 1993. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. Brasília, DF, 1993.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. **Lei n. 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF, 2010.

DIAS, P.; MACHADO, A.; HUDA, N.; BERNARDES, A. M. Waste electric and electronic equipment (WEEE) management: A study on the Brazilian recycling routes. **Journal of Cleaner Production**, v.174, p.7-16, 2018.

FRANÇA, F. C. C.; MORALES, G.; SALES, M. V. S. Revisão do tratamento sustentável do lixo eletrônico em IES: estudo de caso. **Agenda Social**, v.4, n.2, p.44-58, 2010.

FREIRE, B. V.; BORTOLETO, A. P. Evaluation of Environmental Impacts from a Molecular Evolution Laboratory's Waste Management System - A Brazilian Case Study. p. 333-347. In: FILHO, W. L. **Towards Green Campus Operations**. World Sustainability Series. Springer, 2018.

FROIO, P. J.; SILVA, A. C. N.; PALAVER, D.; ESTEVES, M. S. R.; CASTRO, R. Práticas sustentáveis em serviços educacionais: uma comparação público-privada à luz da agenda de administração pública (A3P). In: xxxvi Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2016, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa, 2016.

GALLARDO, A.; EDO-ALCÓN, N.; CARLOS, M.; RENAU, M. The determination of waste generation and composition as an essential tool to improve the waste management plan of a university. **Waste Management**, v.53, p.3-11, 2016.

GIESE, E. C.; XAVIER, L. H.; LINS, F. A. F. Biomineração Urbana: O futuro da reciclagem de resíduos eletroeletrônicos. **Brasil Mineral**, v.385, p.36-39, 2018.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5 ed. São Paulo. Atlas, 2010.

IKHLAYEL, M. Environmental impacts and benefits of state-of-the-art technologies for E-waste management. **Waste Management**, v.68, p.458-474, 2017.

KOHL, C. A.; GOMES, L. P. Physical and chemical characterization and recycling potential of desktop computer waste, without screen. **Journal of Cleaner Production**, v.184, p.1041-1051, 2018.

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

MORAES, V. T.; ESPINOSA, D. C. R.; LUCENA, L. L. Tecnologias de tratamento para resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. p. 129-148. In: CARVALHO, T. C. M. B.; XAVIER, L. H. **Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos: uma abordagem prática para a sustentabilidade**. Ed.1, Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

NETO, G. C. O.; CORREIA, A. J. C.; SCHROEDER, A. M. Economic and environmental assessment of recycling and reuse of electronic waste: Multiple case studies in Brazil and Switzerland. **Resources, Conservation & Recycling**. v.127, p.42-55, 2017.

PACHECO, R. M.; LAURENTI, A.; SANTOS, B. E. S.; MATTES, I.; MEIRELES, S. Diagnosis of Chemical and Special Waste Management in a Higher Education Institution: A Methodology for Data Acquisition and Processing. p. 205-217. In: FILHO, W. L. **Towards Green Campus Operations**. World Sustainability Series. Springer, 2018.

PAES, C. E.; BERNARDO, M.; LIMA, R. S.; LEAL, F. Management of waste electrical and electronic equipment in brazilian public education Institutions: implementation through action research on a university campus. **Systemic Practice and Action Research**, v.30, p. 377–393, 2017.

PANIZZON, T.; REICHERT, G. A.; SCHNEIDER, V. E. Avaliação da geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEEs) em uma universidade particular. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.22, n.4, p.625-635, 2017.

PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO. **Diretiva 2012/19/EU**. Relativa aos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE). Reformulação. Jornal Oficial da União Europeia. 2012.

PEREIRA, R. S. C.; RIBEIRO, F. M.; GÜNTHER, W. M. R. Indicadores para gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos: uma comparação inicial. In: 6° International Workshop Advances in Cleaner Production, 2017, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2017.

RODRIGUES, C. A.; LAURENTI, A.; SOUZA, L.; SANTOS, S. B. E. The Sustainable Management of Special Waste at UFSC - Work and Environment. p.793-810. In: FILHO, W. L. **Towards Green Campus Operations**. World Sustainability Series. Springer, 2018.

RODRIGUES, J. T. M. C. **Seleção de Variáveis para Prever a Demanda de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos no Contexto da Logística Reversa**. 2016. 176f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de

Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, São Carlos, v.11, n.1, p.83-89, 2007.

SCHROEDER, A. M.; NETO, G. C. O.; PINTO, L. F. R.; BAPTISTA, E. A. Benefícios econômicos e ambientais da reciclagem e reuso de resíduos eletroeletrônicos: Estudo de caso em um centro de reciclagem especializado em São Paulo. In: XII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2015, Resende. **Anais...** Resende, 2015.

SILVA, A. C. L.; FERNANDES, F. K. A.; MOTA, R. O. Gerenciamento de resíduos eletroeletrônicos: estudo de caso em uma empresa de assistência de celular. In: XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2015, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 2015.

SOUZA, R. G.; CLÍMACO, J. C. N.; SANT'ANNA, A. P.; ROCHA, T. B.; VALLE, R. A. B.; QUELHAS, O. L. G. Sustainability assessment and prioritisation of e-waste management options in Brazil. **Waste Management**, v.57, p.46-56, 2016.

TAUCHEN, J.; BRANDLI, L. L.; FRANDOLOSO, M. A. L.; RODRIGUES, F. B. Proposição de um modelo de gestão ambiental: aplicação na Faculdade de Horizontina – FAHOR. In: I Encontro Latino Americano de Universidades Sustentáveis (ELAUS) – Universidades Sustentáveis, Possibilidades e Desafios. 2008, Horizontina. **Anais...** Horizontina, 2008.

XAVIER, L. H.; LINS, F. A. F. Mineração Urbana de resíduos eletroeletrônicos: uma nova fronteira a explorar no Brasil. **Brasil Mineral**, v.379, p.22-26, 2018.

ZANTA, V. M.; OLIVEIRA, C. C. A.; QUEIROZ, L. M. Análise dos entraves à gestão sustentável de resíduos de tecnologia da informação na Universidade Federal da Bahia. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v.4, n.2, p.232-251, 2016.

ZENG, X.; YANG, C.; CHIANG, J. F.; LI, J. Innovating e-waste management: From macroscopic to microscopic scales. **Science of the Total Environment**, v.575, p.1-5, 2017.

2 ARTIGO 1: PROPOSIÇÃO DE UM MODELO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS PARA INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR

Resumo

As múltiplas e complexas atividades desenvolvidas nas Instituições de Ensino Superior têm como consequência a geração de diversos tipos de resíduos sólidos. Entre esses, estão os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, representados, principalmente, por equipamentos de TI e comunicação. Devido a sua composição, que inclui metais pesados, esses resíduos podem gerar inúmeros impactos negativos e significativos, quando gerenciados de forma inadequada. Assim, esta pesquisa propôs um modelo de gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos para Instituições de Ensino Superior, como forma de contribuir para o planejamento e implantação de novos sistemas e para o aperfeiçoamento de sistemas existentes. Para tanto, o método utilizado foi uma revisão sistemática de literatura sobre estudos de gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos em Instituições de Ensino Superior do Brasil e de outros países. A revisão resultou em vinte e cinco artigos específicos sobre o tema, dos quais foram extraídos vinte e três estudos. Esses estudos, denominados sistemas e iniciativas de gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, foram analisados, utilizando como critério de análise, a existência de um conjunto de etapas identificadas como necessárias para o gerenciamento adequado desses resíduos. Como resultado dessa análise, foi proposto um modelo de gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos para Instituições de Ensino Superior, composto por dois sistemas. O primeiro tem início na aquisição do equipamento eletroeletrônico até o momento em que o mesmo não tem mais função para a Unidade, contemplando as etapas de aquisição sustentável; manutenção (preventiva e corretiva); e solicitação de coleta. Enquanto o segundo sistema tem seu começo na coleta do equipamento, disponibilizado na etapa anterior, até a sua destinação final, considerando as etapas de logística interna; armazenamento; triagem; recondicionamento; reutilização (interna e/ou externa à IES); descaracterização; e destinação final.

Palavras-chave: Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEEs); Gerenciamento de Resíduos; Instituições de Ensino Superior (IESs); Revisão Sistemática da Literatura (RSL).

2.1 Introdução

A abordagem das questões relacionadas à gestão ambiental em diferentes setores da sociedade mundial acaba por envolver também o setor da educação, a exemplo das instituições de ensino superior (IESs). De acordo com Alves (2017) e Froio et al. (2016) as IESs, assim como outras organizações, possuem potencial de gerar impactos socioambientais tão expressivos quanto pequenas cidades, seja no local ou no entorno onde estão inseridas. Simultaneamente, essas IESs têm a função de instruir e conscientizar a sociedade e, principalmente, os seus alunos – futuros tomadores de decisão e possíveis influenciadores dos rumos de empresas públicas e privadas – sobre a importância da responsabilidade ambiental. Portanto, é fundamental analisar como essas organizações estão contribuindo para o desenvolvimento sustentável, seja no contexto da educação, pesquisa, extensão ou na sua própria gestão administrativa (FROIO et al., 2016). Dessa maneira, de acordo com Tauchen e Brandli (2006), uma função adicional assumida por essas IESs passa pela definição e implantação de políticas de gestão ambiental envolvendo os *stakeholders* de sua cadeia.

De acordo com Delgado (2005), os primórdios da introdução da temática ambiental nas IESs remontam os anos sessenta, com as primeiras experiências nos Estados Unidos envolvendo a inclusão de programas relacionados a ciências ambientais em seus planos de estudo. Na década de setenta, com a Conferência de Estocolmo, mais especificamente em 1972, surgiram inúmeras parcerias e redes de trabalho em instituições de ensino voltadas à discussão sobre o desenvolvimento sustentável no âmbito das IESs. Nos anos oitenta, essas iniciativas se ampliaram tanto em relevância, quanto em quantidade, priorizando a gestão de resíduos e a eficiência energética. Na década de noventa, tornaram-se oficiais as ações relacionadas à gestão ambiental em algumas instituições de ensino específicas, formalizando suas políticas ambientais (DELGADO, 2005; ALVES, 2017). De acordo com Gallardo et al. (2016), a partir dos anos 2000, proliferaram-se os estudos publicados nesse assunto, envolvendo tópicos que vão desde medidas necessárias para o gerenciamento adequado dos resíduos gerados nas IESs até a implantação e certificação de sistemas de gestão ambiental (SGAs). De acordo com Conto (2010), a primeira IES da América Latina a receber a certificação da NBR ISO 14001, foi a Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos), em 2004.

Entre as diversas temáticas envolvendo a gestão ambiental em IESs, está a gestão de resíduos sólidos, que não se restringe apenas à esfera ambiental, mas abrangem questões sociais, econômicas e de saúde pública (CRUZ; CARVALHO, 2009). Entre os resíduos sólidos gerados, estão os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEEs), representados

principalmente por computadores e periféricos. A NBR 16156 (ABNT, 2013) define REEEs como equipamentos eletroeletrônicos, partes e peças que chegaram ao final da sua vida útil ou cujo uso foi descontinuado. Sigrist et al. (2015) reforça que se o equipamento eletroeletrônico estiver em seu final de vida útil, torna-se fundamental o seu gerenciamento adequado devido a existência de metais pesados em sua composição como: mercúrio, berílio, cádmio, chumbo, arsênio, entre outros; os quais podem resultar em riscos de contaminação tanto para aqueles que estão em contato com os resíduos quanto para o meio ambiente. É válido ressaltar que, nesta pesquisa, são considerados REEEs todos os equipamentos eletroeletrônicos inservíveis das unidades acadêmicas e de apoio das IESs, denominadas ‘unidades geradoras de REEEs’.

Em relação às IESs Públicas, guardadas as especificidades operacionais quando comparadas às IESs Privadas, o cenário não é diferente. Essas especificidades, de acordo com Froio et al. (2016), residem basicamente no modo de efetuar compras e de contratar serviços, incluindo os de manutenção e de destinação dos REEEs, via processos licitatórios. Além disso, é dever das IESs Públicas aderir a programas do Governo Federal e atender efetivamente às diretrizes daqueles selecionados. Entre os programas existentes, estão aqueles criados com o intuito de exigir dos órgãos públicos a inserção de políticas voltadas para as questões ambientais como, por exemplo, a Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P) e o Plano de Gestão de Logística Sustentável. Porém, no que se refere às legislações ambientais, tanto as IESs Públicas quanto as Privadas têm igual obrigação de atendimento. No Brasil, um exemplo disso é a Lei nº 12.305 de 2010 (BRASIL, 2010), que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), e determina que estabelecimentos, como as IESs, são responsáveis pelo gerenciamento de seus resíduos, desde a geração até a destinação final.

No entanto, de acordo com Gallardo et al. (2016), apesar da evolução das práticas de gestão ambiental em IESs, ainda persiste uma lacuna associada a estudos sobre a caracterização dos resíduos gerados nessas instituições, evidenciando a necessidade de investigação. Soma-se a isso o fato de que os fluxos e processos dentro de um campus universitário possuem uma complexidade significativa e uma grande fragmentação em departamentos, setores e estrutura hierárquica, o que dificulta a adoção de ações sistêmicas (TAUCHEN et al., 2008). Em relação aos REEEs gerados, Cruz e Carvalho (2009) afirmam que o assunto ainda requer estudos e pesquisas sobre a sua adequada gestão. Portanto, se por um lado as IESs apresentam uma função de destaque na disseminação de informações e de conhecimento, inclusive sobre a importância do desenvolvimento sustentável; por outro, espera-se que essas IESs sejam capazes de avaliar os seus próprios impactos ao meio ambiente e de sistematizar de forma

efetiva e eficiente a operacionalização da gestão de resíduos, inclusive de REEEs. O propósito dessa sistematização é minimizar a quantidade de resíduos e, quando gerados, garantir a qualidade dos mesmos (SANTOS et al., 2017).

Diante do exposto, este artigo tem por objetivo a proposição de um modelo de gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEEs) para instituições de ensino superior (IESs). Quanto aos resultados da pesquisa e sua contribuição, espera-se que o modelo proposto possa ser utilizado na sistematização ou aperfeiçoamento de sistemas de gerenciamento de REEEs em IESs públicas e privadas.

O artigo está estruturado em sete seções. Na primeira, introdução, é apresentado o problema de pesquisa, bem como questões norteadoras do trabalho. Na segunda seção são apresentados os procedimentos metodológicos aplicados à pesquisa, desdobrando-se em classificação e método, nos quais são detalhadas as etapas de realização da revisão sistemática de literatura (RSL) acerca dos estudos de gerenciamento de REEEs em IESs brasileiras e de outros países. Na terceira seção são relatados os resultados da RSL, por meio da classificação de REEE em IES, da caracterização dos artigos da RSL e da apresentação dos sistemas e iniciativas de gerenciamento de REEEs em IESs brasileiras e de outros países. Na quarta seção é exibida a análise dos sistemas e iniciativas de gerenciamento apresentados na seção anterior. Na quinta seção é apresentada a proposta de modelo de gerenciamento de REEEs para IESs. Na sexta seção são relatadas algumas considerações acerca do modelo proposto. Na sétima, e última, seção é apresentada a conclusão e as sugestões de trabalhos futuros.

2.2 Procedimentos Metodológicos

Esta seção contempla os procedimentos metodológicos aplicados no estudo, desdobrando-se em classificação da pesquisa e método de pesquisa.

2.2.1 Classificação da Pesquisa

O presente estudo foi desenvolvido na área de conhecimento da engenharia. A finalidade de sua execução está associada a uma pesquisa de natureza aplicada, pois visa à aquisição de novos conhecimentos em uma situação prática. Contém objetivos de caráter exploratório, propiciando maior familiaridade com o problema, com o intuito de torná-lo mais explícito. O método empregado foi o de pesquisa bibliográfica, com a utilização de uma RSL (GIL, 2010).

A revisão sistemática de literatura (RSL) é uma forma de pesquisa que utiliza, como fonte de dados, a literatura sobre determinado assunto mediante a aplicação de métodos sistematizados de busca, apreciação crítica e síntese das informações selecionadas. Essas RSLs são

particularmente úteis para integrar as informações de um conjunto de estudos realizados separadamente sobre determinado tema, podendo apresentar resultados conflitantes e/ou coincidentes (SAMPAIO; MANCINI, 2007). De acordo com Conforto et al. (2011) uma RSL permite o desenvolvimento de uma base sólida de conhecimento, a elaboração de teorias em áreas nas quais existem pesquisas e a identificação de áreas nas quais há oportunidades para novas pesquisas. Além dessas possibilidades, também permite, de forma clara e explícita, a compilação de estudos sobre determinado tema, em um horizonte de tempo definido, gerando um espectro maior de resultados relevantes, ao invés de simplesmente limitar as conclusões à leitura de somente alguns artigos (SAMPAIO; MANCINI, 2007). Esse método utiliza a literatura sobre um determinado tema como fonte primária e realiza uma investigação para a obtenção de evidências relacionadas ao objeto de interesse por meio de um sequenciamento de etapas (MAGNAGO; ECHEVESTE, 2011).

2.2.2 Método de Pesquisa

O método utilizado para a realização desta pesquisa foi o desenvolvimento de uma revisão sistemática de literatura (RSL) sobre estudos de gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEEs) em instituições de ensino superior (IESs). Para tanto, foi adaptado o método de RSL proposto por Sampaio e Mancini (2007). Justifica-se a escolha desse método pelo fato de que suas etapas de operacionalização sequenciam adequadamente os mecanismos utilizados na pesquisa até a definição do modelo de gerenciamento. As etapas que compõem esse método, bem como a sua operacionalização são detalhadas no Quadro 1.

2.3 Resultados da Revisão Sistemática de Literatura (RSL)

Os resultados obtidos na RSL são apresentados na seguinte ordem: classificação de REEE em IES; caracterização dos artigos; e apresentação dos sistemas e iniciativas de gerenciamento de REEEs em IESs brasileiras e de outros países.

2.3.1 Classificação de REEE em IES

Os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEEs) são equipamentos eletroeletrônicos, partes e peças que chegaram ao final da sua vida útil ou cujo uso foi descontinuado. Sendo que são considerados equipamentos eletroeletrônicos todos os produtos cujo funcionamento depende do uso de corrente elétrica ou de campos eletromagnéticos, bem como, os que geram, transferem ou medem correntes e campos (ABNT, 2013). Os REEEs são compostos por materiais diversos: plásticos, vidros, mais de vinte tipos de metais pesados, bem como outros metais (ABDI, 2013).

Quadro 1 – Estrutura da Revisão Sistemática de Literatura (RSL)

Etapas	Operacionalização para o estudo
1. Definir a pergunta científica	A questão de pesquisa que norteou o estudo foi: Quais características dos artigos sobre gerenciamento de REEEs em IESs, encontrados na literatura, podem servir de base para a proposição de um modelo de gerenciamento de REEEs para IESs?
2. Identificar as bases de dados a serem consultadas; definir palavras-chaves; e estratégias de busca	<p>- As bases de dados utilizadas na pesquisa foram: <i>Scielo; Scopus; Emerald Insight; Science Direct; IEEE Xplore; Springer; Web of Science; Education Resources Information Center (ERIC); Directory of Open Access Journals (DOAJ)</i>.</p> <p>- Para a elaboração do <i>string</i> de busca foram utilizadas as seguintes palavras-chaves: <i>electronic waste; e-waste; weee; reuse; resale; salvage; recycling; disposal; electronic; electronics; management; managing; administration; environmental engineering; environmental management; policy; university; college; higher education; educational institution</i>.</p> <p>- A estratégia de busca utilizada foi à elaboração de um <i>string</i> de busca a partir das palavras-chaves definidas e sua aplicação nas bases de dados selecionadas. Logo, o <i>string</i> utilizado na pesquisa foi: (“electronic waste” OR “e-waste” OR “weee”) AND (reuse OR resale OR salvage OR recycling OR disposal) AND (electronic OR electronics) AND (management OR managing OR administration OR “environmental engineering” OR “environmental management” OR policy) AND (universit* OR college OR "higher education" OR "educational institution").</p> <p>- As palavras-chave e o <i>string</i> de busca definido também foram utilizados no idioma português.</p> <p>- As buscas foram limitadas pelo ano de publicação (2007 a 2017) e pelo tipo de publicação (somente artigos).</p>
3. Estabelecer critérios para a seleção dos artigos a partir da busca	<p>Os artigos foram selecionados de acordo com os seguintes critérios:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Apresentam sistema de gerenciamento de REEEs em IES; - Apresentam iniciativa de gerenciamento de REEEs em IES; - Apresentam diagnóstico da situação dos REEEs em IES.
4. Conduzir busca nas bases de dados escolhidas e com base na (s) estratégia (s) definida (s)	As buscas nas bases de dados foram realizadas nos meses de agosto a outubro de 2017. Os dados foram organizados no <i>software</i> Mendeley e foram avaliados quanto à relação do título e do resumo com o tema em questão.
5. Aplicar os critérios na seleção dos artigos e justificar possíveis exclusões	Os artigos que preencheram pelo menos um dos critérios estabelecidos somaram 38, sendo que, desse total, 13 foram excluídos devido à ausência de clareza e precisão nos resultados publicados ou por apresentar informações desatualizadas. Dessa forma, 25 estudos foram incluídos na RSL.
6. Analisar todos os estudos incluídos na revisão sistemática	Primeiramente foi realizada a classificação em categoria do REEE oriundo de IES. Na sequência, foi elaborado um quadro-resumo das principais características dos artigos incluídos na RSL. Por fim, foram apresentados, de forma resumida, os sistemas e iniciativas de gerenciamento de REEEs em IESs brasileiras e de outros países identificados nos artigos.
7. Preparar um resumo crítico, sintetizando as informações disponibilizadas pelos artigos da RSL.	Os artigos (sistemas e iniciativas de gerenciamento de REEEs em IESs brasileiras e de outros países) foram analisados por meio de dez etapas de gerenciamento.
8. Apresentar uma conclusão, informando a evidência sobre os efeitos da intervenção.	A partir da análise desses artigos, foi proposto um modelo para o gerenciamento de REEEs em IESs públicas e privadas.

Fonte: adaptado de Sampaio e Mancini (2007)

Existem diferentes maneiras de classificar esses equipamentos. No Brasil, a classificação estabelecida pela Agência Nacional de Desenvolvimento Industrial (ABDI) define cores para representar cada linha (categoria) de equipamento: branca, marrom, verde e azul. No entanto, não existe consenso entre os autores da área. Reidler (2012) e Alves (2015) afirmam que essa classificação não é suficientemente técnica e detalhada para fins acadêmicos. Diante disso, a classificação mais utilizada atualmente no Brasil para esses fins é a Diretiva Europeia 2012/19/EU (PARLAMENTO EUROPEU, 2012), a qual classifica os equipamentos em categorias (Quadro 2). Essa classificação é utilizada igualmente para REEEs, tendo em vista sua definição.

Segundo Reidler (2012), as categorias de REEEs variam de acordo com a origem de geração: domiciliares ou institucionais. No âmbito institucional, estão os estabelecimentos de ensino, que em função do tipo de atividade desempenhada geram principalmente REEEs da categoria ‘equipamentos de TI e comunicação’ (PANIZZON et al., 2017). Desta forma, é importante destacar que os estudos apresentados a seguir, resultantes da RSL, são focados em modelos de gerenciamento para essa categoria de REEE.

Quadro 2 – Categorias de REEEs segundo a Diretiva Europeia 2012/19/EU

Categoria	Exemplos
1. Eletrodomésticos de grande porte	Refrigeradores, freezers, fogões, máquinas de lavar e de secar roupas, micro-ondas, máquinas de lavar louças, equipamento de ar condicionado.
2. Eletrodomésticos de pequeno porte	Aspirador de pó, ferro de passar roupa, torradeiras, fritadeiras, facas elétricas, relógios de parede e de pulso, secador de cabelo.
3. Equipamentos de TI e comunicação	Impressoras, computadores pessoais, microcomputadores, laptop, calculadoras, aparelho de fax, netbook, celular, telefone, tablet.
4. Equipamentos de consumo e painéis fotovoltaicos	Aparatos para rádio e TV, câmera de vídeo, gravadores, amplificadores de áudio, instrumentos musicais, painéis fotovoltaicos.
5. Equipamentos de iluminação	Luminárias para lâmpadas fluorescentes, lâmpadas fluorescentes, lâmpadas fluorescentes compactas, lâmpadas de vapor de sódio, lâmpada de halogêneo.
6. Ferramentas eletroeletrônicas	Serras, esmeril, furadeiras, máquinas de corte, parafusadeiras, ferramentas de atividades de jardinagem, máquinas de solda.
7. Equipamentos de lazer, esporte e brinquedos	Trens e carros elétricos, video game, computadores para ciclismo, equipamentos de esporte.
8. Equipamentos médicos	Equipamentos de radioterapia, cardiologia, diálise, medicina nuclear, análise de laboratório.
9. Instrumentos de monitoramento e controle	Detector de fumaça, regulador de aquecimento ou resfriamento, termostatos, equipamentos de monitoramento para uso doméstico ou industrial.
10. Caixas de autoatendimento	Dispensores (caixas de autoatendimento) de bebida, produtos sólidos, dinheiro, entre outros.

Fonte: Adaptado de Diretiva Europeia (2012)

2.3.2 Caracterização dos Artigos da RSL

Os 25 artigos incluídos na RSL foram caracterizados quanto aos seguintes quesitos: (i) autor; (ii) ano de publicação; (iii) IESs estudadas; (iv) título; e (v) objetivo do estudo (Quadro 3). Entre os 25 artigos caracterizados, 19 representam estudos brasileiros e 6 representam estudos de outros países. Salienta-se que os estudos 1, 2, 4, 10, 15 e 18 abordam diversas IESs de uma

mesma localidade (cidade, estado ou país), enquanto que os demais estudos representam IESs individuais. A Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) foi identificada em dois artigos: Barreto (2015) e Xavier et al. (2016). Assim como a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), a qual foi identificada nos estudos de Kappes et al. (2016) e Löbler et al. (2012). Dessa forma, dos 25 artigos caracterizados foram extraídos **23 estudos**, definidos como **‘sistemas e iniciativas de gerenciamento de REEEs em IESs’**. Vale ressaltar que, nos artigos 1, 2, 4, 9, 10, 15 e 18 os nomes das IESs não foram divulgados pelos autores. Por outro lado, no estudo de número 20, embora não esteja explícito o nome da IES no artigo, os autores autorizaram a divulgação do mesmo para a realização desta pesquisa.

A partir da caracterização dos artigos selecionados na RSL, verificou-se a necessidade de analisar detalhadamente cada estudo com o intuito de identificar informações e características relevantes, as quais podem servir de base para a proposição de um modelo de gerenciamento de REEEs para IESs.

2.3.3 Sistemas e Iniciativas de Gerenciamento de REEEs em IESs

A seguir é apresentada uma sucinta descrição dos sistemas e iniciativas de gerenciamento de REEEs em IESs. Os estudos foram subdivididos em brasileiros e de outros países.

2.3.3.1 Sistemas e Iniciativas de Gerenciamento de REEEs em IESs Brasileiras

Os estudos brasileiros são apresentados por regiões, iniciando pelo sudeste, passando pelo sul, nordeste e norte. Na região do centro-oeste não foram encontrados estudos que atendessem os parâmetros da RSL.

- Região Sudeste

No Brasil, uma das experiências mais relevante sobre gerenciamento de REEEs em instituição de ensino é da **Universidade de São Paulo (USP)**, que iniciou em 2007 com a criação de uma comissão para verificar os problemas ambientais do Centro de Computação Eletrônica (CCE-USP) e propor soluções. A partir disso, várias iniciativas foram apresentadas, destacando as criações do Selo Verde da USP e do Centro de Descarte e Reuso de Resíduos de Informática (CEDIR). O Selo Verde da USP, para aquisição de sistemas de TI, é uma política de compra de equipamentos que especifica uma série de requisitos em seus editais com o objetivo de minimizar os impactos ambientais negativos oriundos da compra de produtos.

Quadro 3 – Características dos artigos selecionados

Artigo	Autor	Ano	IESs	Título	Objetivo
1	Agamuthu et al.	2015	Universidades da Malásia	<i>E-waste flow among selected institutions of higher learning using material flow analysis model</i>	Analisar o fluxo de REEEs das instituições selecionadas de ensino superior usando o modelo de análise de fluxo de materiais.
2	Andrade et al.	2010	Instituições de Ensino Superior de Natal – RN	Geração e destino dos resíduos eletrônicos de informática nas Faculdades e Universidades de Natal-RN	Traçar um breve e inicial panorama da geração e destinação dos REEEs de algumas das principais Universidades e Faculdades de Natal-RN.
3	Assis; Marcusso.	2014	Universidade de São Paulo	Logística reversa de resíduos eletroeletrônicos: o caso CEDIR	Realizar um estudo sobre o reaproveitamento dos REEEs e como a logística reversa faz parte desse processo, utilizando o caso CEDIR.
4	Babbitt et al.	2011	Instituições de Ensino Superior dos EUA	<i>Institutional disposition and management of end-of-life electronics</i>	Identificar práticas comuns de gestão de REEEs em instituições de ensino dos EUA, incluindo a Universidade Estadual do Arizona.
5	Barreto	2015	Universidade Federal de Pernambuco	Logística Reversa dos Resíduos dos Equipamentos Eletroeletrônicos: Análise do Consumo e Pós - Consumo dos Computadores da Universidade Federal de Pernambuco.	Identificar, qualificar e quantificar os fluxos de entrada e saída dos computadores utilizados na UFPE, no sentido de se estabelecerem indicadores que relacionem o consumo e pós-consumo com outras variáveis.
6	Cavalcante et al.	2012	Instituto Federal do Ceará	TI Verde: estudo de caso e propostas de práticas sustentáveis no IFCE	Realizar um levantamento sobre as atuais práticas de TI Verde e direcionar as ações da TI do IFCE de forma a otimizar os processos operacionais e torná-la uma "Instituição Verde".
7	Chibunna et al.	2012	Universidade Nacional da Malásia	<i>The challenges of e-waste management among institutions: a case study of UKM</i>	Identificar e discutir os desafios de gerenciamento de REEEs entre as instituições através de um estudo de caso na UKM.
8	Davis; Wolski.	2009	Universidade Griffith	<i>E-waste and the sustainable organization: Griffith University's approach to e-waste</i>	Fornecer detalhes sobre a abordagem da Universidade Griffith para lidar de forma sustentável com REEEs.
9	Ferreira; Junior.	2015	Centro Universitário de Minas Gerais	Gestão de resíduos em Instituições de Ensino Superior: um estudo de caso sobre o gerenciamento de resíduos de computadores, lâmpadas, pilhas e baterias	Caracterizar os resíduos de lâmpadas, pilhas, baterias e computadores gerados por um centro universitário e analisar as práticas de gerenciamento atualmente adotadas para a gestão destes resíduos.
10	França et al.	2010	Instituições de Ensino Superior de Campos dos Goytacazes – RJ	Revisão do tratamento sustentável do lixo eletrônico em IES: estudo de caso	Apresentar uma revisão bibliográfica sobre a situação atual do lixo no mundo e no Brasil e um diagnóstico dessa situação nas IESs de Campos dos Goytacazes – RJ.
11	Gama et al.	2016	Instituto Federal do Amazonas	A logística reversa do lixo eletrônico: um estudo de caso no Instituto Federal do Amazonas – Campus Manaus Distrito Industrial	Apresentar os resultados encontrados em um projeto sobre gerenciamento dos REEEs e sobre a consciência do consumidor acerca do consumo e dos resíduos gerados.
12	Gomes et al.	2017	Universidade Federal do Espírito Santo	<i>Quantification of e-waste: a case study in Federal University of Espírito Santo, Brazil</i>	Realizar um diagnóstico do cenário atual dos REEEs na UFES, além de identificar fontes, localização temporária de armazenamento e potencial de destino para a reciclagem.
13	Junior; Oiko.	2009	Universidade Estadual de Maringá	Caracterização e proposta de destinação dos computadores que compõem os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos da Universidade Estadual de Maringá	Traçar um panorama da situação atual dos REEEs na UEM, por meio da caracterização e estudo de procedimentos adotados para descarte dos REEEs.
14	Kappes et al.	2016	Universidade Federal de Santa Maria	Estudo de caso da gestão dos resíduos eletroeletrônicos na Universidade Federal de Santa Maria	Verificar as responsabilidades e a atuação da UFSM no que condiz a gestão de resíduos eletroeletrônicos.
15	Lertchaiprasert; Wannapiroon.	2013	Instituições de Ensino Superior da Tailândia	<i>Study of e-Waste Management with Green ICT in Thai Higher Education Institutions</i>	Estudar os sistemas de gestão de REEEs de instituições de ensino superior da Tailândia.
16	Löbler et al.	2012	Universidade Federal de Santa Maria	<i>Strategic orientation towards sustainable innovation: a case study in a brazilian university</i>	Examinar empiricamente o vínculo entre a gestão da inovação tecnológica e a sustentabilidade, utilizando como estudo de caso uma grande IES pública no Brasil.
17	Macedo et al.	2012	Universidade Estadual de Campinas	O lixo eletrônico na Unicamp: estudo de caso sobre as oportunidades ainda não exploradas	Mapear soluções atualmente existentes na Unicamp, para a tratativa do lixo eletrônico.
18	Odhiambo	2009	Universidades Públicas do Quênia	<i>Generation of e-waste in public universities: the need for sound environmental management of obsolete computers in Kenya</i>	Avaliar a geração e gestão de REEEs nas universidades públicas do Quênia.
19	Paes et al.	2017	Universidade Federal de Itajubá	<i>Management of waste electrical and electronic equipment in brazilian public education institutions: implementation through action research on a university campus</i>	Criar um modelo de gerenciamento de REEEs utilizando as diretrizes estabelecidas tanto no Decreto 99658/1990 quanto na PNRS.
20	Panizzon et al.	2017	Universidade de Caxias do Sul	Avaliação da geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEEs) em uma universidade particular	Avaliar a geração de REEEs em uma instituição de ensino superior particular localizada no estado do Rio Grande do Sul.
21	Ribeiro; Lozano	2015	Faculdade de Tecnologia da Zona Leste	Análise da armazenagem de resíduos eletrônicos da Faculdade de Tecnologia da Zona Leste	Estudar como é realizada a armazenagem dos resíduos eletrônicos na FATEC ZONA LESTE.
22	Santos et al.	2014	Universidade Federal do Rio Grande do Sul	A gestão dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) e as consequências para a sustentabilidade: as práticas de descarte dos usuários organizacionais	Analisar as principais consequências ambientais, sociais e econômicas decorrentes das práticas organizacionais de gestão dos REEEs.
23	Souza et al.	2017	Universidade do Estado do Rio Grande do Norte	Gerenciamento dos resíduos sólidos de informática de uma instituição de ensino superior	Caracterizar o gerenciamento dos resíduos de informática no Campus Central da UERN.
24	Xavier et al.	2016	Universidade Federal de Pernambuco	A gestão de materiais pós-consumo em instituições públicas: estudo de caso dos resíduos tecnológicos na Universidade Federal de Pernambuco	Apresentar alguns dos elementos que foram identificados no processo de descontinuação do uso e descarte de bens na UFPE, por meio de análise descritiva e documental.
25	Zanta et al.	2016	Universidade Federal da Bahia	Análise dos entraves à gestão sustentável de resíduos de tecnologia da informação na Universidade Federal da Bahia	Apresentar o atual quadro de gestão de REEEs da UFBA e identificar possíveis melhorias, visando à maximização da eficiência ambiental das IESs nesse quesito.

