



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**LEVANTAMENTO DOS RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS
ELETROELETRÔNICOS MÉDICO-HOSPITALARES DE UM HOSPITAL
PÚBLICO NA CIDADE DE JOÃO PESSOA-PB**

LUANNY DANTAS DE BRITO

João Pessoa - PB

2017

LUANNY DANTAS DE BRITO

**LEVANTAMENTO DOS RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS
ELETROELETRÔNICOS MÉDICO-HOSPITALARES DE UM HOSPITAL
PÚBLICO NA CIDADE DE JOÃO PESSOA-PB**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado como pré-requisito para a
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Ambiental pela Universidade
Federal da Paraíba.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Elisângela Maria
Rodrigues Rocha

JOÃO PESSOA

2017

D192I Brito, Luanny Dantas de

Levantamento dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos médico-hospitalares de um hospital público na cidade de João Pessoa./ Luanny Dantas de Brito. – João Pessoa, 2017.

49 f. il.:

Orientador: Prof^a. Dr^a. Elisângela Maria Rodrigues Rocha

Monografia (Curso de Graduação em Engenharia Ambiental) Campus I - UFPB / Universidade Federal da Paraíba.

1. Logística Reversa 2. Obsolescência Tecnológica 3. Gestão de Resíduos I. Título.

BS/CT/UFPB

CDU: 2.ed. 65.012.34(043)

FOLHA DE APROVAÇÃO

LUANNY DANTAS DE BRITO

LEVANTAMENTO DOS RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS MÉDICO-HOSPITALARES DE UM HOSPITAL PÚBLICO NA CIDADE DE JOÃO PESSOA-PB)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado em 02/06/2017 perante a seguinte Comissão Julgadora:



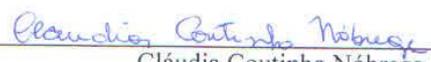
Elisângela Maria Rodrigues Rocha
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADA



Aline Flavia Nunes Remigio Antunes
UFPB

APROVADA



Cláudia Coutinho Nóbrega
UFPB

APROVADA



Prof. Adriano Rolim da Paz
Coordenador do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental

AGRADECIMENTOS

À Deus, o autor da vida e da sabedoria, Aquele que nos dá forças para superar os obstáculos.

Aos meus pais, pela educação que me deram e por todo amor e dedicação para comigo.

À minha orientadora, Prof. Dra. Elisângela Maria Rodrigues Rocha, pela paciência, dedicação e pelos ensinamentos passados a mim, para que eu obtivesse êxito no meu trabalho.

Às minhas grandes amigas de infância, Vivian, Cheyenne e Eduarda que estiveram e estão comigo nos momentos mais importantes da minha vida.

Aos meus amigos e companheiros do curso que compartilharam anos de formação acadêmica e de aprendizado, em especial Erika, Mariana, Virginia (*In memoriam*), Andressa, Natália e Thais.

À Teresa e Emanuella, que foram muito importantes para mim, principalmente nos últimos períodos do curso.

À Universidade Federal da Paraíba, que juntamente com seu corpo docente foi uma fonte de saber e conhecimento, capacitando-me e dando suporte em tudo que me foi necessário.

A todos dos professores do curso de Engenharia Ambiental da UFPB.

Aos funcionários do hospital onde a pesquisa foi realizada, que me deram o suporte necessário para que eu pudesse obter dados para a pesquisa.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para elaboração desse Trabalho de Conclusão de Curso, agradeço enormemente.

RESUMO

A descoberta de novas tecnologias vem rapidamente tornando os modelos dos equipamentos eletroeletrônicos (EEE) médico-hospitalares ultrapassados, acarretando em um aumento na geração de resíduos desses equipamentos em todo o mundo. O presente trabalho teve como objetivo realizar um levantamento dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) médico-hospitalares, em um hospital público na cidade de João Pessoa. Na primeira etapa, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com os responsáveis administrativos do hospital visando obter informações sobre os REEE médico-hospitalares gerados. Na segunda etapa, buscou-se dados a partir de documentos oficiais do hospital, referente ao processo de desativação de equipamentos médicos no ano de 2016. Na terceira etapa, foi feita uma catalogação dos REEE médico-hospitalares existentes no depósito do hospital, com vistas a identificar os tipos e as quantidades dos equipamentos médicos existentes no depósito. Constatou-se que o principal motivo verificado para desativação dos equipamentos médicos no ano de 2016 foi a obsolescência tecnológica. A partir da catalogação, verificou-se que constam um total de 198 REEE médico-hospitalares, de 47 tipos diferentes, no depósito do hospital. Por se tratar de um hospital público, o destino final para este tipo de resíduo geralmente é feito por leilão ou doação, ficando a cargo dos arrematantes dos leilões e de quem recebeu as doações fazer cumprir a logística reversa e dar a destinação ambientalmente adequada aos resíduos.

Palavras-Chave: Logística Reversa. Obsolescência Tecnológica. Gestão de Resíduos.

ABSTRACT

The discovery of new technologies come quickly making the models of electrical and electronic equipment (EEE) medical-hospital exceeded, resulting in an increase in the generation of waste of such equipment throughout the world. The objective of this study was to conduct a survey of waste electrical and electronic equipment (WEEE) medical-hospital, in a public hospital in the city of João Pessoa. In the first stage, semi-structured interviews were conducted with hospital administrators to obtain information about the medical-hospital WEEE generated. In the second stage, a data survey was performed from official hospital documents, referring to the process of deactivation of medical equipment in 2016. In the third stage, medical-hospital WEEE were cataloged in the hospital deposit, in order to identify the types and quantities of medical equipment in the deposit. It was found that the main reason for the deactivation of medical equipment in 2016 was technological obsolescence. From the cataloging, it was verified that are a total of 198 medical-hospital WEEE, of 47 different types, in the deposit of the hospital. Because it is a public hospital, the final destination for this type of waste is usually done by auction or donation, becoming in charge of the auctions and bidders who received the donations to enforce the reverse logistics and give adequate environmental waste disposal.

Keywords: Reverse Logistic. Technology Obsolescence. Waste Management

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Classificação dos EEE de acordo com a ABINEE	18
Figura 2–Etapa pós-consumo dos EEE.	19
Figura 3 – Visão parcial do depósito onde os REEE gerados no hospital estão armazenados..	32
Figura 4 - Fluxo dos REEE médico-hospitalares dentro do hospital	33
Figura 5 – Depósito improvisado do hospital.....	34
Figura 6 – Motivos para a desativação dos equipamentos médicos pela Engenharia Clínica no ano de 2016.....	35
Figura 7 – Monitores fetais armazenados no depósito do hospital.....	37
Figura 8 – Camas elétricas armazenadas no depósito do hospital.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tipo e quantidade dos REEE a partir de catalogação realizada em abril/2017	38
Tabela 2– Substância encontradas nos REEE e seus riscos à saúde e ao ambiente	40

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Categoria dos EEE segundo a diretiva 2012/19/CE.....	17
Quadro 2 – Substâncias encontradas nos REEE e seus efeitos à saúde e ao meio ambiente.....	22
Quadro 3 – Leis estaduais brasileiras que incluem os REEE em seu contexto legal.....	25

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABINEE	Associação Brasileira de Indústria Elétrica e Eletrônica
ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CFC	Clorofluorcarbonetos
EEE	Equipamentos Eletroeletrônicos
LR	Logística Reversa
ONU	Organização das Nações Unidas
RCB	Retardantes de Chamas bromados
PCB	Substâncias Halogenadas
PNRS	Política Nacional dos Resíduos Sólidos
PVC	Cloreto de Polivinila
REEE	Resíduo de Equipamento Eletroeletrônico
UNEP	United Nations Environment Program

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Definição do Tema e do Problema.....	13
1.2 Justificativa	14
1.3 Hipóteses.....	15
1.4 Objetivos.....	15
1.4.1 Objetivo geral.....	15
1.4.2 Objetivos específicos	15
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1 Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos	16
2.1.1 Possíveis impactos dos REEE à saúde e ao meio ambiente.....	20
2.1.2 Dispositivos legais referentes à REEE no Brasil.....	23
2.2 A Logística Reversa como Instrumento de Gestão dos REEE.....	26
2.3 A Geração de REEE em Hospitais Públicos e o Papel da Engenharia Clínica.....	28
3 METODOLOGIA	30
3.1 Descrição Geral da Pesquisa	30
3.2 Área de Estudo	30
3.3 Levantamento de Dados	31
3.4 Análise de Dados	32
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	33
4.1 Caracterização do Fluxo dos REEE Médico-hospitalares no Hospital.....	33
4.2 REEE Médico-hospitalares Desativados em 2016	35
4.3 REEE Médico-hospitalares Identificados	36
4.4 Proposições para a Gestão dos REEE em Hospitais Públicos	41
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

1 INTRODUÇÃO

1.1 Definição do tema e do problema

Um dos grandes problemas que a sociedade moderna enfrenta é o aumento na geração de resíduos sólidos. Com o crescimento populacional, a industrialização, o avanço tecnológico e a mudança nos padrões de consumo, o equacionamento da geração excessiva e da disposição final dos resíduos sólidos no Brasil e no mundo torna-se uma preocupação crescente (LOPES, 2016).

Esses problemas tornam-se ainda mais evidentes quando os resíduos em questão são os Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE), provenientes de equipamentos de som, telefonia, informática, médico-hospitalares, entre outros (MORAIS, 2014).

A descoberta de novas tecnologias vem rapidamente tornando os modelos dos equipamentos eletroeletrônicos ultrapassados (RODRIGUES e CAVINATTO, 2003), lançando no mercado cada vez mais equipamentos de alto desempenho e com vida útil reduzida, transformando-se rapidamente em sucata eletrônica ou REEE.

Estimativas levantadas em 2009 pela United National Environment Program (UNEP) apontam para uma geração anual de 40 milhões de toneladas de REEE no mundo, onde grande parte ainda é observada em países desenvolvidos. De acordo com o Relatório das Organizações das Nações Unidas de 2009, o Brasil foi classificado como o maior produtor de lixo eletrônico entre os países emergentes, apresentando uma média de meio quilo por habitante por ano (UNEP, 2009).

É importante destacar que os REEE podem possuir em sua composição, plásticos, vidros, metais pesados e componentes radioativos, cuja decomposição é lenta e pode comprometer o meio ambiente e a saúde pública (OLIVEIRA, 2014).

As substâncias químicas como chumbo, mercúrio e cádmio, normalmente fazem parte dos REEE, e quando descartados de forma inadequada, em aterros sanitários ou no lixo comum, esses resíduos entram em contato com o meio ambiente, podendo liberar íons que contaminam o solo, e posteriormente alcançam os lençóis freáticos e a água de rios, contaminando vegetais e animais, incluindo o ser humano. Com o tempo, metais pesados podem se acumular no organismo do homem, ocasionando formação de células cancerígenas, distúrbios renais e neurológicos, alterações no metabolismo, anemia, enfraquecimento ósseo, dentre outros, dependendo do tipo de elemento químico que foi acumulado (ROBINSON, 2009; MAGERA 2012).

