

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANEAMENTO,
MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

GESTÃO DA CADEIA PÓS-CONSUMO
DOS APARELHOS CELULARES EM
BELO HORIZONTE (MG)

Renato de Carli Almeida Couto

Belo Horizonte

2016

**GESTÃO DA CADEIA PÓS-CONSUMO
DOS APARELHOS CELULARES EM
BELO HORIZONTE (MG)**

Renato de Carli Almeida Couto

Renato de Carli Almeida Couto

**GESTÃO DA CADEIA PÓS-CONSUMO
DOS APARELHOS CELULARES EM
BELO HORIZONTE (MG)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Área de concentração: Meio Ambiente

Linha de pesquisa: Gerenciamento de resíduos sólidos

Orientador: Prof. Dr. Raphael Tobias de Vasconcelos Barros

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2016

C871g

Couto, Renato de Carli Almeida.

Gestão da cadeia pós-consumo dos aparelhos celulares em Belo Horizonte (MG) [manuscrito] / Renato de Carli Almeida Couto. – 2016.

xiv, 155 f., enc.: il.

Orientador: Raphael Tobias de Vasconcelos Barros.

Dissertação (mestrado) Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.

Inclui bibliografia.

1. Engenharia sanitária - Teses. 2. Meio ambiente - Teses. 3. Telefone celular - Teses. 4. Resíduos sólidos - Teses. I. Barros, Raphael Tobias de Vasconcelos. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.

CDU: 628(043)

AGRADECIMENTOS

A meu orientador, professor Dr. Raphael Tobias de Vasconcelos Barros, por toda a atenção, disponibilidade e apoio prestado na realização deste trabalho.

A professora Dra. Liséte Celina Lange pelo auxílio em dúvidas pontuais.

A Cinthia Varella pelo convívio no projeto TECRESOL e pelas inúmeras aventuras em busca do conhecimento.

Aos estagiários do projeto TECRESOL, em especial ao Samuel França, que apoiaram o desenvolvimento das atividades que foram propostas e que viabilizaram a realização deste trabalho.

A Rosana Franco, pioneira nos estudos sobre a gestão de REEE em Belo Horizonte, com a sua valiosa experiência transmitida em forma de apoio à realização deste trabalho.

A todos os atores que aceitaram participar desta pesquisa, em especial ao Willer Pos, que confiou os dados de sua empresa à pesquisa acadêmica.

Aos professores do PPGSMARH/UFMG pelos ensinamentos prestados, excelente convívio acadêmico e por proporcionar essa conquista pessoal.

Aos colegas do DESA/UFMG, em especial ao Luiz Henrique, Jorge, Juscelino, André Pereira, entre tantos outros, pelo companheirismo e dedicação à pesquisa.

A minha namorada Eliny pelas incansáveis leituras e contribuições ao longo da construção deste trabalho.

A todos os meus familiares, em especial aos meus pais e a minha irmã.

A todos os colegas e amigos que contribuíram de alguma forma com o desenvolvimento desta pesquisa, mesmo aos que não saibam o quão importante esta ajuda tenha sido para mim.

“A persistência é o caminho do êxito”

Charles Chaplin

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo analisar a gestão da cadeia pós-consumo dos aparelhos celulares a partir dos principais atores que foram identificados na cidade de Belo Horizonte (MG). Esta pesquisa foi desenvolvida em duas fases, delineadas pelos objetivos específicos com as respectivas técnicas de coleta e análise de dados que foram aplicadas em cada fase. A fase 1 foi dividida em duas etapas. Em cada etapa foi selecionada uma técnica para coleta e análise dos dados de acordo com os atores que foram identificados a partir de revisão bibliográfica, documental e visitas técnicas *in loco* aos atores que trabalham com os REEE, em especial os atores que atuam na cadeia pós-consumo dos aparelhos celulares. Utilizaram-se ainda sítios da *internet* e contatos telefônicos para complementar a busca de novos atores e para levantar informações adicionais. Os atores identificados foram agrupados de acordo com as atividades que desempenham. A fase 2 consistiu em analisar o fluxo dos resíduos de aparelhos celulares gerados nas atividades identificadas. A partir do diagnóstico apresentado da gestão da cadeia pós-consumo dos aparelhos celulares é possível afirmar que os programas de logística reversa ainda são carentes e incipientes em Belo Horizonte. Os programas existentes encontram falhas e precisam ser mais estudados. Embora exista um mercado incipiente que recupera parte dos resíduos dos aparelhos celulares, em Belo Horizonte ainda não existe um sistema formal de gestão de REEE. Portanto, faz-se necessária a implantação de um plano de gerenciamento para os REEE gerados no município para que seja possível criar mecanismos de controle e fiscalização das atividades de remanufatura, desmontagem e destinação desses resíduos que estão em crescimento constante, além de propor a valorização desses materiais por meio da reciclagem. Existe também a necessidade da criação de acordo setorial para a implementação do sistema de logística reversa para os produtos eletroeletrônicos e para o estabelecimento de metas de recuperação de materiais por meio da reciclagem, uma vez que a disposição final desses resíduos está diretamente relacionada a preservação do meio ambiente e ao bem estar da saúde humana. Além disso, é fundamental propor não somente metas para recolhimento dos produtos que são lançados no mercado, mas sim a maneira como são concebidos e projetados esses produtos de forma a aumentar a sua vida útil ou minimizar os seus efeitos nocivos como resíduos.

Palavras-chave: resíduo eletroeletrônico; gestão de REEE; cadeia pós-consumo; aparelhos celulares; Belo Horizonte.

ABSTRACT

This study aimed to analyze the management of post-consumer chain of mobile phones from the main actors that were identified in the city of Belo Horizonte (MG). This research was developed in two phases, outlined the specific objectives with their collection techniques and analysis of data that were applied at each stage. Phase 1 was divided into two stages. At each step was selected a technique for collecting and analyzing data according to the actors who were identified from literature review, document and techniques visits to actors working with WEEE, particularly the actors involved in post-consumer chain of cell phones. Were used yet internet sites and telephone contacts to complement the search for new actors and to raise additional information. The actors identified were grouped according to the activities they perform. Phase 2 was to analyze the flow of mobile phones of waste generated in the identified activities. From the diagnosis presented in the management of post-consumer chain of mobile phones it is possible to say that the reverse logistics programs are still scarce and incipient in Belo Horizonte. Existing programs are failures and need to be further studied. Although there is a nascent market that recovers part of the waste from mobile phones in Belo Horizonte there is still no formal system of management of WEEE. Therefore, it is necessary to implement a management plan for WEEE generated in the city so that you can create control mechanisms and oversight of remanufacturing activities, removal and disposal of such wastes that are constantly growing, in addition to proposing the appreciation these materials by recycling. There is also the need to create sectorial agreement for the implementation of reverse logistics system for consumer electronics products and to establish recovery goals of materials through recycling, since the final disposal of such waste is directly related to preservation environment and the welfare of human health. Furthermore, it is essential not only to propose targets for collection of products that are on the market, but the way they are designed and engineered these products to increase their life or minimize its harmful effects as waste.

Key-words: Electric and electronic waste; management of e-waste; post-consumer chain; cell phones; Belo Horizonte.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	VIII
LISTA DE TABELAS.....	XI
LISTA ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS	XII
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 JUSTIFICATIVA	2
2 OBJETIVOS	3
2.1 OBJETIVO GERAL	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3 REVISÃO DA LITERATURA	4
3.1 RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS (REEE): DEFINIÇÕES E CLASSIFICAÇÕES	4
3.2 ASPECTOS LEGAIS E NORMATIVOS DOS REEE	6
3.2.1. <i>Cenário internacional</i>	6
3.2.2. <i>Cenário nacional</i>	8
3.3 OBSOLESCÊNCIA PROGRAMADA.....	11
3.4 ESTUDOS SOBRE A GESTÃO DOS RESÍDUOS DOS APARELHOS CELULARES	13
3.5 CARACTERIZAÇÃO DOS APARELHOS CELULARES	17
3.5.1. <i>Placas de circuito impresso</i>	19
3.5.2. <i>Baterias</i>	21
3.5.3. <i>Carcças</i>	22
3.5.4. <i>Tela</i>	23
3.5.5. <i>Acessórios</i>	23
3.6 IMPACTOS AMBIENTAIS E À SAÚDE	23
3.7 ETAPAS DA CADEIA DE RECICLAGEM DOS APARELHOS CELULARES PÓS-CONSUMO.....	26
3.8 INSTRUMENTOS DE VALORIZAÇÃO E GESTÃO DOS RESÍDUOS DOS APARELHOS CELULARES.....	30
3.8.1. <i>Ecodesign</i>	30
3.8.2. <i>Ciclo de vida</i>	30
3.8.3. <i>Logística reversa</i>	33
4 METODOLOGIA.....	36

4.1	DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	36
4.2	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	37
4.3	DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA.....	38
4.3.1	<i>Fase 1</i>	40
4.3.1.1	Etapa 1	41
4.3.1.2	Etapa 2	43
4.3.2	<i>Fase 2</i>	45
4.4	LIMITAÇÃO DO ESTUDO	46
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
5.1	IDENTIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS ATORES	47
5.2	CARACTERIZAÇÃO E DISCUSSÃO DOS PRINCIPAIS ATORES.....	48
5.2.1	<i>Grupo 1 - Operadoras de telefonia móvel.....</i>	48
5.2.2	<i>Grupo 2 - Oficinas de reparos.....</i>	53
5.2.2.1	Perfil dos respondentes	55
5.2.2.2	Perfil da atividade	55
5.2.2.3	Perfil do gerenciamento de resíduos da atividade	58
5.2.3	<i>Grupo 3 – Instituições que realizam coleta e/ou recebimento, triagem, separação e/ou descaracterização de REEE</i>	62
5.2.3.1	Associações e cooperativas de catadores.....	63
5.2.3.2	Sucateiros e/ou ferros-velhos	68
5.2.4	<i>Grupo 4 - Empresas especializadas em destinação de REEE.....</i>	74
5.2.5	<i>Grupo 5 – Empresas especializadas em classificação e reciclagem de PCI/REEE.....</i>	80
5.2.6	<i>Grupo 6 – Locais de destinação e disposição final de REEE</i>	94
5.2.7	<i>Grupo 7 – Entidades gestoras</i>	102
5.3	FLUXO DA CADEIA PÓS-CONSUMO DOS APARELHOS CELULARES	115
6	CONCLUSÕES.....	119
7	RECOMENDAÇÕES.....	123
	REFERÊNCIAS	124
	APÊNDICE A – FORMULÁRIO APLICADO NAS OFICINAS DE REPAROS.....	136
	APÊNDICE B – ROTEIRO DE ENTREVISTA 1	142
	APÊNDICE C – ROTEIRO DE ENTREVISTA 2.....	144
	APÊNDICE D – ROTEIRO DE ENTREVISTA 3.....	146

APÊNDICE E – ROTEIRO DE ENTREVISTA 4	148
APÊNDICE F – ROTEIRO DE ENTREVISTA 5	150
APÊNDICE G – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)	152
ANEXO A – APROVAÇÃO DO PROJETO DE PESQUISA	154
ANEXO B – CONTROLE DE RECEBIMENTO DIÁRIO DE RESÍDUOS NAS URPV	155