Em relação ao fornecimento de computadores, a política prevê que o edital contenha requisitos como: produtos com economia de energia elétrica e ausência de materiais tóxicos; e adesão das empresas aos padrões internacionais de qualidade e gestão ambiental (ASSIS; MARCUSSO, 2014). Logo, se por um lado foi criado o Selo Verde para a aquisição de eletroeletrônicos mais sustentáveis, por outro, é também relevante o planejamento de ações para a destinação ambientalmente adequada desses produtos, sendo criado o Projeto CEDIR. O seu processo de criação objetivou a identificação do fluxo dos equipamentos eletroeletrônicos, a implantação de um programa de coleta de REEEs e a proposição de soluções para o reuso dos REEEs recuperáveis e para a destinação final adequada dos irrecuperáveis. O CEDIR contempla as etapas finais do gerenciamento de REEEs, iniciando com o armazenamento centralizado dos equipamentos despatrimoniados da USP até a destinação final dos itens separados (plásticos, metais, placas eletrônicas, cabos, etc.) para empresas recicladoras devidamente credenciadas e certificadas (ASSIS; MARCUSSO, 2014). Os autores também afirmam que o CEDIR se tornou referência em gestão de REEEs devido a excelência de seus processos, resultando na minimização dos impactos ambientais negativos com a destinação correta dos resíduos e em benefícios econômicos através da reutilização dos equipamentos reconicionados. Por fim, e não menos importante, está o aspecto social. O CEDIR concede um retorno positivo para a sociedade, encaminhando esses equipamentos reconicionados para projetos sociais e outras entidades. Além disso, existem projetos sociais desenvolvidos em parceria, como o EcoEletro que tem como objetivo capacitar os catadores de materiais recicláveis, visando assegurar a saúde dos trabalhadores, a preservação ambiental e melhorias no processo de comercialização dos materiais.

No caso das **Instituições de Ensino Superior de Campos dos Goytacazes – RJ**, o estudo de França et al. (2010) considera que as práticas adotadas por elas são muito ultrapassadas e que merecem melhorias, sugerindo um centro de triagem para os REEEs, com base no sistema desenvolvido na USP. Além disso, os autores propõem ações de planejamento na aquisição de produtos, selecionando fabricantes que geram menos impactos negativos ao meio ambiente e que recebam os equipamentos eletroeletrônicos após o final da vida útil (logística reversa).

A **Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)**, segundo Macedo et al. (2012), possui um sistema de gerenciamento de REEEs com coleta, triagem e destinação dos equipamentos, que estão em condições de uso, para ONGs, escolas públicas e outras instituições; e dos REEEs para descarte, sem definição de qual é a destinação final desses. Porém, os autores propõem uma melhoria ao sistema existente, incluindo uma etapa, após a triagem, intitulada

de ‘categorização’. Essa etapa contempla as atividades de pesagem, desmontagem, separação e compactação por tipo de materiais. Essa alteração no processo poderia otimizar a etapa de destinação, proporcionando um destino ambientalmente correto dos resíduos, por meio de empresas credenciadas de reciclagem. Para complementar, Macedo et al. (2012), apontam a necessidade de criação de um programa informatizado que permita o acesso da comunidade acadêmica aos dados disponíveis de REEEs, promovendo a conscientização dos geradores, e a maior facilidade de comunicação com as instituições interessadas na doação de equipamentos em condições de uso.

A **Faculdade de Tecnologia da Zona Leste** (FATEC ZL), localizada na cidade de São Paulo, foi o foco do estudo de Ribeiro e Lozano (2015) sobre armazenamento de REEEs. Com a análise da situação apresentada, os autores propõem que o armazenamento dos REEEs seja centralizado em uma única sala e que o *layout* deste espaço seja readequado para a função, considerando as dimensões do local e o seu uso efetivo. A central de armazenamento deve prever estruturas verticais para o acondicionamento dos REEEs e a separação por categorias (CPUs, monitores e periféricos menores). Além disso, os materiais não podem ser expostos à umidade e outros fatores climáticos. Segundo Ribeiro e Lozano (2015), esses critérios devem ser considerados tanto no planejamento da central de armazenamento de REEEs, quanto na padronização da central existente.

O cenário da **Universidade Federal de Itajubá** (UNIFEI), representado no estudo de Paes et al. (2017), contempla a implantação de um sistema de gerenciamento de REEEs para a IES. O elemento propulsor foi o atendimento à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010) e ao Decreto 99.658/1990 (BRASIL, 1990) substituído recentemente pelo Decreto 9.373/2018 (BRASIL, 2018) – que dispõe sobre a alienação, a cessão, a transferência, a destinação e a disposição final ambientalmente adequada de bens móveis no âmbito da administração pública federal direta, autárquica e fundacional. O estudo, que considerou tanto os requisitos da PNRS quanto do Decreto, resultou na implantação de um sistema que inclui etapas desde o momento que um equipamento se torna inservível até a destinação final dos REEEs. Por fim, o estudo também resultou na elaboração e divulgação de um manual de procedimentos sobre o sistema de gerenciamento de REEEs estabelecido.

A pesquisa de Ferreira e Junior (2015) sobre um **Centro Universitário de Minas Gerais** identificou a inexistência de uma potencial etapa do sistema de gerenciamento de REEEs na IES, a de destinação final. De acordo com os autores, os equipamentos de informática passam por processos de manutenção preventiva e corretiva, realizados pelo departamento de TI.

Após a manutenção, os equipamentos são realocados internamente na IES. No entanto, os materiais considerados REEEs são armazenados em um local específico, sem a previsão de destinação. Dessa forma, os autores sugerem a definição de uma destinação ambientalmente adequada, priorizando fornecedores que estabeleçam sistema de logística reversa. Além disso, sugerem a inclusão de critérios ambientais na aquisição de equipamentos a fim de obter produtos em conformidade ambiental. Para os autores, com a adoção desse procedimento, a gestão dos REEEs na IES seria efetiva.

Na **Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)**, objeto do estudo de Gomes et al. (2017), o gerenciamento interno dos REEEs é realizado em quatro etapas principais: coleta, transporte, armazenamento e reutilização (parcial). Essas etapas ocorrem, simultaneamente, nos quatro *campi*. Posteriormente, os REEEs que não foram reutilizados são encaminhados para um único local dentro da IES, onde são armazenados e encaminhados para a destinação final (leilão ou doação). Os autores ressaltam a importância da implementação da logística reversa para a destinação adequada dos REEEs, considerando o conceito de responsabilidade compartilhada entre geradores, poder público, fabricantes e importadores. Os autores sugerem ainda, a triagem e a segregação dos REEEs a partir da inclusão de associação de catadores.

- Região Sul

Na **Universidade Estadual de Maringá (UEM)**, a pesquisa de Junior e Oiko (2009) constatou que existe uma política de reparo e reuso praticada por todos os setores, o que permite que os equipamentos de informática sejam utilizados por um longo período de tempo. No entanto, um dos fatores mais relevantes para a geração de REEEs é a oscilação da rede elétrica da UEM que causa defeitos irreversíveis nos equipamentos. Logo, os autores sugerem uma reestruturação da rede elétrica para evitar esse tipo de problema. Outra proposta dos autores, similar a de França et al. (2010), é a inserção de critérios ambientais nas licitações de compras e, também, um espaço para a centralização de todos os equipamentos e componentes potencialmente reutilizáveis da Universidade com o intuito de promover o intercâmbio entre aqueles que dispõem de equipamentos que não lhe são úteis e aqueles que necessitam de tais equipamentos.

Na **Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)**, Löbler et al. (2012) recomendam ações estratégicas para equilibrar a inovação tecnológica com a sustentabilidade requerida. Para isso, os autores ressaltam a importância de utilizar a *expertise* da IES para a criação de um departamento especializado na gestão de REEEs que coordene os processos de gerenciamento interno e uma alternativa de destinação sustentável dos resíduos. Na pesquisa de Kappes et al.

(2016), os autores relatam que desde 2014 a UFSM contrata empresa especializada para a destinação final adequada dos REEEs. A coleta é realizada através de Pontos de Entrega Voluntária (PEVs), nos quais os seguintes REEEs podem ser dispostos pela comunidade acadêmica: monitores, teclados, *mouses*, algumas peças de computadores, celulares e acessórios, telefones fixos, cabos de força, drives, estabilizadores, CDs e DVDs, caixas de som, disquetes, modem e eletrodomésticos. No entanto, segundo Kappes et al. (2016), esses PEVs não abrangem adequadamente todos os *campi* da IES. Dessa maneira, em concordância com Löbler et al. (2012), os autores afirmam a necessidade de um sistema de gerenciamento apropriado para os REEEs, que contemple todos os *campi* da UFSM.

Um cenário de avaliação quantitativa da geração de REEEs é apresentado no trabalho de Panizzon et al. (2017), que utilizou a **Universidade de Caxias do Sul** (UCS) como objeto de estudo. Os resultados encontrados apontaram que, em termos gerais, a categoria que mais gera REEEs é a de equipamentos de TI e comunicação, respondendo por quase metade (44,4%) dessa produção. A segunda categoria é a de grandes eletrodomésticos (15,9%), seguida por instrumentos de monitoramento (14,2%), ferramentas elétricas e eletrônicas (11,7%) e equipamentos de consumo (10,6%). Outras categorias também foram contabilizadas, porém, de forma menos significativa: aparelhos médicos (0,8%); pequenos eletroeletrônicos (1,2%); brinquedos e equipamentos de esporte e lazer (0,7%); e equipamentos de iluminação (0,5%). Essa análise ratifica a informação de que os equipamentos de TI e comunicação representam a maior parte dos REEEs em IESs. O estudo também aponta quantitativos de outras categorias, que igualmente requer estudos na elaboração de uma proposta de gerenciamento. Quanto as recomendações, em conformidade com o apresentado por França et al. (2010) e Junior e Oiko (2009), existem oportunidades de melhorias relacionadas ao processo de compras. Os autores sugerem ainda, similar aos achados de Macedo et al. (2012), a implantação de um sistema de informações que permita o controle dos equipamentos dentro da universidade.

Na **Universidade Federal do Rio Grande do Sul** (UFRGS) o processo de gerenciamento dos REEEs, segundo Santos et al. (2014), ocorre da seguinte maneira: a partir de agendamento prévio, o Setor de Recolhimento efetua a coleta e o transporte dos REEEs das unidades até o depósito. Na sequência, atendendo ao Decreto 99.658/1990 (BRASIL, 1990) – substituído recentemente pelo Decreto 9.373/2018 (BRASIL, 2018) – uma listagem dos equipamentos ociosos com as respectivas características é enviada para o Ministério do Planejamento, onde é designada uma instituição pública para receber a doação via Programa de Inclusão Digital do Governo Federal. Caso o equipamento não esteja em condições de reutilização, a

alternativa de destinação final é o leilão. Em síntese, os autores identificaram que a principal consequência ambiental relacionada à gestão dos REEEs realizada na UFRGS é a ausência de controle sobre o destino dos resíduos após o leilão; sobre o aspecto social, a reutilização dos equipamentos através da inclusão digital é apontada como um fator positivo; assim como o aspecto econômico, por meio do ingresso de receita com o leilão.

- Região Nordeste

Na região nordeste, os REEEs de três **Instituições de Ensino Superior de Natal – RN** (uma pública e duas particulares) foram analisados por Andrade et al. (2010). Os autores verificaram que nas três há problemas de gestão e que a reutilização dos REEEs ocorre mais por motivos financeiros do que ambientais. A destinação dos REEEs de duas das instituições analisadas é vista pelos autores como um repasse do problema, visto que em uma delas é realizada uma triagem simplificada dos equipamentos e, em seguida, os REEEs são leiloados para sucateiros; e, em outra IES, os REEEs são doados para entidades de ensino e/ou para comunidades carentes. Na terceira instituição, uma vez que não ocorre o processo de destinação dos REEEs, observa-se um acúmulo de estocagem, podendo resultar em falta de espaço e deterioração dos materiais ao longo do tempo. Os autores sugerem, em conformidade com o trabalho de Löbner et al. (2012), que as instituições de ensino, tanto públicas quanto privadas, adotem ações e práticas sustentáveis e utilizem seus conhecimentos científicos para criar soluções criativas para o problema.

Na **Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)**, de acordo com Barreto (2015), os computadores se tornam REEEs entre três e cinco anos. Os principais motivos para o descarte são defeitos apresentados no HD, na placa-mãe e na memória. Os REEEs são doados para instituições filantrópicas, porém sem o devido acompanhamento quanto ao destino final dos resíduos. O aumento da aquisição de equipamentos, provocado pela expansão da IES, aliado a diminuição do tempo de vida útil dos equipamentos (obsolescência programada), são fatores que contribuem para o problema. Os autores ressaltaram a possibilidade de obter meios mais eficazes para efetivar a logística reversa, nos aspectos legal e técnico, no sentido de garantir os fluxos reversos de pós-consumo dos equipamentos, considerando os fatores ambientais, sociais e a viabilidade econômica de sua implantação. De forma complementar, a pesquisa de Xavier et al. (2016) aponta que a responsabilização dos fornecedores pela destinação dos resíduos ocorre somente em um processo da UFPE, o serviço de comodato de impressoras, na qual a empresa contratante é proprietária do equipamento e, portanto, responsável por realizar a substituição e a destinação ambientalmente adequada do equipamento e dos cartuchos.

Outro destaque na UFPE é o procedimento de aquisição de equipamentos de informática com a inclusão do serviço de manutenção, o que resulta na prática de manutenção corretiva com a substituição de peças e componentes quando identificados defeitos ao longo do período de uso dos equipamentos.

A gestão de REEEs também é uma das práticas da denominada TI Verde, expressão utilizada pelo setor de tecnologia para incorporar a preocupação com o meio ambiente e a sustentabilidade. O estudo de caso encontrado na RSL sobre a TI Verde é do **Instituto Federal do Ceará (IFCE)**, no qual Cavalcante et al. (2012) propõem a adoção de práticas sustentáveis com o intuito de fomentar melhorias nos processos operacionais da instituição. Uma das alternativas é a doação dos itens como matéria-prima para cursos técnicos, do próprio IFCE, de maneira que os alunos os utilizem como fonte de estudo. Por fim, os autores propõem a implantação de projetos de inclusão digital com a doação dos equipamentos recondicionados à população menos favorecida, em comunidades próximas à Instituição.

No Campus Central da **Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN)**, Souza et al. (2017) verificaram que, apesar de não haver um gerenciamento padronizado dos REEEs, existe uma instrução na qual fica estabelecido que os equipamentos só podem ser destinados mediante laudo técnico que ateste a sua impossibilidade de conserto. Com isso os índices de reaproveitamento dentro da Universidade são da ordem de 70 a 80% dos REEEs. Igualmente aos achados de Junior e Oiko (2009) a oscilação de energia elétrica é a principal causa da curta vida útil dos aparelhos. Sobre o gerenciamento de REEEs na UERN, Souza et al. (2017) sugerem a otimização do processo existente, com a inserção das etapas de desmontagem e triagem por tipo de material e, ainda, destacam a importância do rastreamento dos resíduos, após o encaminhamento para associação comunitária de reciclagem. Outra recomendação dos autores, ratificando os achados de Barreto e Alencar (2014) é o uso da logística reversa como alternativa para a destinação dos equipamentos pós-consumo. Porém, os autores não discutem sobre a regulamentação técnica e legal necessária para a efetivação desse sistema.

No estudo de Zanta et al. (2016) sobre a **Universidade Federal da Bahia (UFBA)** é relatado o processo de gerenciamento de REEEs e os principais problemas decorrentes desse sistema, tais como, a destinação dos equipamentos pós-consumo para leilão. De acordo com os autores, apesar dessa forma de destino estar respaldada pelo Decreto 99.658/1990 (BRASIL, 1990) – substituído recentemente pelo Decreto 9.373/2018 (BRASIL, 2018) – essa não é uma alternativa adequada do ponto de vista ambiental, uma vez que, não permite a rastreabilidade do REEE. Quanto ao processo de aquisição de equipamentos de informática, verificou-se que

a instituição incorpora alguns critérios de sustentabilidade nas especificações, como: produtos que não contenham substâncias perigosas, tóxicas ou prejudiciais ao meio ambiente e à saúde pública; e equipamentos que possuam melhor eficiência energética. Ainda assim, os autores afirmam que é possível aperfeiçoar esse processo para torná-lo mais efetivo. Outra boa prática exercida pela Universidade é a inclusão de prazo de garantia estendido pelo fabricante, nos processos de aquisição, a fim de garantir maior tempo de uso dos equipamentos, permitindo a manutenção adequada durante grande parte de sua vida útil. Diferentemente de outros autores, Zanta et al. (2016) acreditam que uma política de substituição periódica dos equipamentos de informática seja mais eficiente do que a estruturação de um setor de manutenção, possibilitando a doação de bens em bom estado a outras instituições. Por fim, os autores recomendam também maior transparência nos procedimentos adotados quanto aos REEEs e a criação de um programa de educação ambiental permanente que envolva a comunidade acadêmica em todas essas questões.

- Região Norte

No Campus Manaus Distrito Industrial do **Instituto Federal do Amazonas** foi implantado recentemente um sistema de gerenciamento de resíduos sólidos, incluindo os REEEs. Foram instalados pontos de coleta voluntária (PEVs) para a comunidade acadêmica e para o público externo. A destinação dos REEEs coletados é para uma empresa que realiza os processos de triagem e descaracterização do material, reenvio de matérias-primas para o ciclo produtivo e envio de equipamentos reparados para centros de inclusão digital (GAMA et al., 2016).

2.3.3.2 Sistemas e Iniciativas de Gerenciamento de REEEs em IESs de Outros Países

Com foco em um conjunto de sete **Universidades da Malásia**, Agamuthu et al. (2015), analisaram os dados sobre REEEs por meio da Análise de Fluxo de Material. Os resultados mostram que do total gerado nas universidades, 7,7% são descartados, de forma incorreta, na coleta municipal de resíduos sólidos, enquanto mais da metade (52,2%) são destinados para a reciclagem; e o restante dos REEEs permanece armazenado nas próprias Universidades. Os autores constataram que a única alternativa ambientalmente correta, prevista na legislação vigente, é a destinação para a reciclagem. Ainda assim, de acordo com os autores, falta uma política de gestão nas IESs analisadas. Essa política visaria à conscientização da comunidade acadêmica sobre a importância do gerenciamento adequado dos REEEs, bem como a melhoria nos sistemas de coleta e destinação desses resíduos nas instituições.

Especificamente na **Universidade Nacional da Malásia** a pesquisa de Chibunna et al. (2012) constatou que existe um processo simples de gerenciamento de REEEs, no qual os materiais são coletados e enviados para o centro de computadores da universidade. Nesse centro, os REEEs são triados e aqueles passíveis de manutenção são reparados e reutilizados, preferencialmente, na própria IES. Sobre o sistema existente, os autores recomendam algumas ações estratégicas como forma de melhoria, tais quais: o registro de dados de REEEs de forma mais abrangente e a adoção de alternativas de destinação final ambientalmente adequada, como por exemplo, a reciclagem. Além disso, os autores sugerem ações de conscientização por meio de palestras e outros eventos similares não só na universidade, mas também a nível municipal.

Em um estudo comparativo realizado entre a Universidade do Estado do Arizona e outras **Instituições de Ensino Superior dos EUA**, Babbitt et al. (2011), identificaram cinco práticas comuns de gestão de equipamentos eletroeletrônicos e REEEs: (i) aquisição de equipamentos eletroeletrônicos por meio de uma ferramenta que realiza a avaliação ambiental do produto antes da compra, gerando informações do seu desempenho ambiental que subsidiam o processo de seleção desses produtos. Essas informações estão associadas ao *design*, ao tempo de vida útil, à eficiência, à composição dos materiais, à reciclabilidade, entre outros; (ii) gerenciamento na fase de uso do produto, incluindo políticas que priorizam o suporte técnico de equipamentos de até três anos. Esse gerenciamento amplia a vida útil dos equipamentos; (iii) contratação de serviços de locação de equipamentos, transferindo a responsabilidade pela destinação dos REEEs para a empresa contratada; (iv) contratação de empresa de reciclagem de REEEs (alternativa de destinação de 78% das instituições pesquisadas) com certificação reconhecida no país, que garanta critérios como a segurança dos dados dos computadores e a responsabilidade por toda a cadeia dos resíduos; e (v) destinação de equipamentos ociosos para leilão, após etapa prévia de avaliação do produto, que considera a sua idade, qualidade e *status* operacional; seguida, da definição de quais estão funcionais ou recuperáveis para leilão. Para Babbitt et al. (2011) a combinação das cinco práticas apresentadas poderia constituir uma solução abrangente para gestão institucional de equipamentos eletroeletrônicos e seus REEEs.

A gestão dos REEEs na **Universidade Griffith**, localizada na Austrália, foi objeto de estudo de Davis e Wolski (2009). Os autores verificaram que o sistema de gerenciamento existente estava em desconformidade com a sustentabilidade requerida pela IES, que é reconhecida por implantar práticas ambientalmente corretas em seus *campi*. Dessa forma, a primeira ação

implantada foi a promoção de eventos para mostrar a relevância do assunto como forma de conscientização da comunidade acadêmica. Na sequência, foi criado um *check list* para identificar os problemas associados ao gerenciamento existente e, a partir desse levantamento, foi elaborada uma política formal de gestão de REEEs, a qual atribui responsabilidades pelas etapas do gerenciamento e contempla definições, requisitos legais (incluindo diretrizes para aquisição de equipamentos), segurança de dados, proteção do meio ambiente e responsabilidade social. Além disso, após a investigação, dez recomendações passaram a ser consideradas pela administração da Universidade: (i) adoção da política de gestão de REEEs; (ii) aplicação de estratégias formais para investigar as causas do desperdício de equipamentos eletroeletrônicos em todos os *campi*; (iii) busca de soluções para a destinação correta dos resíduos que estejam alinhados com os critérios estabelecidos pela política; (iv) implantação de coleta segregada dos REEEs; (v) adoção de práticas sustentáveis nas aquisições de equipamentos eletroeletrônicos; (vi) aplicação de indicadores de desempenho para medir a conformidade e o progresso em relação aos objetivos estabelecidos na política; (vii) realização de programas de conscientização ambiental; (viii) desenvolvimento de um programa de *green office* para lidar com as questões dos REEEs dentro da universidade; (ix) criação do Programa de Organização Sustentável, o qual usa os REEEs como atividade inicial para desenvolver a cultura de promoção de mudanças ambientalmente corretas na comunidade acadêmica; e (x) estabelecimento de parcerias com o setor industrial e empresarial, visando a gestão sustentável dos REEEs.

A pesquisa de Lertchaiprasert e Wannapiroon (2013) focou nos sistemas de gerenciamento de REEEs de dez **Instituições de Ensino Superior da Tailândia**. O resultado da pesquisa identificou que as IESs realizam três ações principais: reparação de equipamentos para serem reutilizados posteriormente; doação de equipamentos recuperáveis para outras instituições; e venda, por licitação, dos equipamentos irrecuperáveis, para empresas de reciclagem. Segundo os autores, essas ações devem estar em conformidade com a política do governo, conhecida como *Information and Communication Technology Green (Green ICT)*, que prevê, entre outros quesitos, a adoção de práticas relacionadas à reparação e reutilização dos equipamentos e a redução e reciclagem dos resíduos. No entanto, de acordo com os autores, é necessária uma regulamentação governamental para a execução da política *Green ICT* nas IESs do país.

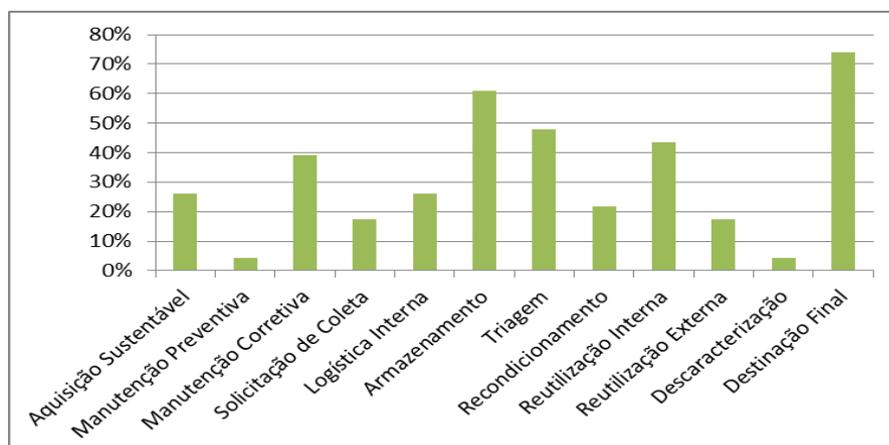
Por fim, um estudo de Odhiambo (2009) em sete **Universidades Públicas do Quênia** sobre a análise da demanda de computadores e a consequente geração de resíduos, identificou que os fatores determinantes para a geração de REEEs, incluem danos causados por oscilações de

energia elétrica, propagação de vírus que inibem as operações dos computadores e a obsolescência programada dos equipamentos. Uma observação importante sobre o gerenciamento existente nas IESs pesquisadas é que os computadores são reparados dentro da própria universidade, de uma a duas vezes antes da destinação externa. O autor sugere para essas universidades, ações de conscientização e implantação de diretrizes para monitoramento dos REEEs depois de encaminhados para o destino final.

2.4 Análise dos Sistemas e Iniciativas de Gerenciamento de REEEs em IESs

Nesta seção, são analisados os 23 estudos apresentados sobre sistemas e iniciativas de gerenciamento de REEEs em IESs, resultantes da RSL. Para tanto, foi utilizado como critério de análise, 10 (dez) etapas identificadas como necessárias para o gerenciamento adequado dos REEEs. Para a elaboração desse conjunto de etapas foi utilizado como base teórica os artigos da RSL, bem como a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (Brasil, 2010) e o Decreto 9.373/2018 (BRASIL, 2018), o qual dispõe sobre a alienação, a cessão, a transferência, a destinação e a disposição final ambientalmente adequada de bens móveis no âmbito da administração pública federal direta, autárquica e fundacional. As etapas identificadas foram: aquisição sustentável; manutenção (preventiva e corretiva); solicitação de coleta; logística interna; armazenamento; triagem; recondicionamento; reutilização (interna e/ou externa à IES); descaracterização; e destinação final. Diante disso, os 23 estudos foram analisados, verificando-se a existência ou não dessas etapas. A Figura 2 contempla a representação gráfica do percentual de existência de cada uma das etapas nos estudos analisados. No Quadro 4, a existência da etapa é representada com X, a letra R representa que a etapa é somente recomendada, mas não existe efetivamente no estudo. Por fim, quando da existência de um ‘0’ é que a etapa é explicitamente definida pelo autor como inexistente.