No Brasil, a temática sobre REEE passou a ganhar mais destaque a partir da Lei nº 12.305/2010, que implementa a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS). Um importante avanço da PNRS, principalmente no que tange a gestão e gerenciamento dos REEE, é a implantação dos sistemas de Logística Reversa (LR), visando a destinação adequada dos resíduos, por parte de seus fabricantes, distribuidores e importadores.

Mesmo com a criação da Lei nº 12.305/2010, regras para a gestão dos REEE ainda estão por ser mais bem definidas e necessitam de estudos aprofundados sobre os fatores determinantes da geração, descarte e gestão desses resíduos no país (RODRIGUES, 2012).

Vale ressaltar que a área da saúde vem desenvolvendo um constante avanço e diversidade tecnológica ao longo dos anos, principalmente com relação aos equipamentos eletroeletrônicos médico-hospitalares, e devido a isso, muitos desses equipamentos tornam-se tecnologicamente obsoletos rapidamente, suscitando na geração de REEE médico-hospitalares (CASTRO et al., 2013).

O crescimento da geração de REEE, tanto na área de saúde, quanto em diversas outras áreas, sua composição complexa, devido à presença de substâncias perigosas e as condições de tratamento e disposição final inadequados a que são submetidos (RODRIGUES 2012), requerem ações de gerenciamento para que se faça uma boa gestão desses tipos de resíduos.

1.2 Justificativa

A temática envolvendo os REEE no Brasil e no mundo é emergente, e tem despertado atenção devido aos impactos associados ao seu descarte e disposição final. A literatura científica referente ao tema começou a surgir em meados do ano 2000, sendo, portanto, bastante atual. Devido a isso, uma das maiores dificuldades encontradas para uma gestão bem-sucedida desse tipo de resíduo é a ausência de dados confiáveis sobre quantidades geradas (RODRIGUES, 2012).

No Brasil, algumas pesquisas e estudos vêm sendo realizados na última década, abordando a gestão e gerenciamento dos REEE (RODRIGUES, 2012; SILVA, 2013; OLIVEIRA, 2014; MORAIS 2014). No entanto a maior parte deles enfoca na geração resíduos de eletrodomésticos de pequeno e grande porte, e resíduos da Tecnologia da Informação (TI) e comunicação, não havendo, portanto, pesquisas relevantes envolvendo geração e gestão de resíduos de equipamentos médico-hospitalares.

Equipamentos médicos em geral, produzem resíduos extremamente nocivos ao meio ambiente e a saúde, uma vez que internamente podem possuir componentes químicos,

tóxicos e até radioativos. Este tipo de resíduo deve seguir normas especiais de descarte, mas, no Brasil, culturalmente, não se planeja o descarte adequado de equipamentos médico-hospitalares ao final da sua vida útil (CASTRO *et al.*, 2013).

Portanto, o presente trabalho se justifica pela necessidade da realização de pesquisas voltadas à gestão de resíduos de equipamentos médico-hospitalares, e a partir desta importância, buscou-se realizar um levantamento dos REEE da categoria médico-hospitalar gerados em um hospital público da cidade de João Pessoa, propondo soluções para a melhoria da gestão dos mesmos.

1.3 Hipóteses

- A quantidade e o volume dos REEE gerados no hospital público indicam a necessidade de uma logística para seu armazenamento e destinação final.
- A implementação de um plano de gestão dos REEE na categoria de equipamentos médico-hospitalares no hospital viabilizará o manejo correto desses tipos de resíduos.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo geral

Realizar o levantamento dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos da categoria médico-hospitalar, gerados em um hospital público na cidade de João Pessoa-PB.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Avaliar qual a real situação dos REEE médico-hospitalares gerados no hospital.
- Analisar quais são os principais motivos para a desativação dos equipamentos médicos pela Engenharia Clínica do hospital.
- Identificar as principais substâncias existentes na composição dos REEE médico-hospitalares e seus efeitos ao meio ambiente e a saúde.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos

A partir da Revolução Industrial, muitas mudanças vêm ocorrendo não só nos processos produtivos, mas nos padrões de consumo do mercado (USHIZIMA *et. al*, 2014). Verificando que no decorrer do século XX, a população mundial dobrou de tamanho, porém a quantidade de lixo produzida no mesmo período aumentou numa proporção muito maior. As indústrias evoluíram consideravelmente e hoje fabricam produtos sequer imagináveis em tempos passados.

Em consequência dessas mudanças, o mercado de equipamentos eletroeletrônicos (EEE) sofreu alterações, e, atualmente, é um dos que crescem mais rapidamente no mundo (CUI & FORSSBERG, 2003).

De acordo com o artigo 3º da Diretiva 2002/95/CE do Parlamento Europeu, os EEE são definidos como:

Os equipamentos cujo funcionamento adequado depende de correntes elétrica ou campos eletromagnéticos, bem como os equipamentos para geração, transferência e medição dessas correntes e campos pertencentes às categorias definidas no Anexo I A da Diretiva 2002/96/CE e destinados à utilização com uma tensão nominal não superior a 1.000 V para corrente alternada e 1500 V para corrente contínua (PARLAMENTO EUROPEU, Artigo 3º, 2003).

O Parlamento Europeu, por meio da Diretiva 2012/19/CE, classifica esses equipamentos em 11 categorias distintas, baseando-se na função a especificidade para a qual o equipamento foi fabricado, bem como o seu tamanho (Quadro 1). De acordo com Xavier e Carvalho (2014), essa distribuição facilita a discriminação do potencial de risco de cada classe em função de suas especificidades, como: composição por tipo de materiais, vida útil, porte do equipamento, dentre outros.

Quadro 1 – Categoria dos EEE segundo a Diretiva 2012/19/CE

Categoria	Exemplo de Equipamentos
Eletrodomésticos de grande porte	Refrigeradores, Freezers, fogões, máquinas de lavar e secar roupas, micro-ondas, máquinas de lavar louças, equipamento de ar condicionado.
Eletrodomésticos de pequeno porte	Aspirador de pó, ferro de passar roupa, torradeiras, fritadeiras, facas elétricas, relógios de parede e de pulso, secador de cabelo.
Equipamentos de TI e Comunicação	Mainframes, impressoras, minicomputadores, computadores pessoais, laptop, calculadoras, aparelhos de fax, netbooks, celular, telefone, tablet.
Equipamentos de consumo e painéis fotovoltaicos	Aparatos para rádio e TV, câmera de vídeo, gravadores hi-fi, amplificadores de áudio, instrumentos musicais, painéis fotovoltaicos.
Equipamento de iluminação	Luminárias para lâmpadas fluorescentes (exceto luminárias domésticas), lâmpadas fluorescentes, lâmpadas fluorescentes compactas, lâmpadas de vapor de sódio, lâmpada de halogênio.
Ferramentas Eletroeletrônicas	Serras, esmeril, furadeiras, máquinas de corte, parafusadeiras, ferramentas de atividades de jardinagem, máquinas de solda.
Equipamentos de lazer, esporte e brinquedos	Trens e carros elétricos, vídeo game, console de videogame, computadores para ciclismo, corrida e outros esportes, equipamentos de esporte.
Equipamentos médicos	Equipamentos de radioterapia, cardiologia, diálise, medicina nuclear, análise de laboratório, freezers
Instrumentos de monitoramento e controle	Detector de fumaça, regulador de aquecimento ou esfriamento, termostatos, equipamentos de monitoramento para uso doméstico ou industrial.
Caixas de autoatendimento	Dispenseres (caixas de autoatendimento) de bebida, produtos sólidos, dinheiro, entre outros.
Outros	Outras categorias não consideradas anteriormente.

Fonte: Adaptado de Xavier e Carvalho (2014)

No Brasil, Associação Brasileira de Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE), classifica os EEE em quatro grupos: linha marrom, linha branca, linha verde e linha azul (ESPINOSA, 2002). Esta classificação foi feita em função das características dos equipamentos e dos seus constituintes de fabricação, e pode ser observada na Figura 1. É importante destacar que esta classificação não engloba todos os tipos de EEE, dando prioridade, principalmente aos eletroeletrônicos de uso doméstico.

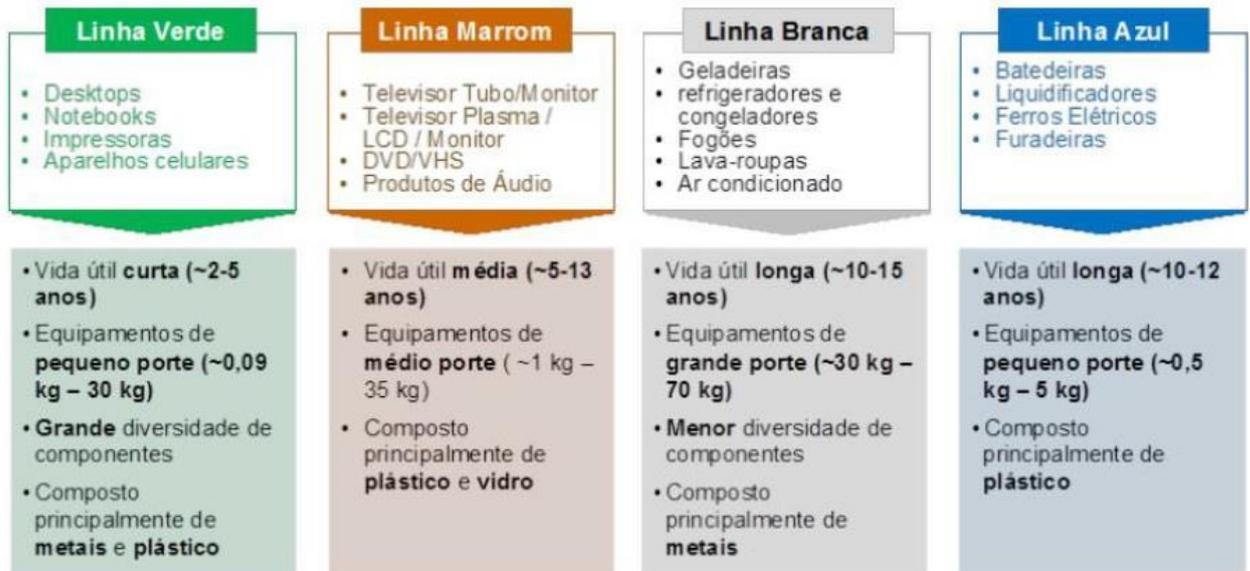


Figura 1 – Classificação dos EEE's de acordo com a ABINEE

Fonte: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial - ABDI (2012)

O ciclo de vida dos EEE inicia-se com a extração de minérios para a produção dos equipamentos, que são distribuídos, comercializados, consumidos e, ao chegarem ao final de sua vida, são destinados, podendo ser reutilizados, tratados, reciclados ou dispostos em aterros. Este ciclo de vida dos EEE está cada vez mais curto, devido a rápida evolução tecnológica das últimas décadas, acelerando assim, o processo de obsolescência desses equipamentos (XAVIER e CARVALHO, 2014), e suscitando um novo desafio ambiental: os resíduos e rejeitos gerados a partir dos EEE pós-consumo. A etapa pós-consumo dos EEE está ilustrada na Figura 2 apresentando diversas possibilidades de destino após seu descarte.