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Categorias dos EEE no cenário brasileiro.....	5
Figura 3.2 – Etapas de reciclagem de REEE.....	26
Figura 3.3 – Ciclo de vida ambientalmente adequado.....	31
Figura 4.1 – Localização da área de estudo.....	37
Figura 4.2 – Fases da pesquisa.....	39
Figura 5.1 – Distribuição das operadoras de telefonia móvel em Belo Horizonte.....	48
Figura 5.2 – Pontos de recebimento de resíduos de celular das operadoras.....	50
Figura 5.3 – Pontos de recebimento de resíduos de celular das operadoras.....	50
Figura 5.4 – Fluxo dos resíduos de aparelhos celulares e seus acessórios que são descartados nas lojas das operadoras.....	52
Figura 5.5 – Distribuição das oficinas de reparos em Belo Horizonte.....	54
Figura 5.6 – Número de aparelhos consertados, em média, por mês, em percentagem.....	56
Figura 5.7 – Número de aparelhos consertados e posteriormente comercializados, em média, por mês, em percentagem.....	56
Figura 5.8 – Principais serviços das oficinas de reparos.....	57
Figura 5.9 – Descarte dos resíduos das oficinas de reparos, em percentagem.....	59
Figura 5.10 – Fluxo dos resíduos de aparelhos celulares das oficinas de reparos até o descarte final.....	61
Figura 5.11 – Local de descarte de resíduos de celular de uma ATA.....	61
Figura 5.12 – Distribuição das associações e cooperativas de catadores, sucateiros e/ou ferros-velhos em Belo Horizonte e região.....	62
Figura 5.13 – Fluxo dos resíduos de aparelhos celulares da Associação 1 até o descarte final.....	65
Figura 5.14 – Fluxo dos resíduos de aparelhos celulares da associação “2” até o descarte final.....	66
Figura 5.15 – Exemplo de alguns REEE que chegam aos sucateiros e/ou ferros-velhos.....	69
Figura 5.16 – Exemplo de alguns REEE que chegam aos sucateiros e/ou ferros-velhos.....	70
Figura 5.17 – Fluxo dos resíduos de aparelhos celulares da empresa “1” até o descarte final.....	71
Figura 5.18 – Fluxo dos resíduos de aparelhos celulares da empresa “2” até o descarte final.....	72

Figura 5.19 – Fluxo dos resíduos de aparelhos celulares da empresa “3” até o descarte final.....	73
Figura 5.20 – Fluxo dos resíduos de aparelhos celulares da empresa “4” até o descarte final.....	74
Figura 5.21 – Distribuição das empresas especializadas em destinação de REEE em Belo Horizonte e região.....	75
Figura 5.22 – Modelo de coletor de REEE da empresa.....	77
Figura 5.23 – Coletor de REEE da empresa em local público.....	77
Figura 5.24 – Acondicionamento de aparelhos celulares na empresa.....	78
Figura 5.25 – Fluxo dos resíduos de aparelhos celulares da empresa especializada em destinação de REEE.....	79
Figura 5.26 – Distribuição das empresas especializadas em classificação e reciclagem de REEE em Belo Horizonte e região.....	81
Figura 5.27 – Estrutura organizacional da empresa na região da área de estudo.....	82
Figura 5.28 – Estrutura operacional da empresa: A – Recebimento de material; B – Pesagem; C – Triagem e classificação; D - Trituração; E – PCI triturada; F – Material acondicionado.....	84
Figura 5.29 – Fluxo dos resíduos de aparelhos celulares da empresa especializada em classificação de PCI/REEE.....	87
Figura 5.30 – Evolução do crescimento de mercado da filial Betim nos últimos anos.....	88
Figura 5.31 – Fluxo dos resíduos de aparelhos celulares da empresa especializada em reciclagem de PCI/REEE.....	91
Figura 5.32 – Distribuição dos locais de destinação e disposição final de REEE em Belo Horizonte e região.....	95
Figura 5.33 – REEE identificados na URPV 1.....	97
Figura 5.34 – REEE identificados na URPV 2.....	97
Figura 5.35 – REEE comercializados pela URPV 2.....	98
Figura 5.36 – Fluxo dos resíduos de aparelhos celulares nas URPV visitadas.....	98
Figura 5.37 – Triagem e separação manual dos contaminantes na CTRS BR-040.....	99
Figura 5.38 – Rejeito do processo de reciclagem de RCC na CTRS BR-040.....	100
Figura 5.39 – Localização das entidades gestoras em Brasília, São Paulo e Belo Horizonte.....	102
Figura 5.40 – Coletores de lâmpadas fluorescentes e de pilhas e baterias da GEEDA.....	105

Figura 5.41 – Estrutura administrativa da FEAM.....	109
Figura 5.42 – Fluxo dos principais atores envolvidos na cadeia pós-consumo dos aparelhos celulares.....	116

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Síntese dos aspectos legais e normativos.....	10
Tabela 3.2 – Estudos sobre a geração de aparelhos celulares pós-consumo.....	15
Tabela 3.3 – Exemplo de alguns tipos e características de aparelhos celulares existentes.....	18
Tabela 3.4 – Substâncias nocivas à saúde e ao meio ambiente presentes nos aparelhos celulares.....	25
Tabela 3.5 – Principais processos de reciclagem das PCI dos REEE, incluindo dos aparelhos celulares.....	28
Tabela 3.6 – Atividades de destino de produtos descartados.....	32
Tabela 3.7 – Etapas do ciclo de vida do aparelho celular.....	33
Tabela 4.1 – Agrupamento dos atores identificados.....	40
Tabela 4.2 – Definição dos roteiros de entrevista por grupo.....	44
Tabela 4.3 – Categorias dos roteiros de entrevistas.....	45
Tabela 5.1 – Identificação dos principais atores.....	47
Tabela 5.2 – Número de lojas físicas das operadoras por regional de Belo Horizonte.....	49
Tabela 5.3 – Número de ATE nos shoppings populares da regional centro-sul de BH.....	54

LISTA ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABINEE	Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABS	Acrilonitrila-butadieno-estireno
ACV	Avaliação do ciclo de vida
ASA	Acrilonitrila-estireno-acrilato
BA	Bahia
CD	Centro de distribuição
CEMPRE	Compromisso Empresarial para a Reciclagem
CETEM	CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL
CNAE	Classificação Nacional de Atividades Econômicas
CNPJ	Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas
COEP	Comitê de Ética em Pesquisa
COMAM	Conselho Municipal de Meio Ambiente
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPAM	Conselho Estadual de Política Ambiental
CORI	Comitê Orientador para a Implantação de Sistemas de Logística Reversa
CPU	<i>Central Processing Unit</i>
CTR	Central de Tratamento de Resíduos
CTRS	Central de Tratamento de Resíduos Sólidos
d	dia
DF	Distrito Federal
EEE	Equipamento Eletroeletrônico
ERCC	<i>Electronics Recycling Coordination Clearinghouse</i>
EU	União Europeia
EUA	Estados Unidos da América
FEAM	Fundação Estadual do Meio Ambiente
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
FVU	Fim da Vida Útil
GECAE	Gerência de Avaliação e Controle de Atividades Econômicas
GEEDA	Gerência de Educação Ambiental

GELA	Gerencia de Licenciamento Ambiental de Empreendimentos de Impacto
GELAI	Gerência de Licenciamento de Atividades Industriais
GO	Goiás
Hab.	Habitantes
HD	<i>Hard Disk</i>
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS	Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
INPEV	Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias
MDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
METI	<i>Ministry of International Trade and Industry</i>
MG	Minas Gerais
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MS	Mato Grosso do Sul
NAI	Número de Atores Identificados
NAP	Número de Atores Pesquisados
NATEI	Número de Assistências Técnicas Especializadas Identificadas
NATEP	Número de Assistências Técnicas Especializadas Participantes
NBR	Norma Brasileira
NiCd	Níquel-cádmio
NiMH	Níquel metal hidreto
NKD	<i>Naked</i>
ONG	Organização Não Governamental
PBB	Bifenilas polibromadas
PBDE	Éteres difenil-polibromados
PBH	Prefeitura de Belo Horizonte
PBT	Bioacumulativos persistentes
PC	Policarbonato
PCI	Placa de Circuito Impresso
RCC	Resíduo de Construção Civil
REEE	Resíduo de Equipamento Eletroeletrônico

RMS	Região Metropolitana de Salvador
RoHS	<i>Restriction on the use of Hazardous Substances</i>
RS	Resíduo Sólido
RSD	Resíduo Sólido Doméstico
RV	Resíduo Volumoso
SEMAD	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
SIAM	Sistema de Informação Ambiental
SISEMA	Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SLU	Superintendência de Limpeza Urbana
SMAFIS	Secretaria Adjunta de Fiscalização
SMMA	Secretaria Municipal de Meio Ambiente
SMP	Serviço Móvel Pessoal
SP	São Paulo
SRHU	Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano
StEP	<i>Solving the E-waste Problem</i>
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TI	Tecnologia da Informação
UEP	Unidade de Entrega Provisória
UFBA	Universidade Federal da Bahia
UFC	Universidade Federal do Ceará
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UFT	Universidade Federal do Tocantins
UIT	União Internacional de Telecomunicações
UNISINOS	Universidade do Vale do Rio dos Sinos
URPV	Unidade de Recebimento de Pequenos Volumes
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
WEEE	<i>Waste Electrical and Electronic Equipment</i>

1 INTRODUÇÃO

A problemática da gestão de resíduos sólidos (RS), associada às causas e consequências da questão de produção desenfreada, vem se destacando com maior frequência nas discussões acerca de políticas sociais e econômicas atreladas ao desenvolvimento da saúde e do meio ambiente em escala global. Na comunidade europeia, as articulações já se encontram consolidadas acerca dos RS em geral com as questões de saúde, planejamento urbano e a ocupação do solo. Essas articulações resultam em uma maior sensibilidade e, por conseguinte, evolução na valorização dos RS, desde a prevenção à geração quanto nas medidas eficazes de recuperação e destinação final.

Barros *et al.* (2014) ressaltam que o crescimento populacional desordenado, com a elevação do poder de compra associada à redução dos preços de venda, e à estabilidade financeira, acarreta a geração desenfreada de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE), sendo pela rápida mudança das características dos produtos e pela aceleração de sua obsolescência, demandando uma maior extração de recursos naturais.

Entre os vários tipos de equipamentos eletroeletrônicos (EEE), como televisores, computadores, geladeiras, utensílios de cozinha (ex.: batedeira, liquidificador), destacam-se os aparelhos celulares, como REEE, pela crescente quantidade gerada em função do pequeno tempo de vida útil, e ainda associada aos potenciais impactos ao meio ambiente e à saúde quando dispostos de forma inadequada (ABDI, 2013).

Os aparelhos celulares, apesar de seu pequeno tamanho, têm um alto potencial de poluição, pois em cada aparelho podem ser encontrados até 12 itens considerados altamente prejudiciais à saúde e ao meio ambiente. Entre estes materiais estão o mercúrio (Hg), cádmio (Cd), chumbo (Pb), arsênio (As), dioxinas e furanos (NELEN *et al.*, 2014; VIET *et al.*, 2011). Lopes, Manzato e Siqueira (2008) ressaltam ainda que, dentre as substâncias nocivas ao homem e ao meio ambiente, o chumbo é o elemento mais danoso quando disposto de forma inadequada.

Para ilustrar este cenário, de acordo com os dados da ANATEL (2016) e do portal Teleco (2016d) foi possível verificar que, em apenas quatro anos, houve um crescimento de cerca de 100 milhões de novos acessos ao Serviço Móvel Pessoal (SMP) no Brasil, atingindo em

fevereiro de 2016 a marca de 258,06 milhões de linhas ativas na telefonia móvel e densidade de 125,62 acessos por grupo de 100 habitantes. Esses números podem indicar uma geração cada vez maior de resíduos advindos dos aparelhos celulares, uma vez que os acessos ao serviço móvel são cada vez maiores.

1.1 Justificativa

A existência de estudos relacionados à problemática dos REEE apresenta em sua grande maioria uma abordagem ampla e voltada para o gerenciamento de vários resíduos eletroeletrônicos em conjunto, evidenciando assim a necessidade de estudos mais aprofundados acerca de um determinado tipo de REEE. Com isso, esta pesquisa visa a estudar a cadeia pós-consumo dos aparelhos celulares em Belo Horizonte em função dos principais atores identificados.