Figura 2 – Percentual de existência das etapas nos 23 estudos analisados



Fonte: autora

Quadro 4 – Análise de dados dos 23 estudos identificados na RSL

Estudos: sistemas e iniciativas de gerenciamento de REEES em IESs			Equipamentos de TI e comunicação				REEEs (equipamentos de TI e comunicação)							
Autor	IES	País	Aquisição sustentável	Manutenção		Solicitação de coleta	Logística interna	Armazenamento	Triagem	Recondicionamento	Reutilização		Descaracterização	Destinação final
				Preventiva	Corretiva						Interna à IES	Externa à IES		
Agamuthu et al. (2015)	NI	Malásia												X
Andrade et al. (2010)	NI	Brasil	X					X	X	X	X			X
Assis e Marcusso (2014)	Universidade de São Paulo (USP)	Brasil	X					X	X	X	X	X	X	X
Babbitt et al.(2011)	NI	EUA	X	X										X
Barreto (2015); Xavier et al.(2016)	Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)	Brasil	X	X				0						X
Cavalcante et al.(2012)	Instituto Federal do Ceará (IFCE)	Brasil							R	R	R	R		R
Chibunna et al. (2012)	Universidade Nacional da Malásia	Malásia		X		X	X	X	X	X	X	X		X
Davis e Wolski (2009)	Universidade Griffith	Austrália	X			X	X	X	X	X	X			X
Ferreira e Junior (2015)	NI	Brasil		X	X		X	X						0
França et al. (2010)	NI	Brasil	R					X	X	X	X			X
Gama et al. (2016)	Instituto Federal do Amazonas	Brasil						X						X
Gomes et al. (2017)	Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)	Brasil				X	X	X	X		X			X
Junior e Oiko (2009)	Universidade Estadual de Maringá (UEM)	Brasil	R		X	R	R	R						R
Kappes et al. (2016); Löbler et al. (2012)	Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)	Brasil	0					X	X		X			X
Lertchaiprasert e Wannapiroon (2013)	NI	Tailândia		X						R	R	R		X
Macedo et al. (2012)	Universidade Estadual de Campinas (Unicamp)	Brasil		X		X	X	X	X			X	R	
Odhiambo (2009)	NI	Quênia		X					X		X	X		X
Paes et al. (2017)	Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)	Brasil				X		X	X	X	X			X
Panizzon et al.(2017)	Universidade de Caxias do Sul (UCS)	Brasil	R											
Ribeiro e Lozano (2015)	Faculdade de Tecnologia da Zona Leste (FATEC)	Brasil						X						
Santos et al.(2014)	Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)	Brasil				X	X	X						X
Souza et al.(2017)	Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN)	Brasil		X				X	X	X	X			X
Zanta et al.(2016)	Universidade Federal da Bahia (UFBA)	Brasil	X	0	0	X		X	R		R	R	R	X
Percentual de existência da etapa (X):			26%	4%	39%	17%	26%	61%	48%	22%	43%	17%	4%	74%
Legenda														
X - possui a característica (explícito no texto)														
0 - não possui a característica (explícito no texto)														
R - apresenta recomendações														
vazio - não menciona nada no texto														

Fonte: autora

A **aquisição sustentável** foi o termo escolhido para definir a etapa de planejamento da compra e da contratação de serviços de equipamentos de TI e comunicação, mediante a inserção de critérios de sustentabilidade ambiental. Essa etapa está presente em seis dos estudos (26%). Em duas delas, USP e UFBA, ocorre por meio da pré-seleção de fornecedores. Na USP, esses fornecedores recebem um selo de fornecimento sustentável, intitulado Selo Verde. O instrumento de avaliação considera alguns dos critérios previstos na Instrução Normativa brasileira nº 01/2010 (MPOG, 2010). Entre os critérios adotados estão produtos que não contenham substâncias perigosas, tóxicas ou prejudiciais ao meio ambiente e à saúde pública; e produtos com maior eficiência energética. Na UFBA, além desses critérios apresentados, também é exigido do fabricante a certificação de *Electronic Product Environmental Assessment Tool* (EPEAT) e a NBR ISO 14001. A certificação EPEAT possibilita a seleção de fornecedores a partir de informações sobre o desempenho ambiental do produto, incluindo o *design*, o tempo de vida útil, a eficiência, a composição e a reciclabilidade dos materiais, entre outros (BABBITT et al., 2011).

Ainda em relação à aquisição sustentável, outra prática adotada pela UFBA, é a inclusão de prazo de garantia estendido pelo fabricante (três a cinco anos). Segundo Zanta et al. (2016), apesar do investimento financeiro ser maior, essa alternativa é vantajosa porque permite a manutenção corretiva adequada dos equipamentos durante grande parte do período de uso. Com o mesmo intuito, a UFPE inclui na aquisição sustentável, o serviço de manutenção corretiva terceirizado. Porém, Xavier et al. (2016) não especificam o tempo de contratação desse serviço. Em relação às impressoras, a UFPE e as IESs de Natal – RN adotam o sistema de locação de equipamentos, no qual o mesmo é disponibilizado para a IES, mas a empresa contratada é a proprietária e, portanto, responsável pela sua substituição e destinação adequada. Nas instituições de ensino dos EUA, também ocorre à locação de equipamentos. De acordo com Babbitt et al. (2011), os sistemas de locação podem se mostrar eficientes, do ponto de vista ambiental, tendo em vista que, para manter os equipamentos para locação, o fornecedor estabelece de forma mais efetiva o seu recondicionamento e a sua reutilização. Assim como a UFBA, as IESs dos EUA utilizam a certificação EPEAT do fabricante como critério na aquisição. Por outro lado, a Universidade Griffith, na Austrália, não exige essa certificação, mas considera critérios da mesma para avaliar a aquisição de eletroeletrônicos.

A etapa de **manutenção** pode ser subdividida em: preventiva e corretiva. A preventiva está explícita apenas no trabalho de Ferreira e Junior (2015) sobre um centro universitário localizado no estado de Minas Gerais. Para os autores, essa etapa tem por objetivo prolongar a

vida útil dos equipamentos. A UFBA, por sua vez, ainda não adota manutenção preventiva para equipamentos de TI e comunicação, mas avança nesse sentido com a programação de manutenções, com frequência mensal, em alguns sistemas de proteção e em condicionadores de ar. Enquanto a corretiva foi verificada em nove dos estudos (39%). Com destaque para a UERN que possui um setor específico para isso, no qual é analisada a viabilidade de conserto dos equipamentos e, após, elaborado um atestado de funcionamento, mediante laudo técnico. Salienta-se que, na UFPE, esse serviço está inserido na etapa de aquisição sustentável dos equipamentos. Nas IESs dos EUA, foi identificada essa etapa, sobre a qual Babbitt et al. (2011) ressaltam a importância do adequado gerenciamento dos equipamentos durante o seu uso, através do suporte técnico de equipamentos de até três anos, o que possibilita oportunidades de *upgrades* e, a consequente, redução de equipamentos que entram no fluxo de resíduos durante esse período. Por fim, nas IESs do Quênia, Odhiambo (2009) relata que os computadores são reparados dentro da própria instituição, de uma a duas vezes antes da destinação final.

A **solicitação de coleta** foi identificada como uma das etapas de quatro dos estudos (17%). Na maioria deles, as unidades acadêmicas solicitam o recolhimento dos equipamentos, via sistema, ao setor de patrimônio da IES. Na UFBA, ao atingir o limite da capacidade de armazenamento, as unidades acadêmicas formam uma comissão para proceder à descrição e classificação dos materiais – ociosos, recuperáveis, antieconômicos ou irrecuperáveis – conforme estabelecida no Decreto 99.658/1990 (BRASIL, 1990) – substituído recentemente pelo Decreto 9.373/2018 (BRASIL, 2018). Em seguida a listagem é encaminhada ao setor de patrimônio com a solicitação de recolhimento. Na UNIFEI, a Prefeitura Universitária realiza a divulgação, via *e-mail*, do período para realização de desfazimento de equipamentos de informática, de forma a organizar o trabalho e minimizar o tempo de armazenamento dos equipamentos no almoxarifado.

A etapa de **logística interna** foi verificada em seis dos estudos (26%). De uma forma geral, os estudos mostram que a coleta e o transporte dentro da instituição são realizados por um único setor, em veículo específico. Porém, não detalham como ocorre esse procedimento e quais são os requisitos técnicos necessários para a sua realização. A partir da logística interna, os equipamentos são considerados REEEs para as unidades geradoras, tornando essa etapa à primeira do ciclo do REEE.

A etapa de **armazenamento** foi verificada em quatorze dos estudos analisados (61%). O tempo de armazenamento é variável entre as IESs. Para Babbitt et al. (2011), esse tempo deve

ser zero em um sistema de gerenciamento ideal, visto que os equipamentos, após o final da vida útil, devem ir diretamente para a triagem a fim de aumentar o potencial de recondicionamento e reutilização. No entanto, para as IESs que possuem essa etapa, Ribeiro e Lozano (2015), sugerem que o armazenamento dos REEEs seja centralizado em uma única área e que o *layout* deste espaço seja adequado para a função, considerando as dimensões do local e o seu uso efetivo. A central de armazenamento deve ter um revestimento adequado para evitar que os equipamentos sejam expostos à umidade e outros fatores climáticos. Além disso, o acondicionamento dos REEEs deve ocorrer em estantes verticais e separados por categorias (CPUs, monitores e periféricos menores). Para os autores, esses critérios devem ser considerados durante o projeto da central de armazenamento de REEEs ou na padronização da central existente.

A etapa de **triagem** dos REEEs ocorre em onze dos estudos analisados (48%). Essa etapa é necessária quando não ocorre a separação dos equipamentos na unidade acadêmica. Entre os processos de triagem identificados nesses estudos, não existe uma forma padrão. Os equipamentos ociosos, usualmente, são encaminhados diretamente para a reutilização interna. Sendo que a UFSM e a Universidade Griffith os destinam para centros acadêmicos e ‘empresas juniores’ da própria IES, enquanto a UFES distribui para as suas unidades acadêmicas. A Universidade Nacional da Malásia e as IESs do Quênia encaminham seus REEEs ociosos para a reutilização interna e os recuperáveis para a reutilização externa à IES. Na Unicamp, os equipamentos ociosos e recuperáveis são enviados para a reutilização, fora da universidade, por projetos sociais.

O **recondicionamento** foi verificado, como etapa de gerenciamento de REEEs, em cinco dos estudos (22%). Na USP, primeiramente, os equipamentos são testados para verificar sua operacionalidade. Após o teste, são introduzidas peças para otimização como, por exemplo, o aumento da capacidade de memória. Nas IESs de Natal – RN, o fluxograma de gerenciamento dos REEEs apresenta que, após o processo de triagem, existe uma etapa de reaproveitamento e realocação de peças, que torna os equipamentos de informática ativos novamente. Porém, os autores não detalham como ocorre esse recondicionamento. Uma das IESs de Campos dos Goytacazes, RJ – o Instituto Federal Fluminense – conta com laboratório especializado no recondicionamento de computadores, no qual os alunos trabalham na restauração dos equipamentos e utilizam as peças, que não são aproveitadas, para uso didático em laboratórios de eletrônica. Na UNIFEI e na UERN, após a etapa de triagem, as peças em condições de uso, pertencentes a equipamentos identificados como irrecuperáveis, tais como, capacitores,

resistores, placas mãe e HDs, são utilizadas na recuperação de outros, tornando-os completos e prontos para uso. De acordo com Souza et al. (2017), entre 70 a 80% dos equipamentos irrecuperáveis são reaproveitados nessa etapa, na UERN.

A etapa de **reutilização** dos REEEs se desdobra em: interna e externa. A reutilização interna ocorre em dez dos estudos (43%). Enquanto a reutilização externa ocorre em quatro dos estudos (17%). Alguns dos estudos analisados apresentam as duas formas de reutilização, como nos casos da USP em São Paulo, da Universidade Nacional da Malásia e das IESs do Quênia.

A **descaracterização** é uma etapa prevista para os REEEs irrecuperáveis, que antecede a etapa de destinação final. Essa etapa foi identificada apenas na USP, a qual inicia com a eliminação dos dados e a remoção da identificação da marca. Em seguida, os equipamentos passam pela desmontagem e separação de seus componentes (placas-mãe, placas de fonte de alimentação, peças metálicas, peças plásticas, etc.). Por fim, os materiais são compactados, pesados e acondicionados, separadamente, por tipo de material (ASSIS; MARCUSSO, 2014). Nos estudos sobre a Unicamp e a UFBA, Macedo et al. (2012) e Zanta et al. (2016), sugerem a inclusão dessa etapa nos sistemas de gerenciamento existentes. Para os autores, a etapa de descaracterização proporciona a separação correta dos resíduos por categoria e, com isso, viabiliza a destinação ambientalmente adequada dos mesmos.

A última etapa, **destinação final**, foi identificada em dezessete dos estudos (74%). A USP, após a etapa de descaracterização, encaminha os resíduos, de acordo com o tipo de material (vidro, plásticos, metais ferrosos e não ferroso, entre outros), para as indústrias de reciclagem credenciadas pela IES e com certificações exigidas pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). No IFAM e na UFSM, os REEEs coletados nos Pontos de Entrega Voluntária (PEVs), também são encaminhados para uma empresa de reciclagem (prestadora de serviço ambiental). A empresa recupera os equipamentos recuperáveis e efetua a descaracterização e destinação correta dos materiais não aproveitados (GAMA et al., 2016). No entanto, ressalta-se que os PEVs não abrangem adequadamente todos os *campi* das IESs. No modelo proposto e aplicado na UNIFEI existem três opções de destinação dos REEEs. A primeira opção são os Centros de Recondicionamento de Computadores (CRCs), vinculados a projetos sociais, reconhecidos pelo governo brasileiro. Na segunda opção de destinação da UNIFEI, quando não há interesse dos CRCs, os REEEs são separados entre aqueles que serão doados para outras instituições e aqueles que serão vendidos, via leilão. Porém, se verificada a impossibilidade de venda do material, a IES utiliza a terceira opção – contratação de empresa

prestadora de serviço ambiental especializada na destinação de REEEs. Essa última opção é mais interessante, do ponto de vista ambiental, porque há a confirmação de destinação correta dos resíduos (PAES et al., 2017).

Na UFRGS existem duas opções de destinação. A primeira, assim como na primeira opção da UNIFEI, os REEEs são encaminhados para os CRCs. A segunda refere-se aqueles equipamentos que não foram encaminhados aos CRCs, os quais são vendidos, via leilão. As IESs de Natal – RN e a UFES também realizam duas formas de destinação – doação para instituições e leilão. De acordo com Andrade et al. (2010), a doação dos equipamentos – muitas vezes já na condição de resíduos – não garante um destino final sustentável para esses bens, assim como o leilão, que reflete no tratamento dos REEEs como mera sucata. Na UERN a destinação final dos REEEs é a doação para uma associação de catadores de materiais recicláveis, na qual é realizada a segregação e comercialização dos materiais. Entretanto, faltam informações em relação à referida associação, sobre a sua infraestrutura e capacidade técnica para a manipulação desses resíduos. Na UFBA e nas IESs de Campos dos Goytacazes – RJ existe apenas a alternativa de destinação final via leilão. Na UFPE os REEEs são doados para instituições filantrópicas, no entanto, não existe rastreabilidade dos mesmos após a entrega às instituições.

Nas IESs dos EUA foram identificadas duas formas de destinação dos REEEs: contratação de empresa de reciclagem (em 78% das IESs pesquisadas) e leilão (BABBIT et al., 2011). As empresas de reciclagem (prestadores de serviços ambientais) são avaliadas, por certificação de terceiros, quanto a práticas ambientais e de segurança, incluindo critérios de segurança de dados dos computadores, proteção de trabalhadores que manuseiam os equipamentos, responsabilidade na cadeia de fornecimento inverso, entre outros. Para os autores, essa avaliação resulta em uma garantia adicional para as instituições quanto à destinação ambientalmente adequada dos REEEs. A destinação via leilão, realizada por IESs dos EUA, é mais exigente do que a realizada no Brasil, pois avalia, previamente, o produto por idade, qualidade e operacionalidade, a fim de vender apenas equipamentos funcionais ou recuperáveis, fornecendo benefícios para ambas às partes e estendendo o tempo de vida dos equipamentos. Porém, em relação ao leilão, as IESs ainda têm pouca proteção contra os riscos associados às práticas de gerenciamento de resíduos que ocorrem no final do ciclo.

Na Austrália, a Universidade Griffith utiliza o leilão para destinar os REEEs recuperáveis e a doação às cooperativas de reciclagem para destinação dos REEEs irrecuperáveis. Para essa IES foi constatada, por Davis e Wolski (2009), a necessidade de estruturar um plano de

gerenciamento de REEEs que contemple outras formas de destinação em conformidade com a sustentabilidade requerida nas estratégias da IES. Porém, os autores não explicam quais seriam essas destinações. Nas IESs da Tailândia, os REEEs recuperáveis são destinados para outras instituições e os irrecuperáveis para empresas de reciclagem (prestadores de serviços ambientais). O estudo de caso sobre as IESs da Malásia mostra que, mais da metade (52,2%) dos REEEs são destinados para a reciclagem, 7,7% são descartados, de forma incorreta, na coleta municipal de resíduos sólidos urbanos e o restante fica armazenado nas instituições (CHIBUNNA et al., 2012; AGAMUTHU et al., 2015). Entretanto, essa destinação para a reciclagem ocorre via leilão e, igualmente a outras IESs, perde-se a rastreabilidade dos REEEs. Por fim, observou-se que nas IESs do Quênia, os REEEs são destinados para oficinas de reparação, que funcionam de forma semelhante aos CRCs.

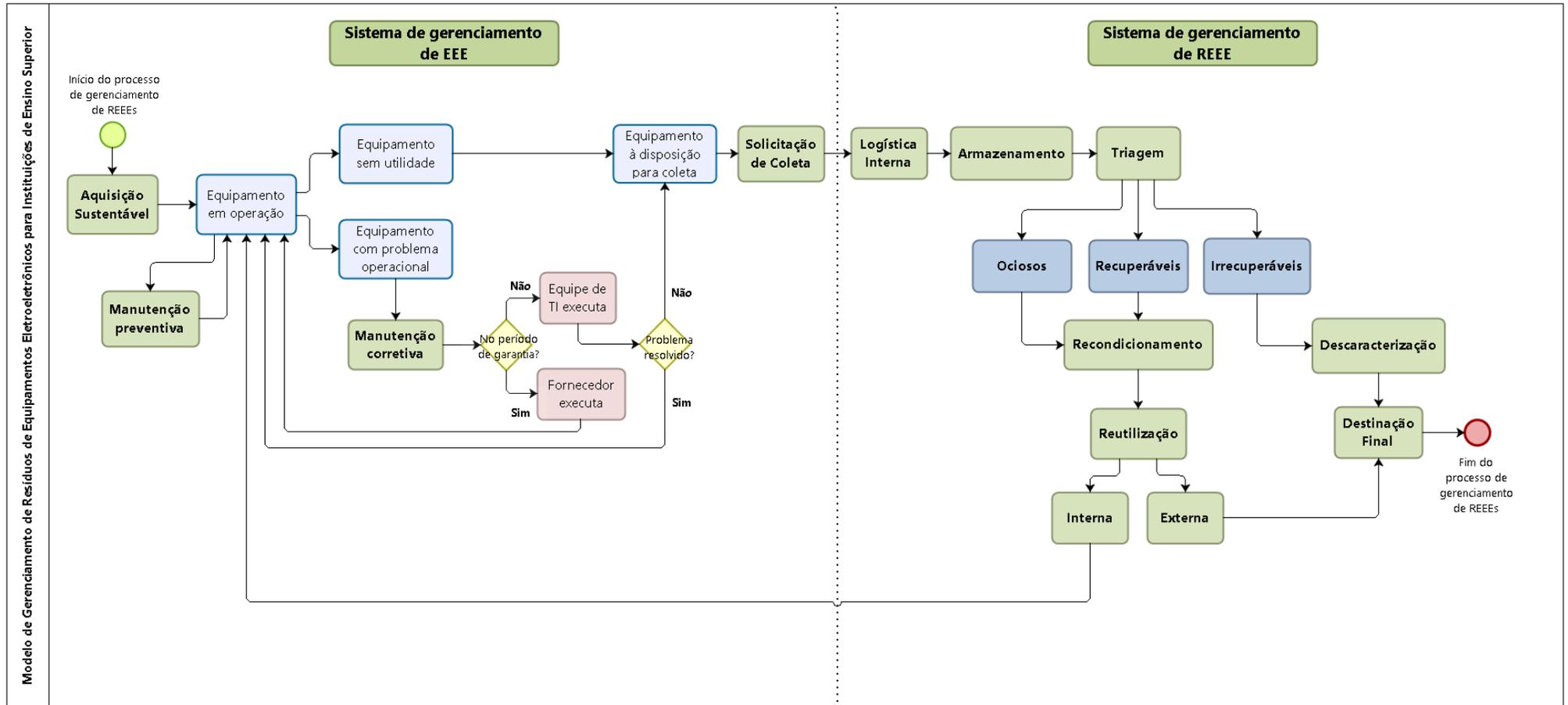
Diante do exposto, verificou-se que o leilão é a alternativa de destinação final mais praticada pelas IESs (39%), seguida da contratação de empresas prestadoras de serviços ambientais – reciclagem (30%), da doação para outras instituições (22%), do envio para CRCs (13%) e para cooperativas de catadores de materiais recicláveis (9%).

2.5 Proposta de um Modelo de Gerenciamento de REEEs para IESs

A análise realizada na etapa anterior resultou na proposição de um modelo de gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos para Instituições de Ensino Superior, composto por dois sistemas: (i) sistema de gerenciamento de equipamento eletroeletrônico (EEE) e (ii) sistema de gerenciamento de resíduo de equipamento eletroeletrônico (REEE).

O primeiro sistema tem início na aquisição do equipamento eletroeletrônico até o momento em que o mesmo não tem mais função para a unidade geradora (acadêmica ou de apoio) da IES, contemplando três etapas relevantes para o gerenciamento de EEE nas IESs. O segundo sistema tem seu começo na coleta do equipamento eletroeletrônico disponibilizado na etapa anterior, considerado, portanto REEE, até a sua destinação final, considerando as sete etapas seguintes do modelo. A seguir, são apresentados os dois sistemas que compõem o modelo de gerenciamento de REEEs proposto para IESs e detalhadas as etapas e atividades constituintes.

Figura 3 – Modelo de gerenciamento de REEEs proposto para IESs



Fonte: autora

(i) Sistema de Gerenciamento de EEE

Este sistema é composto por três etapas: a) aquisição sustentável; b) manutenção (preventiva e corretiva); e c) solicitação de coleta. Vale ressaltar que o equipamento eletroeletrônico (EEE) objeto deste estudo pertence à categoria ‘equipamentos de TI e comunicação’.

a) Aquisição Sustentável

De forma a minimizar impactos adversos, o modelo de gerenciamento proposto tem seu início com o planejamento da contratação de bens e serviços relacionados a equipamentos eletroeletrônicos, a partir da inserção de requisitos vinculados a sustentabilidade ambiental. Para tanto, é necessário que esses requisitos sejam explícitos no documento de especificação técnica (termo de referência ou documento equivalente), servindo de base para o processo decisório da contratação. Os requisitos identificados como necessários para esta etapa são: certificação EPEAT, certificação ISO 14001, garantia estendida dos produtos, servitização da atividade e o atendimento da Instrução Normativa nº 01/2010.

A certificação de produto EPEAT, gerenciada pela *Green Electronics Council (GEC)*, utiliza um conjunto de critérios de desempenho ambiental e social relacionados ao gerenciamento de substâncias, seleção de materiais, *design*, tempo de vida útil, eficiência energética, embalagem, avaliação do ciclo de vida e pegada de carbono, responsabilidade socioambiental corporativa, entre outros. Conforme o atendimento dos critérios obrigatórios e opcionais, o produto é classificado em perfil bronze, prata ou ouro (BABBITT et al., 2011; ZANTA et al., 2016). Uma segunda certificação, recomendada por Zanta et al. (2016), é a ISO 14001 dos fornecedores. Essa norma é uma ferramenta baseada no ciclo PDCA do inglês ‘*plan-do-check-act*’, desenvolvida para auxiliar empresas a identificar, priorizar e gerenciar seus riscos ambientais como parte de suas práticas usuais. Assim sendo, essa certificação serve como requisito de sustentabilidade ambiental adicional, visando à contratação de um fornecedor que esteja em conformidade com as práticas ambientais requeridas.

Nesta etapa, outro requisito identificado nos trabalhos de Xavier et al. (2016) e Zanta et al. (2016) é a inclusão da garantia estendida do produto (três a cinco anos) pelo fabricante, o que permite a manutenção corretiva dos equipamentos durante grande parte do seu período de uso. Outro fator considerado na etapa de ‘aquisição sustentável’ é a possibilidade de servitização da atividade, privilegiando a contratação de um serviço ao invés da aquisição do bem. Nesse sentido, uma alternativa eficaz para o gerenciamento de REEEs é a contratação do serviço de locação de equipamentos de TI e comunicação, com destaque para impressoras (ANDRADE

et al., 2010; BABBITT et al., 2011; XAVIER et al., 2016). Para tanto, o contrato deve prever a obrigatoriedade da contratada em comprovar a destinação ambientalmente adequada dos resíduos, tanto das impressoras, no pós-consumo, quanto dos toners/cartuchos gerados na prestação do serviço. Essa alternativa permite a substituição de produtos por serviços, resultando na não geração de REEE por parte da IES, visto que a empresa contratada é responsável pelos equipamentos pós-consumo. A ‘não geração’ está no topo da hierarquia do gerenciamento adequado de resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

Para as IESs brasileiras, outro potencial requisito a ser exigido é o cumprimento da Instrução Normativa nº 01/2010 do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (MPOG, 2010), que dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela administração pública federal direta, autárquica e fundacional. Essa instrução exige que os produtos sejam (ASSIS; MARCUSSO, 2014; ZANTA et al., 2016):

- constituídos no todo ou em parte, por material reciclado, atóxico, biodegradável;
- sustentáveis ou de menor impacto ambiental, certificado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO;
- acondicionados em embalagens individuais adequadas, com o menor volume possível, e composta por material reciclável; e
- sem substâncias perigosas em concentração acima da recomendada na diretiva *Restriction of Certain Hazardous Substances* (RoHS), tais como mercúrio (Hg), chumbo (Pb), cromo hexavalente (Cr(VI)), cádmio (Cd), bifenil-polibromados (PBBs), éteres difenilpolibromados (PBDEs).

Os requisitos apresentados são importantes para o gerenciamento de REEEs em IESs, tendo em vista que é uma forma de garantir que no processo de aquisição não será considerado apenas o fator econômico (menor preço), mas também o fator ambiental. Esse fator está relacionado, de uma forma geral, com a minimização dos impactos negativos ao longo do ciclo de vida dos equipamentos eletroeletrônicos, o que resulta em benefícios aos três eixos da sustentabilidade: social, econômico e ambiental. Além disso, a aquisição sustentável é uma tendência verificada tanto nos órgãos públicos quanto na iniciativa privada, confirmada com a recente NBR ISO 20400:2017, que fornece orientação para organizações integrarem a sustentabilidade em seus processos de compras (ABNT, 2017).

b) Manutenção (preventiva e corretiva)

A etapa de manutenção (preventiva e corretiva) deve ser realizada de forma sistemática e periódica por setores da área de TI da IES, os quais são responsáveis por determinar o suporte técnico mais adequado para cada caso. Quando realizada a manutenção preventiva, é possível prolongar a vida útil dos equipamentos por meio de ações proativas, como a atualização do sistema operacional, de *softwares* e de programas de antivírus, *firewall* e *anti-spyware*, bem como a limpeza dos componentes, a desinstalação de programas desnecessários para o usuário, entre outros (FERREIRA; JUNIOR, 2015). De forma complementar, a manutenção corretiva, identificada em diversos estudos, como de Odhiambo (2009) e Souza et al. (2017), age na correção de problemas detectados, reativamente. Essa última permite que os equipamentos sigam em operação, minimizando a geração de REEEs.

É válido ressaltar que a manutenção corretiva é realizada exclusivamente pelo fornecedor durante o prazo de garantia estendido (3 a 5 anos), incluído na etapa de aquisição sustentável. Assim sendo, quando detectado algum problema pelo usuário, realiza-se um chamado para o setor de TI da IES, informando o problema. Esses especialistas avaliam o equipamento e, caso o período de garantia esteja vigente, solicitam a prestação do serviço de manutenção ou substituição ao fornecedor. Após o término desse período, o próprio setor de TI da IES é responsável por agir na solução dos problemas detectados. Para tanto, propõe-se que o referido setor emita um laudo técnico, atestando as condições do equipamento. Assim, o usuário é informado, através do recebimento desse laudo técnico, se o equipamento foi reparado ou se tornou inservível. No primeiro caso, o equipamento retorna a Unidade para uso novamente, e no segundo, solicita-se a coleta para o setor responsável pela logística interna. Conclui-se que esse procedimento é uma maneira efetiva de atestar quando um determinado bem patrimonial (equipamento) passa a ser considerado REEE.

c) Solicitação de Coleta

A partir da emissão do laudo técnico atestando a condição de inservível do equipamento, deve ser efetivada a solicitação de coleta do mesmo. Nas IESs públicas, essa solicitação é realizada por um servidor que possui a função de ‘agente patrimonial’. Dessa forma, propõe-se que essa etapa seja realizada por meio de um sistema padronizado e informatizado. Nesse sistema, a responsabilidade patrimonial do bem (equipamento) é transferida do usuário (Unidade) para o setor responsável por gerenciar os REEEs na IES. Esse sistema deve possibilitar o registro das informações do equipamento disponibilizado, bem como o agendamento da coleta. Para tanto, devem ser registrados tanto os equipamentos que possuem identificação patrimonial quanto os

que não possuem tais como mouse, teclado, entre outros; garantindo assim o gerenciamento adequado de todos os REEEs. Essa etapa é considerada relevante para o modelo porque representa um marco, oficializando o término do ciclo de vida do equipamento na Unidade e o início do ciclo de gerenciamento do REEE.

(ii) Sistema de Gerenciamento de REEE

Este sistema é composto por sete etapas, que dão continuidade ao modelo de gerenciamento proposto, são elas: d) logística interna; e) armazenamento; f) triagem; g) recondicionamento; h) reutilização (interna e/ou externa à IES); i) descaracterização; e j) destinação final. Ressalta-se que, neste estudo, denomina-se REEE o equipamento que não tem mais função para a unidade geradora (acadêmica ou de apoio).

d) Logística Interna

O planejamento do sistema de gerenciamento de REEE deve prever a indicação de um setor responsável pela realização da coleta dos REEEs nas unidades geradoras e o seu transporte até o local de armazenamento central na IES. Durante a logística interna, os REEEs devem estar devidamente acondicionados em recipientes seguros e indicados para esse fim. Esta etapa deve ser executada com diligência e de acordo com as normas técnicas aplicáveis, a fim de garantir a integridade dos REEEs para as próximas etapas.

e) Armazenamento

O armazenamento dos REEEs deve ocorrer de forma centralizada, no entanto, dependendo da magnitude da IES, pode haver mais de uma central de armazenamento. Para esta etapa, é necessário estabelecer um curto período de permanência dos REEEs, visto que a proximidade temporal entre as etapas de logística interna (coleta e transporte) e de triagem aumenta o potencial de recondicionamento e reutilização desses REEEs (BABBITT et al., 2011).

A central de armazenamento deve ser constituída de piso impermeável, área coberta e possuir um *layout* adequado para a função, considerando tanto a sua dimensão quanto o seu uso. Além disso, nessa central, deve ser planejado e executado o acondicionamento dos REEEs em estantes verticais, separados por categorias: CPUs, monitores, periféricos menores, entre outros (RIBEIRO; LOZANO, 2015). É válido ressaltar que a devida aplicação desses critérios na etapa de armazenamento possibilita a otimização da etapa seguinte – triagem – impactando positivamente na qualidade dos REEEs.

f) Triagem

Dentro da central de armazenamento deve ser previsto um local específico para realização da etapa de triagem. Essa etapa consiste em avaliar e separar os REEEs em ociosos, recuperáveis e irrecuperáveis. Os REEEs ociosos são aqueles que estão em perfeitas condições de uso, mas que, por algum motivo, tornaram-se sem função na Unidade de origem. Normalmente, os REEEs ociosos são componentes (mouse, teclado, etc.) que se tornaram inoperantes após a substituição de itens principais. Por outro lado, os REEEs são considerados recuperáveis quando é possível o seu recondicionamento e o mesmo é considerado economicamente viável (análise de custo e benefício). Por fim, os REEEs são considerados irrecuperáveis quando perdem suas características originais ou quando a análise de custo e benefício aponta não ser justificável a sua recuperação.

A definição do método de triagem apresentado é baseada no Decreto 9.373/2018 (BRASIL, 2018). É importante ressaltar que essa etapa deve ser realizada por uma equipe técnica dedicada para essa função. Após a triagem, os REEEs recuperáveis e ociosos seguem para a etapa de recondicionamento enquanto que os REEEs irrecuperáveis são descaracterizados.

g) Reconcondicionamento

Verifica-se que a etapa de recondicionamento é fundamental para o gerenciamento, tendo em vista que ela permite a composição de um equipamento completo (CPU, monitor, teclado e mouse), em condições de operação, a partir dos REEEs gerados na IES. Para isso, os materiais classificados na triagem são processados da seguinte forma: **ociosos**: efetua-se a eliminação de dados internos, padronização e *upgrade* de instalação de *software*; **recuperáveis**: efetua-se a eliminação de dados internos, reparos necessários, padronização e *upgrade* de instalação de *software*.

Os itens reconicionados são conectados e avaliados a partir de testes de funcionamento e de desempenho, resultando em equipamentos completos e em condições de uso novamente. Para a realização da etapa de recondicionamento é necessário, entre outros fatores, a formação de uma equipe técnica composta por alunos, técnicos e professores da área de informática e espaço físico adequado para a execução das atividades.