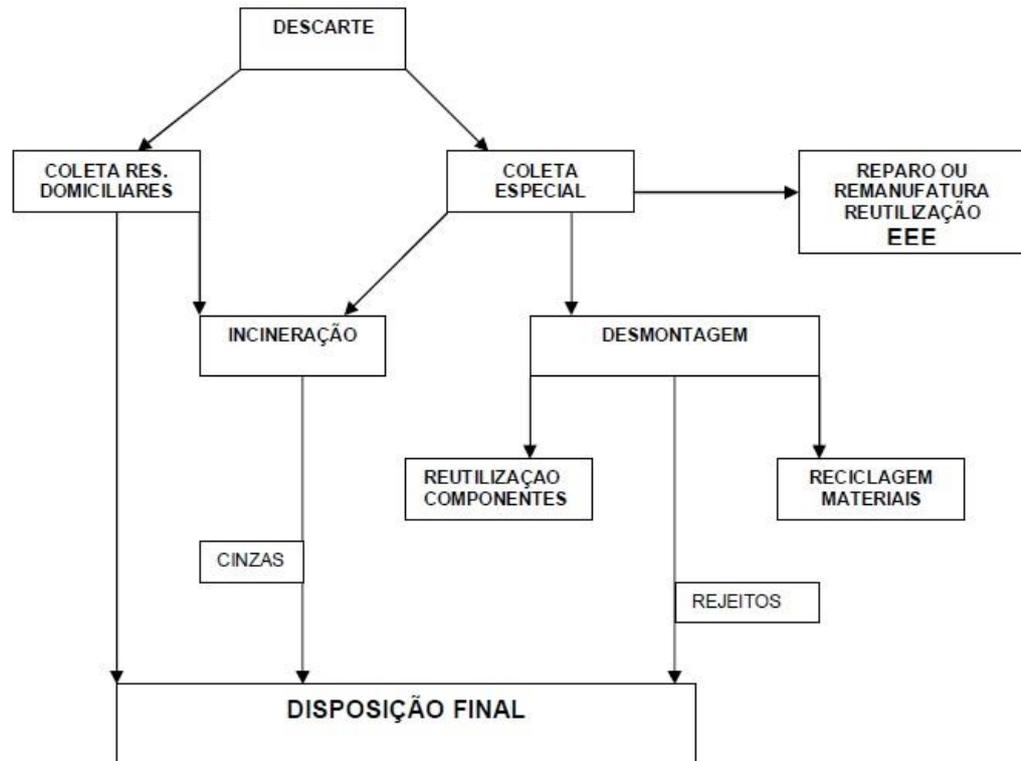


Figura 2 – Etapa pós-consumo dos EEE

Fonte: Rodrigues (2007)

De acordo com Xavier e Carvalho (2014), os REEE englobam, componentes, periféricos, partes de equipamentos, peças de reposição ou ainda, de equipamentos eletroeletrônicos inteiros. Estes materiais tornam-se resíduos, a partir do momento em que perdem utilidade em sua forma original, geralmente quando apresentam defeitos na fabricação, param de funcionar, ou se tornam obsoletos em relação a tecnologia (WIDMER *et al*, 2005; LI *et al*, 2004).

Os REEE diferem química e fisicamente de outras formas de resíduos sólidos, sejam eles urbanos ou industriais, pelo fato de conterem em sua composição materiais tanto valiosos, quanto perigosos. Dentre os materiais valiosos presentes em sua composição, pode-se citar o ouro, a prata, o cobre e o alumínio (RODRIGUES, 2012). Quanto aos materiais perigosos, incluem-se: mercúrio, chumbo, cádmio, retardantes de chama (clorados e bromados), arsênio e berílio (TSYDENOVA e BENGTTSSON, 2011). Para Rodrigues (2012) e Oliveira (2014) a composição diversificada torna as atividades de gestão e gerenciamento dos REEE complexas e onerosas.

A grande preocupação social e ambiental que envolve os REEE está ligada não só a composição dos mesmos, mas também com a quantidade de resíduos gerados anualmente, a precariedade de políticas de gestão e a ausência de informações sobre os potenciais riscos que

tais resíduos podem ocasionar à saúde pública e ao meio ambiente (XAVIER e CARVALHO, 2014; SILVA, 2013). De acordo com Xavier e Carvalho (2014), estima-se que a produção global de REEE está em torno de 20 a 25 milhões de toneladas por ano, sendo a maioria produzida na Europa, EUA e Austrália. Porém, estima-se que a China, a Europa Ocidental e a América Latina se tornarão os maiores produtores de REEE até o ano de 2019 (ROBINSON, 2009).

O Brasil é considerado o quinto maior produtor de EEE no mundo, apresentando uma geração crescente e diversificada (XAVIER e CARVALHO, 2014). Diante disto, aponta-se para o crescimento de REEE gerados no país por habitante ano. Em 2007, estimava-se que a geração de REEE no país seria de 2,6 kg/hab/ano (RODRIGUES, 2007), e a estimativa de REEE para o ano de 2015 foi de 8kg/hab/ano (THE WORLD BANK, 2012).

Percebe-se a tendência crescente de geração de REEE no Brasil, pois de acordo com Sant'Anna (2014), no Brasil são gerados por ano 680 mil toneladas de REEE e este tipo de resíduo vêm apresentando um crescimento três vezes maior do que o lixo comum. Para Xavier e Carvalho (2014) isto ocorre, pois, modelos de celulares, computadores e eletrônicos tornam-se rapidamente obsoletos, em relação a suas versões anteriores.

De acordo com Frazzoli (2010), pelo fato dos REEE serem classificados como perigosos, e apresentarem risco ao meio ambiente e à saúde, gerou-se uma grande preocupação a respeito do descarte ambientalmente inadequado, principalmente nos países em desenvolvimento, como o Brasil.

No Brasil, devido à ausência de políticas públicas para gestão, a maioria dos REEE não recebe qualquer tipo de tratamento, e é depositada em lixões ou aterros sanitários, ou permanece guardada em depósitos nas instituições públicas e privadas, ou nas próprias residências, aguardando solução para sua destinação (RODRIGUES, 2012).

2.1.1 Possíveis Impactos dos REEE à saúde e ao meio ambiente

A poluição ambiental e os danos à saúde ocasionados pela ausência de gestão e gerenciamento dos REEE são motivos de preocupação (RODRIGUES, 2012). Isto se deve à presença de substâncias perigosas em sua composição, por exemplo metais pesados como arsênio, cádmio, mercúrio, chumbo, níquel e zinco (WIDMER *et al.*, 2005). Assim como os resíduos sólidos produzidos em áreas urbanas, a maior parte dos REEE é depositada em aterros (ROBINSON, 2009). Segundo Widmer (2009), estima-se que cerca de 70% dos metais pesados

(mercúrio e cádmio) e 40% do chumbo presentes em aterros dos EUA foram originados por resíduos de equipamentos eletroeletrônicos.

Quando os REEE são descartados em aterros sanitários, o mero contato dos metais pesados com a água incide em contaminação do lixiviado, multiplicando o impacto decorrente de qualquer eventual vazamento. Ao penetrar no solo, esse material pode contaminar lençóis subterrâneos ou acumular-se em seres vivos, com consequências negativas para o ambiente como um todo (NATUME e SANT'ANNA, 2011; GONÇALVES, 2007). Na natureza, os componentes de um REEE podem levar séculos para se decompor. Os metais pesados, porém, podem demorar milhões de anos para perderem suas propriedades tóxicas, podendo provocar impactos irreparáveis no solo, na água, nas plantas, nos animais e, principalmente, no homem (GERBASE e OLIVEIRA; 2011). Além dos metais pesados, nos REEE também podem estar presentes substâncias como: clorofluorcarbonetos (CFC's), substâncias halogenadas (PCB's), cloreto de polivinila (PVC) e retardantes de chama bromados (P) (MORAIS, 2014).

O quadro 2 mostra algumas substâncias presentes nos REEE e seus efeitos à saúde e ao meio ambiente.

Quadro 2 – Substâncias encontradas nos REEE e seus efeitos à saúde e ao meio ambiente

SUBSTÂNCIA	UTILIZAÇÃO	EFEITOS
Chumbo	<ul style="list-style-type: none"> • Placas de circuitos impressos • Vidros de tubos de raios catódicos • Lâmpadas elétricas e fluorescentes • Televisões, microcomputadores e celulares 	<ul style="list-style-type: none"> • Meio Ambiente: Acumulação no ecossistema, efeitos tóxicos na fauna, flora e microorganismos. • Saúde: Danos nos sistemas nervoso dos seres humanos. Efeitos no sistema endócrino, sistema circulatório e nos rins.
Mercúrio	<ul style="list-style-type: none"> • Termostatos • Sensores • Equipamentos médicos • Placas de circuito interno • Monitores, microcomputadores e celulares 	<ul style="list-style-type: none"> • Meio Ambiente: O mercúrio inorgânico disperso na água é transformado em metilmercúrio, acumulando-se facilmente nos organismos vivos e concentrando-se, através da cadeia alimentar, nos seres humanos. • Saúde: provoca efeitos crônicos e causa danos no cérebro.
Cádmio	<ul style="list-style-type: none"> • Placas de circuitos impressos • Resistências de chip SMD • Semicondutores e detectores de infravermelhos • Baterias • Microcomputadores • Vidros de tubos de raios catódicos 	<ul style="list-style-type: none"> • Meio Ambiente: o cádmio é bioacumulativo persistente, e tóxico ao meio ambiente. • Saúde: Efeitos irreversíveis à saúde humana. Acumula-se no corpo humano, especialmente nos rins, podendo vir a deteriorá-los com o tempo.
Retardantes de Chama Bromados	<ul style="list-style-type: none"> • Placa de circuito interno • Cabos e fios de isolamento elétrico • Monitores de computador • Televisões 	<ul style="list-style-type: none"> • Meio Ambiente: podem ser solúveis em água. Quando liberados no meio ambiente não se dissipam imediatamente e, por isso, podem persistir e acumular-se biologicamente na cadeia alimentar. Em incineradores geram dioxinas e furanos. • Saúde: Danos nos sistemas endócrino e nervoso
CFC's	<ul style="list-style-type: none"> • Circuitos de refrigeração 	<ul style="list-style-type: none"> • Meio Ambiente: Responsável pela redução da camada de ozônio. • Saúde: Efeitos indiretos à saúde do homem
PVC	<ul style="list-style-type: none"> • Cabos e fios para isolamento elétrico • Monitores antigos 	<ul style="list-style-type: none"> • Meio Ambiente: Quando queimados produzem dioxinas e furanos, e podem causar contaminação no solo, água e alimentos. São persistentes e bioacumulativos no meio ambiente. • Saúde: Alterações no aparelho reprodutivo, ação cancerígena. Se queimado e inalado pode causar problemas respiratórios.