A escolha dos aparelhos celulares como objeto de estudo, se justifica:

- pela disponibilidade de dados existentes acerca de tal EEE;
- pelo crescente número de novas linhas e vendas ao longo dos últimos anos, que acarreta na geração de maiores quantidades de REEE;
- pela rápida obsolescência dos aparelhos celulares, ou seja, pelo baixo tempo de vida útil, cerca de 2 anos, segundo ABDI (2013);
- pela possibilidade de valoração destes REEE em função do alto valor agregado dos metais;
- e por fim pelo potencial tóxico de alguns componentes presentes nos aparelhos celulares que, quando descartados de maneira inadequada, podem ocasionar danos à saúde e ao meio ambiente.

Estudos relacionados ao tema são, portanto, considerados de grande relevância e novas pesquisas se mostram necessárias.

2 OBJETIVOS

2.1 *Objetivo geral*

Analisar a gestão da cadeia pós-consumo dos aparelhos celulares a partir dos principais atores identificados na cidade de Belo Horizonte (MG).

2.2 *Objetivos específicos*

- Identificar, caracterizar e discutir os papéis dos principais atores envolvidos na gestão da cadeia pós-consumo dos aparelhos celulares em Belo Horizonte;
- Analisar o fluxo da cadeia pós-consumo dos aparelhos celulares a partir dos principais atores identificados.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 *Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE): definições e classificações*

Segundo a Diretiva nº 2012/19/EU (EU, 2012), a União Europeia define os equipamentos eletroeletrônicos (EEE) como:

Equipamentos dependentes de correntes elétricas ou de campos eletromagnéticos para funcionarem corretamente, bem como os equipamentos para geração, transferência e medição dessas correntes e campos, e concebidos para utilização com uma tensão nominal não superior a 1.000V para corrente alternada e 1.500V para corrente contínua.

De acordo com o anexo 1, da Diretiva Europeia nº 2011/65/EU (EU, 2011), existem 11 categorias de EEE: (1) Eletrodomésticos de grande porte; (2) Eletrodomésticos de pequeno porte; (3) Equipamentos de tecnologia da informação (TI) e telecomunicação; (4) Equipamentos de consumo e painéis fotovoltaicos; (5) Equipamentos de iluminação; (6) Ferramentas eletroeletrônicas; (7) Equipamentos de lazer, esporte e brinquedos; (8) Equipamentos médicos; (9) Instrumentos de monitoramento e controle; (10) Caixas de autoatendimento; e (11) Outros equipamentos não considerados nas categorias anteriores.

Os aparelhos celulares estão enquadrados na categoria três, referente aos equipamentos de TI e telecomunicação. As categorias três e quatro dos EEE são as que possuem os maiores teores de metais preciosos das demais categorias apresentadas pela Diretiva Europeia nº 65 de 2011 (BIGUM, BROGAARD e CHRISTENSEN, 2012). Segundo o anexo II, da Diretiva Europeia nº 2012/19/EU, também fazem parte desta categoria os seguintes equipamentos: impressoras, minicomputadores, computadores pessoais, calculadoras, aparelho de fax, telefone, *tablet*, entre outros.

Em âmbito nacional, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da Norma Brasileira (NBR) 16.156 de 03/2013, define os EEE como “equipamentos, partes e peças cujo funcionamento adequado depende de correntes elétricas ou campos eletromagnéticos, bem como equipamentos para geração, transmissão, transformação e medição dessas correntes e campos”. Pode ser para o uso doméstico, industrial, comercial e de serviço (ABNT, 2013).

No panorama brasileiro, os EEE são subdivididos em quatro categorias: linhas verde, marrom, branca e azul. Estas linhas são caracterizadas e diferenciadas entre si pela sua composição principal (metal, vidro e plástico), porte e o tempo de vida útil dos EEE (ABDI, 2013). Os aparelhos celulares estão inseridos na linha verde, levando em consideração o tempo de vida útil (2 anos), pequeno porte (0,1kg), e pela grande diversidade de componentes (Figura 3.1).

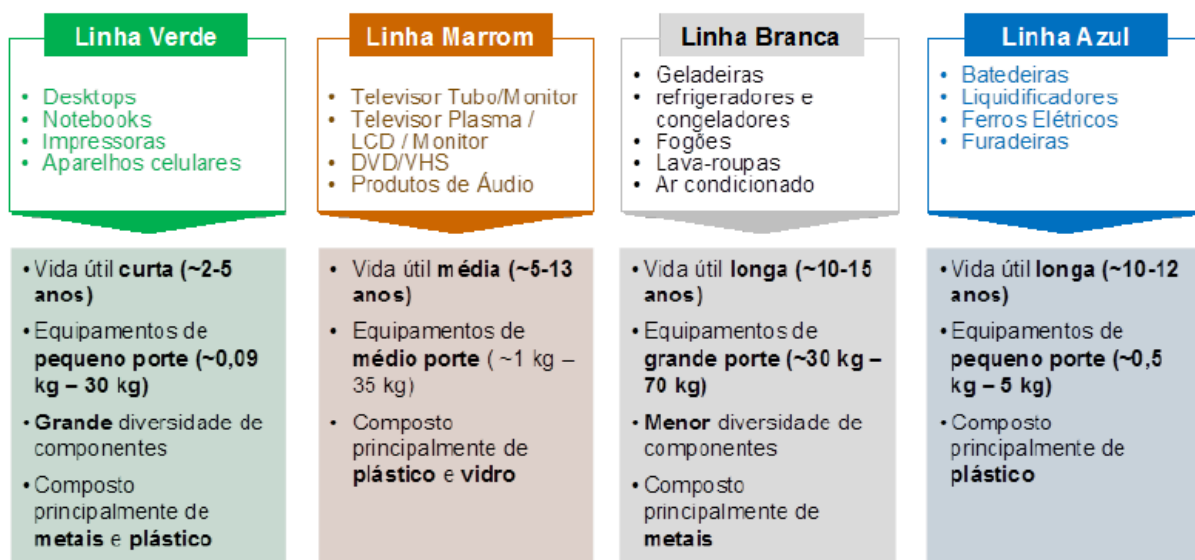


Figura 3.1 – Categorias dos EEE no cenário brasileiro

Fonte: ABDI (2013).

Em virtude do seu sucesso de vendas e seu curto ciclo de vida, os aparelhos celulares tornam-se alvo de políticas públicas e pesquisas relacionadas ao meio ambiente (Geyer e Blass, 2009, *apud* Hori, 2010).

Em 2015 o mercado mundial alcançou a marca de 7,1 bilhões de aparelhos celulares (UIT, 2015). No mesmo ano foram vendidos no Brasil 54,5 milhões de unidades de aparelhos celulares, sendo 6,7 milhões de unidades relativos aos celulares tradicionais e 47,8 milhões de unidades de *smartphones* (TELECO, 2016d).

Em 2014, o mercado brasileiro de celular foi o 5º maior do mundo (com 281 milhões de acessos ao Serviço Móvel Pessoal – SMP) atrás da China (1.286), Índia (944), EUA (355), e Indonésia (319), e tem apresentado um crescimento constante que vem aumentando ao longo dos anos (TELECO, 2016a). Esses números representaram em 2014 uma receita bruta de 100,2 bilhões de reais para o setor de SMP (TELECO, 2016b).

Segundo a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL, 2015), em janeiro de 2010 o Brasil ultrapassou a marca de 175 milhões de acessos ao Serviço Móvel Pessoal (SMP), com uma densidade de mais de 91 acessos por grupo de 100 habitantes. Em maio de 2015, o país registrou o seu maior valor (284,16 milhões) de linhas ativas, com densidade de 139,16 acessos por 100 habitantes. Até fevereiro de 2016, esses números reduziram a 258,1 milhões de linhas ativas na telefonia móvel, com densidade de 125,62 acessos por grupo de 100 habitantes (TELECO, 2016c). A queda nos números de acesso ao SMP apresentados do ano de 2015 para 2016 pode estar associada à retração da economia brasileira no período estudado.

No entanto, a crescente evolução dos acessos ao SMP se deve seguramente ao crescimento cada vez maior às redes de dados móveis. Lopes, Manzato e Siqueira (2008) e Siqueira e Marques (2012) já relatavam preocupação com a destinação desses dispositivos fabricados.

Dessa forma, os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) podem ser considerados os produtos (EEE), partes ou componentes pós-consumo e que são submetidos ao descarte. Portanto, os REEE podem ser entendidos como resíduos perigosos em função das suas propriedades físicas e químicas serem capazes de ocasionar riscos ao meio ambiente e à saúde humana quando dispostos de maneira inadequada (ABNT NBR 16.156/2013) (ABNT, 2013), e por serem concebidos utilizando-se substâncias ou elementos químicos ou grupos classificados como perigosos (ABNT NBR 10.004/2004) (ABNT, 2004).

3.2 Aspectos legais e normativos dos REEE

3.2.1. Cenário internacional

Em 22 de março de 1989, na Suíça, foi concluída a Convenção de Basiléia, que aborda sobre o controle de movimentos transfronteiriços de resíduos perigosos e seu depósito (MMA, 2016). A Convenção de Basiléia foi a primeira referência mundial acerca da destinação dos REEE, que são contemplados a partir do anexo VIII, que especifica resíduos metálicos.

De acordo com o IBAMA (IBAMA, 2016), qualquer país signatário a Convenção de Basiléia possui o direito soberano de poder definir em seu território os requisitos para a entrada e destinação de outros resíduos considerados ou definidos como perigosos em sua legislação nacional. O Brasil, através da Lei nº 12.305/2010 referente à Política Nacional de Resíduos

Sólidos, apresenta no artigo 49 a proibição de se importar resíduos perigosos e rejeitos (BRASIL, 2010). Além disso, o Conselho Nacional do Meio Ambiente, em 2012, por meio da resolução nº 452 define os procedimentos de controle para a importação de resíduos (BRASIL, 2012).

Em 1998 foi criada a *Home Appliance Recycling Law* no Japão. Ela foi atualizada em 2001 e dispõe sobre a criação de um sistema para recuperar corretamente os equipamentos eletrodomésticos no fim da vida útil e reciclá-los de maneira eficiente para garantir o reaproveitamento dos materiais como matéria-prima para fabricação de outros produtos. Foram então criadas medidas para garantir a coleta, descarte, transporte e reciclagem adequada de resíduos eletrodomésticos específicos (ex.: TV e monitor, ar condicionado, refrigeradores e *freezers*, máquinas de lavar e secar roupa) e a utilização eficaz dos recursos naturais para manutenção do meio ambiente (METI, 2016).

Nos EUA, 25 dos 50 estados possuem legislação específica para os REEE. Nos estados da Califórnia (em 2003) e Maine (em 2009) foram criadas leis específicas para a reciclagem dos resíduos de aparelhos celulares. Estas leis dispõem sobre a reutilização e reciclagem adequada e legal para eliminação de telefones celulares usados (ERCC, 2016).

A comunidade europeia, no dia 27 de janeiro de 2003, aprovou duas diretivas específicas sobre a gestão de REEE: a *Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)* e a *Restriction on the use of Hazardous Substances (RoHS)*. A Diretiva WEEE (2002/96/EC) foi precedida pela Diretiva RoSH (2002/95/EC), acerca da restrição do uso de substâncias perigosas na produção de equipamentos eletroeletrônicos como: cádmio (Cd), chumbo (Pb), cromo hexavalente (Cr⁺⁶), mercúrio (Hg), bifenilas polibromadas (PBB) e éteres difenil-polibromados (PBDE). Em 2012 a Diretiva WEEE (2002/96/EC) foi atualizada pela Diretiva nº 19/2012 (2012/19/EU) (EU, 2012).

A Diretiva RoSH (2002/95/EC) foi atualizada pela Diretiva nº. 65/2011 (2011/65/EU) (EU, 2011). Ela propõe uma à inserção de uma nova categoria para englobar todos os equipamentos eletroeletrônicos que não haviam sido contemplados na diretiva anterior. Com 11 categorias, o novo arranjo possibilita o discernimento do potencial de risco de cada uma das categorias de produto em função de suas especificidades, como: vida útil, composição por tipo de materiais, porte do equipamento, entre outras características. Esta diretiva tem como objetivo a

prevenção de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos e também a reutilização e reciclagem e/ou outras formas de valorização dos mesmos.