Diante disso, verifica-se que essa etapa pode resultar em impactos positivos tanto no aspecto ambiental e econômico quanto no educacional, visto que a recuperação e a reutilização do equipamento minimiza a geração de resíduos e, ao mesmo tempo, proporciona formação

técnica e prática dos alunos executores da atividade. Caso sejam utilizados alunos oriundos de projetos sociais, os impactos positivos se estendem para a dimensão social.

h) Reutilização (interna e/ou externa à IES)

A reutilização é uma das prioridades do gerenciamento de resíduos sólidos, segundo a Lei nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos no Brasil. Por isso ela é apontada como uma etapa do sistema de gerenciamento de REEE proposto. Os equipamentos reconicionados devem ser reutilizados, primeiramente, na própria IES. A redistribuição interna deve ser planejada e executada de acordo com as prioridades da IES. Entre possíveis alternativas de redistribuição estão os centros acadêmicos e as empresas juniores (DAVIS; WOLSKI, 2009; LÖBLER et al., 2012).

A segunda opção para os equipamentos reconicionados é a reutilização externa por meio da doação para instituições (ASSIS; MARCUSSO, 2014; CHIBUNNA et al., 2012; MACEDO et al., 2012; ODHIAMBO, 2009). No entanto, para a reutilização externa ser efetivada é necessário atender às legislações pertinentes, no caso das IESs públicas brasileiras, o Decreto nº 9.373/2018 (BRASIL, 2018). Além disso, o termo de doação deve prever uma forma de comprovação da destinação ambientalmente adequada dos equipamentos após o final da sua vida útil. Dessa forma, a instituição receptora deve encaminhar, anualmente, um relatório contendo informações atualizadas de todos os equipamentos recebidos e a comprovação de destino dos resíduos, com as devidas licenças ambientais das empresas Prestadoras de Serviços Ambientais (PSAs). Por fim, outra maneira de reutilização externa, é o empréstimo a outras instituições, de forma que, após o final de vida dos equipamentos, proceda-se o retorno para a IES. Essa alternativa garante a destinação adequada de todos os REEEs gerados na IES.

i) Descaracterização

A etapa de descaracterização consiste, de maneira geral, na separação de partes integrantes dos REEEs irrecuperáveis, objetivando, dessa forma, a sua reciclagem. Essa etapa tem início com a eliminação de dados internos dos equipamentos e remoção da placa de patrimônio ou qualquer outra forma de identificação da IES. Na sequência, os REEEs são desmontados, tendo seus componentes separados por tipo de material (placas-mãe, placas de fonte de alimentação, peças metálicas, peças plásticas, entre outros). Por último, esses resíduos são acondicionados, separadamente, por categorias (tipo de material). O detalhamento dessa etapa foi realizado com base no trabalho desenvolvido na USP (ASSIS; MARCUSSO, 2014).

Assim como a etapa de recondicionamento, a etapa de descaracterização necessita de uma equipe técnica composta por alunos, técnicos e professores da área de informática e de um espaço físico adequado para a execução das atividades propostas. É importante que as etapas de armazenamento, triagem, recondicionamento e descaracterização sejam realizadas em locais próximos e de fácil acesso entre eles, a fim de otimizar o tempo de gerenciamento dos REEEs. A descaracterização é uma etapa fundamental para o ciclo de vida dos REEEs, tendo em vista que ela viabiliza a preparação dos resíduos (REEEs irrecuperáveis) para a destinação ambientalmente adequada. Com isso, a descaracterização proporciona maior eficiência nas etapas de gerenciamento externo, pois assegura a qualidade do resíduo gerado.

j) Destinação Final

A última etapa consiste em definir a destinação final dos resíduos (REEEs irrecuperáveis). A análise dos sistemas e iniciativas de gerenciamento de REEEs identificou distintas alternativas para destinação final: envio para Centros de Recondicionamento de Computadores (CRCs); envio para cooperativas de reciclagem; leilão; doação para outras instituições; e contratação de empresas prestadoras de serviços ambientais (PSAs). No entanto, verifica-se que a maioria das IESs analisadas não possui a etapa de triagem dos REEEs (52% dos casos) e tão pouco a etapa de recondicionamento dos REEEs recuperáveis e ociosos (78% dos casos). Logo, na maioria dos casos, o processo decisório de destinação final implica em uma única alternativa, tanto para REEEs recuperáveis e ociosos quanto para REEEs irrecuperáveis. Entretanto, o modelo de gerenciamento, considerado adequado, presume que apenas os resíduos (REEEs irrecuperáveis) sejam destinados, uma vez que os REEEs ociosos e os recuperáveis deveriam retornar ao sistema de gerenciamento de EEE.

Diante disso, de acordo com o modelo de gerenciamento proposto, a alternativa de envio dos resíduos (REEEs irrecuperáveis) diretamente para CRCs não é adequada, tendo em vista que esses Centros focam apenas no recondicionamento dos REEEs recuperáveis e ociosos. Em relação à alternativa de destinação final para cooperativas, é necessária a garantia de que as mesmas estejam regulamentadas para atuar no segmento de eletroeletrônicos. Isto se deve, principalmente, aos riscos relacionados à manipulação de REEEs, tanto para os trabalhadores quanto para o meio ambiente. Assim, apesar da relevância socioambiental das cooperativas de reciclagem, neste segmento, ainda são poucas as habilitadas para tal. Quanto às alternativas de leilão e de doação para outras instituições, constata-se que essas destinações não preveem a rastreabilidade dos REEEs, o que impossibilita assegurar a sua destinação final adequada.

Portanto, considerando que para a referida etapa de destinação final devem estar disponíveis apenas REEEs irrecuperáveis, a contratação de empresas PSAs, especializadas no tratamento desses resíduos, é a alternativa mais adequada para o modelo de gerenciamento proposto. Para tanto, é necessário, evidentemente, que a empresa contratada atenda aos critérios ambientais previstos para essa atividade, tanto legal quanto técnicos, tais como: licenças de operação tanto do transporte quanto do destino final, plano de ação com a comprovação da destinação de cada resíduo, certificação ambiental, entre outros.

Após o processo decisório de destinação final dos resíduos (REEEs irrecuperáveis), encerra-se o gerenciamento interno na IES e inicia o processo de gerenciamento externo. Dessa forma, o modelo proposto presume a intenção de fechamento do ciclo com o retorno dos materiais ao segmento produtivo por meio da reciclagem dos resíduos. Essa alternativa de destinação evita a extração de recursos naturais, exclui a possibilidade de disposição final de resíduos perigosos em aterros e minimiza potenciais impactos negativos ao meio ambiente.

2.6 Considerações sobre o Modelo de Gerenciamento de REEEs Proposto

No Brasil, a PNRS estabelece a obrigatoriedade de estruturação e implementação de sistemas de logística reversa para a cadeia produtiva de equipamentos eletroeletrônicos. Esse sistema é definido como um instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010). Porém, a implementação de um sistema de logística reversa depende de regulamentação (leis, decretos e normas), acordos setoriais ou termos de compromisso. Diante dessas circunstâncias, embora haja iniciativas e negociações para a implantação de logística reversa para REEEs, o sistema ainda não está estabelecido de forma definitiva no país. Em virtude dessa situação, o modelo proposto não contempla atividades relacionadas à destinação via logística reversa.

Além disso, outra consideração acerca do modelo proposto é que, embora sua aplicação seja recomendada tanto para IESs públicas quanto para privadas, suas especificidades devem ser consideradas previamente. Essas especificidades estão relacionadas a questões administrativas constantes nos processos de aquisição de produtos e contratação de serviços. As IESs públicas devem considerar ainda, o cumprimento do Decreto nº 9.373 de 2018, o qual dispõe sobre a alienação, a cessão, a transferência, a destinação e a disposição final ambientalmente adequada de bens móveis no âmbito da administração pública federal direta, autárquica e fundacional (BRASIL, 2018).

Para concluir, é importante considerar que o modelo proposto está focado, principalmente, no aspecto ambiental relacionado ao gerenciamento de REEEs, com o intuito de minimizar os impactos negativos ao longo de toda a sua cadeia. No entanto, é importante considerar as demais questões referentes ao desenvolvimento sustentável, realizando análises de viabilidade financeira, bem como verificando os impactos (positivos e negativos) gerados à sociedade.

2.7 Conclusão

O presente estudo propôs um modelo de gerenciamento de REEEs para IESs, como forma de contribuir para o planejamento e a implantação de novos sistemas de gerenciamento, bem como para o aperfeiçoamento de sistemas existentes. Para tanto, o método utilizado para a realização da pesquisa foi uma revisão sistemática de literatura (RSL) sobre estudos relacionados ao gerenciamento de REEEs em IESs brasileiras e de outros países.

A RSL resultou em 25 artigos específicos sobre o tema, dos quais foram extraídos 23 estudos. A primeira análise desses estudos permitiu constatar que os REEEs gerados em IESs estão inseridos na categoria: equipamentos de TI e comunicação. Essa classificação em uma categoria específica foi importante porque possibilitou o direcionamento de uma proposta de gerenciamento de REEEs para IESs, tendo em vista a existência de mais de dez categorias distintas para REEEs. Na sequência, a partir da caracterização e apresentação de uma síntese de cada estudo, foram identificadas dez etapas necessárias para o gerenciamento efetivo de REEEs em IESs: aquisição sustentável; manutenção (preventiva e corretiva); solicitação de coleta; logística interna; armazenamento; triagem; acondicionamento; reutilização (interna e/ou externa à IES); descaracterização; e destinação final.

A análise dessas etapas permitiu identificar a explicitação da sua existência, a recomendação de implantação, ou a explicitação de não existência por parte dos autores, em cada estudo. A etapa com maior destaque, destinação final, está presente na maioria dos estudos (17 dos 23 analisados), correspondendo a 74%. A sua importância está relacionada ao fato de que é nela que ocorre o processo decisório quanto ao encaminhamento dos resíduos gerados, refletindo em maior ou menor impacto ao meio ambiente. A alternativa de realização de leilão é a destinação final mais praticada pelas IESs analisadas (39%). No entanto, apesar da facilidade e das vantagens financeiras, essa alternativa deveria ser evitada, tendo em vista a impossibilidade de rastreamento dos REEEs, por parte das IESs geradoras. A etapa de menor destaque, entre os 23 estudos, é a de descaracterização dos resíduos, identificada em apenas um estudo (4%). Uma possível justificativa para a baixa adesão dessa etapa pode estar relacionada ao fato de que, para a sua execução é necessário, além de um espaço físico

adequado, uma equipe técnica especializada para a realização das atividades. Logo, para a implantação dessa etapa é necessária uma análise criteriosa sobre a sua viabilidade técnica e financeira.

Diante dos resultados obtidos nessa análise, foi proposto um modelo de gerenciamento de REEEs para IESs, composto por dois sistemas: (i) sistema de gerenciamento de EEE e (ii) sistema de gerenciamento de REEE. O primeiro tem início na aquisição do equipamento eletroeletrônico até o momento em que o mesmo não tem mais função para a unidade geradora da IES, contemplando as etapas de aquisição sustentável; manutenção (preventiva e corretiva); e solicitação de coleta. O segundo tem seu começo na coleta do equipamento (REEE), disponibilizado na etapa anterior, até sua destinação final, considerando as etapas de logística interna; armazenamento; triagem; acondicionamento; reutilização (interna e/ou externa à IES); descaracterização; e destinação final.

A partir do modelo de gerenciamento de REEEs desenvolvido, espera-se que o mesmo seja utilizado por IESs públicas e privadas como referência para o planejamento da implantação de novos sistemas de gerenciamento, bem como para o aperfeiçoamento de sistemas existentes. Entretanto, é necessário verificar as especificidades de cada IES, como dotação orçamentária, pessoal e exigências legais as quais estão submetidas. Devem ser considerados ainda, os fluxos e processos dentro de cada IES, visto que possuem complexidades diferentes.

Com base no exposto, é possível concluir que o modelo pode ser considerado uma alternativa sustentável para o adequado gerenciamento de REEEs em IESs, contribuindo para a redução dos impactos ambientais negativos associados. Por outro lado, infere-se que o modelo deve ser avaliado por especialistas da área a fim de confirmar sua viabilidade e robustez. Dessa maneira, considerando essa proposta, espera-se que as IESs sejam capazes de avaliar os seus próprios impactos e sistematizar de forma efetiva e eficiente a gestão dos seus REEEs.

Como pesquisas futuras, sugere-se uma aplicação prática do modelo proposto, de maneira a verificar a sua consistência em uma aplicação real. Por fim, sugere-se que seja realizada uma análise entre as potenciais alternativas de destinações ambientalmente adequadas de REEEs irrecuperáveis, para a identificação daquelas alternativas que gerem menor impacto ambiental negativo e que contribuam para as premissas da economia circular.

Referências

- AGAMUTHU, P.; KASAPO, P.; NORDIN, N.A.M. E-waste flow among selected institutions of higher learning using material flow analysis model. **Resources, Conservation and Recycling**, v.105, p.177-185, 2015.
- AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – ABDI. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos: Análise de Viabilidade Técnica e Econômica**, 2013.
- ALVES, A. R. Responsabilidade ambiental: os benefícios de um sistema de gestão ambiental (SGA) em instituições de ensino superior (IES). **Revista da Universidade de Ibirapuera**, São Paulo, n.13, p.24-33, 2017.
- ALVES, D. S. **O descarte dos equipamentos de informática da Universidade de São Paulo: um estudo sobre o CEDIR-USP e as empresas receptoras dos resíduos eletrônicos**. 2015. 148 f. Dissertação (Mestre em Administração) – Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade Municipal de São Caetano do Sul, São Caetano do Sul, 2015.
- ANDRADE, R. T. G.; FONSECA, C. S. M.; MATTOS, K. M. C. Geração e destino dos resíduos eletrônicos de informática nas faculdades e universidades de Natal – RN. In: xxx Encontro Nacional de Engenharia de Produção Maturidade e Desafios da Engenharia de Produção: competitividade das empresas, condições de trabalho, meio ambiente. 2010, São Carlos **Anais...** São Carlos – SP, 2010.
- ASSIS, T. C.; MARCUSSO, N. T. Logística reversa de resíduos eletroeletrônicos: o caso CEDIR. **Revista Tecnológica da Fatec Americana**, v.2, n.2, p.22-36, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16156**: Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos – Requisitos para atividade de manufatura reversa. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14001**: Sistemas de gestão ambiental – Requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 20400**: Compras Sustentáveis. Rio de Janeiro, 2017.
- BABBIT, C. W.; WILLIAMS, E.; KAHHAT, R. Institutional disposition and management of end-of-life electronics. **Environmental Science & Technology**, v.45, p.5366–5372, 2011.

BARRETO, C. A. A. Logística reversa dos resíduos dos equipamentos eletroeletrônicos: análise do consumo e pós – consumo dos computadores da Universidade Federal de Pernambuco. **Revista Pernambucana de Tecnologia**, Recife, v. 3, n. 3, p. 23–31, 2015.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. **Lei n. 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF, 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 10 março 2017.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. **Decreto n. 99.658**, de 30 de outubro de 1990. Regulamenta, no âmbito da Administração Pública Federal, o reaproveitamento, a movimentação, a alienação e outras formas de desfazimento de material. Brasília, DF, 1990. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/antigos/d99658.htm>. Acesso em: 20 abril 2017.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. **Decreto n. 9.373**, de 11 de maio de 2018. Dispõe sobre a alienação, a cessão, a transferência, a destinação e a disposição final ambientalmente adequadas de bens móveis no âmbito da administração pública federal direta, autárquica e fundacional. Brasília, DF, 2018. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9373.htm#art18>. Acesso em: 20 maio 2018.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Instrução Normativa n. 1**, de 19 de janeiro de 2010. Dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional e dá outras providências. Brasília, DF, 2010. Disponível em:<<http://www.comprasnet.gov.br/legislacao/legislacaoDetalhe.asp?ctdCod=295>>. Acesso em: 15 setembro 2017.

CARVALHO, T. C. M. B.; XAVIER, L. H. **Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos – uma abordagem prática para a sustentabilidade**. 1 ed. Rio de Janeiro. Elsevier, 2014.

CAVALCANTE, V. M. R. M.; ARAÚJO, B. D. L.; MENEZES, J. W. M. TI Verde: estudo de caso e propostas de práticas sustentáveis no IFCE. In: Encontro de Iniciação Científica Toledo – Faculdades Integradas Antônio Eufrásio de Toledo. Presidente Prudente – SP. **Anais..** v. 8, n. 8, 2012. Presidente Prudente, 2012.

CHIBUNNA, J. B.; SIWAR, C.; BEGUM, R. A.; MOHAMED, A. F. The challenges of e-waste management among institutions: a case study of UKM. **Procedia – Social and Behavioral Sciences**, v.59, p.644 – 649, 2012.

CONFORTO, E. C.; AMARAL, D. C.; SILVA, S. L. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. In: 8º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto – CBGDP, 2011, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2011.

CONTO, S. M. **Gestão de Resíduos em Universidades**. 1 ed. Caxias do Sul. EDUCS, 2010.

CRUZ, J. A. R.; CARVALHO, E. H. Diagnóstico dos resíduos sólidos da Universidade Federal de Goiás. In: 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES, 2009, Recife. **Anais...** Recife, 2009.

DAVIS, G.; WOLSKI, M. E-waste and the sustainable organization: Griffith University's approach to e-waste. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v.10, n 1, p.21-32, 2009.

DELGADO, C. C. Propuesta de implementación de un sistema de gestión ambiental para campus universitario. **Poliantea**, Bogotá, v.2, n.3, 2005.

FERREIRA, L. F. F.; JUNIOR, F. R. L. Gestão de resíduos em instituições de ensino superior: um estudo de caso sobre o gerenciamento de resíduos de computadores, lâmpadas, pilhas e baterias. XXII Simpósio de Engenharia de Produção – SIMPEP: Política Nacional de Inovação e Engenharia de Produção Bauru, 2015 **Anais...** Bauru – SP, 2015.

FRANÇA, F. C. C.; MORALES, G.; SALES, M. V. S. Revisão do tratamento sustentável do lixo eletrônico em IES: estudo de caso. **Agenda Social**, v.4, n.2, p.44-58, 2010.

FROIO, P. J.; SILVA, A. C. N.; PALAVER, D.; ESTEVES, M. S. R.; CASTRO, R. Práticas sustentáveis em serviços educacionais: uma comparação público-privada à luz da agenda de administração pública (A3P). In: xxxvi Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2016, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa, 2016.

GALLARDO, A.; EDO-ALCÓN, N.; CARLOS, M.; RENAU, M. The determination of waste generation and composition as an essential tool to improve the waste management plan of a university. **Waste Management**, v.53, p.3-11, 2016.

GAMA, E. F.; VASCONCELLOS, J. M. S.; MACHADO, A. L. S. A logística reversa do lixo eletrônico: um estudo de caso no Instituto Federal do Amazonas – Campus Manaus Distrito Industrial. **Nexus Revista de Extensão do IFAM**, v.2, n.2, p.61-69, 2016.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5 ed. São Paulo. Atlas, 2010.

GOMES, A. S. T.; SOUZA, L. A.; YAMANE, L. H.; SIMAN, R. R. Quantification of e-waste: a case study in Federal University of Espírito Santo, Brazil. World Academy of Science, Engineering and Technology, **International Journal of Environmental and Ecological Engineering**, v.11, n.2, 2017.

JUNIOR, F. R. L.; OIKO, O. T. Caracterização e proposta de destinação dos computadores que compõem os resíduos de equipamentos eletro-eletrônicos da Universidade Estadual de Maringá. In: XVIII Encontro Anual de Iniciação Científica – EAIC, 2009. Londrina. **Anais...** Londrina, 2009.

KAPPES, A. R.; SOMAVILLA, E. A.; RAMÍREZ, R. J. M. G.; CECONI, D. E. Estudo de caso da Gestão dos resíduos eletroeletrônicos na Universidade Federal de Santa Maria. 5º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente, 2016. Bento Gonçalves. **Anais..** Bento Gonçalves, 2016.

LERTCHAIPRASERT, P.; WANNAPIROON, P. Study of e-waste management with Green ICT in Thai higher education institutions. **International Journal of e-Education, e-Business, e-Management and e-Learning**, v.3, n.3, p.239-243, 2013.

LINDE, K.; WILLICH, S. N. How objective are systematic reviews? Differences between reviews on complementary medicine. **Journal of the Royal Society of Medicine**, v.96, p.17-22, 2003.

LÖBLER, M. L.; SILVA, B. G.; POZZOBON, D. M.; GOMES, C. M. Strategic orientation towards sustainable innovation: a case study in a brazilian university. **Journal of Technology Management & Innovation**, v.7, p.196-206, 2012.

MACEDO, D. H.; PAGLIARINI, P. C.; FALSETTA, A. O lixo eletrônico na UNICAMP: estudo de caso sobre as oportunidades ainda não exploradas. **Revista Ciências do Ambiente On-Line**, v.8, n.1, p.28-33, 2012.

MAGNAGO, P. F.; ECHEVESTE, M. Caracterização de um modelo mínimo para o PDS por meio de uma revisão sistemática de literatura. In: 8º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto – CBGDP, 2011. Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2011.

ODHIAMBO, B. D. Generation of e-waste in public universities: the need for sound environmental management of obsolete computers in Kenya. **Waste Management**, v. 29, p. 2787-2790, 2009.

PAES, C. E.; BERNARDO, M.; LIMA, R. S.; LEAL, F. Management of waste electrical and electronic equipment in brazilian public education Institutions: implementation through action research on a university campus. **Systemic Practice and Action Research**, v.30, p. 377–393, 2017.

PANIZZON, T.; REICHERT, G. A.; SCHNEIDER, V. E. Avaliação da geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEEs) em uma universidade particular. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.22, n.4, p.625-635, 2017.

PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO. **Diretiva 2012/19/EU**. Relativa aos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE). Reformulação. Jornal Oficial da União Europeia. 2012. Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012L0019&from=PT>>. Acesso em: 30 março 2017.

REIDLER, N. M. V. L. **Resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos em instituições de ensino superior: estudo de caso e diretrizes para a gestão integrada**. 2012. 210 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2012.

RIBEIRO, E.; LOZANO, M. Análise da armazenagem de resíduos eletrônicos da Faculdade de Tecnologia da Zona Leste. In: XI Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 2015. Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2015.

SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, São Carlos, v.11, n.1, p.83-89, 2007.

SANTOS, C. A. F.; NASCIMENTO, L. F. M.; NEUTZLING, D. M. A gestão dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) e as consequências para a sustentabilidade: as práticas de descarte dos usuários organizacionais. **Revista Capital Científico**, v.12, n.1, 2014.

SANTOS, M. K.; DANILEVICZ, A. M. F.; TUBINO, R. M. C. Environmental service providers assessment: A multi-criteria model applied to industrial waste. **Journal of Cleaner Production**, v.159. p.374-387, 2017.

SIGRIST, C. S. L.; FONSECA, L. F. B.; VEIGA, J. M.; PAIVA, J. M. F.; MORIS, V. A. S. Desenvolvimento de ponto de coleta de resíduos eletroeletrônicos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – UFSM**, Santa Maria, v.19, n.2, p. 1423-1438, 2015.

SOUZA, F. H. N.; SOARES, I. A.; LUCAS, L. E. F. Gerenciamento dos resíduos sólidos de informática de uma instituição de ensino superior. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v.6, n.1, p.361-377, 2017.

TAUCHEN, J.; BRANDLI, L. L. A gestão ambiental em instituições de ensino superior: modelo para implantação em campus universitário. **Gestão & Produção**, v.13, n.3, p.503-515, 2006.

TAUCHEN, J.; BRANDLI, L. L.; FRANDOLOSO, M. A. L.; RODRIGUES, F. B. Proposição de um modelo de gestão ambiental: aplicação na Faculdade de Horizontina – FAHOR. In: I Encontro Latino Americano de Universidades Sustentáveis (ELAUS) – Universidades Sustentáveis, Possibilidades e Desafios. 2008, Horizontina. **Anais... Horizontina**, 2008.

XAVIER, L. H.; BARRETO, C. A.; TRAJANO, K. A gestão de materiais pós-consumo em instituições públicas: estudo de caso dos resíduos tecnológicos na Universidade Federal de Pernambuco. In: 7º Fórum Internacional de Resíduos Sólidos: Resíduos Sólidos e Mudanças Climáticas. 2016, Porto Alegre. **Anais... Porto Alegre**, 2016.

ZANTA, V. M.; OLIVEIRA, C. C. A.; QUEIROZ, L. M. Análise dos entraves à gestão sustentável de resíduos de tecnologia da informação na Universidade Federal da Bahia. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v.4, n.2, p.232-251, 2016.

3 ARTIGO 2: IMPLANTAÇÃO DE UM MODELO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR

Resumo

Entre os resíduos sólidos gerados nas Instituições de Ensino Superior, estão os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, predominantemente da categoria ‘equipamentos de TI e comunicação’. Em razão do volume de geração desses resíduos, de suas características e potenciais impactos relacionados, justifica-se a relevância das ações de gestão sistêmica. Diante disso, esta pesquisa tem por objetivo o planejamento da implantação de um modelo de gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos em uma Instituição Pública de Ensino Superior: a Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Para tanto, no primeiro estágio do trabalho, o modelo previamente proposto foi avaliado por seis especialistas e ajustado de acordo com a avaliação realizada. O método utilizado consistiu na realização de entrevistas e análise de conteúdo com o auxílio do *software* de Pesquisa Qualitativa Facilitada (SQR NVIVO). Essa avaliação resultou na alteração das seguintes etapas do modelo: aquisição sustentável, solicitação de coleta, armazenamento e descaracterização. Além disso, foi adotada uma etapa complementar, a de aquisições via recursos de projetos; bem como uma atividade sistêmica ao processo de gerenciamento: a educação ambiental. No segundo estágio, após avaliação e adequação, o modelo de gerenciamento foi aplicado, como estudo de caso, na Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Essa aplicação foi realizada por meio de uma análise comparativa entre o processo de gerenciamento existente na Instituição e o proposto no modelo. Assim sendo, com base nas informações obtidas em entrevistas com *stakeholders* internos, foram identificadas as etapas existentes, parcialmente existentes e inexistentes na Universidade. No terceiro estágio, a partir dos resultados do estágio anterior, utilizando a ferramenta de gestão 5W2H, foi proposto um plano de ação para a complementação das etapas identificadas como ‘parcialmente existentes’ e para implantação das etapas identificadas como ‘inexistentes’. Por fim, verificou-se que o modelo pode sustentar, de forma satisfatória, o gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, considerando a efetiva execução das etapas e atividades propostas. Adicionalmente, o modelo pode contribuir, como referência, para a implantação ou melhorias de sistemas de outras Instituições de Ensino.

Palavras-chave: Equipamentos de TI e comunicação, IES Pública, Entrevistas.

3.1 Introdução

A complexidade das atividades desenvolvidas em Instituições de Ensino Superior (IESs) tem como consequência impactos ambientais tão significativos quanto os resultantes de pequenas cidades (PACHECO et al., 2018). Entre esses potenciais impactos, estão os relacionados à geração de resíduos sólidos. Conforme Bringhenti et al. (2018), as IESs, sejam elas públicas ou privadas, são consideradas grandes geradoras de resíduos e consomem valiosos recursos humanos, financeiros e ambientais para uma gestão adequada dos mesmos. Nesses locais, os principais resíduos sólidos gerados são: comuns (recicláveis, orgânicos e rejeitos), químicos, eletroeletrônicos, de serviços de saúde e de construção civil (MINOTTO et al., 2018).

Em relação aos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEEs), conforme Agamuthu et al. (2015), a sua geração é expressiva nas IESs, principalmente, por meio de computadores e de impressoras. Esses REEEs, classificados na categoria equipamentos de TI e comunicação (PARLAMENTO EUROPEU, 2012), representam, de um modo geral, quase metade (44,4%) do total de REEEs gerados no âmbito das IESs (PANIZZON et al., 2017). A caracterização desses resíduos está associada a uma ampla e complexa composição de materiais, incluindo metais pesados com potenciais riscos de contaminação, bem como materiais recicláveis e metais nobres, os quais apresentam alto valor agregado (PEREIRA et al., 2017; DIAS et al., 2018). Por outro lado, as IESs são locais importantes para desenvolver soluções inovadoras para os problemas da sociedade, como os gerados por REEEs, não apenas através da pesquisa, mas também com a criação de novas políticas de gestão (FREIRE; BORTOLETO, 2018).

Nesse contexto, a gestão de REEEs pode ser considerada um dos fatores determinantes para agregar sustentabilidade às Instituições. A construção dessa estratégia de gestão requer uma perspectiva global, envolvendo todos os *stakeholders* ao longo do processo (PACHECO et al., 2018). Para isso, é necessário estabelecer um modelo de gerenciamento de REEEs que contemple um conjunto de etapas, desde a aquisição dos equipamentos até a destinação final dos resíduos. Nessa última etapa, é fundamental que o processo decisório seja apropriado, com base na responsabilidade compartilhada do gerador. Além disso, recomenda-se que o plano de gerenciamento esteja baseado em uma escala de prioridade, tal como aquela prevista na Política Nacional de Resíduos Sólidos: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010).

Dessa maneira, a implantação de um processo de gerenciamento de REEEs, baseado em um modelo sistêmico que abarque um conjunto de etapas, pode ser uma alternativa interessante a

ser adotada pelas IESs, em virtude da magnitude que o problema representa para as mesmas. Vale ressaltar que, embora as demandas para solução desse problema sejam semelhantes entre as IESs públicas e privadas, existem especificidades quanto ao atendimento da legislação. O gerenciamento de REEEs nas IESs públicas deve estar embasado na legislação prevista para a Administração Pública, como a lei que regulamenta normas para licitações e contratos – Lei 8.666/1993 (BRASIL, 1993), bem como o decreto que dispõe sobre a alienação, a cessão, a transferência, a destinação e a disposição final ambientalmente adequada de bens – Decreto 9.373/2018 (BRASIL, 2018). Entre essas IESs está a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), que representa de forma efetiva as IESs públicas brasileiras, considerando as atividades desenvolvidas e, conseqüentemente, a geração de REEEs.

Diante do exposto, o presente artigo tem por objetivo o planejamento para a implantação de um modelo de gerenciamento de REEEs em uma IES – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). O referido modelo, previamente proposto no artigo ‘Proposição de um modelo de gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos para instituições de ensino superior’, contempla um conjunto de etapas e foi desenvolvido em complemento aos existentes na literatura (DAVIS; WOLSKI, 2009; JUNIOR; OIKO, 2009; ODHIAMBO, 2009; ANDRADE et al., 2010; FRANÇA et al., 2010; BABBITT et al., 2011; CAVALCANTE et al., 2012; CHIBUNNA et al., 2012; LÖBLER et al., 2012; MACEDO et al., 2012; LERTCHAIPRASERT; WANNAPIROON, 2013; ASSIS; MARCUSSO, 2014; SANTOS et al., 2014; AGAMUTHU et al., 2015; BARRETO, 2015; FERREIRA; JUNIOR, 2015; RIBEIRO; LOZANO, 2015; GAMA et al., 2016; KAPPES et al., 2016; XAVIER et al., 2016; ZANTA et al., 2016; GOMES et al., 2017; PAES et al., 2017; PANIZZON et al., 2017; SOUZA et al., 2017). Quanto aos resultados da pesquisa e sua contribuição, espera-se que a implantação do modelo seja efetivamente realizada na UFRGS e que o mesmo possa servir de referência para a implantação ou melhorias de sistemas de outras IESs brasileiras.

O artigo está estruturado em cinco seções. Na primeira, introdução, é apresentado o problema de pesquisa, bem como questões norteadoras do trabalho. Na segunda seção são apresentados os referenciais teóricos da pesquisa, envolvendo a gestão integrada de REEEs a partir de sua definição, classificação, caracterização, formas de gerenciamento e legislação aplicável. Na terceira seção são apresentados os procedimentos metodológicos, desdobrando-se em cenário, classificação e método. Na quarta seção são evidenciados os resultados e discussões referentes à implantação do modelo de gerenciamento de REEEs na IES. Na quinta, e última, seção são apresentadas as considerações finais e as sugestões de trabalhos futuros.