Fonte: Adaptado de Horner e Gertsakis (2006); Natume e Sant'Anna (2011); Rodrigues(2012)

Segundo Sepa (2011), as formas de destinação adequadas para os REEE são pouco conhecidas e mais complexas do que a destinação dada ao lixo comum, justamente pelos componentes químicos presentes nos mesmos. A infraestrutura de coleta desses resíduos é praticamente inexistente, visto que não há uma legislação federal que considere suas peculiaridades tóxicas ou que obrigue a criação de sistemas de coleta específicos (SILVA, 2013).

A destinação inadequada dos REEE ocasionou no aparecimento de casos de contaminação humana decorrentes da exposição a altas concentrações de metais pesados e outras substâncias presentes nesses resíduos (XAVIER e CARVALHO, 2014). Por conta disso, este tipo de resíduo ganhou destaque dentre os resíduos considerados perigosos e vêm exigindo a criação de planos de gestão que priorize sua adequada destinação (ANDRADE-LIMA, 2012).

2.1.2 Dispositivos legais referentes à REEE no Brasil

A temática envolvendo a geração de REEE passou a ganhar bastante destaque no Brasil e no mundo quando a Comunidade Europeia estabeleceu duas diretivas específicas sobre a gestão de REEE: a Diretiva 2002/95/CE e a Diretiva 2002/96/CE (XAVIER e CARVALHO, 2014). A Diretiva 2002/95/CE restringe o uso de determinadas substâncias perigosas em EEE, como por exemplo o cádmio, o chumbo e o mercúrio (RODRIGUES, 2012; XAVIER e CARVALHO, 2014). A Diretiva 2002/96/CE regulamenta o tratamento dos REEE, obrigando, dentre outros, os fabricantes a se responsabilizar por todos os eletrônicos produzidos, sua coleta e seu tratamento.

No Brasil, uma das primeiras Regulamentações que tratou especificamente do lixo eletrônico, foi a Resolução nº 257/1999 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), que estabelece limites para o uso chumbo, cádmio e mercúrio em pilhas e baterias, e imputa aos fabricantes a responsabilidade de ter sistemas para coleta e encaminhamento para reciclagem. No entanto, apenas com a implementação da PNRS, através da Lei nº 12.305/2010, que o assunto passou a ser abordado de forma mais ampla no cenário nacional. Esta Lei reúne os princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações que serão adotados pela União, Estados e Municípios visando à gestão integrada e o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

Um dos principais instrumentos da PNRS é a logística reversa, que se caracteriza pelo retorno de produtos defeituosos ou obsoletos do ponto de consumo até o ponto de origem, que pode ser o fabricante original do bem ou outra empresa que reuse ou reprocessse o bem

(PEREIRA et al, 2011). A Lei nº 12.305/2010 ainda prevê, enquanto estratégia de gestão de resíduos, a seguinte linha de prioridades: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição ambientalmente adequada dos rejeitos (XAVIER e CARVALHO, 2014).

Mesmo com a PNRS, a situação regulatória brasileira com relação aos REEE se mostra bastante tímida no Brasil, inexistindo atualmente, uma lei federal que forneça uma simples definição do que sejam propriamente os REEE. A ausência de uma lei, no âmbito federal, que trate especificamente dos REEE, pode ser considerado como um obstáculo para a gestão e gerenciamento dos REEE. Visando suprir essa ausência, na esfera estadual, vem se proliferando uma série de Políticas Estaduais de Resíduos Sólidos, que abordam o tema dos REEE (Quadro 3).

Quadro 3 – Leis Estaduais brasileiras que incluem os REEE em seu contexto legal

Estado	Lei	Definição
ES	9.941 de 29 de novembro de 2012	<ul style="list-style-type: none"> • Lixo tecnológico - aparelhos eletrodomésticos; sistemas de rede; parques de telefonia; equipamentos e componentes eletroeletrônicos tais como: componentes e periféricos de computadores; monitores e televisores; acumuladores de energia (baterias e pilhas); produtos magnetizados. • Comerciantes, representantes ou fabricantes (importadores): devem ter pontos de coleta e fazer a disposição ambientalmente adequada; fabricantes devem garantir a LR, e atingir uma meta anual de reciclagem
MA	9.291 de 16 de Novembro de 2010	<ul style="list-style-type: none"> • Lâmpadas, pilhas, baterias, equipamentos de informática e outros tipos de acumuladores de energia. • Comerciantes devem manter postos de coleta para receber produtos após inutilização. • Pilhas, baterias, equipamentos de informática, carcaças de telefones celulares e seus carregadores e outros tipos de acumuladores de energia que contenham em sua composição chumbo, cádmio, mercúrio e seus compostos necessitam de destinação adequada. • Os fabricantes, importadores e comerciantes deverão manter programas de esclarecimento dos consumidores acerca da importância de entregarem os produtos na rede de postos de coleta.
MT	8.876 de 16 maio de 2008	<ul style="list-style-type: none"> • Lixo tecnológico - computadores, equipamentos de informática, pilhas, baterias, televisores e monitores, micro-ondas, máquinas fotográficas, lâmpadas fluorescentes e eletroeletrônicos. • Todos os equipamentos que possam ser reaproveitados devem ser destinados para atingir um fim social. • Os resíduos danificados ou obsoletos devem ser entregues aos estabelecimentos que comercializam ou rede de assistência técnica, para que repasse aos fabricantes/importadores, para que reutilizem, recicle ou deem o destino ambientalmente adequado.
PB	9.129 de 27 de maio de 2010	<ul style="list-style-type: none"> • Lixo tecnológico - aparelhos eletrodomésticos e equipamentos e componentes eletroeletrônicos tais como: componentes periféricos de computadores, monitores e televisores, acumuladores de energia e produtos magnetizados. • Empresas que produzem, comercializam ou importam: devem manter pontos de coleta e dar destinação ambientalmente adequada. • As embalagens ou rótulos devem indicar com destaque: (i) advertência de que não sejam descartados em lixo comum; (ii) orientação sobre postos de entrega do lixo tecnológico; (iii) endereço e telefone de contato dos responsáveis pelo descarte do material em desuso sujeito à disposição final; e (iv) alerta sobre a existência de metais pesados ou substâncias tóxicas entre os componentes do produto.
RS	13.533 de 28 de outubro de 2010	
SP	13.576 de 6 de julho de 2009	

Fonte: Adaptado de Ushizima et al. (2014)

Com relação aos REEE médico-hospitalares, o único dispositivo legal que trata sobre o assunto, de forma bastante sucinta, é a Resolução Anvisa de 07 de dezembro de 2004. Segundo Oliveira (2014), para o descarte de equipamentos emissores de radiações ionizantes devem ser observados os requisitos contidos nessa legislação específica vigente.

2.2 A Logística Reversa como Instrumento de Gestão dos REEE

O cenário contraditório existente entre produção e meio ambiente, imposto pela modernidade e pelo acelerado desenvolvimento tecnológico, leva a necessidade de haver uma gestão dos resíduos pós-consumo, visando o retorno de materiais que os compõem às cadeias produtivas e a destinação ambientalmente adequada dos mesmos (RODRIGUES, 2007).

Com relação aos REEE, conhecer a realidade dos impactos ocasionados pela sua destinação inadequada é de fundamental importância para se desenvolver ferramentas que proporcionem a gestão apropriada dos mesmos (OLIVEIRA, 2014). Para Morais (2014), a gestão adequada dos REEE engloba uma série de itens: a preservação do meio ambiente, o cumprimento da legislação, a segurança do trabalhador, a logística reversa, o reuso e remanufatura dos REEE, a reciclagem e a inclusão dos catadores no processo.

Os países da União Europeia foram os primeiros a desenvolverem ações para a adequada gestão dos REEE, e isto se deu em decorrência da aprovação da Diretiva 2002/96/CE, que estabeleceu regras disciplinando a gestão adequada desses resíduos, e responsabilizando diretamente os fabricantes e importadores por essa gestão, além de estabelecer metas para a coleta, prazos para criação de sistemas de tratamento e recuperação de equipamentos descartados (BACHI, 2013; RODRIGUES, 2007).

No Brasil, a questão da gestão dos REEE passou a ser amplamente discutida após a criação da Lei nº 12.305/2010, que instituiu a PNRS, uma vez que a partir dela, a Logística Reversa começou a ser considerada como um forte instrumento para a gestão dos REEE (RODRIGUES, 2012). A logística reversa é um instrumento que visa a implementação de um conjunto de ações e procedimentos com vistas a viabilizar o retorno dos resíduos ao setor empresarial, para que sejam tratados e/ou reaproveitados em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou para que os mesmos sejam encaminhados para uma destinação final adequada (MORAIS, 2014). Para Leite *et al.* (2009), a LR torna possível tanto a redução dos impactos ambientais causados pelos REEE, quanto o ganho de eficiência e sustentabilidade nas operações das organizações.

De acordo com o Artigo 33 da Lei nº 12.305/2010, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de produtos eletroeletrônicos, possuem uma responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto, desde a fabricação até a disposição final, e são obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa (XAVIER e CARVALHO, 2014).

Conforme mencionado por Silva e Soler (2012):

A responsabilidade compartilhada prevista na PNRS diferencia-se do instituto da responsabilidade do produtor prevista em instrumentos legais dos resíduos sólidos existentes em outros países, notadamente na Diretiva da União Europeia, principalmente no tocante à definição clara das responsabilidades de cada parte, mediante a expressa atribuição da responsabilidade financeira pelo sistema de retorno dos resíduos aos produtores dos produtos que os originaram.

O esquema de responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto funciona da seguinte forma: os consumidores efetuam a devolução dos produtos eletroeletrônicos pós-consumo para os comerciantes ou distribuidores, e estes, os devolvem aos fabricantes ou importadores de tais produtos, os quais promoverão a destinação final ambientalmente adequada dos REEE e a disposição final dos rejeitos. Vale ressaltar que a destinação final pode se dar através de diferentes processos: reutilização, reciclagem, remanufatura, incineração, doação, venda ao mercado secundário ou disposição final dos rejeitos em aterro (XAVIER e CARVALHO, 2014; OLIVEIRA, 2014; BRASIL, 2010).