De acordo com Kohl (2014), a Convenção de Basileia e as diretivas europeias (RoSH e WEEE) são as legislações internacionais precursoras sobre os REEE. A partir dessas legislações foram criadas diversas leis e regulamentos ambientais ao redor do mundo.

3.2.2. Cenário nacional

No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) revisou em 30 de novembro de 2004 a norma 10.004, que têm por objetivo de estabelecer critérios para classificar os resíduos sólidos (RS), em relação aos riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, considerando que o manuseio e a destinação sejam adequadamente controlados. Classifica os Resíduos Sólidos em função de suas características, além dos padrões de concentração de poluentes e do grau de periculosidade, sendo a Classe I, considerados os resíduos perigosos; e a Classe II, considerados os resíduos não perigosos, que por sua vez se subdividem em Classe IIA (resíduos não inertes) e Classe IIB (resíduos inertes). Entretanto, não faz menção aos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (ABNT, 2004).

Em 04 de novembro de 2008, foi publicada a Resolução CONAMA nº 401, que legisla sobre a forma de disciplinar (critérios e padrões) o descarte e o gerenciamento ambientalmente adequado de pilhas e baterias usadas, sob responsabilidade dos fabricantes, no que tange à coleta, reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final. Estabelece ainda os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional (BRASIL, 2008).

Com relação ao histórico dos aspectos legais, teve-se um avanço importante no cenário nacional com a instituição da Lei nº 12.305/2010 - Política Nacional de Resíduos Sólidos, que contempla nos princípios objetivos: instrumentos e diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis, regulamentada pelo Decreto nº 7.404/10. A Política Nacional de Resíduos Sólidos não trata os EEE como resíduos. Ela apresenta no artigo 33 os REEE como produto eletroeletrônico e seus componentes pós-consumo. Ademais, entre os artigos 30 e 36 a lei aborda sobre a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos

produtos que são obrigados a implementar sistemas de logística reversa por meio de acordo setorial¹ (BRASIL, 2010).

Arelada à lei de resíduos sólidos (Lei 12.305/2010), em abril de 2011, foi lançada a Portaria nº 113/11, sobre a implantação de sistemas de logística reversa (ABDI, 2013). A partir dessa portaria foi aprovado o regimento interno para o comitê orientador para implantação de sistemas de logística reversa (CORI), que responsabiliza os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, a gerir os sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos eletroeletrônicos pós-consumo (ou REEE) à cadeia produtiva, de forma independente do serviço público de limpeza urbana (BRASIL, 2010).

Em 2013 foi aberto um edital de chamamento para propostas de acordo setorial de sistemas de logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes. No início de 2015, nos meses de fevereiro e março ocorreram duas audiências públicas entre os setores empresariais responsáveis pelos produtos eletroeletrônicos e o Ministério de Meio Ambiente para discutir alguns entraves sobre periculosidade e regulamento dos REEE para implementação do acordo setorial (ABINEE, 2015). Até o início de 2016 segue em discussão, em nível nacional, algumas condicionantes da proposta unificada de acordo setorial para produtos eletroeletrônicos pós-consumo entre as instituições privadas e o setor público.

Em 2013, a ABNT lançou uma NBR exclusiva para os REEE - requisitos para atividade de manufatura reversa² (ABNT NBR 16.156/2013). Objetiva estabelecer requisitos para proteção ao meio ambiente e controle de riscos à saúde e segurança na atividade de manufatura reversa de REEE (ABNT, 2013).

De acordo com Xavier (2014), o Brasil por ser um país de dimensões continentais não existe um modelo único para a gestão de resíduos sólidos. A gestão dos REEE ainda se configura como um grande desafio para a maioria dos municípios brasileiros.

¹ Acordo Setorial: ato de natureza contratual firmado entre o poder público e fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes, tendo em vista a implantação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto (BRASIL, 2010).

² Manufatura reversa: “etapas da atividade de reciclagem que compreendem os processos de transformação dos resíduos eletroeletrônicos em partes e peças, insumos ou matérias-primas, sem a obtenção de novos produtos” (ABNT NBR 16.156/2013, p. 3).

A Tabela 3.1 apresenta uma síntese dos principais aspectos legais e normativos nos cenários internacional e nacional.

Tabela 3.1 – Síntese dos aspectos legais e normativos

Local	Leis e normas	Descrição	Referência
Europa	<i>Restriction on the use of Hazardous Substances</i> (Directive RoHS, 2011/65/EU)	Dispõe sobre a restrição de uso de substâncias perigosas na produção de equipamentos eletroeletrônicos	(EU, 2011)
Europa	<i>Waste Electrical and Electronic Equipment</i> (Directive WEEE, 2012/19/EU)	Objetiva a prevenção de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos e também a reutilização e reciclagem e/ou outras formas de valorização dos mesmos	(EU, 2012)
EUA (Califórnia e Maine)	Cell Phone Recycling Law	Dispõem sobre a reutilização e reciclagem adequada e legal para eliminação de telefones celulares usados	(ERCC, 2016)
Japão	Home Appliance Recycling Law	Dispõe sobre as medidas para garantir a coleta, descarte, transporte e reciclagem adequada de resíduos eletrodomésticos específicos e utilização eficaz dos recursos naturais	(METI, 2016)
Brasil	Resolução CONAMA nº 401/2008	Estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias (...) e dá outras providências	(BRASIL, 2008)
Brasil	Lei nº 12.305/2010	Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos	(BRASIL, 2010)
Brasil	ABNT NBR 10.004/2004	Dispõe sobre a classificação dos Resíduos sólidos	(ABNT, 2004)
Brasil	ABNT NBR 16.156/2013	Estabelece requisitos para proteção ao meio ambiente e controle dos riscos de segurança e saúde no trabalho na atividade de manufatura reversa de resíduos eletroeletrônicos	(ABNT, 2013)
Minas Gerais	Lei nº 18.031/09	Dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos	(MINAS GERAIS, 2009)
Belo Horizonte	Lei municipal nº 10.534/2012	Dispõe sobre a limpeza urbana (...) e dá outras providências	(BELO HORIZONTE, 2012)

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (2010), no art. 33, faz-se apenas menção sobre produtos eletroeletrônicos e seus componentes, sem defini-los. A lei estadual (nº 18.031/09) de resíduos sólidos (RS) de Minas Gerais não se faz qualquer menção aos resíduos eletroeletrônicos, mesmo que defina RS especiais, de pós-consumo e reversos.

De acordo com a Lei municipal nº 10.534/2012, formalmente, a população de Belo Horizonte é responsável pelos REEE classificados como “Resíduos Sólidos Especiais”, devendo ser processados por métodos aprovados e licenciados pelos órgãos ambientais competentes, de

acordo com a legislação específica, com as normas ambientais, com as disposições da lei, de seu regulamento e das normas técnicas da Superintendência de Limpeza Urbana (SLU) (BELO HORIZONTE, 2012).

Castro *et al.* (2013) ressalta que ainda se faz necessário à implementação de sistemas de gestão de REEE eficientes em todo o território nacional, nos âmbitos federal, estadual e municipal. O autor ressalta a importância de sistemas específicos de gestão dos REEE atenderem as questões previstas na Política Nacional, equalizando o aproveitamento da geração dos resíduos, juntamente com a minimização dos efeitos adversos advindos de uma gestão inadequada, tais como, danos ao meio ambiente e a saúde dos seres humanos.

3.3 Obsolescência programada

Um dos principais problemas ambientais enfrentados pelos grandes centros urbanos está relacionado ao crescente volume gerado de resíduos sólidos urbanos. A cultura do consumismo, muitas vezes imposta pela mídia (anúncios de TV, rádio, *internet*, *etc.*), pode ser caracterizada pela criação de falsas necessidades pessoais (SIQUEIRA e MARQUES, 2012). Barros *et al.* (2014) ressaltam que o crescimento populacional desordenado, o fortalecimento da classe média e a estabilidade econômica, ainda podem ser apontados como outros fatores que acarretam na geração desenfreada desses resíduos, sendo pela rápida mudança das características dos produtos e pela aceleração de sua obsolescência.

Vários autores apontam a obsolescência programada como um dos principais fatores para a crescente geração de produtos pós-consumo, principalmente os eletroeletrônicos. Silva (2012) define a obsolescência programada como filha da sociedade de consumo, ou seja, do denominado consumismo. Júnior e Ferreira (2009) acrescenta que a obsolescência programada é a estratégia do mercado que fomenta o consumo constante, de tal forma que os produtos parem de funcionar ou percam seu atrativo em um curto espaço de tempo.

Montenegro, Vale e Sousa (2014) apresentam dois tipos de obsolescência programada: técnica ou funcional e perceptiva. A obsolescência técnica ou funcional está associada à baixa durabilidade, às falhas físicas e a inviabilidade de reparos, enquanto que a obsolescência perceptiva é atrelada à moda e ocorre quando um produto não causa mais efeito de compra. Perdem seu atrativo frente a novos produtos, tornando-os ultrapassados mesmo possuindo a

mesma funcionalidade. A obsolescência perceptiva está relacionada diretamente ao desejo do consumidor.

Em uma análise mais profunda, Rodrigues (2012) apresenta ainda outros tipos de obsolescência: a psicológica e a circunstancial. Suas principais características são respectivamente: inovações superficiais que não alteram em maiores proporções a funcionalidade do produto, mas, atreladas às questões de *marketing*, criam uma relação com a moda ou à conquista de *status*; circunstâncias da vida que geralmente implicam na reutilização de bens, como morte, casamentos, mudança de residências, entre outros, e que como exceção não está associada à determinação imposta pelos fabricantes. Silva (2012) associa a obsolescência psicológica como condicionante da busca por felicidade, em que para “serem felizes” as pessoas precisam adquirir o modelo de lançamento para seguir na moda ou satisfazer falsas necessidades pessoais, criada pelo mercado no “mundo das necessidades fabricadas”.

Andrade (2008) ressalta que a obsolescência dos celulares se associa ao elevado número de lançamentos de novos aparelhos em curtos períodos de tempo e a dificuldade de se haver a mesma oferta na reposição de peças no mercado para os aparelhos “obsoletos”. Essa prática resulta no consumidor ser forçado a comprar outro aparelho despendendo, inclusive, uma maior quantia de dinheiro. No ponto de vista ético essa prática é questionada por Júnior e Ferreira (2009), pois fere o direito do consumidor, embora possa proporcionar algum benefício para o consumidor com o lançamento de novos modelos e, por conseguinte evolução do mercado de consumo. Entretanto, a banalização do mercado de consumo pode acarretar no descarte inadequado de produtos em desuso, representando um potencial dano ambiental e à saúde humana.

Neste contexto, os REEE, de uma maneira geral têm se destacado negativamente. De acordo com a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI, 2013), os REEE se encontram em processo de expansão significativa, inclusive nos países em desenvolvimento. A preocupação com este cenário se justifica pelo reflexo direto no meio ambiente, uma vez que a redução dos preços de venda, a evolução tecnológica e a diminuição do tempo de vida útil dos EEE têm ocasionado maior geração de resíduos e, por conseguinte uma maior demanda na extração dos recursos naturais.

3.4 Estudos sobre a gestão dos resíduos dos aparelhos celulares

Vários estudos têm levantado inúmeras discussões acerca dos REEE no mundo em decorrência do constante crescimento do volume gerado e das substâncias tóxicas à saúde e ao meio ambiente (CETEM, 2010). Propostas internacionais visam a incentivar a eliminação de substâncias perigosas, como os metais pesados, para minimizar os impactos ao longo da cadeia e, por conseguinte, reduzir os custos com o tratamento pós-consumo, a destinação final, ou até mesmo a valorização desse material por meio da reciclagem para recuperação de matéria-prima (XAVIER, 2014).