3.2 Gestão Integrada de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) define a gestão integrada de resíduos sólidos como um conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, sob a premissa do desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2010). A complexidade dos REEEs em relação às suas características e impactos decorrentes justifica a necessidade dessa gestão, uma vez que possibilita a minimização de potenciais impactos negativos e estimula o retorno de benefícios socioambientais e econômicos (NETO et al., 2017).

Nesse contexto, a gestão integrada de resíduos pode ser compreendida em macroescala, a qual ocorre nas cidades com o atendimento dos geradores domiciliares; bem como em microescala, contemplando os geradores institucionais, como as IESs (REIDLER, 2012). Diante disso, a gestão integrada de REEEs será explorada nesta seção por meio da definição, classificação e caracterização dos REEEs, e em seguida, das formas de gerenciamento e legislação aplicável.

3.2.1 Definição, Classificação e Caracterização dos REEEs

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define os REEEs como equipamentos eletroeletrônicos, partes e peças que chegaram ao final da sua vida útil ou cujo uso foi descontinuado. Para tanto, são considerados equipamentos eletroeletrônicos (EEEs), aqueles que dependem de corrente elétrica ou campo eletromagnético para funcionar, bem como os que geram, transferem ou medem correntes e campos magnéticos (ABNT, 2013). Em virtude da quantidade expressiva de equipamentos contemplados por essa definição, evidencia-se a necessidade de classificá-los em categorias.

No âmbito da pesquisa, a classificação mais utilizada atualmente é da Diretiva nº 19 de 2012 da Comunidade Europeia (PARLAMENTO EUROPEU, 2012), a qual estabelece as seguintes categorias de EEE: eletrodomésticos de grande porte; eletrodomésticos de pequeno porte; equipamentos de TI e comunicação; equipamentos de consumo e painéis fotovoltaicos; equipamentos de iluminação; ferramentas eletroeletrônicas; equipamentos de lazer, esporte e brinquedos; equipamentos médicos; instrumentos de monitoramento e controle; caixas de autoatendimento; outros. Essa classificação é utilizada igualmente para os REEEs, tendo em vista sua definição. É importante ressaltar que tais categorias variam de acordo com a origem de geração: domiciliares ou institucionais (REIDLER, 2012; RODRIGUES et al., 2015).

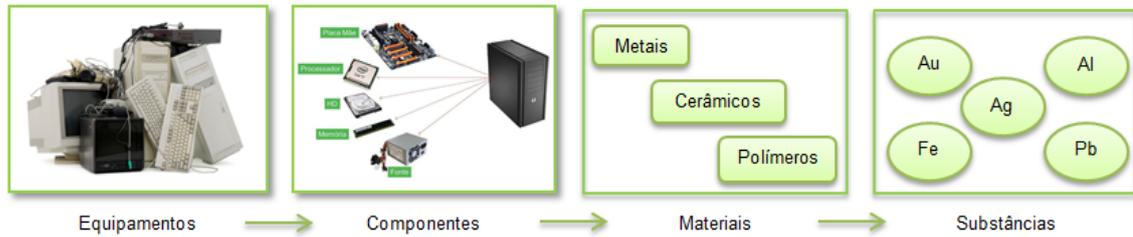
No amplo e diverso conjunto de estabelecimentos institucionais, estão as IESs, que em razão de suas atividades são consideradas grandes geradoras de REEE, predominantemente, da

categoria ‘equipamentos de TI e comunicação’ (PANIZZON et al., 2017). Entre os REEEs contemplados por essa categoria, destacam-se: impressoras, computadores pessoais, microcomputadores, *laptop*, calculadoras, aparelho de fax, *netbook*, celular, telefone, *tablet*, entre outros (PARLAMENTO EUROPEU, 2012). A geração desse tipo de resíduo cresceu de forma significativa nos últimos anos como consequência direta do avanço tecnológico aliado ao desenvolvimento de produtos com reduzido ciclo de vida (AZEVEDO, 2017). Entre as potenciais causas para a evidente redução do ciclo de vida dos equipamentos, e consequente geração de resíduos, estão à obsolescência programada (ou planejada) e à perceptiva. A obsolescência programada ocorre, por exemplo, em razão do processo de incompatibilização das peças de reposição; e a perceptiva por meio de ações publicitárias de incentivo a constante substituição dos equipamentos (ROSSINI; NASPOLINI, 2017).

Além da quantidade, a composição dos REEEs reforça a necessidade de sua gestão adequada. De acordo com Moraes et al. (2014), a composição desses resíduos pode ser dividida, de um modo geral, em materiais: metálicos; cerâmicos; e poliméricos. Os materiais metálicos são constituídos por metais preciosos (ouro, prata, paládio e platina), metais base (cobre, alumínio, níquel, estanho, zinco e ferro) e metais tóxicos (mercúrio, berílio, índio, chumbo, cádmio, arsênio e antimônio). Os materiais cerâmicos, presentes principalmente nos capacitores dos equipamentos, são compostos por sílica, alumina, óxidos alcalinos, alcalinos-terrosos e outros óxidos. Por fim, os materiais poliméricos que são utilizados na parte externa de teclados, mouses, monitores e gabinetes, estão presentes na forma de polímeros: ABS, HIPS e PVC, entre outros. Assim, verifica-se que os REEEs contêm inúmeras substâncias diferentes, sendo algumas de alto valor econômico, como ouro, prata e platina; e outras com potencial de dano ao meio ambiente e à saúde humana, a exemplo dos metais pesados (GOUVEIA et al., 2014). A Figura 4, a seguir, representa uma exemplificação da composição dos REEEs.

Quanto aos potenciais riscos ao meio ambiente, os REEEs são classificados como perigosos – Classe I, de acordo com a NBR 10.004:2004 (ABNT, 2004) em razão de componentes químicos que conferem periculosidade. Ainda assim, de acordo com a diretriz técnica da Fundação Estadual de Proteção Ambiental nº 03/2016 (DIRTEC FEPAM, 2016), os REEEs poderão ser gerenciados como resíduos não perigosos – Classe II, exclusivamente nas etapas anteriores a separação de seus componentes, tendo em vista que nessas circunstâncias não há exposição aos materiais constituintes perigosos.

Figura 4 – Representação exemplificada da composição dos REEEs.



Fonte: autora

3.2.2 Gerenciamento de REEEs e Legislação Aplicável

De acordo com Pacheco et al. (2018), uma forma efetiva de implantar a gestão integrada de resíduos sólidos é por meio do planejamento e da execução de sistemas de gerenciamento. De maneira geral, a PNRS define o gerenciamento de resíduos sólidos como o conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010). Assim sendo, o gerenciamento pode ser entendido como o conjunto de procedimentos técnico e operacional empregado na gestão dos resíduos. Durante o planejamento, as etapas do gerenciamento são adaptadas para cada situação, considerando os resíduos sólidos gerados, bem como a origem de geração (domiciliares ou institucionais). Em relação aos geradores institucionais, tais como as IESs, o gerenciamento pode ser dividido em interno e externo, com o intuito de separar as etapas que ocorrem dentro e fora da instituição (MINOTTO et al., 2018). É válido ressaltar que tanto o gerenciamento interno, quanto o processo decisório para o gerenciamento externo, são cruciais para a gestão adequada dos resíduos.

Quanto aos REEEs, o gerenciamento interno deve prever inclusive etapas anteriores à geração propriamente dita do resíduo. A aquisição de bens e serviços com previsão de requisitos de sustentabilidade pode ser considerada, por exemplo, uma importante etapa inicial do processo de gerenciamento (ANDRADE et al., 2010; BABBITT et al., 2011; ASSIS; MARCUSSO, 2014; XAVIER et al., 2016; ZANTA et al., 2016). A manutenção dos equipamentos também pode ser vista como uma potencial etapa, considerando sua capacidade de prolongar a vida útil dos equipamentos e minimizar a geração de REEEs (ODHIAMBO, 2009; FERREIRA; JUNIOR., 2015; SOUZA et al., 2017). Quando considerado REEE, as etapas de logística interna e armazenamento são igualmente relevantes para o processo de gerenciamento interno, uma vez que evitam a disposição inadequada dos resíduos e, conseqüentemente, os impactos

decorrentes (BABBITT et al., 2011; RIBEIRO; LOZANO, 2015). Segundo Assis e Marcusso (2014), a etapa de triagem contribui para a qualidade dos REEEs, a partir de sua separação em categorias, enquanto que o condicionamento e a reutilização contribuem para a geração de impactos positivos, do ponto de vista ambiental e econômico. Para os REEEs irrecuperáveis, uma alternativa interessante é a etapa de descaracterização, que consiste em remover os dados e a identificação dos equipamentos, desmontar e segregar os componentes por tipo de material (ASSIS; MARCUSSO, 2014).

O gerenciamento externo, por sua vez, inicia a partir do processo decisório para a destinação dos REEEs, que de acordo com Xavier et al. (2014), depende de uma série de critérios para se aproximar do modelo considerado ideal, pressupondo o fechamento do ciclo com o retorno de materiais ao segmento produtivo. Para tanto, emprega-se a reciclagem/processamento dos REEE, que consiste na extração dos materiais constituintes, transformando-os em matérias-primas secundárias, que serão reintegradas ao processo produtivo (KUNRATH; VEIT, 2015). Nesse sentido, a pesquisa de Kohl e Gomes (2018) sobre a caracterização física e química de REEEs (somente computadores) e sua reciclabilidade constatou que 96,66% dos materiais analisados são potencialmente recicláveis. De forma similar, a pesquisa de Kunrath e Veit (2015), identificou, a partir de dados de empresas do setor, o percentual de reciclagem de 92% para computadores; 90% para celulares; e 78% para impressoras. Portanto, verifica-se que a reciclagem de REEEs promove a reinserção dos materiais ao segmento produtivo, reduzindo a extração de matérias-primas naturais para a fabricação de novos produtos e minimizando os impactos ambientais negativos relacionados.

Em relação à regulamentação dos REEEs, a União Europeia estabeleceu um importante marco com a aprovação das Diretivas 2002/96/CE (*Waste from Electrical and Electronic Equipment – WEEE*) e 2002/95/CE (*Restriction of Hazardous Substances – RoHS*). A primeira baseia-se nas políticas de responsabilidade estendida do produtor e tem como objetivo reduzir a geração de REEEs, com o estabelecimento de sistemas de Logística Reversa (LR) e outras formas de valorização do resíduo. A segunda, por sua vez, criou restrições quanto ao uso de substâncias químicas nos equipamentos eletroeletrônicos, como forma de amenizar seus impactos ambientais ao atingirem o tempo de vida útil (XAVIER et al., 2017). Posteriormente, essas diretivas foram substituídas pelas Diretivas 2012/19/EU e 2011/65/EU respectivamente. A partir dessas legislações, diversos países estabeleceram regulamentos similares sobre diretrizes para a gestão de REEEs, entre os quais, EUA, China, Japão e Coreia do Sul (ZENG et al., 2017).

No Brasil, o marco para a gestão de REEEs foi a Lei 12.305/2010, que institui a PNRS, e estabelece os critérios para a implantação da Logística Reversa – LR (BRASIL, 2010). Para a viabilização desses sistemas sob a responsabilidade compartilhada e gerida pelos produtores, um conjunto de regras deve ser estabelecido via Acordos Setoriais e/ou outros instrumentos. Além disso, existem duas normas técnicas a respeito da gestão de REEEs: a ABNT NBR 15.833 de 2010, sobre a manufatura reversa de refrigeradores; e a ABNT NBR 16.156 de 2013, que versa sobre a manufatura reversa de equipamentos eletroeletrônicos em geral. Assim como a Lei 12.305/2010, que prevê a Logística Reversa, tais normas brasileiras são pioneiras na América Latina. No entanto, embora essas regulamentações sejam consideradas fundamentais para a gestão de REEE no Brasil e sigam de modelo para outros países; verifica-se a necessidade de estabelecer de forma prática suas ações, principalmente o sistema de LR (XAVIER; LINS, 2018).

3.3 Procedimentos Metodológicos

Esta seção contempla os procedimentos metodológicos aplicados no estudo, desdobrando-se em cenário de pesquisa, classificação da pesquisa e método de pesquisa.

3.3.1 Cenário de Pesquisa

O presente estudo tem como cenário de pesquisa a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), localizada no estado do Rio Grande do Sul, que está entre as mais conceituadas IESs Públicas do Brasil. A UFRGS é considerada uma IES de grande porte, conta com cinco *campi* e diversas unidades isoladas, onde circulam aproximadamente 40 mil pessoas por dia. Nesses espaços, são desenvolvidas diversas atividades relacionadas à pesquisa, ao ensino e à extensão, bem como atividades administrativas e de infraestrutura. Essas atividades estão fortemente providas por recursos, serviços e equipamentos eletroeletrônicos. Devido a esse perfil, a UFRGS, assim como a maioria das IESs brasileiras, é considerada grande geradora de REEEs – predominantemente da categoria equipamentos de TI e comunicação – representada por diversos produtos, tais como: impressoras, microcomputadores, telefone, entre outros.

A ampla geração de REEEs nas IESs, bem como a sua composição por diferentes materiais e substâncias, evidenciam a necessidade de uma proposta de gerenciamento. Por outro lado, os fluxos e processos existentes nas IESs possuem uma significativa complexidade devido a sua estrutura fragmentada em inúmeros setores, departamentos, entre outros. Além disso, as IESs Públicas, como a UFRGS, possuem especificidades relacionadas ao modo de efetuar compras

e de contratar serviços, bem como o modo de destinar os bens, os quais devem estar alinhados com legislações próprias da Administração Pública.

Nesse contexto, a UFRGS representa muitas IESs públicas brasileiras de grande porte, tanto na geração de REEEs quanto na complexidade dos processos existentes. Para tal, realiza ações relacionadas à gestão de REEEs, entretanto, as mesmas ocorrem de maneira isolada, sem a concatenação de um sistema de gerenciamento. Dessa maneira, esse conjunto de fatores justifica o desafio associado à sistematização de um modelo de gerenciamento de REEEs. Para tanto, essa sistematização foi estudada de forma pontual na UFRGS, representando de forma efetiva as demais IESs.

3.3.2 Classificação da Pesquisa

O presente estudo foi desenvolvido na área de conhecimento da engenharia, envolvendo análises qualitativas. Quanto à finalidade, trata-se de uma pesquisa de natureza aplicada, com vistas à resolução de problemas práticos da sociedade, especificamente no âmbito das IESs.

Os objetivos dessa pesquisa são de caráter exploratório, buscando planejar a implantação de um modelo de gerenciamento de REEEs em uma IES. Para tanto, os procedimentos técnicos empregados na pesquisa envolveram: entrevistas com especialistas e *stakeholders* e estudo de caso (GIL, 2010). O método de pesquisa que contempla esses procedimentos é apresentado no próximo subitem.

3.3.3 Método de Pesquisa

O trabalho foi desenvolvido em três estágios, conforme o Quadro 5 e descrição a seguir.

Quadro 5 – Representação do método de pesquisa

Estágio	Objetivo	Métodos Empregados	Resultados Esperados
1	Avaliação e adequação de um modelo de gerenciamento de REEEs	Entrevistas com especialistas e análise de conteúdo	Novo modelo de gerenciamento de REEEs para IESs
2	Aplicação do modelo proposto em uma IES Pública	Entrevistas com <i>stakeholders</i> e análise comparativa entre o sistema de gerenciamento da IES e o proposto no modelo	Diagnóstico das etapas 'existentes', 'parcialmente existentes' e 'inexistentes' na IES
3	Elaboração de um plano de ação para implantação do modelo proposto	Ferramenta de gestão 5W2H	Síntese das ações necessárias para a complementação e implantação das etapas na IES

3.3.3.1 Avaliação e Adequação de um Modelo de Gerenciamento de REEEs

O primeiro estágio do método de pesquisa objetivou a avaliação e potencial adequação de um modelo de gerenciamento de REEEs para IESs, previamente proposto. O referido modelo foi desenvolvido no artigo ‘Proposição de um modelo de gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos para instituições de ensino superior’ e contempla dez etapas de gerenciamento, com início na aquisição dos equipamentos e término na destinação final dos resíduos.

Para tanto, primeiramente foram realizadas entrevistas com especialistas para avaliação do modelo. São considerados especialistas, nesta pesquisa, os profissionais atuantes na gestão ambiental de IESs. O convite para a participação da pesquisa ocorreu através de carta-convite (Apêndice A), direcionada aos responsáveis por setores ou departamentos de gestão ambiental das IESs. Assim sendo, foram convidadas sete relevantes IESs da região metropolitana de Porto Alegre – RS, bem como outras duas importantes IESs localizadas em outras regiões do estado do Rio Grande do Sul e uma do estado de São Paulo, totalizando dez IESs brasileiras. Dessa forma, a amostra foi não-probabilística, visto que a definição dessas IESs foi baseada na representatividade das mesmas em nível regional, estadual e nacional, respectivamente.

Os especialistas, participantes da pesquisa, foram entrevistados presencialmente ou via *Skype*. Inicialmente foi apresentado e explicado o funcionamento do modelo de gerenciamento de REEEs proposto. Na sequência, foram realizadas as perguntas, seguindo um roteiro de entrevistas semi-estruturado (Apêndice B), de forma a obter a opinião de cada especialista acerca da consistência e viabilidade do modelo. Para a análise de conteúdo, os dados foram explorados no *software* de Pesquisa Qualitativa Facilitada SQR NVIVO – versão 12. Após a análise, foram realizados potenciais ajustes nos sistemas propostos, resultando em um novo modelo de gerenciamento de REEEs para IESs.

3.3.3.2 Aplicação do Modelo Proposto em uma IES Pública

O segundo estágio visou à aplicação do modelo de gerenciamento de REEEs proposto em uma IES Pública: a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). As características dessa IES, definida como estudo de caso, estão detalhadas no cenário de pesquisa.

A aplicação do modelo consistiu na realização de uma análise comparativa entre o processo de gerenciamento atual da IES e o proposto no modelo. Para tanto, foram obtidas informações sobre o processo existente na UFRGS a partir de entrevistas com *stakeholders* internos. Para a realização das entrevistas, utilizou-se um roteiro de questões focadas nas atividades realizadas

pelos setores/departamentos (Apêndice C). As entrevistas transcorreram nos seguintes locais da UFRGS: Departamento de Governança de TI do Centro de Processamento de Dados; Setor de Suporte do Departamento da Engenharia de Produção; e Departamento de Patrimônio e Almoxarifado Central. Diante dessas informações, obteve-se um diagnóstico das etapas existentes, parcialmente existentes e inexistentes na UFRGS.

3.3.3.3 Elaboração de um Plano de Ação para Implantação do Modelo Proposto

O terceiro estágio consistiu na elaboração de um plano de ação para a implantação do modelo de gerenciamento proposto na UFRGS. Para tanto, foi utilizada a ferramenta de gestão 5W2H, cuja aplicação tem como finalidade auxiliar no planejamento de atividades, potencializando as condições de execução (PALADINI, 2009). A sigla 5W2H vem do idioma inglês e significa: *What* (o que); *Who* (quem); *Where* (onde); *When* (quando); *Why* (por que); *How* (como); *How much* (quanto custa). Dessa forma, com base nessa ferramenta, foi elaborada uma síntese das ações que devem ser consideradas e executadas para a implantação das etapas ‘inexistentes’ e para a complementação das etapas ‘parcialmente existentes’ na UFRGS.

3.4 Resultados e Discussões

Os resultados e discussões estão subdivididos em: proposta de modelo de gerenciamento de REEEs para IESs; diagnóstico do processo de gerenciamento de REEEs na UFRGS; e plano de ação para implantação do modelo de gerenciamento de REEEs na UFRGS.

3.4.1 Proposta de Modelo de Gerenciamento de REEEs para IESs

Das dez IESs convidadas, seis participaram efetivamente da pesquisa, sendo quatro públicas e duas privadas. No Quadro 6, estão as principais informações dos especialistas entrevistados. A qualificação dos especialistas ocorreu pela identificação de sua formação de origem, da área de atuação (setor/departamento) na IES, do seu cargo e do tempo de atuação nesse cargo.

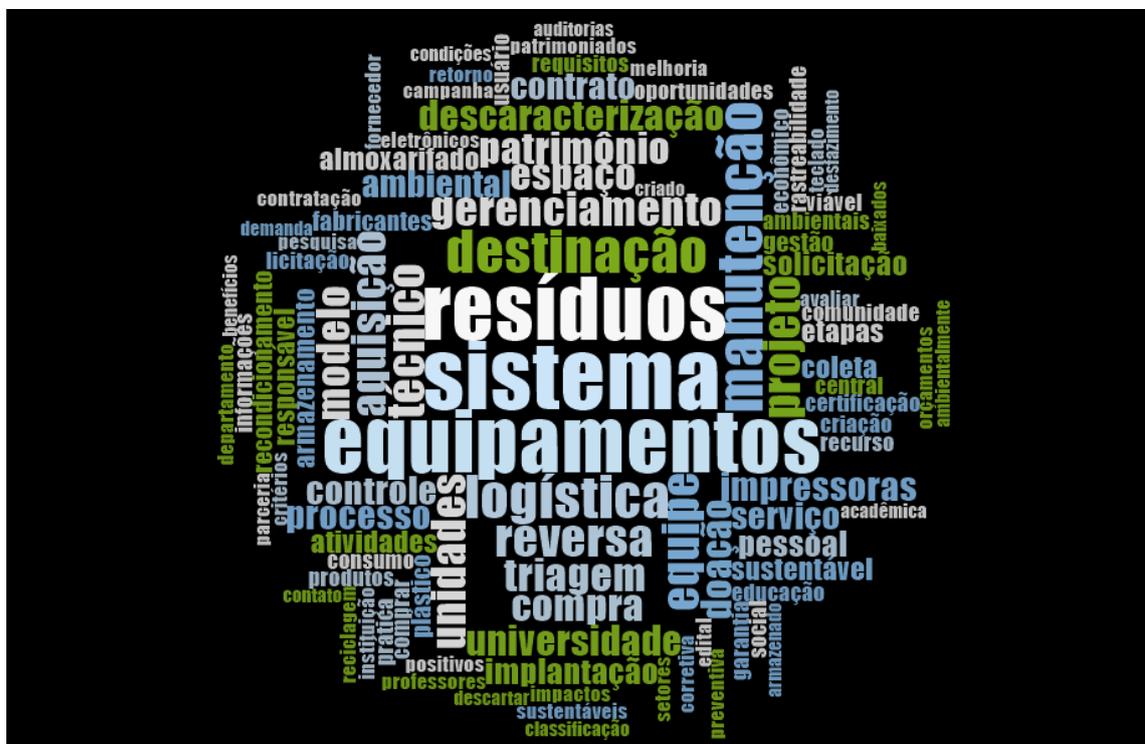
Quadro 6 – Dados dos especialistas entrevistados

IES	Modalidade	Formação	Área de atuação na IES	Cargo	Tempo
Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial do Rio Grande do Sul (SENAC-RS)	privada	Relações Internacionais	Senac Sustentabilidade	Assistente Administrativo	5 anos
Universidade de São Paulo (USP)	pública	Gestão Ambiental	Centro de Descarte e Reúso de Resíduos de Informática (CEDIR)	Assistente Administrativo	7 anos
Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)	privada	Administração	Sistema de Gestão Ambiental (SGA)	Assistente Administrativo	15 anos
Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA)	pública	Farmácia	Gerência de Laboratórios	Farmacêutico	1 ano
Universidade Federal de Pelotas (UFPEL)	pública	Engenharia Ambiental	Planejamento Ambiental	Engenheiro	13 anos
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)	pública	Engenharia Química	Planejamento Ambiental	Engenheiro	6,5 anos

Fonte: autora

Os dados obtidos nas entrevistas foram analisados, utilizando como ferramenta, o *software* de Pesquisa Qualitativa Facilitada SQR NVIVO – versão 12. Os termos frequentemente citados nas entrevistas foram reunidos em uma ‘nuvem de palavras’ (Figura 5) gerada pelo *software*. Dessa forma, a avaliação do modelo procedeu a partir da análise dos termos mais citados nas entrevistas e, posteriormente, do conteúdo das entrevistas na íntegra. Diante dessa avaliação, foi possível concluir que os especialistas são unâimes quanto à efetividade do modelo. Ainda assim, foram apontados potenciais ajustes nas etapas propostas e atividades associadas, com o intuito de qualificar o modelo proposto. Essas adequações são citadas e detalhadas a seguir.

Figura 5 – Representação gráfica dos termos frequentemente citados nas entrevistas



Fonte: Elaborado pelo *software* SQR NVIVO

Considerando o modelo previamente proposto (Figura 3), as etapas de manutenção, logística interna, triagem, recondicionamento, reutilização e destinação final não receberam sugestões de melhorias, dessa maneira, foram mantidas conforme proposta inicial. Por outro lado, nas etapas de aquisição sustentável, solicitação de coleta, armazenamento e descaracterização foram sugeridas melhorias, consideradas para a proposta definitiva. Além disso, foi adotada uma etapa complementar ao modelo, a de aquisições via recursos de projetos; bem como uma atividade sistêmica ao processo de gerenciamento de REEEs: a educação ambiental.

Iniciando a apresentação das contribuições e sugestões de melhorias, a etapa de **aquisição sustentável**, foi interpretada pelos especialistas como uma das principais do modelo proposto.

A relevância dessa etapa está relacionada ao fato de que as decisões de aquisições de uma organização (pública ou privada), não afetam exclusivamente a organização, mas também a economia, o meio ambiente e a sociedade a qual está inserida. Assim sendo, essa etapa é mantida com o intuito de orientar os gestores a buscar o equilíbrio entre a economicidade e a redução de potenciais impactos negativos, por meio de um conjunto de requisitos ambientais. De acordo com os especialistas, os requisitos devem estar objetivamente definidos, veiculados como especificação técnica do objeto, considerando as possibilidades de oferta no mercado. No caso das IESs Públicas, em que os contratos são realizados via licitação, os requisitos exigidos devem manter resguardado o caráter competitivo do certamente, em conformidade com a Lei 8.666/1993 (BRASIL, 1993); e no que tange a contratação de bens e serviços de informática, especificamente, o Decreto 7.174/2010 (BRASIL, 2010). Por outro lado, vale constar que o Decreto 9.178/2017 (BRASIL, 2017), complementar a ‘Lei de Licitações’ (8.666/1993 – BRASIL, 1993), prevê a intenção de promover o desenvolvimento nacional sustentável nas contratações realizadas pela administração pública federal. Nesse Decreto, são estabelecidos critérios e práticas gerais de sustentabilidade, visando à contratação de bens e serviços com baixo impacto ambiental. Assim, com base no exposto, reafirma-se que as IESs Públicas possuem condições legais para adotar os requisitos ambientais propostos no modelo. Para tanto, o termo de referência ou documento equivalente para contratação deve prever os meios de comprovação e verificação de tais requisitos.

De forma a complementar essa etapa, foi incluído o requisito de comprovação de ‘eficiência energética’ mediante certificação Energy Star da *Environmental Protection Agency* (EPA). A Energy Star é um programa voluntário de certificação, vinculado a Agência de Proteção Ambiental dos EUA, destinado a identificar e promover os produtos energeticamente eficientes, com vistas à economia e a minimização de potenciais impactos ambientais negativos. Em relação às fontes de alimentação para computadores, a certificação 80 PLUS, da *Ecos Consulting*, garante equipamentos com 80% ou mais de eficiência energética, quando comparadas a fontes sem a referida certificação. Assim, essa certificação também deve ser mencionada como um requisito para a aquisição de equipamentos de TI e comunicação.

Ainda em relação à aquisição sustentável, durante as entrevistas, levantou-se a hipótese de inclusão da logística reversa nos termos de referência ou documento equivalente. No entanto, em razão da variedade e complexidade dos produtos pertinentes à categoria dos equipamentos eletroeletrônicos, o acordo setorial para a implementação desse sistema ainda não foi estabelecido no Brasil, existindo, apenas, alguns termos de compromisso, estaduais (GIESE et

al., 2018). Ainda assim, esse tema foi amplamente debatido nas entrevistas, tendo em vista a obrigatoriedade da logística reversa para REEEs, prevista na Lei 12.305/2010 (BRASIL, 2010). Entretanto, além de não estar difundido esse sistema no país de forma concreta, o Decreto 9.373/2018 (BRASIL, 2018), que dispõe sobre as modalidades de movimentação, destinação e disposição final de bens no âmbito da administração pública federal, não prevê a logística reversa como alternativa para os REEEs. O referido Decreto prevalece até disposição em contrário em acordo setorial ou norma superveniente. Logo, embora haja grande interesse das IESs em inserir a logística reversa no modelo apresentado, por ora essa alternativa não é legalmente factível para as IESs públicas. Quanto as IESs privadas, apenas o SENAC-RS realizou, de forma experimental, a aquisição de equipamentos de TI com a previsão de logística reversa pós-consumo. No entanto, quando os equipamentos adquiridos tornaram-se REEEs, não havia mais vínculo contratual entre a IES e o fornecedor, o que inviabilizou o retorno dos REEEs ao fabricante. Portanto, embora as IESs privadas não possuam entraves quanto à legislação de desfazimento de bens, é necessário consultar as empresas que realizam de forma individual a logística reversa e firmar um contrato específico ou aguardar acordo setorial. Concluindo sobre a etapa de aquisição sustentável, uma alternativa é a certificação de produto para os equipamentos adquiridos pela IES, que atendam aos critérios ambientais definidos. Nesse contexto, o exemplo mais significativo é o Selo Verde da USP, o qual é atribuído a todos os equipamentos adquiridos pela IES que atendam aos requisitos de desempenho ambiental, previamente definidos no edital. Mesmo impactando de forma indireta, considerando que o Selo Verde é voluntário, ele incentiva os fornecedores a se comprometerem com a sustentabilidade ambiental de seus equipamentos fornecidos à IES. Assim sendo, sugere-se de forma adicional, a elaboração e a aplicação de uma certificação de produto que assegure o atendimento dos requisitos de sustentabilidade ambiental propostos.

Em relação à etapa de **solicitação de coleta**, verificou-se a necessidade de classificar os itens a serem recolhidos, em duas categorias: operacional ou não operacional. O equipamento operacional é aquele que o usuário decide destinar apenas por estar ocioso na Unidade, sem apresentar problemas de funcionamento. Enquanto que o equipamento não operacional é o que efetivamente é considerado REEE para a Unidade. Dessa forma, sugere-se que no formulário de solicitação de coleta, imediatamente ao lado de cada item a ser recolhido, sejam incluídas essas duas alternativas (Figura 6). Na sequência, durante a coleta, os equipamentos devem ser identificados fisicamente nas duas categorias. Essa classificação possibilita que os itens sejam segregados, previamente, na fonte geradora. Para a especialista da USP, essa

separação irá otimizar a etapa de triagem, realizada na central de armazenamento, uma vez que os equipamentos operacionais podem ser armazenados imediatamente como ociosos.

Figura 6 – Classificação dos itens na solicitação de coleta

Item	Operacional	Não operacional
Item x	●	
Item y		●
Item z	●	

Fonte: autora

Quanto à etapa de **armazenamento**, a especialista da UFCSPA questionou sobre a existência e o atendimento de normas técnicas aplicáveis. De maneira geral, o armazenamento de resíduos sólidos perigosos (Classe I) deve ser realizado em conformidade com a NBR 12.235:1992 (ABNT, 1992) enquanto que o armazenamento de resíduos sólidos não perigosos (Classe II) deve atender a NBR 11.174:1990 (ABNT, 1990). Considerando que os REEEs íntegros são classificados como Classe II, uma vez que não há exposição aos possíveis constituintes perigosos, o armazenamento dos mesmos deve atender os requisitos básicos previstos na última. Especificamente sobre o armazenamento de REEEs, a Diretriz Técnica nº 03/2016 da FEPAM, estabelece algumas orientações que devem ser adotadas no processo. Para o ‘gerador não domiciliar’, que inclui as IESs, o armazenamento deve considerar os seguintes critérios (FEPAM, 2016): ser em local específico, sinalizado, identificado, com acesso restrito, telhado de cobertura, sobre piso e paredes de alvenaria; e ser considerado como parte integrante do licenciamento ambiental da atividade principal do empreendimento, observando a competência legal quanto ao órgão ambiental responsável. Ainda sobre a etapa de armazenamento, em relação ao acondicionamento dos REEEs, a referida Diretriz recomenda que seja realizada em conformidade com o tipo e formato de REEE; e de forma a assegurar sua integridade, sendo proibida a quebra, prensagem ou qualquer outro processo físico objetivando a redução de volume. Dessa forma, esses critérios também foram inseridos no modelo definitivo, objetivando a melhoria do sistema proposto.