Com vistas a nortear uma gestão eficiente dos REEE por meio da manufatura reversa, recentemente, no ano de 2013, foi publicada a NBR 16156 pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Esta norma traz como escopo o estabelecimento de requisitos para a proteção ao meio ambiente e para o controle dos riscos de segurança e saúde do trabalho na atividade de manufatura reversa dos REEE (ABNT, 2013). A NBR 16156 determina que as organizações devem estabelecer, documentar, implementar, manter e continuamente melhorar um sistema de gestão para resíduos eletroeletrônicos, sendo, portanto, aplicável a organizações que realizam atividades de manufatura reversa de REEE como atividade fim (ABNT, 2013).

Para Silva *et al.*, (2015) a logística reversa apresenta um novo padrão para gestão dos REEE e a NBR 16156 contribui para que, de fato, ela seja implementada pelas organizações, sendo considerada uma importante ferramenta para direcionar o caminho para a sustentabilidade, através da determinação de diretrizes que determinem o controle dos fluxos reversos.

2.3 A geração de REEE em Hospitais Públicos e o Papel da Engenharia Clínica

O desenvolvimento tecnológico da indústria de produtos e equipamentos médico-hospitalares vem sido induzido pela demanda do setor de saúde por novas tecnologias que permitam a melhoria dos serviços de diagnóstico e atendimento ao paciente e, conseqüentemente, da qualidade de vida da população (OLIVEIRA, 2009).

De acordo com Castro *et al.* (2013) o constante avanço e diversidade tecnológica que a área da saúde vem desenvolvendo ao longo dos anos, acarreta em uma frequente substituição de equipamentos eletroeletrônicos médico-hospitalares obsoletos por equipamentos mais novos e modernos, devido à rápida evolução dos mesmos.

A obsolescência tecnológica dos EEE médico-hospitalares é um dos principais motivos para o aumento da geração de resíduos deste tipo nos hospitais públicos e privados, e remete à responsabilidade de se dar uma destinação ambientalmente correta, uma vez que internamente estes resíduos podem possuir substâncias como mercúrio, chumbo, cobre, cádmio, dentre outras (CASTRO *et al.*, 2013). Para Pereira e Pereira (2009), os resíduos eletroeletrônicos dos serviços de saúde constituem-se de equipamentos (ou parte deles) obsoletos ou irreparavelmente danificados, das áreas de diagnóstico, suporte à vida, tratamento, monitoramento e demais ligados diretamente à atenção à saúde.

No entanto, os hospitais públicos enfrentam um grande entrave com relação à destinação ambientalmente adequada dos REEE médico-hospitalares, uma vez que os equipamentos médicos existentes em suas instalações, por serem classificados como bens públicos, só podem sair de suas acomodações por meio de alienação (transferência de bem), conforme especificado na Lei nº 8666/1993. De acordo com esta lei, a alienação de bens públicos móveis (inservíveis ou não) dependerá de avaliação prévia e licitação, esta dispensada nos seguintes casos: doação, permitida exclusivamente para fins e uso de interesse social; permuta entre órgãos ou entidades da Administração Pública; venda de materiais e equipamentos para outros órgãos ou entidades públicas sem utilização previsível pelo alienante. Admite-se ainda a modalidade de leilão para bens móveis inservíveis com valor inferior a R\$ 650.000,00 (BRASIL, 1993).

Dada da dificuldade de se oferecer uma destinação final, por conta da burocracia imposta pela legislação, muitos hospitais públicos acabam por armazenar os resíduos eletroeletrônicos, quando poderiam ter um uso ligado ao objetivo fim da instituição. Na maioria das vezes, a destinação dada a estes resíduos costuma ser em galpões para realização de posterior leilão (PEREIRA e PEREIRA, 2009).

Diante desta situação, gestores de hospitais públicos estão investindo cada vez mais no gerenciamento de equipamentos médicos, e em ações preventivas para manutenção de tais equipamentos, com vistas a reduzir o volume de REEE médico-hospitalares gerados, tornando a figura do engenheiro clínico imprescindível para tais processos. Segundo Medeiros (2015), a Engenharia Clínica é uma área da engenharia responsável pelo desenvolvimento e aplicação de soluções nas unidades de saúde, bem como gerir o parque tecnológico biomédico, proferir novas ferramentas metodologias de gestão a serem utilizadas nos estabelecimentos de saúde.

De acordo com Oliveira (2009) entre as atribuições de um engenheiro clínico, destacam-se: planejamento e controle dos processos de instalação, operação, manutenção e desativação equipamentos médicos; controle do inventário dos equipamentos médicos; gerenciamento da manutenção de equipamentos médicos e elaboração de programa de gerenciamento de equipamentos médico-hospitalares.

Medeiros (2015) destaca que um dos principais papéis da Engenharia Clínica é gerenciar os equipamentos eletroeletrônicos médico-hospitalares desde o período de compra até o descarte. Para McCarthy *et al.* (2014), este gerenciamento deve envolver a análise da infraestrutura existente em termos de quantidade e qualidade de equipamentos, especificações técnicas, garantias, preços, funções, riscos, recebimentos, treinamentos de técnicos e de usuários, manutenções preventivas e corretivas, contratos d/e manutenção, ciclos de vida, e reuso ou descarte.

3 METODOLOGIA

3.1 Descrição Geral da Pesquisa

A pesquisa é um conjunto de ações, propostas para encontrar a solução para um problema, quando ainda não se tem informações necessárias para solucioná-lo (SILVA e MENEZES, 2005). Diante disto, quanto a sua forma de abordagem, a presente pesquisa é do tipo qualiquantitativa. De acordo Marconi e Lakatos (2010) a pesquisa qualitativa “pode ser caracterizada como a tentativa de uma compreensão detalhada dos significados e características situacionais apresentadas pelos entrevistados, em lugar da produção de medidas quantitativas de características ou comportamentos”. Para Fonseca (2002) uma pesquisa é dita quantitativa, quando se recorre à linguagem matemática para descrever as causas de um fenômeno, e as relações entre variáveis. A pesquisa quantitativa considera que é possível traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las (SILVA e MENEZES, 2005).

Com relação à natureza, a pesquisa é do tipo aplicada, uma vez que objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática e direcionados à solução de problemas específicos, que neste caso é a destinação ambientalmente correta dos REEE provenientes de equipamentos médicos (SILVA & MENEZES, 2005).

Quanto aos seus objetivos, esta pesquisa é descritiva, tendo em vista que foi realizado um levantamento dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos médicos existentes em um hospital da cidade de João Pessoa - PB, após a fase de desativação dos equipamentos.

Esta pesquisa pode ser classificada ainda como bibliográfica, uma vez que foi realizada a partir de referências teóricas já publicadas e analisadas, e documental, visto que para sua elaboração, recorreu-se ao uso de fontes que não receberam nenhum tipo de tratamento analítico, como documentos oficiais disponibilizados pelo Hospital (FONSECA, 2002).

O objeto de estudo é o depósito improvisado de um Hospital Público da cidade de João Pessoa - PB, onde estão localizados os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos gerados pelo referido hospital, focando nos equipamentos médicos que encontram-se obsoletos, após seu uso.

3.2 Área de Estudo

A pesquisa realizou-se em um Hospital Público localizado na cidade de João Pessoa-PB. Este Hospital foi inaugurado em 1980, e desde então oferece os mais variados tipos de serviços para a população da Paraíba, como por exemplo consultas especializadas em: Alergia,

Imunologia, Cardiologia, Cirurgia Geral, Cirurgia Plástica, Infectologia, Pneumologia, Psiquitria, Reumatologia, Urologia, Mastologia, dentre outras. Além das consultas, há grande variedade de exames de média e alta-complexidade realizados por este Hospital, principalmente em: Patologia Clínica, Citopatologia, Radiodiagnóstico, Ultrassonográficos e Diagnose.

Atualmente o hospital em estudo possui aproximadamente 220 leitos, 80 consultórios médicos, realiza em média 20 mil atendimentos e 250 cirurgias por mês. Além disso conta com um quadro de 1100 servidores e possui capacidade de realizar 50 mil exames mensais, conforme informações da administração.

É importante ressaltar que o setor foco da pesquisa foi o Depósito Improvisado localizado no segundo andar do prédio do referido hospital, uma vez que, encontram-se os REEE gerados pelo hospital.

3.3 Levantamento de Dados

O levantamento de dados foi realizado entre os meses de fevereiro e abril do ano de 2017, com o intuito de identificar os principais tipos e quantidades dos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos da categoria Equipamentos Médicos existentes em um Hospital Público da cidade de João Pessoa, bem como entender a forma como é realizada a gestão e a destinação final desses resíduos.

Para obtenção dos dados, fez-se necessário solicitar autorização, junto administração do Hospital, para que houvesse concordância da mesma no acesso a documentos oficiais e registros fotográficos do depósito onde estão armazenados os REEE. Também foi pedida autorização para a realização de entrevistas informais com os responsáveis pelos setores do Patrimônio e da Engenharia Clínica do Hospital.

Após concedida a autorização, o levantamento de dados foi dividido em três etapas.

1ª Etapa: Na primeira etapa, de natureza qualitativa, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com a chefe do Patrimônio e com a chefe da Engenharia Clínica do hospital, para se obter informações sobre: a real situação dos REEE médico-hospitalares gerados pelo Hospital; como e se ocorre o gerenciamento e a gestão desses resíduos; como se dá e a quem compete a desativação dos equipamentos médicos; onde e como os REEE são armazenados; qual a destinação final dada aos REEE médico-hospitalares; dentre outros. Com essas informações foi possível caracterizar o fluxo dos REEE médicos hospitalares no Hospital. Ainda nesta etapa, foi realizada uma visita para reconhecimento do depósito (Figura 3) onde os REEE ficam armazenados, após serem desativados.



Figura 3 – Visão parcial do depósito onde os REEE gerados no hospital são armazenados

Fonte: Acervo pessoal (2017)

2ª Etapa: Nesta etapa, realizou-se um levantamento de dados a partir de pesquisa documental no Hospital objeto de estudo, referente ao processo de desativação de equipamentos médicos do Hospital, no ano de 2016. Nesse documento, obtido através da chefe da Engenharia Clínica do Hospital, foi possível se adquirir informações sobre quais equipamentos foram desativados, a data e o motivo pelo qual os mesmos foram desativados.

3ª Etapa: Esta etapa consistiu na catalogação dos REEE médico-hospitalares existentes no depósito do Hospital, realizada pelos servidores do hospital em conjunto com a autora da pesquisa. Nesta catalogação, foram identificados os tipos de equipamentos médicos existentes no depósito, as quantidades de cada equipamento e as marcas dos equipamentos. A partir da obtenção desses dados, foi possível se fazer uma verificação sobre a composição química interna de alguns desses equipamentos catalogados no hospital, a partir de consulta em manuais dos equipamentos e a partir de informações contidas em fontes bibliográficas conforme descrição do Quadro 2.