Outra questão que vem sendo discutida é a proposta de reuso, a partir do reparo, recondicionamento ou remanufatura dos EEE em resposta ao encurtamento do tempo de vida útil dos produtos, como opções que antecederiam as etapas de destinação e/ou disposição final desses materiais (StEP, 2011).

Em 2014 a geração global dos REEE foi de aproximadamente 41,8 milhões de toneladas (Mt). Essa quantidade é composta por: 1,0Mt de lâmpadas; 3,0Mt de equipamentos de tecnologia da informação de pequeno porte (incluindo os aparelhos celulares); 6,3Mt de telas e monitores; 7,0Mt de equipamentos de regulação de temperatura (ex.: refrigeradores); 11,8Mt de equipamentos grandes; e 12,8 de equipamentos pequenos (StEP, 2014).

Em 2007, se comparado às quantidades de aparelhos celulares vendidas no mercado, com os resíduos eletroeletrônicos gerados a partir de uma escala *per capita*/ano, Marrocos liderou a geração mundial com mais de 0,05kg/hab.ano (500 aparelhos celulares/1.000 habitantes). Um número relativamente elevado para uma estimativa mínima histórica. Na Colômbia, quase 0,03kg/hab.ano de resíduo eletroeletrônico foram gerados a partir de aparelhos telefones. A África do Sul também apresentou altas taxas de vendas *per capita*/ano de aparelhos celulares (0,04kg/hab.ano); contudo, resultou em uma baixa quantidade de resíduo gerado (cerca de 0,02kg/hab.ano) (StEP, 2009).

No Brasil, não se sabe o número exato de aparelhos celulares que estão sendo descartados anualmente; entretanto, Santos *et al.* (2012) transmitem os números apresentados pelas operadoras de telefonia. Em 2011, a operadora Tim afirmou ter recolhido do mercado 16,49 toneladas de resíduos de aparelhos celulares entre outros REEE. No mesmo ano, a Nextel disse ter aproveitado 73% do total (1,3 milhões) de aparelhos celulares recolhidos nas lojas, e

além de 73% do total (315.000) de baterias usadas. As operadoras Vivo e Claro informaram ter recebido 1,8 milhões de aparelhos e acessórios (desde 2006) e 600.000 itens (desde 2008), respectivamente.

As operadoras Vivo e Claro possuem contrato com uma empresa especializada em logística reversa que fica localizada em São José dos Campos (SP). Essa empresa recolhe os resíduos de celular nas lojas das operadoras que possuem contrato e envia para o seu centro de armazenamento e beneficiamento. A empresa também presta serviço para às fabricantes de aparelhos celulares. Com isso, tanto as lojas vinculadas às operadoras quanto as vinculadas aos fabricantes sinalizam o pedido de coleta quando as urnas dispostas nas suas unidades se encontram cheias. A empresa coleta os resíduos e realiza posteriormente a separação dos aparelhos, bateria, carregadores e outros materiais. Com exceção da bateria, tudo é triturado e enviado para empresas de reciclagem. Esta empresa processa cerca de 7.000 aparelhos celulares por dia. Em 2012, no período de seis meses a empresa processou cerca de 80 toneladas de aparelhos celulares, acessórios, entre outros itens afins (SANTOS *et al.*, 2012).

Vários estudos têm sido realizados no Brasil para diagnosticar a geração dos produtos eletroeletrônicos pós-consumo (REEE), incluindo os aparelhos celulares. Geralmente os métodos utilizados para os aparelhos celulares se baseiam em dados de produção, estimativas de vendas (os fluxos e seus estoques no tempo e espaço específicos), tempo de vida útil, pesos médios (TANIMOTO e SALES, 2012; FRANCO e LANGE, 2011; RODRIGUES, 2012) (Tabela 3.2).

Tanimoto e Sales (2012) estimaram a geração de REEE no Brasil, no estado da Bahia e na região metropolitana de Salvador (RMS) para o ano de 2009. De todos os EEE identificados, os aparelhos celulares foram os que apresentaram maior número de unidades nas regiões estudadas. As taxas de geração de REEE foram de 2,8kg/hab.ano, 2,0 kg/hab.ano e 2,8 kg/hab.ano, para o Brasil, Bahia e a RMS, respectivamente. A taxa de geração nacional de REEE foi próxima da identificada por Rodrigues (2007), de 2,6 kg/hab.ano. Entretanto, em função do peso, os aparelhos celulares correspondem apenas a 1% dessa taxa de geração global para os diversos tipos de REEE estudados.

Tabela 3.2 – Estudos sobre a geração de aparelhos celulares pós-consumo

Local	Vida útil (anos)	Peso médio (kg)	Geração média de REEE (t/ano)	Período (FVU)	Referência
Brasil	2	0,1	2.742	2002 a 2016	Rodrigues (2007)
Brasil Bahia RMS	2	0,103	4.514 252 114	2009	Tanimoto e Sales (2012)
São Paulo	4	0,1	323	2005 a 2010	Rodrigues (2012)
Brasil Minas Gerais Belo Horizonte	2	0,093	2.888 819 105	2007 2008	Rocha <i>et al.</i> (2009)
Belo Horizonte	2	0,1	301	2012	Franco e Lange (2011)
Belo Horizonte	2	0,1	232	2010	Franco (2008)

Apesar desse montante não contemplar todos os itens correspondentes aos REEE, o número expressivo de geração induz a questionar o destino dado a esses produtos quando não são mais úteis aos seus possuidores – pós-consumo, além de como esses resíduos estavam sendo gerenciados e por que esses resíduos necessitam de uma gestão especial. Um fato que interfere na quantidade de REEE gerada é o comportamento relacionado ao descarte de REEE pelos consumidores que, em geral, não sabem (e não se interessam) qual o destino dar a esses materiais (LIM, SCHOENUNG, 2010; NELEN *et al.*, 2014).

Com relação ao comportamento dos consumidores foram identificados vários estudos relacionados aos aparelhos celulares: Giaretta *et al.* (2010); Franco e Lange (2011); e Rodrigues (2012); e Santos *et al.* (2012).

Em uma amostragem em 395 residências do município de São Paulo, entre os anos de 2009 e 2010, Rodrigues (2012) diagnosticou a predominância dos aparelhos celulares na composição dos tipos de EEE em uso, com uma média de 2,1 celulares por domicílio. Foi verificado que o tempo de aquisição dos aparelhos celulares, onde 59,5% dos consumidores (da amostra = 811) afirmaram terem comprado no período igual ou inferior a dois anos. Identificou que 31,6% (da amostra, n = 243 domicílios) dos aparelhos celulares são armazenados após o seu uso. A autora justificou que essa prática pode estar diretamente associada à facilidade de

armazenamento quanto ao tamanho dos EEE, onde outros itens de pequeno porte (ex. ferros de passar, rádio, ventiladores, *etc.*) também constituíram a parcela dos EEE que estavam sendo guardados. Os aparelhos celulares estão entre os seis tipos de EEE que mais são sujeitos ao descarte no município de São Paulo. O principal motivo (65%) para não consertar os aparelhos celulares em desuso é o alto custo empregado. Uma parcela significativa (15%) afirmou descartar os celulares no lixo comum (que representa cerca de 48 toneladas de aparelhos no lixo comum nos últimos cinco anos), mesmo uma grande parcela (mais de 60%) dos aparelhos estando com bom funcionamento.

Em um estudo realizado na cidade de São José dos Campos (SP), Santos *et al.* (2012) verificaram que 25% dos respondentes (amostra, n = 100 pessoas) afirmaram possuir mais de quatro aparelhos celulares em casa e a menor parcela (11%) tinham apenas um aparelho. Com relação ao uso, 35% afirmaram utilizar o celular por um período máximo de seis meses, enquanto que apenas 16% ficam com o mesmo aparelho por mais de quatro anos. A principal justificativa para troca de aparelho é devido ao *status* (38%). Apenas 12% dos respondentes afirmaram trocar de aparelho celular por ele apresentar algum tipo de defeito. Com relação à destinação dos aparelhos, a grande maioria (60%) informaram jogar os celulares no lixo comum quando eles não têm mais condições de uso. Ademais, 75% afirmaram desconhecer a possibilidade de se reciclar os aparelhos celulares, evidenciando um risco iminente para à saúde da população e ao meio ambiente, pelo desconhecimento ou não procurarem por práticas sustentáveis de consumo até o descarte final do produto quando fica em desuso.

Giaretta *et al.* (2010) estudaram o comportamento de alunos, professores e funcionários (amostra, n = 223 respondentes) de uma instituição pública de ensino superior de São Paulo quanto ao descarte dos aparelhos celulares. A partir dos resultados conseguiram identificar que a ação mais frequente (49%) é o armazenamento dos aparelhos, mesmo após a compra de um novo equipamento. Para as baterias dos celulares, 47% das pessoas que efetuaram sua troca informaram devolver a bateria usada na operadora ou destinar em um local específico para coleta. 35% informaram armazená-las mesmo após o uso e 7% destinaram no lixo comum.

Franco e Lange (2011) estudaram o comportamento de uma parcela da população de Belo Horizonte (amostra, n = 90 consumidores) quanto ao tempo de substituição e o descarte dado ao aparelho celular e a outros EEE. Os principais procedimentos adotados pela população

residente em Belo Horizonte foram a doação (34%) e o armazenamento (23%) dos aparelhos celulares. As autoras ressaltam que a prática de doação pode representar um grande potencial de danos à saúde humana e ao meio ambiente, uma vez que essa alternativa não assegura o funcionamento dos EEE ao usuário seguinte, e que na maioria dos casos esta ação pode ser interpretada simplesmente pela transferência de responsabilidade de gerenciamento deste resíduo e do passivo ambiental se manuseados e dispostos em lugares inadequados.

A situação atual da gestão de REEE em Belo Horizonte/MG é notadamente destacada por Barros *et al.* (2014) pela carência de políticas públicas na gestão destinadas a estes resíduos, além de existir um mercado ainda informal e incipiente no município. Com isso, apenas uma pequena parcela corrobora para práticas de remanufatura e destinação adequada destes resíduos para cadeia de reciclagem.

3.5 Caracterização dos aparelhos celulares





Os primeiros equipamentos telefônicos portáteis que foram criados eram volumosos e pesavam mais de 4kg. Tinham como um dos principais problemas uma bateria ácida que era composta por chumbo. No entanto, com a evolução tecnológica estes equipamentos foram reduzindo de tamanho e se tornando conseqüentemente mais leves (CETEM, 2010).

De acordo com Tombini *et al.* (2014) existem no mercado brasileiro quatro tipos de aparelhos celulares: celular flip; celular slide; celular formato barra (normal); e celular formato barra (*touchscreen*) (Tabela 3.3). Eles se diferem basicamente pela mecânica e tecnologia empregada em cada um dos modelos:

- Celular slide: são os que possuem dois segmentos que deslizam um sobre o outro. Apresenta maior quantidade de peças e diversidade de partes, composta em sua grande maioria por plásticos;
- Celular flip: a quantidade de peças é bem menor que o celular slide, mas há grande dificuldade de separação da PCI dos demais componentes que ficam “colados” sobre ela, complicando a separação;

- Celular formato barra (normal): possui uma tecnologia simples, com a estrutura similar ao celular flip. É um aparelho fácil de ser desmontado e apresenta uma quantidade pequena de peças;
- Celular formato barra (*touchscreen*): possui uma tecnologia bem mais avançada, sensível ao toque. É o tipo de aparelho que possui a maior parte dos componentes integrados a PCI, dificultando a separação das peças.

Tabela 3.3 – Exemplo de alguns tipos e características de aparelhos celulares existentes

Características	Tipo			
	Flip	Slide	Barra (Normal)	Barra (<i>Touch</i>)
Modelo	V8	5200	W200	A9300+
Ilustração				
PCI (%)	13,31	28,53	32,24	10,94
Tela (%)	37,49	5,99	8,67	19,89
Bateria (%)	14,04	7,00	18,75	22,5
Plástico (%)	28,07	56,99	33,45	30,87
Peças metálicas (%)	8,31	7,46	6,13	3,74

Fonte: (Adaptado) Tombini *et al.* (2014); e Trigo, Antunes e Balter (2013).