Sobre a etapa de **descharacterização** dos REEEs irre recuperáveis, houve convergência entre os seis especialistas, pois apesar de estar prevista para acontecer na USP (Projeto CEDIR), esta etapa pode ser terceirizada em função de não manter sua viabilidade econômica. Isto se deve ao fato de requerer um investimento significativo com equipe, infraestrutura e equipamentos. Por outro lado, atualmente, existem programas e/ou prestadores de serviços ambientais (PSAs) que realizam esta etapa dentro do seu escopo de atuação. Um exemplo de programa

que pode suprir as demandas das IESs localizadas no Rio Grande do Sul é o SUSTENTARE. Esse programa, adotado pela UFSM, realiza o gerenciamento dos REEEs via projetos sociais. Entre esses projetos, está o serviço de descaracterização dos REEEs, realizado por mulheres do Presídio Feminino Madre Pelletier. Essa alternativa, além de ser positiva do ponto de vista ambiental e econômico, contribui para a inclusão social, sendo essa ação um dos princípios da sustentabilidade, requerida neste modelo. Dessa forma, objetivando o processo decisório referente à destinação ambientalmente adequada, economicamente viável e socialmente positiva dos REEEs irrecuperáveis, sugere-se a terceirização da etapa de descaracterização, como gerenciamento externo. Para tanto, é necessário que a IES, por meio de sua Consultoria Jurídica, estabeleça um acordo contratual que garanta a efetividade da descaracterização, bem como a posterior destinação adequada dos resíduos. Conforme previsto no modelo, essa destinação adequada implica na contratação de Prestadores de Serviços Ambientais (PSAs), a fim de garantir a devida reciclagem dos resíduos. Assim, efetiva-se o fechamento do ciclo, a partir do retorno dos materiais ao segmento produtivo, corroborando com a economia circular. O processo de eliminação de dados internos dos REEEs irrecuperáveis, previstos inicialmente nesta etapa, passa a ser realizado na etapa de triagem.

Em relação às demais etapas, os especialistas foram unânimes quanto à sua relevância para o gerenciamento ambientalmente adequado de REEEs, com destaque para as etapas de triagem e condicionamento. De acordo com a especialista da Unisinos, essas etapas evitariam a destinação final de aproximadamente 60% dos REEEs gerados pela IES, tendo em vista que essa quantidade de REEEs poderia ser enquadrada como ‘recuperável’ e, conseqüentemente, recondicionada. Apesar das potenciais necessidades de recursos e investimentos, essas etapas objetivam impactos positivos significativos por meio da minimização da geração de resíduos na fonte, considerada como um dos princípios da gestão ambiental. Além disso, a implantação dessas etapas evita a destinação final de REEEs, por meio de leilão e doação, sem a devida rastreabilidade, sendo que essa atividade é imprescindível para assegurar a responsabilidade do gerador, estabelecida na PNRS (BRASIL, 2010).

Além dos equipamentos adquiridos com recursos próprios das IES, há, também, os obtidos por meio de recursos financeiros oriundos de projetos financiados por órgãos de fomento ao desenvolvimento científico e tecnológico. Como a aquisição desses equipamentos é realizada a partir da especificação desenvolvida pela equipe executora do projeto, cabe a IES orientar a forma de realização. Assim sendo, o conjunto de requisitos previstos na etapa de aquisição sustentável deve ser igualmente utilizado para os equipamentos adquiridos via projetos. Para

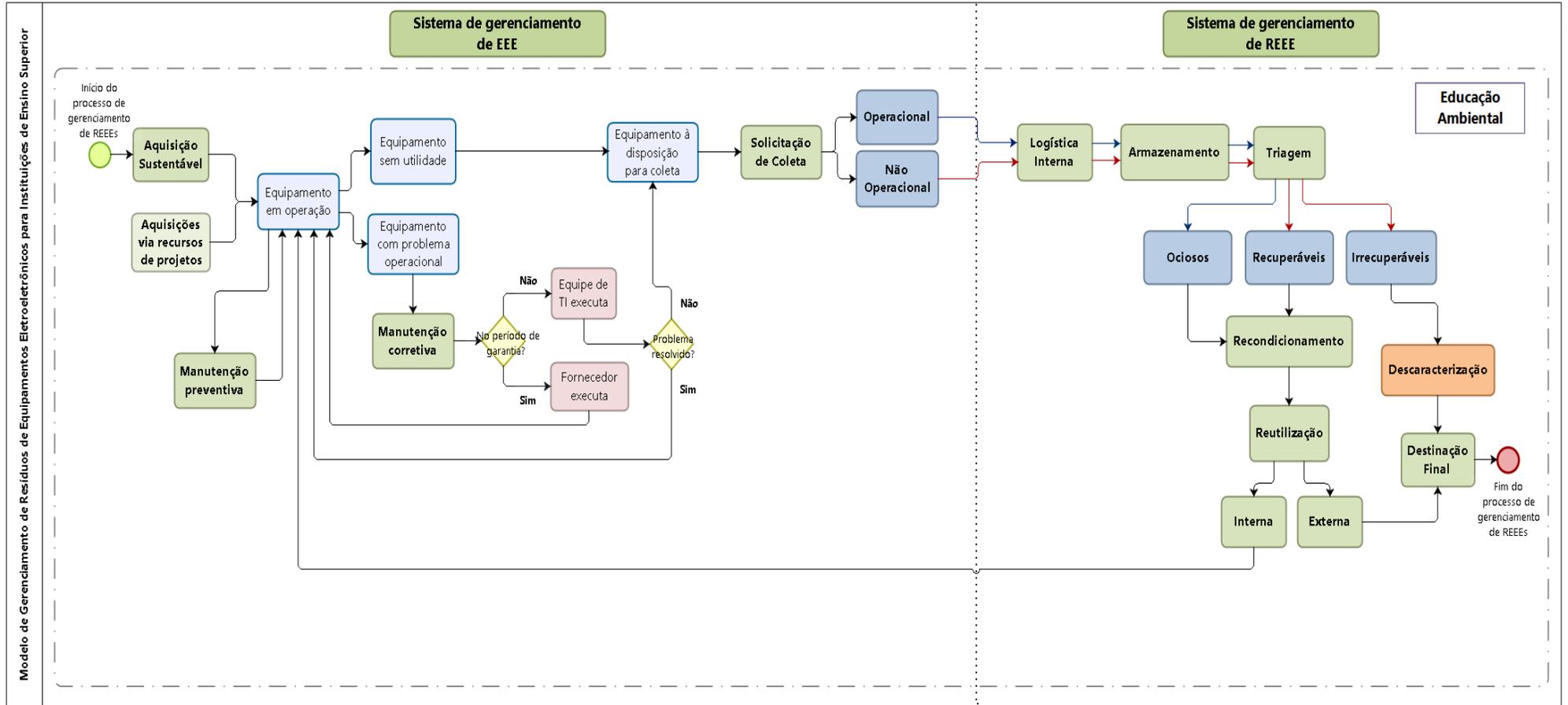
tanto, foi incluída uma etapa complementar ao modelo, denominada **aquisições via recursos de projetos**, como forma de padronizar as especificações dos equipamentos utilizados na IES. Após a aquisição, os equipamentos são utilizados na IES e registrados como patrimônio de terceiros até ser efetivado o termo de doação para a IES. Na sequência, o gerenciamento segue as mesmas etapas previstas para os produtos adquiridos diretamente pela IES.

Por fim, concluindo a análise de conteúdo das entrevistas, verificou-se a necessidade de implantar, de forma simultânea ao gerenciamento de REEEs, uma atividade sistêmica de **educação ambiental**. Essa atividade visa: (i) a conscientização da comunidade acadêmica sobre o gerenciamento dos REEEs; (ii) a orientação das unidades acadêmicas e de apoio sobre as etapas do modelo proposto; e (iii) o desenvolvimento de práticas a serem adotadas para o uso consciente de equipamentos de TI e comunicação. Diante disso, listam-se as atividades propostas para o programa de educação ambiental:

- Educação formal por meio de palestras, debates, seminários e oficinas com o intuito de promover a conscientização da comunidade acadêmica: sobre os impactos negativos ao meio ambiente e à saúde humana, relacionados ao descarte inadequado dos REEEs; a respeito da legislação ambiental pertinente; quanto à responsabilidade dos atuantes da cadeia, inclusive do gerador; sobre os benefícios sociais, ambientais e econômicos decorrentes da gestão correta dos REEEs; entre outros.
- Elaboração e divulgação de uma cartilha informativa que contemple a descrição de todas as etapas do modelo e os setores/departamentos responsáveis pela realização de cada etapa. Além disso, o manual deve conter os procedimentos a serem adotados pelo usuário, gerador de REEE, de forma a otimizar o compartilhamento de informação e conhecimento.
- Realização de campanha para o uso consciente dos equipamentos, tais como: desligar os equipamentos e os periféricos diretamente na tomada ou no filtro de linha para evitar o consumo desnecessário de energia, pelo sistema de *stand-by*; ajustar os equipamentos para fazer um uso econômico e racional da energia, quando esta função estiver disponível; ajustar as configurações de energia para que o equipamento entre em hibernação quando não estiver sendo usado; realizar upgrade de memória em função de novos programas instalados, etc.

Diante do exposto, propõe-se uma nova estrutura para o modelo de gerenciamento de REEEs proposto para IESs (Figura 7). O conjunto de atividades previstas para cada etapa do modelo de gerenciamento proposto está representado, de forma resumida, no Quadro 7. A etapa de aquisição sustentável, que possui uma série de requisitos, foi detalhada à parte (Quadro 8).

Figura 7 – Modelo definitivo de gerenciamento de REEEs para IESs



Quadro 7 – Resumo de atividades propostas para cada etapa do modelo de gerenciamento de REEEs

Gerenc.	Etapa	Subetapa	Atividade	Detalhamento
Gerenciamento Interno	(i) Sistema de Gerenciamento de EEE			
	 Aquisição Sustentável		Planejamento da contratação a partir da inserção de requisitos de sustentabilidade ambiental nas especificações de bens e serviços relacionados a equipamentos eletroeletrônicos	Requisitos detalhados no Quadro 8.
	 Manutenção	Preventiva	Ação proativa e sistemática de manutenção	Atualização do sistema operacional; atualização de softwares; atualização de programas de antivírus, firewall e anti-spyware; Limpeza dos componentes; Desinstalação de programas desnecessários para o usuário.
		Corretiva	Correção de problemas detectados pelo usuário	Equipamento no período de garantia: fornecedor é responsável pela manutenção ou substituição; Equipamento fora do período de garantia: setor de TI da IES é responsável pela manutenção.
	 Solicitação de Coleta		Padronização e informatização do sistema	A responsabilidade patrimonial do bem (equipamento) é transferida do usuário (Unidade) para o setor responsável por gerenciar os REEEs na IES. Nessa etapa, o equipamento é classificado em categoria (Figura 6) antes de ser coletado.
	(ii) Sistema de Gerenciamento de REEE			
	 Logística Interna		Coleta dos REEEs nas Unidades e o seu transporte até a central de armazenamento	Equipe responsável realiza a coleta dos REEEs nas unidades geradoras a partir de agendamento prévio e o transporte até a central de armazenamento.
	 Armazenamento		Centralização dos REEEs em um local específico e adequado	Local específico, sinalizado, identificado, com acesso restrito, telhado de cobertura, sobre piso impermeável e paredes de alvenaria; Deve ser parte integrante do licenciamento ambiental da atividade principal do empreendimento, observando a competência legal quanto ao órgão ambiental responsável; Acondicionamento em conformidade com o tipo e formato de REEE e de forma a assegurar sua integridade, sendo proibida a quebra, prensagem ou qualquer outro processo físico objetivando a redução de volume; Acondicionamento em estantes verticais, separados por categorias: CPUs, monitores, periféricos menores, entre outros.
	 Triagem		Avaliação e classificação dos REEEs	Os REEEs são avaliados quanto ao funcionamento; Os componentes dos REEEs são separados em ociosos, recuperáveis e irre recuperáveis.
	 Recondicionamento		Composição de um equipamento completo, em condições de operação, a partir dos REEEs ociosos e recuperáveis.	Os componentes recuperáveis são analisados e recondicionados; Na sequência, esses componentes são rearranjados para compor um novo equipamento.
 Reutilização	Interna	Reutilização dentro da IES	Os REEEs ociosos e recondicionados são disponibilizados para uso dentro da IES;	
	Externa	Reutilização fora da IES	Os REEEs ociosos e recondicionados são doados ou emprestados para outras instituições quando não há interesse da IES.	
Gerenciamento Externo	 Descaracterização		Separação mecânica das partes integrantes dos REEEs, objetivando, dessa forma, a sua reciclagem.	As placas de identificação dos itens são removidas; Os REEEs são desmontados, tendo seus componentes separados por tipo de material (placas-mãe, placas de fonte de alimentação, peças metálicas, peças plásticas, entre outros); Por último, esses resíduos são acondicionados, separadamente, por categorias (tipo de material).
	 Destinação Final		Destinação ambientalmente adequada, economicamente viável e socialmente positiva dos REEEs irre recuperáveis.	Fechamento do ciclo com o retorno dos materiais ao segmento produtivo por meio da reciclagem dos resíduos.
Gerenc. Interno	Educação Ambiental			
	Essa atividade visa: (i) a conscientização da comunidade acadêmica sobre o gerenciamento dos REEEs; (ii) a orientação das unidades acadêmicas e de apoio sobre as etapas do modelo proposto; e (iii) o desenvolvimento de práticas a serem adotadas para o uso consciente de equipamentos de TI e comunicação.			

Fonte: autora

Quadro 8 – Requisitos previstos para a etapa de aquisição sustentável

	Requisito	Evidência	Base Legal	Justificativa
Produto	Desempenho ambiental e social relacionados ao gerenciamento de substâncias, seleção de materiais, <i>design</i> , tempo de vida útil, eficiência energética, embalagem, avaliação do ciclo de vida e pegada de carbono, entre outros.	Certificação EPEAT	Art. 7º da Lei 12.305/2010 (BRASIL, 2010)	Garante que o produto adquirido esteja em conformidade com relevantes critérios socioambientais
	Constituído no todo ou em parte, por material reciclado, atóxico, biodegradável, conforme ABNT NBR – 15448-1 e 15448-2	Certificação EPEAT ou auto declaração	IN 01/2010 (MPOG, 2010)	Evita a geração de impactos ambientais negativos
	Sustentável ou de menor impacto ambiental em relação aos seus similares	Certificação do INMETRO	IN 01/2010 (MPOG, 2010)	Evita a geração de impactos ambientais negativos
	Acondicionado em embalagens individuais adequadas, com o menor volume possível, e composta por material reciclável	Certificação EPEAT ou auto declaração	IN 01/2010 (MPOG, 2010)	Reduz a geração de resíduos e possibilita a reciclagem dos mesmos
	Não contenha substâncias perigosas em concentração acima da recomendada na diretiva RoHS da União Européia	Certificação EPEAT ou auto declaração	IN 01/2010 (MPOG, 2010)	Evita a geração de impactos ambientais negativos
	Eficiência energética do equipamento	Certificação Energy Star ou EPEAT	Lei 10.295/2001 (BRASIL, 2001)	Uso racional de energia
	Eficiência energética da fonte	Certificação 80 PLUS	Lei 10.295/2001 (BRASIL, 2001)	Uso racional de energia
Fornecedor	Conformidade com práticas ambientais estabelecidas por meio de Sistema de Gestão Ambiental	Certificação ISO 14001	Art. 7º da Lei 12.305/2010 (BRASIL, 2010)	Garante que o fornecedor possui responsabilidade ambiental
	Estabelecimento de prazo de garantia estendido do produto (três a cinco anos)	Estabelecido em contrato	Lei 12.305/2010 (BRASIL, 2010)	Permite a manutenção corretiva dos equipamentos durante parte do seu período de uso, evitando a geração de REEEs
	Contratação do serviço de locação de impressoras	Estabelecido em contrato	Lei 12.305/2010 (BRASIL, 2010)	Permite a substituição de produtos por serviços, resultando na minimização da geração de resíduos

Fonte: autora

3.4.2 Diagnóstico do Processo de Gerenciamento de REEEs na UFRGS

A partir das entrevistas com os *stakeholders* internos à UFRGS, foram reunidas informações acerca da gestão dos REEEs. Essas informações permitiram uma análise comparativa entre o processo de gerenciamento existente na UFRGS e o proposto no modelo. Assim sendo, com base nas etapas e atividades do modelo desenvolvido, foram identificadas aquelas: existentes, parcialmente existentes e inexistentes na UFRGS (Quadro 9).

A UFRGS realiza a aquisição de equipamentos eletroeletrônicos (TI e comunicação) de duas maneiras: com recursos próprios e via recursos de projetos financiados por órgãos de fomento ao desenvolvimento científico e tecnológico. Diante disso, primeiramente, foi realizado um diagnóstico do processo de aquisição com recursos próprios a partir de entrevista conjunta com três servidores do Departamento de Governança de TI do Centro de Processamento de Dados (CPD) da IES. Verificou-se que, de maneira geral, o processo de planejamento da contratação de soluções de TI consiste na instituição de uma equipe que, por sua vez, realiza o estudo técnico preliminar e a elaboração do termo de referência.

Quadro 9 – Diagnóstico do processo de gerenciamento de REEEs na UFRGS

Gerenc.	Sistema	Etapa	Existente na IES	Parcialmente Existente na IES	Inexistente na IES
Gerenciamento Interno	Gerenciamento de EEE	Aquisição Sustentável		✓	
		Aquisição Sustentável (via recursos de projetos)		✓	
		Manutenção		✓	
		Solicitação de Coleta		✓	
	Gerenciamento de REEE	Logística Interna	✓		
		Armazenamento	✓		
		Triagem			✓
		Recondicionamento			✓
		Reutilização			✓
Descaracterização				✓	
Gerenciamento Externo		Destinação Final		✓	
Gerenciamento Interno	Educação Ambiental	(i) conscientização da comunidade acadêmica sobre o gerenciamento dos REEEs; (ii) orientação das unidades acadêmicas e de apoio sobre as etapas do modelo proposto; e (iii) desenvolvimento de práticas a serem adotadas para o uso consciente de equipamentos de TI e comunicação.			✓

Fonte: autora

Dessa forma, primeiramente é instituído e aprovado o corpo técnico responsável por elaborar o estudo técnico preliminar e o termo de referência. O estudo técnico preliminar tem início com a definição e especificação das necessidades e a avaliação das soluções disponíveis e do custo relacionado. Na sequência, é definida e justificada a escolha da solução de tecnologia da informação que será contratada. Esse mesmo estudo prevê ainda os benefícios esperados, os recursos necessários, bem como a análise de riscos e da viabilidade da contratação. Após a aprovação do estudo técnico preliminar, é elaborado o termo de referência. Esse documento é requisito básico para as contratações realizadas na administração pública federal. Entre os

elementos constantes no termo de referência, destacam-se: o objeto da contratação; a justificativa da contratação; a descrição da solução de TI (equipamentos); a especificação técnica; os deveres e responsabilidades da contratada; o modelo de execução e gestão do contrato; e os critérios de seleção do fornecedor. No campo ‘especificação técnica’ de cada equipamento, são detalhados todos os seus componentes, o desempenho requerido, as licenças de uso de *softwares*, a garantia e as certificações. Nesses últimos itens foram identificados os seguintes requisitos de caráter ambiental, exigido no edital:

- O modelo de fonte fornecido deve estar cadastrado no site www.80plus.com na categoria Platinum ou superior, em nome do fabricante do equipamento;
- O equipamento deve ser comprovadamente aderente à portaria 170/2012 do INMETRO no que se refere a segurança para o usuário e instalações, compatibilidade eletromagnética e **consumo de energia**. Será aceita a comprovação dos requisitos da portaria 170/2012 do INMETRO por intermédio da certificação **EPEAT**;
- Comprovação de que nenhum dos equipamentos fornecidos contém substâncias perigosas como mercúrio (Hg), chumbo (Pb), cromo hexavalente (Cr(VI)), cádmio (Cd), bifenil polibromados (PBBs), éteres difenil-polibromados (PBDEs) em concentração acima da recomendada na **diretiva RoHS** (Restriction of Certain Hazardous Substances);
- As unidades do equipamento deverão ser entregues devidamente acondicionadas em embalagens individuais adequadas, que utilizem preferencialmente **materiais recicláveis**, de forma a garantir a máxima proteção durante o transporte e a armazenagem;
- **Garantia total** do fabricante do equipamento mínima de cinco anos do tipo *on-site* (incluindo troca de equipamentos defeituosos e assistência técnica) para microcomputadores, três anos para *notebook* e demais periféricos e de um ano para a bateria.

Considerando o exposto, verifica-se dos sete requisitos para ‘produto’ previstos na etapa de aquisição sustentável, quatro são indicados nos termos de referência dos editais de licitação realizados pela IES. Quanto aos requisitos para ‘fornecedor’, observou-se que, além do prazo de garantia estendido, a IES também adota a contratação do serviço de impressoras por meio de contratos específicos (Quadro 10). Para os entrevistados, além da questão ambiental, os requisitos promovem, indiretamente, economia, sobretudo em relação à eficiência energética.

Quanto às aquisições via projetos, de acordo com um colaborador responsável por realizar a especificação técnica no Departamento da Engenharia de Produção, o único requisito previsto é o da exigência de garantia estendida. Nesse Departamento, os equipamentos são adquiridos, preferencialmente, com período de garantia de três a cinco anos, visando assegurar que os mesmos funcionem sem depender da manutenção corretiva realizada pelo Departamento. Diante disso, ressalta-se a necessidade de orientação às pessoas envolvidas na aquisição de equipamentos, via projeto, sejam elas professores ou algum setor de suporte para tal, no sentido de adotar os requisitos previstos na etapa de aquisição sustentável.

Quadro 10 – Requisitos ambientais adotados nas contratações da UFRGS

	Requisito	Evidência	Base Legal	Justificativa	Existente na IES
Produto	Desempenho ambiental e social relacionados ao gerenciamento de substâncias, seleção de materiais, <i>design</i> , tempo de vida útil, eficiência energética, embalagem, avaliação do ciclo de vida e pegada de carbono, entre outros.	Certificação EPEAT	Art. 7º da Lei 12.305/2010 (BRASIL, 2010)	Garante que o produto adquirido esteja em conformidade com relevantes critérios socioambientais	
	Constituído no todo ou em parte, por material reciclado, atóxico, biodegradável, conforme ABNT NBR – 15448-1 e 15448-2	Certificação EPEAT ou auto declaração	IN 01/2010 (MPOG, 2010)	Evita a geração de impactos ambientais negativos	
	Sustentável ou de menor impacto ambiental em relação aos seus similares	Certificação do INMETRO	IN 01/2010 (MPOG, 2010)	Evita a geração de impactos ambientais negativos	
	Acondicionado em embalagens individuais adequadas, com o menor volume possível, e composta por material reciclável	Certificação EPEAT ou auto declaração	IN 01/2010 (MPOG, 2010)	Reduz a geração de resíduos e possibilita a reciclagem dos mesmos	✓
	Não contenha substâncias perigosas em concentração acima da recomendada na diretiva RoHS da União Européia	Certificação EPEAT ou auto declaração	IN 01/2010 (MPOG, 2010)	Evita a geração de impactos ambientais negativos	✓
	Eficiência energética do equipamento	Certificação Energy Star ou EPEAT	Lei 10.295/2001 (BRASIL, 2001)	Uso racional de energia	✓
	Eficiência energética da fonte	Certificação 80 PLUS	Lei 10.295/2001 (BRASIL, 2001)	Uso racional de energia	✓
Fornecedor	Conformidade com práticas ambientais estabelecidas por meio de Sistema de Gestão Ambiental	Certificação ISO 14001	Art. 7º da Lei 12.305/2010 (BRASIL, 2010)	Garante que o fornecedor possui responsabilidade ambiental	
	Estabelecimento de prazo de garantia estendido do produto (três a cinco anos)	Estabelecido em contrato	Lei 12.305/2010 (BRASIL, 2010)	Permite a manutenção corretiva dos equipamentos durante parte do seu período de uso, evitando a geração de REEES	✓
	Contratação do serviço de locação de impressoras	Estabelecido em contrato	Lei 12.305/2010 (BRASIL, 2010)	Permite a substituição de produtos por serviços, resultando na minimização da geração de resíduos	✓

Fonte: autora

Em relação à etapa de manutenção (preventiva e corretiva), realizou-se uma entrevista com a equipe do Setor de Suporte do Departamento da Engenharia de Produção da IES. Nesse setor são realizadas atividades relacionadas à manutenção – preventiva e corretiva – em todos os computadores (aproximadamente 300) do Departamento. De acordo com os entrevistados, no que se refere à manutenção preventiva, além das atividades mencionadas no modelo, há um procedimento de padronização das máquinas a partir da replicação de uma imagem padrão de HD. Esse procedimento, segundo a equipe, visa igualar os *softwares* utilizados no Departamento, o que otimiza o serviço de atualização. Além disso, todos os computadores de sala de aula são revisados semanalmente. Quanto à manutenção corretiva, a equipe realiza, constantemente, diversas melhorias nos computadores a fim de aumentar a vida útil. Segundo os entrevistados, essas melhorias efetivadas pela manutenção são capazes de aumentar a vida

útil das máquinas em cerca de dois a três anos. No entanto, constatou-se que nem todas as Unidades da IES contam com um setor de suporte de TI. Dessa forma, verifica-se que essa etapa é ‘parcialmente existente’ na UFRGS e demanda ações no sentido de promover sua efetividade em todas as Unidades.

Além da etapa de manutenção, a equipe do Setor de Suporte do Departamento da Engenharia de Produção foi questionada quanto à etapa de ‘solicitação de coleta’. Atualmente existe um sistema informatizado de solicitação de coleta, disponível para todas as Unidades da IES, sendo que o servidor responsável por esse procedimento é o ‘agente patrimonial’. Nesse caso, a etapa precisa ser apenas complementada com a inclusão do formulário que classifica os itens a serem recolhidos nas categorias: operacional e não operacional, conforme proposto no modelo.

Na solicitação de coleta de equipamentos adquiridos via projeto, de acordo com os entrevistados, os bens registrados como de terceiros não são coletados e destinados pela IES. O problema incide no fato de que, em alguns casos, não há transferência direta dos bens adquiridos via projeto para a IES. Nesses casos, no momento em que o equipamento se torna REEE não há como saber a qual projeto está atrelado, impossibilitando o seu registro como bem da UFRGS e, conseqüentemente, a sua coleta. Assim, esses REEEs, registrados como de terceiros, ficam acumulados na Unidade por tempo indeterminado. Nesse sentido, sugere-se que o termo de doação do órgão de fomento para a IES seja realizado imediatamente após a aquisição. Essa ação evitaria esse tipo de problema, padronizando o sistema de gerenciamento dos REEEs na IES.

Para o diagnóstico das demais etapas do gerenciamento, foi realizada uma entrevista com um servidor do Departamento de Patrimônio e Almoxarifado Central (DEPATRI) da UFRGS. Esse Departamento, responsável pelo controle dos bens móveis e imóveis da IES, é composto por quatro divisões, dentre elas a Divisão de Recolhimento e Desfazimento de Bens Móveis (DRDBM). Essa Divisão tem como atribuição principal realizar o recolhimento dos bens inservíveis nas Unidades (acadêmicas e de apoio) e providenciar a sua destinação.

De acordo com o servidor, a primeira etapa do ciclo do REEE, logística interna, é realizada em conformidade com o modelo proposto. A equipe do DRDBM realiza a coleta dos REEEs nas unidades geradoras, a partir de agendamento prévio, e o transporte dos mesmos até a central de armazenamento. Nessa central, os REEEs são armazenados de forma similar ao proposto no modelo, conforme as orientações da Diretriz Técnica nº 03/2016 (FEPAM, 2016)

quanto à estrutura do local e o acondicionamento. Portanto, tanto a etapa de logística interna quanto a de armazenamento são identificadas como ‘existentes’ na IES.

Por outro lado, no que tange a etapa de triagem, o entrevistado afirma que, atualmente, não está contemplada no processo da UFRGS. A justificativa, por sua vez, está relacionada à falta de equipe especializada para a execução das atividades relacionadas à etapa. Nesse sentido, durante a entrevista com a equipe do CPD, surgiu à hipótese de realizar essa etapa a partir da formação de uma comissão de técnicos do CPD. Assim, o DRDBM realizaria um chamado para essa comissão a partir de um número determinado de itens. Após o chamado, a equipe poderia executar a etapa de triagem, na Central, por meio de uma avaliação técnica dos itens e a separação em: ociosos, recuperáveis e irre recuperáveis. Vale ressaltar que, com a classificação dos itens, na etapa de ‘solicitação de coleta’, em operacionais e não operacionais, os ociosos (operacionais) são facilmente identificados na triagem. Após a separação nas três categorias, os ociosos e recuperáveis seriam encaminhados para a etapa de recondicionamento enquanto que os REEEs irre recuperáveis passariam por um processo de eliminação de dados internos e então encaminhados para o destino final.

Em relação à etapa de recondicionamento, verificou-se que é ‘inexistente’ pelo mesmo motivo da etapa de triagem: falta de equipe. Sem as etapas de triagem e recondicionamento, não há também a etapa de reutilização. Atualmente, após o parecer de desfazimento de bens atestado por comissão interna da UFRGS, todos os REEEs são doados ou leiloados. De acordo com o entrevistado do DRDBM, de 2008 a 2019, 12.508 itens foram destinados via leilão enquanto 12.984 foram doados para instituições. Essas alternativas impossibilitam a rastreabilidade dos resíduos, fundamental para o gerenciamento externo ambientalmente adequado dos REEEs.

Por outro lado, existe o projeto de um Centro de Reconcondicionamento de Computadores (CRC) do ZENIT – Parque Científico e Tecnológico da UFRGS que está em fase inicial de execução. Esse CRC faz parte do Programa Computadores para Inclusão, do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) do Governo Federal, que tem como objetivo principal promover a formação de jovens em situação de vulnerabilidade social. O referido CRC consiste em um espaço físico adaptado para o recondicionamento de REEEs com foco no processamento de equipamentos de informática, de modo a deixá-los em plenas condições de funcionamento. As atividades relacionadas a esse processo são realizadas por meio de cursos e oficinas, visando à formação cidadã e profissionalizante de jovens em situação de vulnerabilidade social. Os principais processos envolvidos nesses CRCs, de um modo geral, estão representados na Figura 8.

Figura 8 – Centro de Recondicionamento de Computadores (CRC)



Fonte: Brasil, 2015

Considerando o cenário atual, essa é a alternativa mais adequada para os REEEs recuperáveis e ociosos gerados na IES e está em conformidade com o modelo proposto, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010) e o Decreto nº 9.373 de 11 de maio de 2018 (BRASIL, 2018) mandatório para as IESs públicas federais. Na sequência, após o recondicionamento, os equipamentos podem ser reutilizados conforme o modelo proposto.

Para os REEEs irre recuperáveis gerados pela IES, classificado na etapa de triagem, é mantido a proposta de destinação ambientalmente adequada a partir da descaracterização e reciclagem. O gerenciamento externo que envolve essas duas etapas deve ser realizado por meio de: (i) convênio com programas que preveem essa destinação ambientalmente adequada dos REEEs, como, por exemplo, o programa SUSTENTARE, no RS; ou (ii) através de contrato com um Prestador de Serviço Ambiental (PSA).