3.4 Análise de Dados

A análise dos dados foi realizada através de gráficos e planilhas utilizando a ferramenta Excel 2016.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Caracterização do Fluxo dos REEE Médico-hospitalares no Hospital

De acordo com informações obtidas através de entrevistas semiestruturadas com a chefe da Engenharia Clínica e com a Chefe do Patrimônio do hospital, foi possível constatar que o fluxo dos REEE médico-hospitalares dentro do hospital em questão se dá de acordo com a Figura 4.

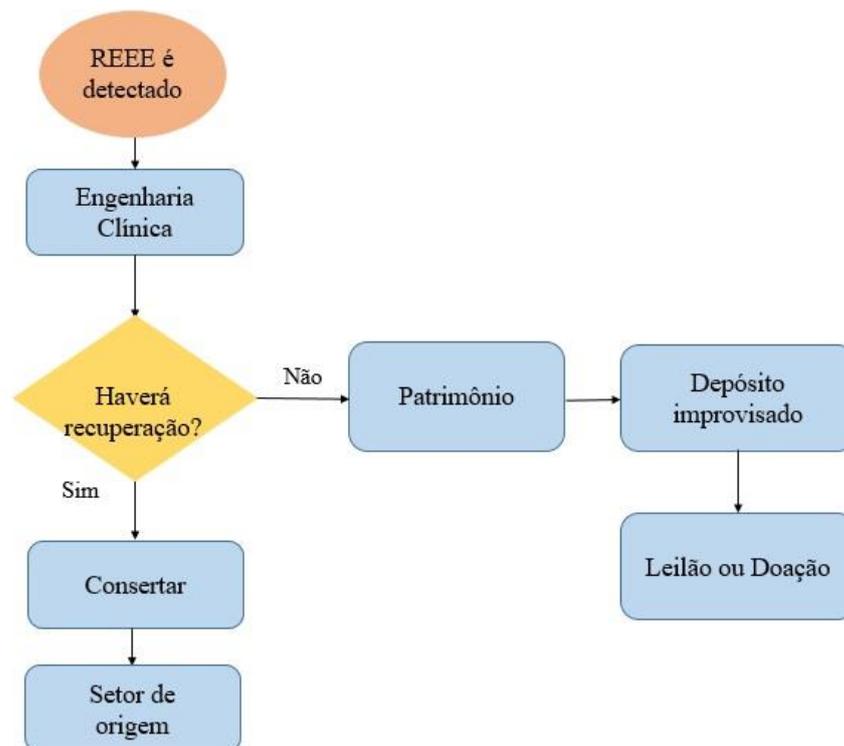


Figura 4 – Fluxo dos REEE médico-hospitalares dentro do hospital

Fonte: Elaborado pela autora (2017)

Inicialmente, quando um REEE médico-hospitalar é detectado no hospital, geralmente por apresentar defeito, não estar funcionando, ou por não estar em uso devido a obsolescência de sua tecnologia, ele é enviado de seu setor de origem para o setor de Engenharia Clínica. Ao receberem o REEE, a Engenharia Clínica avalia a possibilidade de conserto do equipamento, e se o custo para recuperá-lo é viável. Em caso de o equipamento ser passivo de conserto, ele é recuperado e reencaminhado ao seu setor de origem e, em caso de não haver possibilidade de recuperação, a Engenharia Clínica gera um protocolo de obsolescência, autorizando e efetuando a desativação do equipamento. Em seguida o REEE é enviado ao setor do Patrimônio e posteriormente a um depósito improvisado localizado no 2º andar do hospital.

A partir das visitas realizadas ao depósito, pôde-se perceber que é um local totalmente improvisado, sendo localizado onde antigamente funcionava a ala de partos do hospital, composto por um longo corredor e um total de 10 salas. Além disso, percebeu-se uma desorganização no local, uma vez que equipamentos novos estão misturados com REEE de vários tipos, tanto médicos como de informática, além de estarem muitas vezes empilhados um por cima do outro (Figura 5).



Figura 5 – Depósito improvisado do hospital

Fonte: Acervo Pessoal (2017)

Após serem encaminhados para o depósito, a decisão de qual destinação será dada aos REEE compete ao setor de Patrimônio. De acordo com a chefe do setor, em alguns casos, peças dos REEE que foram desativados, são reaproveitadas para tentar consertar algum equipamento que apresentou defeito. Ainda de acordo com ela, geralmente os REEE médico-hospitalares do hospital são leiloados ou doados para outros órgãos públicos, incluindo outros hospitais, que em muitos casos possuem equipamentos defeituosos e podem reaproveitar as peças dos itens doados ou leiloados para consertá-los. Como a destinação final dada a estes resíduos são leilões e doações, pode-se dizer que o hospital se desobriga da responsabilidade de se fazer cumprir a logística reversa, uma vez que os resíduos não retornam aos seus fabricantes, e também devido ao fato de não oferecer uma destinação ambientalmente adequada a estes resíduos.

É importante destacar que o hospital não possui um sistema de gestão de REEE e também não segue nenhum Plano para gestão dos mesmos, ficando a cargo dos arrematantes dos leilões e de quem recebeu as doações, dar uma destinação ambientalmente correta aos REEE. Fato este que muitas vezes não ocorre, visto que para muitos o tipo de destinação adequada dos REEE é desconhecido, provavelmente pela inexistência de uma lei específica que trate do assunto.

4.2 REEE Médico-hospitalares Desativados em 2016

De acordo com dados obtidos de documentos oficiais do hospital, no ano de 2016 foram desativados um total de 34 equipamentos médicos pela Engenharia Clínica, tais como: aspiradores cirúrgicos, balanças eletrônicas, camas hospitalares elétricas, oxímetros de pulso, eletrocardiógrafos, ventiladores pulmonares, aparelhos de ultrassom, dentre outros. Ainda com base nesses documentos, três motivos são apontados como causa para a desativação dos equipamentos, que são: elevado custo de manutenção, obsolescência tecnológica e quebra sem condição de recuperação.

O principal motivo verificado para a decisão de desativação dos equipamentos médicos é a obsolescência tecnológica. Na Figura 6 pode-se observar que, 41% (14 equipamentos) foram desativados por conta desse motivo. A maior parte são ventiladores pulmonares que não estão mais em uso pelo hospital, pois foram substituídos por equipamentos com a tecnologia mais moderna.

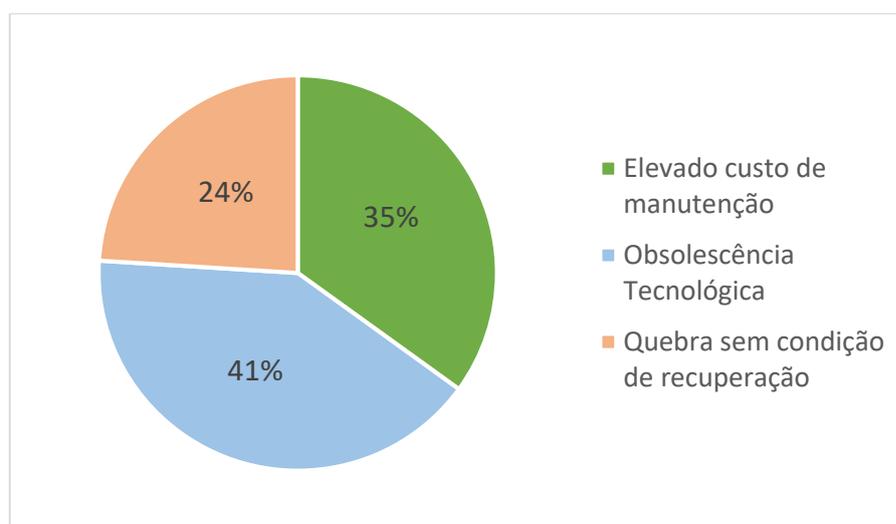


Figura 6 – Motivos para a desativação dos equipamentos médicos pela Engenharia Clínica, no ano de 2016

Fonte: Elaborado pela autora (2017)

De acordo com pesquisa realizada por Silva (2013), grande quantidade de EEE existentes na UFSM, ficam em desuso e acabam se transformando em resíduo devido ao aparecimento de novas tecnologias, tornando os equipamentos existentes como computadores, impressoras e scanners, obsoletos.

O elevado custo de manutenção também foi apontado como motivo para a desativação dos equipamentos médicos. Do total de equipamentos, 35%, ou seja, 12 equipamentos, foram desativados pois o custo para seu conserto, em muitos casos, era superior a 40% do valor de um equipamento novo, de acordo dados obtidos do setor de Engenharia Clínica. Em alguns dos casos o custo para o conserto do equipamento chegou a ser superior a 53% do valor de um novo, ficando evidente que para o hospital seria mais interessante a aquisição de um novo equipamento, do que a sua recuperação. Vale destacar que de acordo com a Engenharia Clínica do hospital, se o custo do conserto for superior a 30% do valor de um equipamento novo, opta-se por adquirir um novo. O custo elevado para o conserto de equipamentos eletroeletrônicos foi observado por Rodrigues (2012) como principal motivo para que estes entrassem em desuso pelos seus usuários, no município de São Paulo.

Outro motivo para a desativação dos equipamentos foi a quebra sem condição de recuperação. Dos 34 equipamentos, 24% foram desativados por este motivo. Em muitos dos casos a impossibilidade de recuperação se deu, pois, o modelo do equipamento havia sido descontinuado há mais de uma década, não possuindo assim peças de reposição para a realização do reparo. Em outros casos o equipamento chegou a ser consertado algumas vezes, chegando a um ponto em que não havia mais possibilidade para tal.

4.3 REEE Médico-hospitalares Identificados

Como já citado anteriormente, todos os REEE médico-hospitalares do hospital em estudo estão armazenados em um depósito improvisado. A partir da catalogação realizada, foi possível constatar que no depósito existem um total de 198 REEE médicos, de 47 tipos diferentes, dentre os quais estão inclusos monitores fetais (Figura 7), aparelhos de raio-x, aparelho de hemodiálise, eletrocardiógrafos, incubadoras, ventiladores pulmonares, camas elétricas (Figura 8), conforme descrição dos tipos e quantidades dos resíduos expostos na Tabela 1.