Um aparelho celular é composto essencialmente por quatro partes: carcaça plástica e metálica, tela e teclado, bateria e PCI, que são constituídos por metais, materiais cerâmicos e resinas termofixas (KASPER *et al.*, 2011a).

Com relação à fabricação do teclado, eles já foram constituídos por plásticos, silicone, entre outros materiais. Com o avanço tecnológico houve a diminuição da concepção destes teclados pelo surgimento das telas *touchscreen* (telas sensíveis ao toque). Estas telas (*touchscreen*), por sua vez, são compostas por um mineral raro, o Índio (In). A carcaça metálica dos aparelhos celulares é fabricada a partir de derivados de bauxita e a carcaça plástica a partir de uma

mistura de polímeros. Existem dois tipos predominantes de bateria, de níquel e cádmio (Ni-Cd) e as de íon de lítio (Li-ion) (TRIGO, ANTUNES e BALTER, 2013).

No Brasil existe uma preocupação muito grande com as baterias dos celulares. Entretanto, os aparelhos celulares também possuem alto potencial de impacto ambiental por causa do teor de metais pesados presente nas PCI (HORI, 2010). Chancerel e Rotter (2009) ressaltam que não é apenas a massa total dos materiais com potenciais de serem recuperados que são ambientalmente relevantes no processo de reciclagem, mas também quaisquer outros tipos de materiais secundários que serão produzidos, levando em consideração ainda os fatores econômicos e sociais, bem como a minimização dos impactos gerados ao meio ambiente.

Um aparelho celular pode conter mais de 40 elementos da tabela periódica (SANTOS *et al.*, 2012), incluindo metais, como, por exemplo, o cobre (Cu) e estanho (Sn), metais especiais, tais como o cobalto (Co), índio (In) e antimônio (Sb), e metais preciosos incluindo a prata (Ag), ouro (Au) e paládio (Pd). Destaca-se que, para cada tonelada de aparelhos celulares (sem bateria), a composição básica de metais seria em torno de: 3,5kg de Ag, 340g de Au, 140g de Pd, bem como 130kg de Cu. Além disso, as baterias de um aparelho celular contêm cerca de 3,5g de Co (StEP, 2009; YAMANE *et al.*, 2011; TUNCUK *et al.*, 2012).

Portanto, a caracterização dos resíduos de entrada influenciam diretamente no desempenho dos processos de tratamento existentes no mercado, inclusive no processo de reciclagem. Este fato pode ser explicado pela variabilidade dentro dos REEE, pelos diferentes aparelhos, e a heterogeneidade na sua composição. Ressalta-se que dados de caracterização de confiança são essenciais para prever a recuperação de algum material (LIM e SCHOENUNG, 2010).

Por fim, Kasper *et al.* (2011a) afirmam que 65 a 80% dos componentes dos aparelhos celulares, em geral, são passíveis de reciclagem; entretanto, em uma pesquisa realizada pela empresa Nokia, apenas 2% dos aparelhos fabricados no Brasil são reciclados, ao passo que 32% dos aparelhos celulares são armazenados pela população em suas casas, 29% são doados para terceiros e 10% acabam sendo descartados no lixo comum.

3.5.1. Placas de circuito impresso

As placas de circuito impresso (PCI) são componentes fundamentais de todos os equipamentos eletroeletrônicos. As PCI contêm quantidades significativas de diversos metais,

dos quais alguns são tóxicos à saúde, além de outros elementos considerados recursos valiosos ao homem, tornando necessária sua a reciclagem para a proteção do meio ambiente (JHA *et al.*, 2012).

Segundo Hagelüken (2006), as PCI podem classificadas em três categorias em função do teor de metais preciosos presentes em cada uma, sendo de baixo valor (<100 ppm de Au), médio valor (de 100 a 400 ppm de Au) e alto valor (>400 ppm de Au). O autor destaca que alguns aparelhos celulares são de médio valor e outros de alto valor, ou seja, podem existir PCI com diferentes teores de ouro e demais metais valiosos.

Do ponto de vista econômico e ambiental, as PCI dos celulares são as que possuem maior atrativo dentre os demais componentes dos aparelhos. As PCI são constituídas basicamente por três partes: a base, o circuito e os componentes montados (SANTANILLA, 2012).

A base é um substrato não condutor ou laminado e é composta por epóxi, fibra de vidro e uma pequena percentagem de poliéster. O circuito de condutores impressos dentro ou sobre os laminados (ou substratos) utilizados é a fração metálica das PCI e é constituída por metais preciosos, além de metais perigosos (ex. Pb). Cada um dos componentes (chips, conectores, capacitores, *etc.*) que ficam anexados as PCI são compostos por diferentes materiais como, por exemplo, o tântalo (Ta) é utilizado nos capacitores e chips. Os demais componentes podem conter diversos outros elementos (Ga, In, Ti, Si, Ge, As, Se, Te). Outras partes da PCI como a solda, podem conter chumbo (Pb), estanho (Sn), prata (Ag) e cádmio (Cd); e os semicondutores contêm Ga, Si, Se, Ge, *etc* (KASPER *et al.*, 2011a).

A composição das PCI dos aparelhos celulares tem se modificado ao longo dos anos, com aumento da concentração de cobre e com variação da quantidade de ferro. Ademais, essas variações também podem ser percebidas de acordo com a marca do aparelho celular (YAMANE *et al.*, 2011; KASPER *et al.*, 2011a).

Essa variedade de materiais dificulta o processo de reciclagem das PCI; entretanto, a presença de metais preciosos (ex. Au, Ag) e de interesse econômico (ex. Cu, Sn, Al) evidencia as PCI como uma matéria-prima atraente para a reciclagem (GRECO *et al.*, 2015). A recuperação dos metais preciosos como o ouro, a prata e o paládio, pode apresentar teores expressivos quando comparado à reciclagem das PCI e o minério natural (SANT'ANA, MOURA e VEIT,

2013). Dessa forma, o teor médio de ouro de uma PCI pode ser 40 a 800 vezes superior ao minério de ouro encontrado na natureza (ZENI *et al.*, 2012).

Adicionalmente, foi presenciado um percentual de chumbo acima do limite permitido pelas normas brasileiras, que indica que os resíduos de PCI devem ser classificados como perigosos. Isso ressalta a importância da reciclagem desse material para proteção do meio ambiente e à saúde humana (KASPER *et al.*, 2011b). Os principais processos de reciclagem de PCI são apresentados no item 3.7.

3.5.2. Baterias

As baterias são componentes vitais para os equipamentos eletroeletrônicos, inclusive os aparelhos celulares, pois são responsáveis pelo fornecimento de energia elétrica através de conversão química (SENA, 2012). Todavia, as baterias possuem uma vida útil pré-estabelecida, aonde o seu desempenho vai diminuindo ao longo das recargas. De acordo com Santos *et al.* (2012), a obsolescência das baterias dos celulares fazem com que os consumidores troquem de aparelho de forma prematura e, na maioria dos casos, de maneira incorreta.

De acordo com a literatura (TRIGO, ANTUNES e BALTER, 2013; SENA, 2012) existem diversos tipos de baterias que estão sendo utilizadas em aparelhos celulares, dentre as quais se destacam: íon lítio (Li-Íon); níquel-cádmio (NiCd); níquel metal hidreto (NiMH); e íons de lítio/polímero (Li-Íon polímero). Nos aparelhos mais modernos, as baterias que estão sendo mais utilizadas são as de íon lítio, que possuem uma série de vantagens como: serem mais leves e com alta densidade de energia (capacidade de armazenar mais energia); e mais resistentes (vida útil acima de 500 ciclos de recarga).

A composição das baterias é à base de metais poluentes e implica na busca de tecnologias para o seu tratamento (CETEM, 2010). Além disso, os materiais que compõem as baterias de aparelhos celulares também possuem valor agregado, que torna ainda mais justificável a sua reciclagem (SENA, 2012). Segundo Fernandes, Afonso e Dutra (2012), a recuperação de elementos valiosos é tanto importante quanto o tratamento de resíduos perigosos, pois cerca de 25% de cobalto e 3% de níquel, da produção mundial, são destinados para fabricação de baterias que serão utilizadas nos produtos eletroeletrônicos.

SILVA *et al.* (2014) caracterizaram as baterias do tipo íon lítio com a presença de cobalto (33%), lítio (10%), cobre (5%) e alumínio (4%) como os principais metais da parte sólida da massa desse tipo de bateria.

Souza, Leão e Pina (2005) demonstraram que é possível extrair e recuperar seletivamente, de maneira eficaz, metais como o cádmio, níquel e cobalto por meio da técnica hidrometalúrgica. Portanto, das baterias utilizadas nos aparelhos celulares, Sena (2012) exemplifica que das baterias do tipo íon lítio (Li-Íon) pode-se recuperar o cobalto para reutilizá-lo em ligas metálicas; das baterias de níquel metal hidreto (NiMH), o níquel e o ferro; e das baterias de níquel-cádmio (NiCd), o níquel pode ser utilizado no aço inoxidável. Asseguram com isso, uma alternativa sustentável para minimizar os impactos ambientais advindos dos descartes inadequados dessas baterias, além de recuperar elementos químicos de interesse econômico.

3.5.3. Carcaças

As carcaças plástica e metálica são responsáveis pela proteção das partes internas dos aparelhos celulares. Geralmente, é utilizada na fabricação dessas carcaças uma mistura (*blend*) de alguns tipos plásticos, denominada plástico de engenharia. No entanto, existem aparelhos que utilizam o metal na concepção da carcaça, além de outras partes internas, visando a maior resistência e proteção aos componentes dos celulares (SENA, 2012).

Martins *et al.* (2015) estudaram a composição da carcaça plástica polimérica de aparelhos celulares de quatro mecânicas diferentes (flip, slide, barra normal e barra *touch*) e de várias marcas/modelos que foram fabricados entre 1995 a 2011. Foi identificada uma diversificação grande da composição de polímeros em diferentes peças plásticas dos aparelhos celulares. Em geral, as carcaças plásticas podem ser caracterizadas por uma mistura de polímeros, composta por cerca de 95% de policarbonato (PC) e acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS). Estes polímeros são termoplásticos e podem ser transformados, processados e reprocessados, ou seja, são passíveis de reciclagem.

Além da mistura com ABS, Chancerel e Rotter (2009) identificaram uma mistura de acrilonitrila-estireno-acrilato (ASA) e policarbonato (PC) entre outros polímeros na carcaça dos aparelhos celulares. A utilização de ASA ou invés de ABS melhora a resistência da carcaça plástica frente às intempéries naturais (ex.: luz solar), além de alta estabilidade térmica e boa resistência química. De uma maneira geral, a complexidade da composição dos *blends* influencia diretamente na recuperação

dos polímeros. Portanto, quanto maior o número de polímeros utilizados na composição dos *blends* menor é a taxa de recuperação total (energia e recuperação de materiais).

3.5.4. Tela

A tela (*display*) é um componente do aparelho celular que é responsável por transmitir as informações processadas ao usuário. Com a evolução tecnológica o *display* deixou de ser apenas um mostrador de dados básicos (ex.: números discados) e passou auxiliar na entrada de informações para serem posteriormente processadas dentro dos aparelhos. Com isso, a tela com tecnologia sensível ao toque (*touchscreen*) possibilita maior interação entre o usuário e o aparelho celular (SENA, 2012).

A tela *touchscreen* é composta por uma liga metálica formada por 90% de índio e 10% de estanho. O índio é um mineral raro e geralmente é extraído junto a vários outros tipos de minérios, que dificulta ainda mais o processo de purificação para o seu uso. A China é o maior exportador desse mineral e suas reservas estão estimadas para até 2020. Aliadas a estas justificativas, a tela *touchscreen* é um dos componentes dos aparelhos celulares mais caros para serem fabricadas (SENA, 2012; TRIGO, ANTUNES e BALTER, 2013).