3.4.3 Plano de Ação para Implantação do Modelo de Gerenciamento de REEEs na UFRGS

A partir do diagnóstico do processo de gerenciamento de REEEs na UFRGS e das propostas abordadas no mesmo estágio, foi elaborado um plano de ação para a implantação do modelo. Considerando as delimitações da pesquisa, não foi analisado o custo (*How much*) para a implantação de cada etapa. Dessa forma, utilizando a ferramenta **5W1H**, apresenta-se uma síntese das ações para complementação das etapas 'existentes em parte' e para implantação das etapas 'inexistentes':

Etapas a serem complementadas: para as etapas identificadas como ‘parcialmente existente na IES’ (Quadro 9), são propostas as seguintes ações:

- **Aquisição Sustentável**

O que: complementação dos requisitos ambientais na especificação técnica de bens e serviços relacionados a equipamentos eletroeletrônicos; e criação de uma certificação voluntária para os fornecedores que atenderem todos os requisitos.

Quem: equipe de Planejamento da Contratação do Centro de Processamento de Dados (CPD) e do Departamento de Licitação.

Onde: processo de licitação

Quando: seis meses

Por que: evitar a aquisição de equipamentos geradores de impacto ambiental negativo – considerando o ciclo de vida completo do EEE – e, quanto à servitização, evitar a geração de resíduos.

Como: confirmar a viabilidade de atendimento dos requisitos propostos junto ao setor de licitação da IES de forma a manter resguardado o caráter competitivo do certame; prever durante os estudos técnicos preliminares, a inclusão desses requisitos; ajustar o texto do Termo de Referência para a inclusão dos requisitos no campo ‘especificação técnica’; elaborar um certificado da IES para o fornecedor que atender os requisitos, como forma de incentivar o fornecimento de EEE sustentáveis.

- **Aquisição Sustentável via recursos de projetos**

O que: orientação para a inclusão de requisitos ambientais na especificação técnica de equipamentos eletroeletrônicos adquiridos via recursos de projetos financiados por órgãos de fomento ao desenvolvimento científico e tecnológico.

Quem: equipe vinculada ao Departamento de Meio Ambiente e Licenciamento da Superintendência de Infraestrutura (DMALIC/SUINFRA) e da Unidade Acadêmica (responsável pelo processo de aquisição).

Onde: processo de aquisição junto ao órgão financiador.

Quando: seis meses

Por que: evitar a aquisição de equipamentos geradores de impacto ambiental negativo – considerando o ciclo de vida completo do EEE – e, quanto à servitização, evitar a geração de resíduos.

Como: verificar junto aos departamentos da IES que realizam aquisições via projetos, a possibilidade de inserção dos requisitos ambientais propostos; elaborar um guia para orientação; realizar a divulgação desse guia em todos os departamentos da IES.

- **Manutenção (preventiva e corretiva)**

O que: estabelecimento de procedimento padrão para a realização de atividades de manutenção (preventiva e corretiva) de forma sistemática nas Unidades da IES.

Quem: equipe do Centro de Processamento de Dados (CPD)

Onde: setores de suporte de TI ou de administração das Unidades

Quando: um ano

Por que: prolongar a vida útil dos equipamentos dentro das Unidades.

Como: verificar quais Unidades da IES não possuem setores de suporte de TI; realizar treinamento com servidores dessas Unidades para que sejam capazes de realizar a manutenção preventiva dos equipamentos; padronizar as atividades de manutenção preventiva e corretiva realizadas nas Unidades que possuem equipe específica para tal; manter a manutenção corretiva nas Unidades que não possuem setor de suporte, após o término do período de garantia.

- **Solicitação de Coleta**

O que: atualização do sistema de solicitação de coleta existente.

Quem: equipes do CPD e do DRDBM

Onde: portal do servidor da UFRGS

Quando: um ano

Por que: garantir que todos os equipamentos inservíveis sejam gerenciados da mesma forma, patrimoniados ou não, evitando o descarte irregular na IES; e facilitar a triagem realizada posteriormente.

Como: incluir no formulário de solicitação de coleta, itens não patrimoniados; incluir no mesmo formulário duas alternativas (operacional/não operacional) para cada item;

identificar os itens com essas categorias durante a coleta; realizar treinamentos junto a Pró-Reitoria de Gestão de Pessoas (PROGESP) com vistas a capacitar os agentes patrimoniais para operacionalização do sistema proposto.

Etapas a serem implantadas: para as etapas identificadas como ‘inexistente na IES’ (Quadro 9), são propostas as seguintes ações:

- **Triagem**

O que: instituição de uma equipe especializada para a execução dessa etapa, por meio da separação dos REEEs nas categorias: ociosos, recuperáveis e irre recuperáveis.

Quem: Centro de Processamento de Dados (CPD)

Onde: Central de armazenamento dos REEEs – DRDBM

Quando: seis meses

Por que: evitar a destinação desnecessária de equipamentos recuperáveis e ociosos, minimizando assim a geração de resíduos.

Como: proceder administrativamente à formação de uma equipe que irá realizar a triagem dos REEEs via chamado da DRDBM; estabelecer com a DRDBM o número de itens triados por chamado; elaborar e formalizar um procedimento padrão para avaliação e separação dos itens nas três categorias com base em critérios definidos; incluir nesse procedimento a eliminação de dados internos dos REEEs irre recuperáveis; estabelecer a emissão de laudo técnico por item a fim de atestar as condições do REEE de acordo com a categoria escolhida.

- **Recondicionamento**

O que: composição de equipamentos eletroeletrônicos completos a partir de REEEs recuperáveis e ociosos triados na etapa anterior.

Quem: Parque Científico e Tecnológico Zenit.

Onde: Centro de Recondicionamento de Computadores (CRC)

Quando: seis meses

Por que: reduzir a geração de REEEs.

Como: formalizar o procedimento administrativo para transferência dos REEEs para o Centro de Recondicionamento de Computadores (CRC); estabelecer que seja enviado

somente REEEs passíveis de recondicionamento para o referido CRC; acompanhar as atividades desenvolvidas no CRC e sua efetividade.

- **Reutilização**

O que: realocação de equipamentos reconicionados pelo CRC.

Quem: Parque Científico e Tecnológico Zenit e DRDBM.

Onde: Unidades da IES e outras instituições, conforme previsto no programa do CRC e no modelo proposto.

Quando: um ano

Por que: priorizar a recirculação de equipamentos que foram reconicionados ao invés da destinação.

Como: desenvolver uma ferramenta (*site* ou aplicativo) de cadastro das instituições interessadas nos REEEs, bem como a divulgação de equipamentos disponíveis para a reutilização; elaborar lista com escala de prioridade para realocação dos equipamentos a partir das informações registradas nesse cadastro; estabelecer um procedimento que possibilite a rastreabilidade dos equipamentos reutilizados fora da IES após o final da vida útil.

- **Destinação Final**

O que: destinação final ambientalmente adequada dos REEEs irrecuperáveis para descaracterização e posterior reciclagem de acordo com o tipo de material.

Quem: equipes do DMALIC/SUINFRA e do DRDBM

Onde: gerenciamento externo à UFRGS: programa SUSTENTARE ou Prestador de Serviço Ambiental.

Quando: um ano

Por que: promover o retorno dos materiais ao segmento produtivo, corroborando com a economia circular; reduzir a atividade de extração de recursos naturais para a produção de equipamentos; impedir a disposição final de resíduos perigosos em aterros, evitando a geração de impactos negativos ao meio ambiente.

Como: realizar análise comparativa das alternativas existentes para destinação com base nas diretrizes: ambiental, econômico e social; definir uma alternativa a partir da análise; estabelecer convênio ou contrato para destinação final, com condicionantes

que permitam a rastreabilidade dos resíduos e comprovação de sua descaracterização e reciclagem.

- **Educação Ambiental**

O que: implantação de uma atividade sistêmica – educação ambiental – de forma simultânea ao gerenciamento de REEEs na IES.

Quem: setores da área ambiental e Secretaria de Comunicação Social (SECOM)

Onde: unidades geradoras de REEEs na IES

Quando: permanente

Por que: conscientizar a comunidade acadêmica sobre o gerenciamento dos REEEs; orientar as unidades sobre o modelo de gerenciamento proposto; desenvolver práticas a serem adotadas para o uso consciente de equipamentos de TI e comunicação.

Como: desenvolver uma programação de eventos de educação formal com o intuito de promover a conscientização da comunidade acadêmica sobre a gestão de resíduos na IES; elaborar e divulgar uma cartilha com o modelo de gerenciamento proposto e as responsabilidades por cada etapa.

3.5 Conclusão

A presente pesquisa propôs o planejamento da implantação de um modelo de gerenciamento de REEEs em uma IES, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), como forma de realizar uma aplicação prática desse modelo e aperfeiçoar o processo de gerenciamento de REEEs da referida IES. Para alcançar esse objetivo, foi realizada uma avaliação e, posterior, adequação do modelo de gerenciamento de REEEs proposto, bem como um estudo de caso a partir do diagnóstico do processo existente na IES.

Em relação à avaliação do modelo de gerenciamento de REEEs, os seis especialistas foram unânimes quanto à efetividade e relevância da proposta apresentada. Para esses especialistas, considerando a lacuna relacionada à gestão de REEEs em IESs, o modelo tem potencial de ser utilizado como referência para a implantação de sistemas de gerenciamento, bem como para o aperfeiçoamento de sistemas existentes. Ainda assim, os profissionais sugeriram melhorias no modelo apresentado a fim de torná-lo mais robusto e viável para IESs. Dessa forma, a análise de conteúdo das entrevistas, realizada com o auxílio do *software* de Pesquisa Qualitativa

Facilitada SQR NVIVO, permitiu identificar potenciais ajustes na proposta inicial, resultando em um novo modelo de gerenciamento de REEEs para IESs.

Nesse modelo foram mantidas, conforme proposta inicial, as etapas de manutenção, logística interna, triagem, recondicionamento, reutilização e destinação final. Por outro lado, as etapas de aquisição sustentável, solicitação de coleta e armazenamento foram ajustadas a partir da inclusão de informações e outras atividades. Além disso, visando a viabilidade econômica do sistema, a etapa de descaracterização foi transferida para o gerenciamento externo. Por fim, foi adotada uma etapa complementar ao modelo, a de aquisições via recursos de projetos; bem como uma atividade sistêmica ao processo de gerenciamento: a educação ambiental.

A aplicação prática do modelo consistiu no diagnóstico do processo atual de gerenciamento de REEEs da IES estudo de caso (UFRGS), bem como na definição de ações necessárias para a implantação do referido modelo. Para tanto, foi realizada uma análise comparativa entre o processo existente na UFRGS e o proposto no modelo. As informações que permitiram essa análise foram obtidas a partir da realização de entrevistas com *stakeholders* internos à Universidade, atuantes nos principais setores/departamentos envolvidos no gerenciamento dos REEEs. Dessa forma, mediante o panorama do processo existente na UFRGS, constatou-se a presença de iniciativas de gestão relacionadas a diferentes etapas do modelo de gerenciamento de REEEs proposto.

Ainda assim, com base nesse modelo, constatou-se a necessidade de implantação de cinco etapas e complementação de outras cinco na IES estudo de caso. Em relação ao processo de aquisição de equipamentos de TI e comunicação da UFRGS, verificou-se que apesar de não prever certificações conforme proposto no modelo, os editais de licitação mencionam alguns requisitos ambientais. Dessa forma, essa etapa deve ser complementada no sentido de inserir outros requisitos e exigir certificações que comprovem o seu atendimento. De forma similar, a aquisição sustentável deve ser efetivada nas contratações realizadas via recursos de projetos, a fim de padronizar os produtos adquiridos e os serviços contratados na IES. No que se refere à etapa de manutenção, constatou-se a existência de equipes de suporte em algumas Unidades da IES, porém essa etapa deve atender todas as Unidades, visto que é uma forma efetiva de ampliar a vida útil dos equipamentos e minimizar a geração de REEEs. Quanto à etapa de triagem, verificou-se a possibilidade de efetivar a partir da formação de uma comissão técnica do Centro de Processamento de Dados (CPD) da IES, responsável pela execução. Enquanto a etapa de recondicionamento, atualmente inexistente na IES, poderia ser implantada a partir do trabalho desenvolvido no Centro de Recuperação de Computadores, que está em fase inicial.

Considerando essas e demais melhorias identificadas, constatou-se também a possibilidade de implantação da etapa de reutilização dos REEEs reconicionados, bem como da qualificação do processo decisório de destinação dos resíduos (REEEs irrecuperáveis).

Em síntese, conclui-se que embora haja iniciativas de gestão de REEEs na IES estudo de caso (UFRGS), é necessário sistematizar o seu gerenciamento. Dessa forma, a partir do diagnóstico e das propostas mencionadas, foi elaborado um plano de ação para a implantação do modelo proposto na UFRGS. Por meio da ferramenta de gestão 5W1H, o plano consistiu em uma síntese das ações necessárias para a complementação das etapas identificadas como ‘parcialmente existentes’ e implantação das etapas identificadas como ‘inexistentes’ na IES. Dessa forma, foi possível estabelecer, de forma objetiva, as atividades e os respectivos responsáveis para a devida operacionalização do sistema proposto.

Diante disso, conclui-se que o planejamento da implantação do modelo de gerenciamento de REEEs apresentado nesta pesquisa tem potencial de ser efetivamente aplicado na UFRGS. Para tanto, é necessária a execução das ações associadas à implantação e complementação das etapas, conforme definido no modelo. Nesse contexto, considerando as etapas existentes e o plano de ação proposto é possível estabelecer de forma satisfatória o gerenciamento interno de REEEs da IES, contemplando desde a aquisição sustentável dos equipamentos até o processo decisório para a destinação final ambientalmente adequada dos resíduos. Adicionalmente, a contribuição do modelo pode ser ampliada para a sistematização ou melhoria de sistemas de gerenciamento de REEEs em outras IESs brasileiras, sejam elas públicas ou privadas. Por fim, considerando a semelhança de outros órgãos da administração pública, principalmente no que tange ao atendimento da legislação, verifica-se que o modelo proposto também pode servir de referência para esses órgãos.

Como pesquisas futuras, sugere-se a realização de análise financeira associada à implantação do modelo proposto. Além disso, propõe-se como pesquisas futuras, a validação estatística do modelo. De forma complementar, sugere-se a proposição de indicadores de sustentabilidade a fim de aferir a efetividade e qualidade do modelo proposto.

Referências

AGAMUTHU, P.; KASAPO, P.; NORDIN, N.A.M. E-waste flow among selected institutions of higher learning using material flow analysis model. **Resources, Conservation and Recycling**, v.105, p.177-185, 2015.

ANDRADE, R. T. G.; FONSECA, C. S. M.; MATTOS, K. M. C. Geração e destino dos resíduos eletrônicos de informática nas faculdades e universidades de Natal – RN. In: xxx Encontro Nacional de Engenharia de Produção Maturidade e Desafios da Engenharia de Produção: competitividade das empresas, condições de trabalho, meio ambiente. 2010, São Carlos **Anais...** São Carlos – SP, 2010.

ASSIS, T. C.; MARCUSSO, N. T. Logística reversa de resíduos eletroeletrônicos: o caso CEDIR. **Revista Tecnológica da Fatec Americana**, v.2, n.2, p.22-36, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11174**: Armazenamento de resíduos classes II – não inertes e III – inertes. Rio de Janeiro, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12235**: Armazenamento de resíduos sólidos perigosos. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**: Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15833**: Manufatura Reversa – Aparelhos de refrigeração. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16156**: Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos – Requisitos para atividade de manufatura reversa. Rio de Janeiro, 2013.

AZEVEDO, L. P. **Logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos pós-consumo: visão da sustentabilidade**. 2017. 195f. Tese (Doutorado em Engenharia de Materiais) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais da Rede Temática de Materiais, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.

BABBIT, C. W.; WILLIAMS, E.; KAHHAT, R. Institutional disposition and management of end-of-life electronics. **Environmental Science & Technology**, v.45, p.5366–5372, 2011.

BARRETO, C. A. A. Logística reversa dos resíduos dos equipamentos eletroeletrônicos: análise do consumo e pós – consumo dos computadores da Universidade Federal de Pernambuco. **Revista Pernambucana de Tecnologia**, Recife, v. 3, n. 3, p. 23–31, 2015.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. **Decreto n. 7.174**, de 12 de maio de 2010. Regulamenta a contratação de bens e serviços de informática e automação pela administração pública federal, direta ou indireta, pelas fundações instituídas

ou mantidas pelo Poder Público e pelas demais organizações sob o controle direto ou indireto da União. Brasília, DF, 2010.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. **Decreto n. 9.178**, de 23 de outubro de 2017. Altera o Decreto nº 7.746, de 5 de junho de 2012, que regulamenta o art. 3º da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, para estabelecer critérios, práticas e diretrizes para a promoção do desenvolvimento nacional sustentável nas contratações realizadas pela administração pública federal direta, autárquica e fundacional e pelas empresas estatais dependentes, e institui a Comissão Interministerial de Sustentabilidade na Administração Pública - CISAP. Brasília, DF, 2017.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. **Decreto n. 9.373**, de 11 de maio de 2018. Dispõe sobre a alienação, a cessão, a transferência, a destinação e a disposição final ambientalmente adequada de bens móveis no âmbito da administração pública federal direta, autárquica e fundacional. Brasília, DF, 2018.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Instrução Normativa n. 1**, de 19 de janeiro de 2010. Dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional e dá outras providências. Brasília, DF, 2010. Disponível em: <<http://www.comprasnet.gov.br/legislacao/legislacaoDetalhe.asp?ctdCod=295>>. Acesso em: 15 setembro 2017.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. **Lei n. 8.666**, de 21 de junho de 1993. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. Brasília, DF, 1993.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. **Lei 10.295**, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. Brasília, DF, 2001.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. **Lei n. 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF, 2010.

BRASIL. Ministério das Comunicações. Secretaria de Inclusão Digital. **Documento de Referência: Centros de Recondicionamento de Computadores**, 2015.

BRINGHENTI, J. R.; KORRES, A. M. N.; ANDREÃO, R. V.; GÜNTHER, W. M. R. Evaluation of Sustainable Bin for Recyclable Solid Waste. p.175-183. In: FILHO, W. L. **Towards Green Campus Operations**. World Sustainability Series. Springer, 2018.

CAVALCANTE, V. M. R. M.; ARAÚJO, B. D. L.; MENEZES, J. W. M. TI Verde: estudo de caso e propostas de práticas sustentáveis no IFCE. In: Encontro de Iniciação Científica Toledo – Faculdades Integradas Antônio Eufrásio de Toledo. Presidente Prudente – SP. **Anais...** v. 8, n. 8, 2012. Presidente Prudente, 2012.

CHIBUNNA, J. B.; SIWAR, C.; BEGUM, R. A.; MOHAMED, A. F. The challenges of e-waste management among institutions: a case study of UKM. **Procedia – Social and Behavioral Sciences**, v.59, p.644 – 649, 2012.

DAVIS, G.; WOLSKI, M. E-waste and the sustainable organization: Griffith University's approach to e-waste. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v.10, n 1, p.21-32, 2009.

DIAS, P.; MACHADO, A.; HUDA, N.; BERNARDES, A. M. Waste electric and electronic equipment (WEEE) management: A study on the Brazilian recycling routes. **Journal of Cleaner Production**, v.174, p.7-16, 2018.

FERREIRA, L. F. F.; JUNIOR, F. R. L. Gestão de resíduos em instituições de ensino superior: um estudo de caso sobre o gerenciamento de resíduos de computadores, lâmpadas, pilhas e baterias. XXII Simpósio de Engenharia de Produção – SIMPEP: Política Nacional de Inovação e Engenharia de Produção Bauru, 2015 **Anais...** Bauru – SP, 2015.

FRANÇA, F. C. C.; MORALES, G.; SALES, M. V. S. Revisão do tratamento sustentável do lixo eletrônico em IES: estudo de caso. **Agenda Social**, v.4, n.2, p.44-58, 2010.

FREIRE, B. V.; BORTOLETO, A. P. Evaluation of Environmental Impacts from a Molecular Evolution Laboratory's Waste Management System – A Brazilian Case Study. p.333-347. In: FILHO, W. L. **Towards Green Campus Operations**. World Sustainability Series. Springer, 2018.

GAMA, E. F.; VASCONCELLOS, J. M. S.; MACHADO, A. L. S. A logística reversa do lixo eletrônico: um estudo de caso no Instituto Federal do Amazonas – Campus Manaus Distrito Industrial. **Nexus Revista de Extensão do IFAM**, v.2, n.2, p.61-69, 2016.

GIESE, E. C.; XAVIER, L. H.; LINS, F. A. F. Biomineração Urbana: O futuro da reciclagem de resíduos eletroeletrônicos. **Brasil Mineral**, n.385, p.36-39, 2018.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5 ed. São Paulo. Atlas, 2010.

GOMES, A. S. T.; SOUZA, L. A.; YAMANE, L. H.; SIMAN, R. R. Quantification of e-waste: a case study in Federal University of Espírito Santo, Brazil. World Academy of Science, Engineering and Technology, **International Journal of Environmental and Ecological Engineering**, v.11, n.2, 2017.

GOUVEIA, N.; FERRON, M. M.; KUNO, R. Os impactos dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos na saúde. p.113-128. In: CARVALHO, T. C. M. B.; XAVIER, L. H. **Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos: uma abordagem prática para a sustentabilidade**. Ed.1, Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

ITAUTEC. **Guia do usuário consciente de produtos eletrônicos**. 2º Edição. Fevereiro de 2011. Disponível em: < <http://www.itaute.com.br/pt-br/sustentabilidade>>.

JUNIOR, F. R. L.; OIKO, O. T. Caracterização e proposta de destinação dos computadores que compõem os resíduos de equipamentos eletro-eletrônicos da Universidade Estadual de Maringá. In: XVIII Encontro Anual de Iniciação Científica – EAIC, 2009. Londrina. **Anais...** Londrina, 2009.

KAPPES, A. R.; SOMAVILLA, E. A.; RAMÍREZ, R. J. M. G.; CECONI, D. E. Estudo de caso da Gestão dos resíduos eletroeletrônicos na Universidade Federal de Santa Maria. 5º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente, 2016. Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves, 2016.

KOHL, C. A.; GOMES, L. P. Physical and chemical characterization and recycling potential of desktop computer waste, without screen. **Journal of Cleaner Production**, v.184, p.1041-1051, 2018.

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

LERTCHAIPRASERT, P.; WANNAPIROON, P. Study of e-waste management with Green ICT in Thai higher education institutions. **International Journal of e-Education, e-Business, e-Management and e-Learning**, v.3, n.3, p.239-243, 2013.

LÖBLER, M. L.; SILVA, B. G.; POZZOBON, D. M.; GOMES, C. M. Strategic orientation towards sustainable innovation: a case study in a brazilian university. **Journal of Technology Management & Innovation**, v.7, p.196-206, 2012.

MACEDO, D. H.; PAGLIARINI, P. C.; FALSETTA, A. O lixo eletrônico na UNICAMP: estudo de caso sobre as oportunidades ainda não exploradas. **Revista Ciências do Ambiente On-Line**, v.8, n.1, p.28-33, 2012.

MINOTTO, J. B.; MAGALHÃES, R. F.; RODRIGUES, E. A. Gestão de Resíduos Sólidos na Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Brasil. In: 9º Fórum Internacional de Resíduos Sólidos. Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2018.

MORAES, V. T.; ESPINOSA, D. C. R.; LUCENA, L. L. Tecnologias de tratamento para resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. p. 129-148. In: CARVALHO, T. C. M. B.; XAVIER, L. H. **Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos**: uma abordagem prática para a sustentabilidade. Ed.1, Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

NETO, G. C. O.; CORREIA, A. J. C.; SCHROEDER, A. M. Economic and environmental assessment of recycling and reuse of electronic waste: Multiple case studies in Brazil and Switzerland. **Resources, Conservation & Recycling**, v.127, p.42-55, 2017.

ODHIAMBO, B. D. Generation of e-waste in public universities: the need for sound environmental management of obsolete computers in Kenya. **Waste Management**, v.29, p.2787-2790, 2009.

PACHECO, R. M.; LAURENTI, A.; SANTOS, B. E. S.; MATTES, I.; MEIRELES, S. Diagnosis of Chemical and Special Waste Management in a Higher Education Institution: A Methodology for Data Acquisition and Processing. p. 205-217. In: FILHO, W. L. **Towards Green Campus Operations**. World Sustainability Series. Springer, 2018.

PAES, C. E.; BERNARDO, M.; LIMA, R. S.; LEAL, F. Management of waste electrical and electronic equipment in brazilian public education Institutions: implementation through action research on a university campus. **Systemic Practice and Action Research**, v.30, p.377–393, 2017.

PALADINI, E. **Gestão estratégica da qualidade**. Atlas, 2009.

PANIZZON, T.; REICHERT, G. A.; SCHNEIDER, V. E. Avaliação da geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEEs) em uma universidade particular. **Revista Engenharia Sanitária Ambiental**, v.22, n.4, p.625-635, 2017.

PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO. **Diretiva 2002/95/CE**. Relativa à restrição do uso de determinadas substâncias perigosas em equipamentos eléctricos e electrónicos. Jornal Oficial da União Europeia de 27 de Janeiro de 2003. Disponível em:

<<https://eurlex.europa.eu/legalcontent/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002L0095&from=PT>>.

Acesso em: 15 dezembro 2018.

PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO. **Diretiva 2002/96/CE**. Relativa aos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE). Jornal Oficial da União Europeia de 27 de Janeiro de 2003. Disponível em: < https://eurlex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:ac89e64f-a4a5-4c13-8d96-1fd1d6bcaa49.0010.02/DOC_1&format=PDF >. Acesso em: 15 dezembro 2018.

PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO. **Diretiva 2011/65/EU**. Relativa à restrição do uso de determinadas substâncias perigosas em equipamentos elétricos e eletrônicos (reformulação). Jornal Oficial da União Europeia de 8 de Junho de 2011. Disponível em: <<https://eurlex.europa.eu/legalcontent/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011L0065&from=pt>>. Acesso em: 15 dezembro 2018.

PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO. **Diretiva 2012/19/EU**. Relativa aos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE). Reformulação. Jornal Oficial da União Europeia de 4 de julho de 2012. Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012L0019&from=PT>>. Acesso em: 15 dezembro 2018.

PEREIRA, R. S. C.; RIBEIRO, F. M.; GÜNTHER, W. M. R. Indicadores para gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos: uma comparação inicial. In: 6º International Workshop Advances in Cleaner Production, 2017, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2017.

REIDLER, N. M. V. L. **Resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos em instituições de ensino superior: estudo de caso e diretrizes para a gestão integrada**. 2012. 210 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2012.

RIBEIRO, E.; LOZANO, M. Análise da armazenagem de resíduos eletrônicos da Faculdade de Tecnologia da Zona Leste. In: XI Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 2015. Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2015.

RIO GRANDE DO SUL. Fundação Estadual de Proteção Ambiental. **Diretriz Técnica nº 03/2016**. Diretriz Técnica para o licenciamento ambiental de atividades envolvendo equipamentos eletroeletrônicos inservíveis. 06 de dezembro de 2016.

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

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

SANTOS, C. A. F.; NASCIMENTO, L. F. M.; NEUTZLING, D. M. A gestão dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) e as consequências para a sustentabilidade: as práticas de descarte dos usuários organizacionais. **Revista Capital Científico**, v.12, n.1, 2014.

SOUZA, F. H. N.; SOARES, I. A.; LUCAS, L. E. F. Gerenciamento dos resíduos sólidos de informática de uma instituição de ensino superior. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v.6, n.1, p.361-377, 2017.

XAVIER, J. L. N.; VEIT, H. M.; BERNARDES, A. M. Possibilidades de inclusão social na cadeia produtiva de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos (REEE). In: 8º Fórum Internacional de Resíduos Sólidos. Curitiba. **Anais...** Curitiba, 2017.

XAVIER, L. H.; BARRETO, C. A.; TRAJANO, K. A gestão de materiais pós-consumo em instituições públicas: estudo de caso dos resíduos tecnológicos na Universidade Federal de Pernambuco. In: 7º Fórum Internacional de Resíduos Sólidos: Resíduos Sólidos e Mudanças Climáticas. 2016, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2016.

XAVIER, L. H.; LINS, F. A. F. Mineração Urbana de resíduos eletroeletrônicos: uma nova fronteira a explorar no Brasil. **Brasil Mineral**, n.379, p.22-26, 2018.

XAVIER, L. H.; CARVALHO T. C. M. B. Introdução à gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. p.1-18. In: CARVALHO, T. C. M. B.; XAVIER, L. H. **Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos: uma abordagem prática para a sustentabilidade**. Ed.1, Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

ZANTA, V. M.; OLIVEIRA, C. C. A.; QUEIROZ, L. M. Análise dos entraves à gestão sustentável de resíduos de tecnologia da informação na Universidade Federal da Bahia. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v.4, n.2, p.232-251, 2016.

ZENG, X.; YANG, C.; CHIANG, J. F.; LI, J. Innovating e-waste management: From macroscopic to microscopic scales. **Science of the Total Environment**, v.575, p.1-5, 2017.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa foi desenvolvida com a finalidade de contribuir para a minimização da problemática relacionada à geração de REEEs em IESs com vistas à mitigação de potenciais impactos negativos. Para alcançar esse objetivo, foi proposto um modelo de gerenciamento de REEEs para IESs, composto por um conjunto de etapas e atividades, desde a aquisição dos equipamentos até a destinação final dos resíduos. Essa proposta foi consolidada a partir do desenvolvimento de dois artigos, conforme apresentado a seguir.

O Artigo 1 (Capítulo 2) objetivou a elaboração de um modelo de gerenciamento de REEEs para IESs, como forma de contribuir para o planejamento e implantação de novos sistemas e para o aperfeiçoamento de sistemas existentes. Para tanto, o trabalho buscou compreender e avaliar os sistemas e iniciativas de gerenciamento de REEEs em IESs brasileiras e de outros países. Esse mecanismo foi realizado através de uma revisão sistemática de literatura (RSL) sobre estudos relacionados ao tema. O estudo dos 25 artigos, resultantes da RSL, concluiu que, apesar das dificuldades quanto à sistematização do gerenciamento de REEEs, as IESs possuem práticas e ações que objetivam uma melhor gestão. Assim, com base nesses estudos e na Política Nacional de Resíduos Sólidos, foram definidas dez etapas para compor um modelo de gerenciamento de REEEs, a ser operacionalizado por meio de dois sistemas: sistema de gerenciamento de EEE e sistema de gerenciamento de REEE. O primeiro tem início na aquisição do equipamento eletroeletrônico até o momento em que o mesmo não tem mais função para a unidade geradora da IES, contemplando as etapas de aquisição sustentável; manutenção (preventiva e corretiva); e solicitação de coleta. O segundo sistema tem seu começo na coleta do equipamento (REEE), disponibilizado na etapa anterior, até a sua destinação, considerando as etapas de logística interna; armazenamento; triagem; acondicionamento; reutilização (interna e/ou externa à IES); descaracterização; e destinação final.

A pesquisa desenvolvida no Artigo 1 possibilitou compreender os fluxos e processos comuns às IESs, bem como as práticas e ações relacionadas ao gerenciamento de seus REEEs. Assim foi possível definir etapas e atividades necessárias para a sistematização do gerenciamento de REEEs em IESs e, conseqüentemente, estruturar em forma de um modelo de gerenciamento. Dessa forma, verifica-se que os objetivos iniciais desse artigo foram alcançados, uma vez que, o modelo apresentado pode efetivamente ser utilizado para implantação ou aperfeiçoamento de sistemas de gerenciamento de REEEs em IESs públicas e privadas. Para tanto, é necessário conhecer e considerar, previamente, as especificidades da IES, como dotação orçamentária,

pessoal e exigências legais as quais estão submetidas. Diante do modelo de gerenciamento de REEEs para IESs proposto, constatou-se a necessidade de avaliação com especialistas da área e, posteriormente, a aplicação prática em uma IES.