Figura 7– Monitores fetais armazenados no depósito do hospital

Fonte: Acervo pessoal (2017)



Figura 8 – Camas Elétricas armazenadas no depósito do hospital

Fonte: Acervo Pessoal (2017)

Tabela 1 – Tipo e quantidade dos REEE a partir da catalogação realizada em abril/2017

Tipo de REEE médico-hospitalar	Quantidade
Cama elétrica	24
Módulo de bateria	20
Módulo de controle de gases	19
Ventilador pulmonar	17
Aspirador cirúrgico	12
Incubadora	9
Monitor fetal	7
Negatoscópio	6
Oxímetro de pulso	5
Detector fetal	5
Fotopolimerizador	4
Analizador de gases sanguíneos	4
Aparelho de raio-x	4
Monitor de batimento cardíaco	3
Bomba de infusão	3
Berço aquecido	3
Foco cirúrgico	3
Centrífuga	3
Eletrocardiógrafo	3
Balança digital	3
Autoclave	3
Ultrassom Fisioterápico	3
Estufa para parafina	2
Bisturi eletrônico	2
Aparelho de banho maria	2
Seladora	2
Amalgamador	2
Aparelho de ondas curtas	2
Ultrassom	2
Aparelho de anestesia	2
Facoemulsificador	2
Espectrômetro	2
Retinógrafo	1
Gerador eletrocirúrgico	1
Tonômetro Oftalmológico	1
Cadeira elétrica	1
Agitador de partícula	1
Espectrofotômetro	1
Aparelho de hemodiálise	1
Impressora de tomografia	1
Endoscópio	1

Tipo de REEE médico-hospitalar	Quantidade
Caixa de comando	1
Analizador visual	1
Misturador de gases	1
Aparelho de fototerapia	1
Foco de fibra óptica	1
Aparelho microbiológico	1

Fonte: Elaborado pela autora (2017)

Enquanto a catalogação estava sendo realizada foi possível perceber que grande parte dos equipamentos armazenados no depósito são antigos, e provavelmente estão fora de uso devido a obsolescência tecnológica. Notou-se também que alguns equipamentos aparentavam estar em perfeito estado para uso, no entanto, segundo os servidores do hospital, tais equipamentos estavam defeituosos e entraram em desuso, pois o custo para seu conserto não era compensatório, sendo mais vantajoso adquirir um equipamento novo.

A partir dos dados obtidos na catalogação foi possível verificar, informações específicas dos mesmos, em manuais dos equipamentos e fontes bibliográficas. Neste caso, verificou-se, as principais substâncias presentes na composição de alguns dos REEE médico-hospitalares armazenados no depósito do hospital em estudo. Ressalta-se que entre os 47 tipos de resíduos identificados, foi possível obter informações de 22 tipos deles. As principais substâncias identificadas foram: chumbo, mercúrio, cádmio, retardantes de chama bromados, níquel e PVC. Na Tabela 2 estão apresentadas as principais substâncias identificadas nos REEE e os efeitos que tais substâncias podem acarretar à saúde e ao meio ambiente.

Tabela 2 – Substâncias encontradas nos REEE e seus riscos à saúde e ao meio ambiente

Substância química	REEE em que foram identificados	Riscos à saúde e ao meio ambiente
Cádmio	Cama elétrica, Módulo de bateria, Ventilador pulmonar, Incubadoras, Monitor fetal, Detector fetal, Monitor de batimento cardíaco, Bomba de infusão, Aparelho de ultrassom, Eletrocardiógrafo, Bisturi eletrônico, Ultrassom fisioterápico, Facoemulsificador, Espectrômetro, Gerador eletrocirúrgico e Espectrofotômetro.	<ul style="list-style-type: none"> • Saúde: É carcinogênico e provoca danos aos pulmões, rins e ossos. • Meio ambiente: Bioacumulativo, persistente e tóxico ao meio ambiente.
Chumbo	Módulo de bateria, Oxímetro, Detector fetal, Ventilador pulmonar, Aparelho de raio-x, bomba de infusão, Aparelho de ultrassom, Bisturi eletrônico, Aparelho de ondas curtas, Aparelho de anestesia, Ultrassom terapêutico e Gerador eletrocirúrgico.	<ul style="list-style-type: none"> • Saúde: Danos ao sistema nervoso e reprodutivo, anemia, alterações na pressão sanguínea. • Meio Ambiente: Bioacumulativo no ecossistema, causando efeito tóxicos à fauna, flora e microorganismos.
Mercúrio	Módulo de bateria, Ventilador pulmonar, Monitor fetal, Monitor de batimento cardíaco, Bomba de infusão, Aparelho de Ultrassom, Bisturi eletrônico, Ultrassom fisioterápico, Facoemulsificador, Espectrômetro, Gerador eletrocirúrgico, Espectrofotômetro, Aparelho de Hemodiálise.	<ul style="list-style-type: none"> • Saúde: Danos ao cérebro e ao fígado, alterações na visão e audição. • Meio Ambiente: Pode se tornar solúvel em água, acumulando-se nos organismos vivos e concentrando-se através da cadeia alimentar, no homem.
Níquel	Módulo de bateria, Aspirador cirúrgico, Incubadoras, Bomba de Infusão e Eletrocardiógrafo.	<ul style="list-style-type: none"> • Saúde: Dermatite, distúrbios ao sistema respiratório, alterações no sistema digestivo insuficiência renal. • Meio Ambiente: Altas concentrações no solo pode danificar plantas, e em água, reduzem a taxa de crescimento de algas e microorganismos.
Retardantes de Chama Bromados	Cama elétrica, Ventilador pulmonar, Aspirador cirúrgico, Incubadora, Monitor fetal, Oxímetro de pulso, Detector fetal, Aparelho de raio-x, Monitor de batimento cardíaco, Bomba de infusão, Aparelho de ultrassom, Eletrocardiógrafo, Aparelho de ondas curtas, Aparelho de anestesia, Facoemulsificados, Espectrômetro, Espectrofotômetro e Aparelho de hemodiálise	<ul style="list-style-type: none"> • Saúde: Desregulação no sistema endócrino, danos aos pulmões e ao sistema nervoso. • Meio Ambiente: podem ser solúveis em água, e acumular-se biologicamente na cadeia alimentar. São persistentes. Se incinerados geram dioxinas e furanos.

Substância química	REEE em que foram identificados	Riscos à saúde e ao meio ambiente
PVC	Cama elétrica, Ventilador pulmonar, Aspirador cirúrgico, Incubadora, Oxímetro de pulso, Detector fetal, Aparelhos de raio-x, Eletrocardiógrafo, Bisturi eletrônico, Aparelho de ondas curtas, Aparelho de anestesia, Facoemulsificador, Aparelho de Hemodiálise	<ul style="list-style-type: none"> • Saúde: Alterações no aparelho reprodutivo, ação cancerígena. Se queimado e inalado pode acarretar problemas respiratórios. • Meio Ambiente: ao serem queimados produzem dioxinas e furanos que contaminam solo, água e alimentos. São biacumulativos.

Fonte: Adaptado de Andrade-Lima (2012); ASTDR (2011); Horner e Gertsakis (2006); Castro (2006); Natume e Sant'Anna (2011); Rodrigues (2012).

Williams *et al.* (2008) pesquisaram os impactos ambientais relacionados aos resíduos eletroeletrônicos de computadores pessoais. Para os autores, os principais impactos são, geralmente, as emissões potenciais de toxinas como chumbo, mercúrio, cádmio e arsênio provenientes das disposições de equipamentos eletrônicos em aterros, provocando contaminação do solo e da água. Gonçalves (2007), mencionou a presença de chumbo em placas de circuito impressos de equipamentos eletroeletrônicos e verificou a possibilidade de vazamento, ao ser descartado incorretamente, e contaminar os sistemas fornecedores de água potável, podendo chegar ao organismo do homem e causar danos ao sistema nervoso, sanguíneo e endócrino.

A partir dos resultados obtidos pôde-se constatar, que há uma grande quantidade de resíduos de equipamentos médicos armazenados no depósito do hospital, e que estes possuem uma considerável variedade de substâncias perigosas em sua composição. Conforme visto, as substâncias contidas em tais resíduos ocasionam diversos danos à saúde do homem e ao meio ambiente, sendo de fundamental importância que o hospital em questão considere este fato ao destinar o resíduo, seja na forma de doação ou de leilão a outro órgão ou instituição pública. Além do mais, vale salientar que de acordo com o disposto na Lei da PNRS, a responsabilidade pelos REEE médicos gerados no hospital é do tipo compartilhada, e o hospital em estudo não deveria se isentar de tal responsabilidade prevista na lei supracitada.

4.4 Proposições para a Gestão dos REEE em Hospitais Públicos

Para tentar minimizar os problemas existentes com relação a geração e a destinação final dos REEE médico-hospitalares do hospital, algumas sugestões foram ponderadas, e serão expostas em seguida.

Diante da inexistência de um sistema de gestão de resíduos sólidos de serviço de saúde no hospital em estudo, uma das sugestões a ser considerada consiste na implantação de um plano de gestão dos resíduos gerados, que priorize, conforme especificado na lei da PNRS: não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos e a disposição ambientalmente adequada dos rejeitos. Contudo, atualmente, a criação e implementação de um sistema deste tipo não é uma alternativa considerada viável pela administração do hospital, uma vez que envolve um complexo conjunto de ações, procedimentos, infraestrutura e meios logísticos. De acordo com a administração do hospital, esta é uma sugestão a ser levada em conta, no entanto demorará algum tempo para que possa ser aplicada.

Outra sugestão é que ocorra um controle maior quanto ao uso dos equipamentos médicos no hospital, uma vez que um equipamento pode ser considerado inservível em um setor do hospital (muitas vezes pelo fato de ser considerado obsoleto tecnologicamente), no entanto, pode ser considerado útil em outro setor do mesmo hospital. Esta ação ajudará a diminuir a quantidade de equipamentos desativados pelo setor de Engenharia Clínica do hospital e, conseqüentemente, a quantidade de REEE médico-hospitalares gerados.

Considerando que o hospital em estudo é público, e que a destinação final dada aos REEE médico-hospitalares é feita através de leilão ou doação ou para outros hospitais, órgãos ou instituições pertencentes à Administração Pública, uma outra sugestão é que o hospital busque doar ou leiloar estes resíduos, principalmente os que não tiverem mais condições nenhuma de uso em nenhum dos setores do próprio hospital, para órgãos que possam fazer o reaproveitamento ou reciclagem de seus componentes.

Vale ressaltar que outra sugestão é a venda dos REEE médico-hospitalares que não podem ser reaproveitados, via licitação, para recicladoras de resíduo eletrônico, que dentro de um formato de contrato observando as questões legais, pudesse retirar estes resíduos do hospital e dar um destino sustentável. Essa alternativa traria retorno econômico tanto para o hospital, como para a recicladora, garantiria que a logística reversa fosse viabilizada e reduziria a necessidade da retirada de novos recursos da natureza, uma vez que a reciclagem geraria insumos para a produção de novos produtos.

Por fim, como sugestão, o hospital poderia exigir, no momento da compra dos equipamentos médicos, a condição de recolhimento de um percentual de descartados, forçando assim, os fornecedores do hospital cumprir a logística reversa obrigatória imposta pela Lei nº 12.305/2010, garantindo um compromisso com a sustentabilidade.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na pesquisa realizada pode-se constatar que o hospital público adotado como objeto de estudo possui uma grande quantidade e diversidade de REEE médico-hospitalares armazenados em seu depósito improvisado, e boa parte deles tornou-se resíduos pelo fato de sua tecnologia ser considerada obsoleta. Além disso verificou-se que tais resíduos possui uma considerável diversidade de substâncias nocivas à saúde e ao meio ambiente, em sua composição, como cádmio, chumbo, mercúrio, PVC, dentre outros.