3.5.5. Acessórios

Os principais acessórios dos celulares são o carregador e o fone de ouvido (com fio, composto de microfone e alto-falantes), e já acompanham o aparelho quando saem de fábrica. Os fones de ouvidos costumam ser acessórios muito frágeis, inclusive, com uma vida útil inferior ao aparelho celular. O carregador representa um elevado custo para o consumidor; entretanto, com a padronização proposta pela União Internacional de Telecomunicações (UIT) em 2009, os carregadores deverão ser baseados na interface micro USB e servirão em todos os modelos de aparelhos celulares que se adequarem ao padrão. Espera-se com essa medida evitar a produção anual de carregadores excedentes, minimizando a emissão de gases causadores de efeito estufa e com um melhor aproveitamento energético (SENA, 2012).

3.6 Impactos ambientais e à saúde

A produção dos componentes dos aparelhos celulares demanda a extração de diversos recursos minerais. A mineração convencional como a extração de petróleo são atividades

altamente impactantes, com alto consumo de água e energia, além de serem fontes não renováveis (TRIGO, ANTUNES e BALTER, 2013).

A reciclagem incorreta de REEE também é causadora de vários problemas ambientais e à saúde humana (KASPER *et al.*, 2011a). Xavier (2014) exemplifica que o contato direto com agentes contaminantes pode ocorrer durante várias etapas da cadeia reversa de EEE. A etapa de desmontagem dos REEE pode resultar na bioacumulação de metais no organismo por contato direto com a pele, e a queima de material tóxico levar a contaminação por inalação dos agentes tóxicos.

Vários estudos têm apontado que os REEE são fontes de potencial perigo ao meio ambiente e à saúde devido às substâncias que os constituem (Tabela 3.4). Franco (2008) ressalta que as substâncias tóxicas estão, em sua maioria, presentes nos materiais de forma inerte, ou seja, o manuseio dos REEE sem danificá-los não contamina o meio ambiente e os seres humanos.

Os principais constituintes dos aparelhos celulares podem ser reciclados por possuírem elevados valores comerciais; entretanto, também possuem substâncias químicas que são poluentes e tóxicas, classificadas como bioacumulativos persistentes (PBT) como, por exemplo, arsênio, berílio, cádmio, chumbo, mercúrio, entre outras (NETO, 2007; LIM e SCHOENUNG, 2010; TANIMOTO e SALES, 2012). No entanto, Hori (2010) alerta que no Brasil tem aumentado os riscos associados ao descarte inadequado das baterias dos aparelhos celulares pela falta de divulgação sobre a sua correta disposição desse material.

Tabela 3.4 – Substâncias nocivas à saúde e ao meio ambiente presentes nos aparelhos celulares

Substância	Utilização	Efeito nocivo à saúde humana	Efeito nocivo ao meio ambiente
Arsênio (As)	- Microcircuitos eletrônicos	- Em níveis elevados, o arsênio inorgânico pode causar a morte - A exposição a níveis mais baixos por muito tempo pode causar uma descoloração na pele e o surgimento de verrugas	- Doses extremamente baixas (em PPM) são suficientes para afetar a saúde de plantas e animais, inclusive a humana
Berílio (Be)	- Liga de Cu/Be (98% Cu, ≤ 2% Be) nos pontos de conexão com os cabos	- Cancerígeno, principalmente para os pulmões - Exposição extrema pode levar a uma condição potencialmente fatal, denominada Doença Aguda do Berílio	- Não identificado
Cádmio (Cd)	- Baterias de Ni/Cd, placas de contato, interruptores e circuito eletrônico	- O cádmio é altamente tóxico e afeta principalmente os rins e o esqueleto. Pode causar irritação no aparelho digestivo - É também um agente cancerígeno por inalação	- Produção e operações de reciclagem ineficientes liberam quantidades consideráveis de cádmio para o meio ambiente - É tóxico para plantas, animais e microrganismos
Chumbo (Pb)	- Circuito eletrônico e processo de solda	- É o mais tóxico dos elementos, com efeitos tóxicos agudos e crônicos, à saúde humana, mesmo em níveis muito baixos de exposição pode causar danos no sistema nervoso central e periférico, e no sistema endócrino	- Produção e operações de reciclagem ineficientes liberam quantidades consideráveis de chumbo para o meio ambiente - É tóxico para plantas, animais e microrganismos
Cobalto (Co)	- Bateria de íon lítio	- Potencial carcinogênico	- Não identificado
Cristal líquido	- Tela mostradora	- Potencial carcinogênico	- Quando incinerado pode formar dioxinas e furanos que são carcinogênicos
Halogênios (Cl, Br, F)	- Baterias (F), circuito eletrônico e invólucro (caixa) como retardante de chama (Br, Cl)	- Potencial carcinogênico	- Quando incinerado pode formar dioxinas e furanos, que são carcinogênicos
Íon de lítio (Li-Íon)	- Baterias	- Pode ocasionar faltas respiratórias, depressão do miocárdio, edema pulmonar e causar queimaduras na pele	- Afetam o solo, animais e microrganismos
Mercúrio (Hg)	- Lâmpadas de iluminação dos visores de aparelhos antigos	- É altamente tóxico ao homem, sendo que doses de 3g a 30g são fatais - Nocivo neurológico, mas não é carcinogênico	- Utilizado largamente nos garimpos de ouro, contamina as águas e, por conseguinte os peixes, que fazem parte da cadeia alimentar
Níquel (Ni)	- Baterias Ni/Cd e hidróxido de níquel e, também, em liga de aço	- Provável carcinogênico e causador de efeitos teratogênicos sobre o sistema respiratório	- Estudos mostram que algumas plantas podem acumular níquel. Os alimentos são as principais fontes de exposição ao níquel
Plásticos	- Invólucro	- Potencial carcinogênico	- Quando incinerado pode formar dioxinas e furanos que são carcinogênicos
Retardante de chama bromado	- Aplicados em placas de circuitos e carcaças plásticas	- A exposição constante a este composto pode acarretar problemas no sistema nervoso como memória e aprendizagem	- Não se decompõem facilmente e se acumulam no meio ambiente

Fonte: (Adaptado) de Rodrigues (2007); Franco (2008); e Sena (2012).

3.7 Etapas da cadeia de reciclagem dos aparelhos celulares pós-consumo

Em estudo sobre a tecnologia ambiental aplicada aos REEE, o centro de tecnologia mineral (CETEM, 2010), do Ministério da Ciência e Tecnologia apresentou fatores relevantes para o tratamento desse resíduo como: às fontes de substâncias perigosas ao meio ambiente e à saúde humana, e o tratamento adequado de resíduos advindos de produtos eletroeletrônicos. Ademais, destaca-se a alta relevância econômica, tendo em vista a elevada variabilidade de metais nobres que compõem este tipo de material e, por conseguinte o seu alto valor agregado. De acordo com o CETEM (2010), a reciclagem adequada dos REEE consiste basicamente em três etapas: coleta, pré-processamento e processamento final (Figura 3.2).

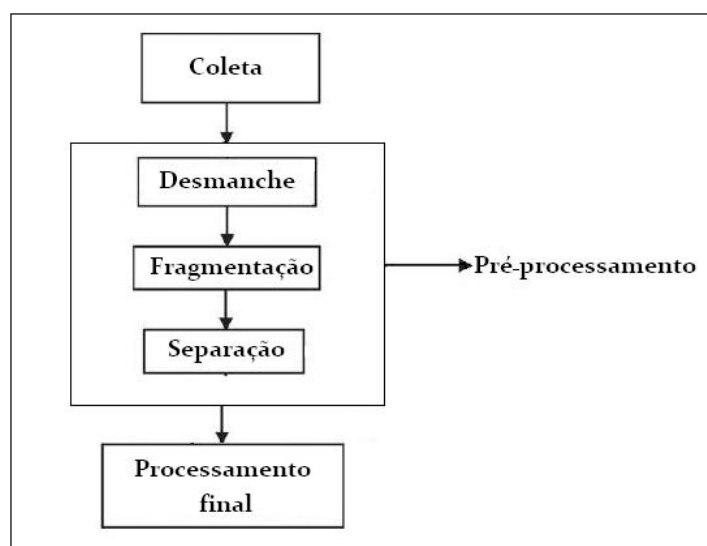


Figura 3.2 – Etapas de reciclagem de REEE

Fonte: CETEM (2010).

A etapa de coleta consiste na captação de REEE, ou de produtos eletroeletrônicos que se tornaram obsoletos até a reciclagem (COUTO, VARELLA e BARROS, 2015). Após a coleta ocorre o pré-processamento, que é subdividido pelas etapas de desmanche, fragmentação e separação por tipo de REEE ou por características similares. Dessa forma, a etapa de desmanche possibilita a separação adequada de materiais que possuem valor agregado dos componentes perigosos, que viabiliza a etapa subsequente de processamento final do material. A etapa de fragmentação, ou tratamento mecânico, visa à redução de volume do material. Ocorre, em geral, por meio de esmagamento ou cominuição. Esse processo facilita a separação e manipulação dos materiais para posterior tratamento, além da redução

granulométrica do material propiciar a liberação de metais heterogêneos e influenciar diretamente na extração dos metais. A etapa de separação pode ocorrer de várias formas; entre elas, destacam-se: a separação eletromagnética, a flotação, a separação por vibração e a triagem óptica (CETEM, 2010).

Na etapa de pré-processamento ou processo mecânico, os materiais são classificados e separados por tipologia (diferença de densidade e tamanho da partícula), as frações de polímeros e cerâmicos são enviados para linhas específicas de tratamento e as frações metálicas seguem para o processamento final, via processos hidrometalúrgicos, pirometalúrgicos, eletrometalúrgicos e biohidrometalúrgicos (VEIT e BERNARDES, 2015).

Uma ampla gama de componentes feitos de metais, plásticos e outras substâncias está contida nos REEE, incluindo os aparelhos celulares. No entanto, segundo Chancerel e Rotter (2009) não é só a massa total dos materiais com potenciais de serem recuperados que são ambientalmente relevantes no processo de reciclagem, mas também quaisquer outros tipos de materiais secundários que serão produzidos, levando em consideração ainda os fatores socioeconômicos, bem como os aspectos ambientais. No processo de reciclagem visando à recuperação de metais a partir das PCI dos REEE, várias opções de processamento final destes resíduos são baseadas em processos mecânicos convencionais, além de processos hidrometalúrgicos, pirometalúrgicos, eletrometalúrgicos e biometalúrgicos, ou na combinação destes (PETTER *et al.*, 2012).

A concentração de metais preciosos nas PCI dos REEE, à perda de metal no processo de reciclagem, o impacto ambiental e a quantidade/escala de REEE por operação são os fatores mais importantes e que afetam a seleção ou desenvolvimento do processo de tratamento para os REEE em geral, incluindo os aparelhos celulares (TUNCUK *et al.*, 2012).

As principais técnicas utilizadas do processamento final das PCI dos REEE (incluindo os aparelhos celulares), com as suas respectivas características, vantagens e desvantagens (CETEM, 2010) (VEIT e BERNARDES, 2015), e os metais que são, geralmente, extraídos/recuperados em cada processo são apresentadas a seguir na Tabela 3.5. Os aparelhos celulares (comuns e *smartphones*) apresentam um índice potencial de reciclagem de 90%. Perdem apenas para o grupo dos computadores/*notebooks* e equipamentos industriais e comerciais (92%) (KUNRATH e VEIT, 2015).