O Artigo 2 (Capítulo 3) delineou o planejamento da implantação do modelo de gerenciamento proposto em uma IES específica: a Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Nesse sentido o método de pesquisa do referido artigo consistiu em três estágios, desenvolvidos a partir dos seguintes objetivos: avaliação e adequação do modelo de gerenciamento proposto; aplicação do referido modelo em uma IES Pública (UFRGS); e elaboração de um plano de ação para sua implantação. No primeiro estágio, foram realizadas entrevistas com seis especialistas de diferentes IESs: SENAC-RS, USP, UNISINOS, UFCSPA, UFPEL e UFSM. As opiniões e sugestões dos especialistas acerca do modelo proposto foram analisadas com o auxílio do *software* de Pesquisa Qualitativa Facilitada SQR NVIVO. A análise de conteúdo das entrevistas proporcionou ajustes na proposta inicial, resultando em um novo modelo de gerenciamento de REEEs para IESs. Nesse novo modelo foram mantidas conforme a proposta inicial, as etapas de manutenção, logística interna, triagem, acondicionamento, reutilização e destinação final. Por outro lado, as etapas de aquisição sustentável, solicitação de coleta e armazenamento foram alteradas no sentido de incluir informações e atividades. Quanto à etapa de descaracterização, a decisão foi transferir para o gerenciamento externo, visando a sua viabilidade econômica. Além disso, foi adotada uma etapa complementar ao modelo, a de aquisições via recursos de projetos; bem como uma atividade sistêmica ao processo de gerenciamento de REEEs: a educação ambiental. Essas adequações resultaram em um modelo de gerenciamento mais robusto e viável para IESs, com vistas a sua implantação.

No segundo estágio, a partir de entrevistas com *stakeholders* internos à IES estudo de caso (UFRGS), foi possível obter um panorama do processo de gerenciamento dos seus REEEs. Verificou-se que, assim como a maioria das IESs analisadas no Artigo 1, a UFRGS possui iniciativas de gestão de REEEs, porém não apresenta um processo de gerenciamento definido. Dessa forma, com base no modelo de gerenciamento proposto, foram identificadas as etapas existentes, parcialmente existentes e inexistentes na UFRGS. Esse diagnóstico foi relevante para a pesquisa porque possibilitou entender a complexidade envolvida no gerenciamento de REEEs, considerando as etapas e atividades previstas no modelo.

No terceiro estágio, a partir dos resultados do estágio anterior, foi desenvolvido um plano de ação para a implantação do modelo proposto. Dessa forma, utilizando a ferramenta de gestão 5W1H, o referido plano de ação consistiu em uma síntese das ações necessárias para a

complementação das etapas identificadas como ‘parcialmente existentes’ e implantação das etapas identificadas como ‘inexistentes’. Dessa forma, o terceiro estágio estabeleceu de forma sucinta as ações necessárias para operacionalização do modelo proposto, bem como os responsáveis por cada etapa contemplada no modelo. Assim sendo, o último estágio do Artigo 2 efetivou o planejamento da implantação do modelo de gerenciamento de REEEs em uma IES Pública (UFRGS), contribuindo para o alcance do objetivo geral da pesquisa.

A partir do estudo desenvolvido nesta pesquisa, é possível concluir que persistem muitos desafios relacionados à gestão de REEEs em IESs, sejam elas públicas ou privadas. Esses desafios estão associados, principalmente, as características do resíduo (composição) e sua quantidade expressiva de geração. As práticas observadas nas IESs mostram que, de maneira geral, não são consideradas ações para minimizar a geração de REEEs. Além disso, é possível constatar que o processo decisório para a destinação final desses resíduos não considera, na maioria das vezes, o gerenciamento até o final de vida.

Considerando o exposto, a presente pesquisa contribuiu para a explicitação de todo o ciclo de vida dos equipamentos eletroeletrônicos nas IESs, desde a sua aquisição até a sua destinação final, como REEE. A partir do modelo de gerenciamento proposto, a pesquisa contribuiu para a identificação de etapas e atividades que permitem a mitigação de impactos negativos associados à geração dos REEEs dentro das IESs. Nesse sentido, destacam-se: (i) o uso de equipamentos menos impactantes a partir da aquisição sustentável; (ii) a redução da geração de REEEs a partir da servitização e manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos; (iii) a prevenção de descarte irregular a partir de um sistema regular de solicitação de coleta e logística interna; (iv) a reutilização de equipamentos a partir da triagem e acondicionamento dos itens; e (v) a reinserção dos materiais ao segmento produtivo, a partir da descaracterização e reciclagem estabelecidas no processo decisório de destinação final dos resíduos (REEEs irre recuperáveis). Adicionalmente, a partir da aplicação do modelo, a pesquisa contribuiu ainda para a possibilidade de realização de diagnósticos em organizações geradoras desses resíduos, de maneira a identificar potenciais melhorias nos processos de gerenciamento.

Considerando as oportunidades para o desenvolvimento de trabalhos futuros, sugere-se: (i) uma análise efetiva das alternativas de destinação final dos REEEs irre recuperáveis da UFRGS, considerando os aspectos ambientais, sociais e econômicos; (ii) uma análise financeira quanto a implantação do modelo proposto; (iii) a validação estatística do modelo; e (iv) a proposição de indicadores de sustentabilidade associados a efetividade e qualidade do modelo proposto.

Referências

AGAMUTHU, P.; KASAPO, P.; NORDIN, N.A.M. E-waste flow among selected institutions of higher learning using material flow analysis model. **Resources, Conservation and Recycling**, v.105, p.177-185, 2015.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – ABDI. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos: Análise de Viabilidade Técnica e Econômica**, 2013.

ALVES, A. R. Responsabilidade ambiental: os benefícios de um sistema de gestão ambiental (SGA) em instituições de ensino superior (IES). **Revista da Universidade de Ibirapuera**, São Paulo, n.13, p.24-33, 2017.

ALVES, D. S. **O descarte dos equipamentos de informática da Universidade de São Paulo: um estudo sobre o CEDIR-USP e as empresas receptoras dos resíduos eletrônicos**. 2015. 148 f. Dissertação (Mestre em Administração) – Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade Municipal de São Caetano do Sul, São Caetano do Sul, 2015.

ANDRADE, R. T. G.; FONSECA, C. S. M.; MATTOS, K. M. C. Geração e destino dos resíduos eletrônicos de informática nas faculdades e universidades de Natal – RN. In: xxx Encontro Nacional de Engenharia de Produção Maturidade e Desafios da Engenharia de Produção: competitividade das empresas, condições de trabalho, meio ambiente. 2010, São Carlos. **Anais...** São Carlos – SP, 2010.

ASSIS, T. C.; MARCUSSO, N. T. Logística reversa de resíduos eletroeletrônicos: o caso CEDIR. **Revista Tecnológica da Fatec Americana**, v.2, n.2, p.22-36, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**: Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11174**: Armazenamento de resíduos classes II – não inertes e III – inertes. Rio de Janeiro, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12235**: Armazenamento de resíduos sólidos perigosos. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15833**: Manufatura Reversa – Aparelhos de refrigeração. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16156**: Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos – Requisitos para atividade de manufatura reversa. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14001**: Sistemas de gestão ambiental – Requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 20400**: Compras Sustentáveis. Rio de Janeiro, 2017.

AWASTHI, A. K.; CUCCHIELLA, F.; D’ADAMO, I.; LI, J.; ROSA, P.; TERZI, S.; WEI, G.; ZENG, X. Modelling the correlations of e-waste quantity with economic increase. **Science of the Total Environment**, v.613-614, p.46-53, 2018.

AZEVEDO, L. P. **Logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos pós-consumo: visão da sustentabilidade**. 2017. 195f. Tese (Doutorado em Engenharia de Materiais) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais da Rede Temática de Materiais, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.

BABBIT, C. W.; WILLIAMS, E.; KAHHAT, R. Institutional disposition and management of end-of-life electronics. **Environmental Science & Technology**, v.45, p.5366–5372, 2011.

BALDÉ, C. P.; FORTI, V.; GRAY, V.; KUEHR, R.; STEGMANN, P. **The Global E-Waste Monitor**, 2017.

BARRETO, C. A. A. Logística reversa dos resíduos dos equipamentos eletroeletrônicos: análise do consumo e pós – consumo dos computadores da Universidade Federal de Pernambuco. **Revista Pernambucana de Tecnologia**, Recife, v. 3, n. 3, p. 23–31, 2015.

BRASIL. Ministério das Comunicações. Secretaria de Inclusão Digital. **Documento de Referência**: Centros de Recondicionamento de Computadores, 2015.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Instrução Normativa n. 1**, de 19 de janeiro de 2010. Dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional e dá outras providências. Brasília, DF, 2010.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. **Decreto n. 9.373**, de 11 de maio de 2018. Dispõe sobre a alienação, a cessão, a transferência, a destinação e a disposição final ambientalmente adequada de bens móveis no âmbito da administração pública federal direta, autárquica e fundacional. Brasília, DF, 2018.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. **Decreto n. 99.658**, de 30 de outubro de 1990. Regulamenta, no âmbito da Administração Pública Federal, o reaproveitamento, a movimentação, a alienação e outras formas de desfazimento de material. Brasília, DF, 1990.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. **Decreto n. 7.174**, de 12 de maio de 2010. Regulamenta a contratação de bens e serviços de informática e automação pela administração pública federal, direta ou indireta, pelas fundações instituídas ou mantidas pelo Poder Público e pelas demais organizações sob o controle direto ou indireto da União. Brasília, DF, 2010.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. **Decreto n. 9.178**, de 23 de outubro de 2017. Altera o Decreto nº 7.746, de 5 de junho de 2012, que regulamenta o art. 3º da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, para estabelecer critérios, práticas e diretrizes para a promoção do desenvolvimento nacional sustentável nas contratações realizadas pela administração pública federal direta, autárquica e fundacional e pelas empresas estatais dependentes, e institui a Comissão Interministerial de Sustentabilidade na Administração Pública - CISAP. Brasília, DF, 2017.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. **Lei n. 8.666**, de 21 de junho de 1993. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. Brasília, DF, 1993.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. **Lei 10.295**, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. Brasília, DF, 2001.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. **Lei n. 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF, 2010.

BRINGHENTI, J. R.; KORRES, A. M. N.; ANDREÃO, R. V.; GÜNTHER, W. M. R. Evaluation of Sustainable Bin for Recyclable Solid Waste. p.175-183. In: FILHO, W. L. **Towards Green Campus Operations**. World Sustainability Series. Springer, 2018.

CARVALHO, T. C. M. B.; XAVIER, L. H. **Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos – uma abordagem prática para a sustentabilidade**. 1 ed. Rio de Janeiro. Elsevier, 2014.

CAVALCANTE, V. M. R. M.; ARAÚJO, B. D. L.; MENEZES, J. W. M. TI Verde: estudo de caso e propostas de práticas sustentáveis no IFCE. In: Encontro de Iniciação Científica Toledo – Faculdades Integradas Antônio Eufrásio de Toledo. Presidente Prudente – SP. **Anais..** v. 8, n. 8, 2012. Presidente Prudente, 2012.

CHIBUNNA, J. B.; SIWAR, C.; BEGUM, R. A.; MOHAMED, A. F. The challenges of e-waste management among institutions: a case study of UKM. **Procedia – Social and Behavioral Sciences**, v.59, p.644 – 649, 2012.

CONFORTO, E. C.; AMARAL, D. C.; SILVA, S. L. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. In: 8º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto – CBGDP, 2011, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2011.

CONTO, S. M. **Gestão de Resíduos em Universidades**. 1 ed. Caxias do Sul. EDUCS, 2010.

CRUZ, J. A. R.; CARVALHO, E. H. Diagnóstico dos resíduos sólidos da Universidade Federal de Goiás. In: 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES, 2009, Recife. **Anais...** Recife, 2009.

DAVIS, G.; WOLSKI, M. E-waste and the sustainable organization: Griffith University's approach to e-waste. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v.10, n 1, p.21-32, 2009.

DELGADO, C. C. Propuesta de implementación de un sistema de gestión ambiental para campus universitario. **Poliantea**, Bogotá, v.2, n.3, 2005.

DIAS, P.; MACHADO, A.; HUDA, N.; BERNARDES, A. M. Waste electric and electronic equipment (WEEE) management: A study on the Brazilian recycling routes. **Journal of Cleaner Production**, v.174, p.7-16, 2018.

FERREIRA, L. F. F.; JUNIOR, F. R. L. Gestão de resíduos em instituições de ensino superior: um estudo de caso sobre o gerenciamento de resíduos de computadores, lâmpadas, pilhas e baterias. XXII Simpósio de Engenharia de Produção – SIMPEP: Política Nacional de Inovação e Engenharia de Produção Bauru, 2015 **Anais...** Bauru – SP, 2015.

FRANÇA, F. C. C.; MORALES, G.; SALES, M. V. S. Revisão do tratamento sustentável do lixo eletrônico em IES: estudo de caso. **Agenda Social**, v.4, n.2, p.44-58, 2010.

FREIRE, B. V.; BORTOLETO, A. P. Evaluation of Environmental Impacts from a Molecular Evolution Laboratory's Waste Management System - A Brazilian Case Study. p. 333-347. In:

FILHO, W. L. **Towards Green Campus Operations**. World Sustainability Series. Springer, 2018.

FROIO, P. J.; SILVA, A. C. N.; PALAVER, D.; ESTEVES, M. S. R.; CASTRO, R. Práticas sustentáveis em serviços educacionais: uma comparação público-privada à luz da agenda de administração pública (A3P). In: xxxvi Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2016, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa, 2016.

GALLARDO, A.; EDO-ALCÓN, N.; CARLOS, M.; RENAU, M. The determination of waste generation and composition as an essential tool to improve the waste management plan of a university. **Waste Management**, v.53, p.3-11, 2016.

GAMA, E. F.; VASCONCELLOS, J. M. S.; MACHADO, A. L. S. A logística reversa do lixo eletrônico: um estudo de caso no Instituto Federal do Amazonas – Campus Manaus Distrito Industrial. **Nexus Revista de Extensão do IFAM**, v.2, n.2, p.61-69, 2016.

GIESE, E. C.; XAVIER, L. H.; LINS, F. A. F. Biomineração Urbana: O futuro da reciclagem de resíduos eletroeletrônicos. **Brasil Mineral**, v.385, p.36-39, 2018.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5 ed. São Paulo. Atlas, 2010.

GOMES, A. S. T.; SOUZA, L. A.; YAMANE, L. H.; SIMAN, R. R. Quantification of e-waste: a case study in Federal University of Espírito Santo, Brazil. World Academy of Science, Engineering and Technology, **International Journal of Environmental and Ecological Engineering**, v.11, n.2, 2017.

GOUVEIA, N.; FERRON, M. M.; KUNO, R. Os impactos dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos na saúde. p.113-128. In: CARVALHO, T. C. M. B.; XAVIER, L. H. **Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos: uma abordagem prática para a sustentabilidade**. Ed.1, Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

IKHLAYEL, M. Environmental impacts and benefits of state-of-the-art technologies for E-waste management. **Waste Management**, v.68, p.458–474, 2017.

ITAUTEC. **Guia do usuário consciente de produtos eletrônicos**. 2º Edição. Fevereiro de 2011. Disponível em: < <http://www.itautech.com.br/pt-br/sustentabilidade>>.

JUNIOR, F. R. L.; OIKO, O. T. Caracterização e proposta de destinação dos computadores que compõem os resíduos de equipamentos eletro-eletrônicos da Universidade Estadual de Maringá. In: XVIII Encontro Anual de Iniciação Científica – EAIC, 2009. Londrina. **Anais...** Londrina, 2009.

KAPPES, A. R.; SOMAVILLA, E. A.; RAMÍREZ, R. J. M. G.; CECONI, D. E. Estudo de caso da Gestão dos resíduos eletroeletrônicos na Universidade Federal de Santa Maria. 5º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente, 2016. Bento Gonçalves. **Anais..** Bento Gonçalves, 2016.

KOHL, C. A.; GOMES, L. P. Physical and chemical characterization and recycling potential of desktop computer waste, without screen. **Journal of Cleaner Production**, v.184, p.1041-1051, 2018.

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

LERTCHAIPRASERT, P.; WANNAPIROON, P. Study of e-waste management with Green ICT in Thai higher education institutions. **International Journal of e-Education, e-Business, e-Management and e-Learning**, v.3, n.3, p.239-243, 2013.

LINDE, K.; WILLICH, S. N. How objective are systematic reviews? Differences between reviews on complementary medicine. **Journal of the Royal Society of Medicine**, v.96, p.17-22, 2003.

LÖBLER, M. L.; SILVA, B. G.; POZZOBON, D. M.; GOMES, C. M. Strategic orientation towards sustainable innovation: a case study in a brazilian university. **Journal of Technology Management & Innovation**, v.7, p.196-206, 2012.

MACEDO, D. H.; PAGLIARINI, P. C.; FALSETTA, A. O lixo eletrônico na UNICAMP: estudo de caso sobre as oportunidades ainda não exploradas. **Revista Ciências do Ambiente On-Line**, v.8, n.1, p.28-33, 2012.

MAGNAGO, P. F.; ECHEVESTE, M. Caracterização de um modelo mínimo para o PDS por meio de uma revisão sistemática de literatura. In: 8º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto – CBGDP, 2011. Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2011.

MINOTTO, J. B.; MAGALHÃES, R. F.; RODRIGUES, E. A. Gestão de Resíduos Sólidos na Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Brasil. In: 9º Fórum Internacional de Resíduos Sólidos. Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2018.

MORAES, V. T.; ESPINOSA, D. C. R.; LUCENA, L. L. Tecnologias de tratamento para resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. p. 129-148. In: CARVALHO, T. C. M. B.;

XAVIER, L. H. **Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos**: uma abordagem prática para a sustentabilidade. Ed.1, Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

NETO, G. C. O.; CORREIA, A. J. C.; SCHROEDER, A. M. Economic and environmental assessment of recycling and reuse of electronic waste: Multiple case studies in Brazil and Switzerland. **Resources, Conservation & Recycling**. v.127, p.42-55, 2017.

ODHIAMBO, B. D. Generation of e-waste in public universities: the need for sound environmental management of obsolete computers in Kenya. **Waste Management**, v. 29, p. 2787-2790, 2009.

PACHECO, R. M.; LAURENTI, A.; SANTOS, B. E. S.; MATTES, I.; MEIRELES, S. Diagnosis of Chemical and Special Waste Management in a Higher Education Institution: A Methodology for Data Acquisition and Processing. p. 205-217. In: FILHO, W. L. **Towards Green Campus Operations**. World Sustainability Series. Springer, 2018.

PAES, C. E.; BERNARDO, M.; LIMA, R. S.; LEAL, F. Management of waste electrical and electronic equipment in brazilian public education Institutions: implementation through action research on a university campus. **Systemic Practice and Action Research**, v.30, p. 377–393, 2017.

PALADINI, E. **Gestão estratégica da qualidade**. Atlas, 2009.

PANIZZON, T.; REICHERT, G. A.; SCHNEIDER, V. E. Avaliação da geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEEs) em uma universidade particular. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.22, n.4, p.625-635, 2017.

PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO. **Diretiva 2002/95/CE**. Relativa à restrição do uso de determinadas substâncias perigosas em equipamentos eléctricos e electrónicos. Jornal Oficial da União Europeia de 27 de Janeiro de 2003.

PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO. **Diretiva 2002/96/CE**. Relativa aos resíduos de equipamentos eléctricos e electrónicos (REEE). Jornal Oficial da União Europeia de 27 de Janeiro de 2003.

PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO. **Diretiva 2011/65/EU**. Relativa à restrição do uso de determinadas substâncias perigosas em equipamentos eléctricos e electrónicos (reformulação). Jornal Oficial da União Europeia de 8 de Junho de 2011.

PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO. **Diretiva 2012/19/EU**. Relativa aos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE). Reformulação. Jornal Oficial da União Europeia. 2012.

PEREIRA, R. S. C.; RIBEIRO, F. M.; GÜNTHER, W. M. R. Indicadores para gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos: uma comparação inicial. In: 6º International Workshop Advances in Cleaner Production, 2017, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2017.

REIDLER, N. M. V. L. **Resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos em instituições de ensino superior: estudo de caso e diretrizes para a gestão integrada**. 2012. 210 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2012.

RIBEIRO, E.; LOZANO, M. Análise da armazenagem de resíduos eletrônicos da Faculdade de Tecnologia da Zona Leste. In: XI Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 2015. Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2015.

RIO GRANDE DO SUL. Fundação Estadual de Proteção Ambiental. **Diretriz Técnica nº 03/2016**. Diretriz Técnica para o licenciamento ambiental de atividades envolvendo equipamentos eletroeletrônicos inservíveis. 06 de dezembro de 2016.

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

RODRIGUES, C. A.; LAURENTI, A.; SOUZA, L.; SANTOS, S. B. E. The Sustainable Management of Special Waste at UFSC - Work and Environment. p.793-810. In: FILHO, W. L. **Towards Green Campus Operations**. World Sustainability Series. Springer, 2018.

RODRIGUES, J. T. M. C. **Seleção de Variáveis para Prever a Demanda de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos no Contexto da Logística Reversa**. 2016. 176f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

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

SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, São Carlos, v.11, n.1, p.83-89, 2007.

SANTOS, C. A. F.; NASCIMENTO, L. F. M.; NEUTZLING, D. M. A gestão dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) e as consequências para a sustentabilidade: as práticas de descarte dos usuários organizacionais. **Revista Capital Científico**, v.12, n.1, 2014.

SANTOS, M. K.; DANILEVICZ, A. M. F.; TUBINO, R. M. C. Environmental service providers assessment: A multi-criteria model applied to industrial waste. **Journal of Cleaner Production**, v.159. p.374-387, 2017.

SCHROEDER, A. M.; NETO, G. C. O.; PINTO, L. F. R.; BAPTISTA, E. A. Benefícios econômicos e ambientais da reciclagem e reuso de resíduos eletroeletrônicos: Estudo de caso em um centro de reciclagem especializado em São Paulo. In: XII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2015, Resende. **Anais...** Resende, 2015.

SIGRIST, C. S. L.; FONSECA, L. F. B.; VEIGA, J. M.; PAIVA, J. M. F.; MORIS, V. A. S. Desenvolvimento de ponto de coleta de resíduos eletroeletrônicos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – UFSM**, Santa Maria, v.19, n.2, p. 1423-1438, 2015.

SILVA, A. C. L.; FERNANDES, F. K. A.; MOTA, R. O. Gerenciamento de resíduos eletroeletrônicos: estudo de caso em uma empresa de assistência de celular. In: XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2015, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 2015.

SOUZA, F. H. N.; SOARES, I. A.; LUCAS, L. E. F. Gerenciamento dos resíduos sólidos de informática de uma instituição de ensino superior. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v.6, n.1, p.361-377, 2017.

SOUZA, R. G.; CLÍMACO, J. C. N.; SANT'ANNA, A. P.; ROCHA, T. B.; VALLE, R. A. B.; QUELHAS, O. L. G. Sustainability assessment and prioritisation of e-waste management options in Brazil. **Waste Management**, v.57, p.46-56, 2016.

TAUCHEN, J.; BRANDLI, L. L. A gestão ambiental em instituições de ensino superior: modelo para implantação em campus universitário. **Gestão & Produção**, v.13, n.3, p.503-515, 2006.

TAUCHEN, J.; BRANDLI, L. L.; FRANDOLOSO, M. A. L.; RODRIGUES, F. B. Proposição de um modelo de gestão ambiental: aplicação na Faculdade de Horizontina –

FAHOR. In: I Encontro Latino Americano de Universidades Sustentáveis (ELAUS) – Universidades Sustentáveis, Possibilidades e Desafios. 2008, Horizontina. **Anais...** Horizontina, 2008.

XAVIER, J. L. N.; VEIT, H. M.; BERNARDES, A. M. Possibilidades de inclusão social na cadeia produtiva de reciclagem de resíduos eletroeletrônicos (REEE). In: 8º Fórum Internacional de Resíduos Sólidos. Curitiba. **Anais...** Curitiba, 2017.

XAVIER, L. H.; BARRETO, C. A.; TRAJANO, K. A gestão de materiais pós-consumo em instituições públicas: estudo de caso dos resíduos tecnológicos na Universidade Federal de Pernambuco. In: 7º Fórum Internacional de Resíduos Sólidos: Resíduos Sólidos e Mudanças Climáticas. 2016, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2016.

XAVIER, L. H.; CARVALHO T. C. M. B. Introdução à gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. p.1-18. In: CARVALHO, T. C. M. B.; XAVIER, L. H. **Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos**: uma abordagem prática para a sustentabilidade. Ed.1, Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

XAVIER, L. H.; LINS, F. A. F. Mineração Urbana de resíduos eletroeletrônicos: uma nova fronteira a explorar no Brasil. **Brasil Mineral**, v.379, p.22-26, 2018.

ZANTA, V. M.; OLIVEIRA, C. C. A.; QUEIROZ, L. M. Análise dos entraves à gestão sustentável de resíduos de tecnologia da informação na Universidade Federal da Bahia. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v.4, n.2, p.232-251, 2016.

ZENG, X.; YANG, C.; CHIANG, J. F.; LI, J. Innovating e-waste management: From macroscopic to microscopic scales. **Science of the Total Environment**, v.575, p.1-5, 2017.

APÊNDICE A

Carta-convite para participação na pesquisa



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA

Porto Alegre, 07 de Janeiro de 2019.

Prezado Especialista,

A mestranda em Engenharia de Produção, Eveline Araujo Rodrigues, vinculada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Engenharia de Produção, da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, vem convidá-lo a participar de uma pesquisa sobre *Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEEs) em Instituições de Ensino Superior (IESs)*, desenvolvida sob minha orientação, Prof^ª. Dra. Ângela de Moura Ferreira Danilevicz.

O objetivo da investigação é o de propor uma estrutura teórica com etapas e atividades para compor um sistema de gerenciamento de REEEs para IESs. Sua contribuição é fundamental, como especialista nesta área, de uma das principais IESs da região metropolitana de Porto Alegre – RS.

Assim sendo, gostaríamos de agendar uma entrevista presencial de aproximadamente trinta minutos, para conhecer sua opinião. As respostas obtidas serão manuseadas apenas pela pesquisadora e sua orientadora. Os resultados serão divulgados por meio da dissertação e de periódicos científicos, sendo que a identidade dos participantes será preservada e o sigilo às respostas garantido.

Caso necessárias informações adicionais, ficamos à disposição e, antecipadamente, agradecemos a sua colaboração.

Prof. Dr. Ângela de Moura Ferreira Danilevicz
Orientadora
PMPEP/UFRGS

APÊNDICE B

Roteiro de entrevistas utilizado com os especialistas

ROTEIRO DE ENTREVISTA – ESPECIALISTAS

1. Identificação do entrevistado

Nome:

Instituição:

Profissão:

Área de atuação:

Tempo de experiência:

2. Questionário

Questão 1: A sua IES possui um modelo de gerenciamento de REEEs? Qual sua opinião sobre ele? Quais oportunidades de melhoria o(a) senhor (a) considera relevante realizar?

Questão 2: Diante da problemática relacionada aos REEEs, o(a) senhor(a) concorda que um modelo composto por um conjunto de etapas desde a aquisição dos equipamentos até a destinação final dos resíduos pode servir como base para a implantação ou adequação do processo de gerenciamento de REEEs na sua IES? Por quê?

Questão 3: Qual sua opinião sobre o modelo apresentado?

Questão 4: Na sua opinião, é necessário inserir **etapas** no sistema? Quais? Por quê?

Questão 5: Na sua opinião, é necessário eliminar **etapas** do sistema? Quais? Por quê?

Questão 6: Na sua opinião, é necessário inserir outras **atividades**? Quais? Por quê?

Questão 7: Na sua opinião, é necessário eliminar **atividades**? Quais? Por quê?

Questão 8: Na sua opinião, é possível (viável) aplicar o modelo em uma IES? Por quê?

Questão 9: Na sua opinião, quais são as principais dificuldades/barreiras relacionadas à implantação do modelo proposto, em geral? E na sua IES?

Questão 10: Em sua opinião, quais requisitos (equipe, espaço, recurso, etc.) são considerados fundamentais para o êxito de um modelo de gerenciamento de REEEs, em geral? E na sua IES?

Questão 11: Quais impactos positivos (ambiental, social e econômico) poderiam ser gerados com a implantação desse modelo de gerenciamento de REEEs na sua IESs?

Questão 12: Fique à vontade para fazer comentários adicionais ao modelo proposto.

APÊNDICE C

Roteiro de entrevistas utilizado com os *stakeholders* internos

ROTEIRO DE ENTREVISTA – *STAKEHOLDERS*

1. Identificação do *stakeholder* interno

1.1 Profissão:

1.2 Cargo:

1.2 Área de atuação (setor/departamento):

1.3 Tempo de experiência:

Questionário 1

1. Como é realizada a **aquisição** de equipamentos eletroeletrônicos (TI e comunicação) na UFRGS?
 2. Você identifica algum problema recorrente nesta etapa? Por quê?
 3. Avalie as atividades contempladas na etapa de **aquisição sustentável** do modelo proposto.
 4. O que implicaria a implantação dessa etapa na UFRGS? Custo, pessoal, etc.
-

Questionário 2

1. Como é realizada a **aquisição via recurso de projeto** de equipamentos eletroeletrônicos (TI e comunicação) na UFRGS?
 2. Você identifica algum problema recorrente nesta etapa? Por quê?
 3. Avalie as atividades contempladas na etapa de **aquisição sustentável** do modelo proposto.
 4. O que implicaria a implantação dessa etapa na UFRGS? Custo, pessoal, etc.
-

Questionário 3

1. Como é realizada a **manutenção (preventiva e corretiva)** de equipamentos eletroeletrônicos (TI e comunicação) na UFRGS?
 2. Você identifica algum problema recorrente nesta etapa? Por quê?
 3. Avalie as atividades contempladas na etapa de **manutenção (preventiva e corretiva)** do modelo proposto.
 4. O que implicaria a implantação dessa etapa na UFRGS? Custo, pessoal, etc.
-

Questionário 4

1. Como é realizada a **solicitação de coleta** de equipamentos eletroeletrônicos (TI e comunicação) na UFRGS?
 2. Você identifica algum problema recorrente nesta etapa? Por quê?
 3. Avalie as atividades contempladas na etapa de **solicitação de coleta** do modelo proposto.
 4. O que implicaria a implantação dessa etapa na UFRGS? Custo, pessoal, etc.
-

Questionário 5

1. Como é realizada a **logística interna** de REEEs na UFRGS?
 2. Você identifica algum problema recorrente nesta etapa? Por quê?
 3. Avalie as atividades contempladas na etapa de **logística interna** do modelo proposto.
 4. O que implicaria a implantação dessa etapa na UFRGS? Custo, pessoal, etc.
-

Questionário 6

1. Como é realizado o **armazenamento** de REEEs na UFRGS?
 2. Você identifica algum problema recorrente nesta etapa? Por quê?
 3. Avalie as atividades contempladas na etapa de **armazenamento** do modelo proposto.
 4. O que implicaria a implantação dessa etapa na UFRGS? Custo, pessoal, etc.
-

Questionário 7

1. Como é realizado o **recondicionamento** de REEEs na UFRGS?
 2. Você identifica algum problema recorrente nesta etapa? Por quê?
 3. Avalie as atividades contempladas na etapa de recondicionamento do modelo proposto.
 4. O que implicaria a implantação dessa etapa na UFRGS? Custo, pessoal, etc.
-

Questionário 8

1. Como é realizada a **reutilização (interna e externa)** de REEEs na UFRGS?
2. Você identifica algum problema recorrente nesta etapa? Por quê?

3. Avalie as atividades contempladas na etapa de **reutilização (interna e externa)** do modelo proposto.
 4. O que implicaria a implantação dessa etapa na UFRGS? Custo, pessoal, etc.
-

Questionário 9

1. Como é realizada a **destinação final** de REEEs na UFRGS?
2. Você identifica algum problema recorrente nesta etapa? Por quê?
3. Avalie as atividades contempladas na etapa de **destinação final** do modelo proposto.
4. O que implicaria a implantação dessa etapa na UFRGS? Custo, pessoal, etc.