Por se tratar de um hospital público, há uma certa dificuldade em se fazer cumprir a logística reversa obrigatória, e de se oferecer uma destinação final ambientalmente adequada para estes resíduos, por conta da burocracia imposta pela legislação, apresentando, portanto, como formas de destinação final os leilões e as doações. Ressalta-se que responsabilidade pela destinação final ambientalmente adequada desses resíduos, fica, no momento, a cargo dos arrematantes dos leilões ou de quem recebeu as doações. No entanto isto não deveria acontecer, uma vez que o hospital possui responsabilidade compartilhada pelos REEE médicos gerados em suas instalações, não devendo, portanto, se isentar de tal responsabilidade.

Diante do exposto, é de fundamental importância que o hospital considere novas formas de lidar com os REEE médico-hospitalares gerados, tentando minimizar a sua geração, ou adotando algumas das sugestões propostas anteriormente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL - ABDI. **Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos Análise de Viabilidade Técnica e Econômica**. 178p. Brasília. 2012. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl_1416934886.pdf>. Acesso em 15 de abril de 2017.

ATSDR – Agency for toxic Substances and Disease Registry. **Toxic Substances Portal**. Disponível em: <<http://atsdr.cdc.gov/substances/index.asp>>. Acesso em 15 de maio de 2017.

ANDRADE-LIMA, H. **Gestão dos recursos e impactos socioambientais do ciclo de vida dos equipamentos eletroeletrônicos (EEE)**. 2012. 82f. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.

BACHI, M. H. Resíduos tecnológicos: A relação dos Resíduos Eletroeletrônicos com a Legislação do Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental - RBGA**, Pombal, v. 7, n. 1, p. 01 - 05, jan./mar. 2013.

BRASIL. **Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em 11 de março de 2017.

BRASIL. **Lei nº 8666 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. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8666cons.htm> Acesso em 16 de maio de 2017.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução nº 257 de 30 de junho de 1999.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res99/res25799.html>>. Acesso em 12 de maio de 2017.

CASTRO, A. M.; PINTER, M. G.; TUCHERMAN, M.; GUILHERME, M. C. **Descarte de resíduos eletrônicos gerados em um Hospital de Grande porte na cidade de São Paulo,** 2013. Disponível em: <http://www.hospitaissaudaveis.org/arquivos/SHS%202013_Poster%20Descarte%20Res%20Eletronicos.pdf> . Acesso em 20 de abril de 2017

CUI, J.; FORSSBERG, E. Mechanical recycling of waste electric and electronic equipment: a review. **Journal of Hazard Mater.** vol. 99:2003, p 243-263, 2003.

ESPINOSA, D. C. R. **Reciclagem de baterias de níquel-cádmio.** 2002. Tese (Doutorado em Engenharia Metalúrgica) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

FRAZZOLI, C.; Diagnostic health risk assessment of electronic waste on the general population in developing countries scenarios. **Environmental Impact Assessment Review**, vol. 30, n.6, p. 388-399, 2010.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica.** Fortaleza: Editora da UEC, 2002. Apostila.

GERBASE, A. E.; OLIVEIRA, C. R. Reciclagem do lixo de informática: uma oportunidade para a química. **Química Nova.** v. 7, n. 35, p.1486-1492, 2011.

GONÇALVES, A. T. **O lado obscuro da high tech na era do neoliberalismo: seu impacto no meio ambiente.** 2007. Disponível em: <<http://lixotecnologico.blogspot.com/2007/07/o-ladoobsкуро-da-high-techna-era-do.html> > Acesso em 15 de maio de 2017.

HORNER, R. E; GERTSAKIS J. A. **Literature review on the environmental and health impacts of waste electrical and electronic equipment.** Relatório preparado para Ministry for the Environment New Zealand Government, 2006.

LEITE, P. R.; LAVEZ, N.; SOUZA, V, M. Fatores da logística reversa que influem no reaproveitamento do lixo eletrônico: um estudo no setor de informática. In: Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais, 12., 2009, São Paulo **Anais eletrônicos**. São Paulo: SIMPOI, 2009. Disponível em: < http://www.web-resol.org/textos/e2009_t00166_pcn20771.pdf>. Acesso em 12 de maio de 2017.

LI, J. et al. Printed circuit board recycling: a state of the art survey. **IEEE Trasaction on electronics packaging manufacturing**, vol. 27, n.1, p. 35-43, 2004.

LOPES, L. M. M. Lixo Eletrônico arrecadado nos anos 2014 e 2015 em municípios do Agreste e do Sertão de Pernambuco. In: Encontro Pernambucano de Resíduos Sólidos, 5., 2016, Recife. **Anais...** Recife: UFRPE, 2016.

MAGERA, M. **Os caminhos do lixo**. São Paulo: Átomo, 2012.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia científica**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MCCARTHY, J. P. et al. **Clinical Engineering: A handbook for Clinical and Biomedical Engineers**. 1. ed. Londres: Elsevier, 2014.

MEDEIROS, C. B. S. **A engenharia clínica e seus indicadores no Hospital Universitário Onofre Lopes**. 2015. 50f. Monografia (Graduação em Engenharia Biomédica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

MORAIS, T. S. **Diagnóstico do gerenciamento dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos gerados nas instituições de ensino superior da cidade de Campina Grande – PB**. 2014. 49f. Monografia (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014.

NATUME, R. Y.; SANT'ANNA, F. S. P. Resíduos Eletroeletrônicos: Um desafio para o desenvolvimento sustentável e a nova lei da política nacional de resíduos sólidos. In: International Workshop - Advances in Cleaner Production, 3. 2011, São Paulo. **Anais eletrônicos...** São Paulo, 2011. Disponível em: <

http://www.advancesincleanerproduction.net/third/files/sessoes/5b/6/natume_ry%20-%20paper%20-%205b6.pdf>. Acesso em 20 de abril de 2017.

OLIVEIRA, E. F. **Programa de gerenciamento de equipamentos médicos: noções de boas práticas de gerenciamento de equipamentos e acreditação hospitalar**. 61f. 2009. Monografia (Especialização em Engenharia Clínica) - Escola de Saúde Pública, Fortaleza, 2009.

OLIVEIRA, S. S. V. Sustentabilidade na Universidade Estadual do Centro-oeste – UNICENTRO: **Um estudo de caso sobre o projeto “Gerenciamento do lixo eletrônico: Uma solução tecnológica e social para um problema ambiental”**. 113f. 2014. Dissertação (Mestrado em Gestão de Políticas Públicas) - Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, 2014.

PARLAMENTO EUROPEU. **Directiva 2002/95/CE** do Parlamento Europeu e do Conselho de 27 de janeiro de 2003: Relativa à restrição do uso de determinadas substâncias perigosas em equipamentos eléctricos e electrónicos, In Jornal Oficial da União Européia. 2003b.

PEREIRA, A. L.; PEREIRA, S. R. **A gestão dos resíduos eletroeletrônicos na Administração Pública: Hospitais do SUS de Minas Gerais**. Minas Gerais, 2009. Disponível em: <https://jornalggn.com.br/sites/default/files/documentos/residuos_eletroeletronicos_sus.pdf>. Acesso em 11 de maio de 2017.

PEREIRA, A.L. et al. **Logística Reversa e Sustentabilidade**. 1. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

ROBINSON, B. H. E-waste: an assessment of global production and environmental impacts. **Science of the Total Environment**. vol 408:2009 p.183-191. 2009.

RODRIGUES, F. L. e CAVINATTO, V. M. **Lixo: De onde vem? Para onde vai?**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2003.

RODRIGUES, A.C. **Impactos socioambientais dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos: estudo da cadeia pós-consumo no Brasil**. 321f. 2007. Dissertação (Pós-

Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Metodista de Piracicaba, São Paulo, 2007.

RODRIGUES, A. C. **Fluxo domiciliar de geração e destinação de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos no município de São Paulo/SP: caracterização e subsídios para políticas públicas.** 2012. 247p. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

SANT'ANNA, L. T. **A gestão dos resíduos eletroeletrônicos no Brasil e no mundo: legislações, práticas e formas de cooperação interorganizacionais.** 254f. 2014. Dissertação (Mestrado em Administração Pública). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação.** 4. ed. Florianópolis: UFSC, 2005.

SILVA, C.; SOLER, F. **Gestão de resíduos sólidos: O que diz a lei?** 1. ed. São Paulo: Editora Trevisan, 2012.

SILVA, B. G. **Gestão dos resíduos eletrônicos da UFSM: viabilidade e implementação de uma política de reciclagem.** 108f. 2013. Tese (Mestrado em Administração) - Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2013.

SILVA, A. C. S.; SOUSA, J. S.; BRAGA, G. A. Avaliação da logística reversa de produtos eletroeletrônicos em uma instituição de ensino. **In: Encontro Nacional de engenharia de Produção**, 23., 2015, Fortaleza/ CE. Disponível em <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_206_222_27648.pdf>. Acesso em 14 de maio de 2017

THE WORLD BANK. **Wasting no opportunity – The case for managing Brazil's electronic waste.** Washington: InfoDev, 2012.

TSYDENOVA, O.; BENGTTSSON, M. Chemical hazards associated with treatment of waste electrical and electronic equipment. **Waste Management**, vol 31, n. 1, p 45-58, 2011.

UNEP. **Sustainable Innovation and Technology Transfer Industrial Sector Studies Recycling – From E-Waste to Resources**. UNEP; 2009. Disponível em: < http://www.unep.org/PDF/PressReleases/E-Waste_publication_screen_FINALVERSION-sml.pdf >. Acesso em: 16 março 2017.

USHIZIMA, M. M; MARINS, F. A. S; MUNIZ JUNIOR, J. Política Nacional de Resíduos Sólidos: Cenário da Legislação Brasileira com Foco nos Resíduos Eletroeletrônicos. In: Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 11. São Paulo. **Anais...** São Paulo: AEDB, 2014. p. 1-16.

WIDMER, R.; KRAPF, H. O.; KTHETRIWAL, D. S.; SCHNELLMANN, M.; BONI, H. Global perspective on e-waste. **Environmental Impact assessment review**, vol. 25:2005, p. 436-458, 2005.

WILLIAMS, E, et al. Environmental, Social, and Economic Implications of Global Reuse and Recycling of Personal Computers. **Environmental Science & Technology**. vol 42. n. 17, p. 6446-6454, 2008.

XAVIER, L. H.; CARVALHO, T. C. M. B.. **Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos: Uma Abordagem Prática Para a Sustentabilidade**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.