Tabela 3.5 – Principais processos de reciclagem das PCI dos REEE, incluindo dos aparelhos celulares

Processo	Características	Vantagens	Desvantagens	Principais metais extraídos/recuperados	Referência
Hidrometalúrgico	Consiste na dissolução de metais pela ação de soluções aquosas ou agentes lixiviantes. Após as etapas de lixiviação, as soluções são submetidas a processos de separação, tais como extração por solvente, precipitação, cementação, troca iônica, filtração e destilação para isolar e concentrar os metais de interesse.	<ul style="list-style-type: none"> - reduzido do risco de poluição do ar; - superior seletividade para metais; - menores custos de processo (ex: baixo consumo de energia e reutilização de reagentes químicos). 	<ul style="list-style-type: none"> - necessidade de pré-tratamento mecânico para reduzir o volume do material; - a dissolução química é eficaz apenas se o metal estiver exposto; - grande volume de soluções; - a água residual pode ser corrosiva, tóxica ou ambas; - geração de resíduos sólidos. 	<ul style="list-style-type: none"> (1) Ag, Au, Cu, Ni, Sn (2) Ag, Al, Au, Ba, Be, Ca, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Na, Ni, Pb, Sb, Sn, Sr, Ti, V, Zn, Zr (3) Ag, Au, Cu, Ni, Zn (4) Ag, Al, Au, Co, Cr, Cu, Fe, In, Ni, Pb, Pd, Pt, Sn, Zn (5) Ag, Au, Cu, Ni, Sn 	<ul style="list-style-type: none"> (1) Petter; Veit e Bernardes (2013) (2) Sant'ana; Moura e Veit (2013) (3) Jing-Ying, Xiu-Li e Wen-Quan (2012) (4) Gurung <i>et al.</i> (2012) (5) Petter <i>et al.</i> (2012)
Pirometalúrgico	Consiste essencialmente no uso de altas temperaturas para processar os REEE. Ocorre por meio de pirólise, fusão, incineração ou sinterização. Promove a concentração de metais na fase metálica e os demais materiais constituem a escória e/ou fazem parte da fase gasosa do processo.	<ul style="list-style-type: none"> - aplicabilidade a qualquer tipo de REEE, sem necessidade de pré-tratamento; - possibilidade de reaproveitamento do gás gerado como combustível no processo. 	<ul style="list-style-type: none"> - alto custo das plantas industriais; - necessidade de se utilizar outras técnicas para extrair os metais de interesse; - geração de dioxinas e furanos na queima de polímeros e outros materiais isolantes; - alguns metais podem ser perdidos por volatilização; - baixa recuperação de alguns metais (ex: Sn e Pb) ou praticamente impossível (ex: Al e Zn). 	<ul style="list-style-type: none"> (1) Al, Au, C, Ca, Cu, Fe, Ni, Pt, S, Si, Sn (2) Ag, Al, As, Au, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, Li, Mg, Mn, Ni, Pb, Sb, Sn, Sr, Ti, V, Zn (3) Ag, Al, Au, Cu, Fe, Ni, Pb, Pd, Sn 	<ul style="list-style-type: none"> (1) Willner <i>et al.</i> (2014) (2) Xiu e Zhang (2010) (3) Hagelüken (2006)
Eletrometalúrgico	Recuperação de metais por meio de eletrólise. Os tipos mais usados são os de eletroextração e eletrorrefino.	<ul style="list-style-type: none"> - processo compacto com poucas etapas; - menor impacto ambiental quando comparado a pirólise; - maior seletividade dos metais desejáveis. 	<ul style="list-style-type: none"> - a principal limitação é a necessidade de um pré-tratamento (geralmente baseado em processos mecânicos e hidrometalúrgicos). 	<ul style="list-style-type: none"> (1) Ag, Cu, Fe, Ni, Pb, Sn, Zn (2) Cu (3) Ag, Al, Au, Cu, Fe, Ni, Pb, Sn, Zn 	<ul style="list-style-type: none"> (1) Fogarasi <i>et al.</i> (2014) (2) Fogarasi <i>et al.</i> (2013) (3) Kasper <i>et al.</i> (2011b)
Biohidrometalúrgico	Consiste na utilização de microrganismos (bactérias, fungos ou algas) na extração de metais. Por meio da lixiviação bacteriana ou da biolixiviação os microrganismos são capazes de promover a dissolução dos metais de base liberando, em suas formas elementares, os metais preciosos.	<ul style="list-style-type: none"> - baixo investimento inicial e operacional; - baixo consumo energético; - geração de pequenas quantidades de resíduos, efluentes ou de gases tóxicos. 	<ul style="list-style-type: none"> - alto tempo de processo; - condicionamento do microrganismo com o ambiente; - há a necessidade de o metal ser exposto, isto é, o teor de metais deve ser localizado principalmente na camada superficial. 	<ul style="list-style-type: none"> (1) Cd, Cu, Cr, Ni, Pb, Zn (2) Ag, Au, Cu, Ni, Sn (3) Al, Cu, Ni, Pb, Sn, Zn (4) Ag, Al, Au, Cu, Fe, Ni, Pb, Pd 	<ul style="list-style-type: none"> (1) Karwowska <i>et al.</i> (2013) (2) Kolankiewicz, Hamerski e Veit (2013) (3) Ilyas, Lee e Chi (2012) (4) Pant <i>et al.</i> (2011)

Vivas e Costa (2013), por meio da metodologia de análise hierárquica dos processos (AHP), analisaram as técnicas de reciclagem e extração/recuperação de metais das PCI dos REEE. Os dois principais fatores para seleção foram os aspectos ambientais (geração de resíduos, consumo de energia e água) e a eficiência produtiva (custo, percentual de recuperação e tempo de processo). No ponto de vista ambiental o melhor processo é o biohidrometalúrgico, seguido pela hidrometalurgia, eletrometalurgia e pirometalurgia. Na avaliação de eficiência produtiva tem-se a eletrometalurgia como melhor processo, seguida da biohidrometalurgia, pirometalurgia e hidrometalurgia.

Sohaili *et al.* (2012) acrescentam que o processo hidrometalúrgico é melhor que o pirometalúrgico, tendo em vista a facilidade de controle do processo, com custos favoráveis na recuperação de metais, além de menos prejudicial ao meio ambiente. No entanto, Vivas e Costa (2013) concluem que não existe uma única técnica adequada, e que a combinação de dois ou mais processos distintos pode atenuar os impactos ambientais e aumentar a eficiência da recuperação de metais das PCI/REEE, uma vez que alguns desses processos são altamente impactantes ao meio ambiente, mas que possuem alta eficiência e vice-versa.

Zeni *et al.* (2012) constataram que no Brasil os processos mecânicos (ou pré-processamento) são os métodos comumente adotados por serem economicamente viáveis e de fácil operação. Os processos metalúrgicos, que são a parte mais complexa de recuperação de metais das PCI/REEE, são realizados fora do país em plantas industriais de refino de metais. De acordo com Kunrath e Veit (2015) isso acontece devido ao alto custo da tecnologia associada à quantidade disponível de PCI coletada e passível de reciclagem não ser suficiente para manter a operação de uma planta industrial dentro do território nacional.

No Brasil, dos materiais provenientes dos REEE, o alumínio e o vidro são 100% processados. Outros produtos metálicos como o cobre, ferro, aço inoxidável e demais metais apresentam alto índice de reciclagem no país, com taxa de exportação inferior a 10%. Kunrath e Veit (2015) destacam ainda que os polímeros e plásticos de REEE também possuem um elevado índice de reciclagem, onde 82,5% destes produtos/frações resultantes do processo mecânico ou da etapa de pré-processamento são manufaturados.

3.8 Instrumentos de valorização e gestão dos resíduos dos aparelhos celulares

3.8.1. Ecodesign

Segundo Rios (2012), o conceito de *design* se torna abrangente quando se diz que deve propiciar benefícios para toda a sociedade, incluindo usuários, indústria e demais atores do mercado de âmbito social e cultural. Propõe fornecer produtos, serviços e sistemas de acordo com sua própria complexidade. Ademais, o processo de *design* está diretamente integrado durante todo o ciclo de vida do produto, pois são levados em consideração, desde a concepção do projeto, os aspectos relativos à produção, à distribuição ao uso e o posterior descarte.

Em decorrência da sustentabilidade ambiental, diversos setores envolvidos tiveram que se adaptar a essa nova visão ambiental. Criou-se então o conceito de *ecodesign*, que pode ser definido como um aspecto multifacetado que engloba o *design* convencional e as questões ambientais voltadas para a sustentabilidade (KOBAL *et al.*, 2013). De acordo com Tombini *et al.* (2014) o prefixo eco corrobora novas práticas profissionais em resposta a essa tendência mundial. Evidencia a necessidade de se criar peças que, entre outras funcionalidades, possuam durabilidade, apresentem custos reduzidos de fabricação e que sejam passíveis de reaproveitamento após o seu descarte, incluindo a facilidade de desmanche destes equipamentos.

Em um estudo sobre a influência do *design* dos aparelhos celulares no processo de reciclagem, Tombini *et al.* (2014) constataram haver grande dificuldade na etapa de desmontagem devido a não padronização da estrutura dos aparelhos como, por exemplo, diferentes tipos e tamanhos de parafusos. Este trabalho evidencia a importância dos *designs* frente às possibilidades de reaproveitamento e reciclagem dos aparelhos celulares quando são submetidos ao descarte.

3.8.2. Ciclo de vida

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (lei 12.305/2010) apresenta o ciclo de vida do produto como uma “série de etapas que envolvem o desenvolvimento do produto, a obtenção de matérias-primas e insumos, o processo produtivo, o consumo e a disposição final” (BRASIL, 2010).

O ciclo de vida ambientalmente adequado seria a possibilidade do ciclo do produto ser fechado, ou seja, quando o produto final após o seu uso retorna à parte inicial da cadeia para ser remanufaturado e ser inserido novamente no processo produtivo do mesmo produto ou de um novo (Figura 3.3).



Figura 3.3 – Ciclo de vida ambientalmente adequado

Fonte: Auto Sustentável (2015).

Quando a etapa final (disposição, recuperação e reciclagem) se une à etapa inicial de pré-produção pela reciclagem ou remanufatura tem-se um ciclo de vida cíclico, retratado por Rios (2012) como “do berço ao berço”, ao invés de ser um ciclo linear e aberto que foi moldado pela produção industrial, como “do berço ao túmulo”.

De acordo com Hori (2010) existem cinco formas de destino para os produtos descartados ao fim da sua vida útil: reuso, reforma (ou recondicionamento), remanufatura, reciclagem e disposição (Tabela 3.6).

Nos países em desenvolvimento como o Brasil, os EEE tendem a ser reconicionados e reutilizados até a fase pós-consumo, ou ao fim do primeiro ciclo de vida útil (FRANCO, 2008). Esse tipo de consumo é denominado “consumo em cascata”, onde o EEE é reconicionado para ser reutilizado em outra fase de sua vida útil.

Ademais, o ciclo de vida do EEE pode variar de acordo com a situação econômica de cada país, além das opções tecnológicas prontamente disponíveis (XAVIER, 2014).

Tabela 3.6 – Atividades de destino de produtos descartados

Processos	Definições	Exemplo
Reuso	Representa as atividades de verificação da possibilidade de continuação do uso do produto e revenda ou doação deles, em sua forma original	Retorno de embalagens – em geral, garrafas – novamente cheias depois de terem sido lavadas
Recondicionamento	É a estratégia de estender o uso dos produtos ou seus componentes através de reparo e manutenção para posterior venda	Recondicionamento de pneus usados
Remanufatura	Consiste na desestruturação do produto para reutilizar seus componentes em outros ou novos produtos	Regeneração de óleos usados ou de solventes, ou do papel
Reciclagem	Inclui desmontagem, trituração, separação, tratamento, recuperação e reprocessamento dos materiais contidos no produto ou componentes para torná-los matérias-primas para novos produtos	Fusão de garrafas de vidro quebradas, para fazer novas garrafas
Destinação e Disposição final	Distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais diversos	Incineração (com ou sem recuperação de energia) e envio dos rejeitos aos aterros sanitários

Fonte: Hori (2010) e Barros (2012).

O fim da vida (*end-of-life*) de equipamentos eletroeletrônicos se tornou do ponto de vista de gestão adequada de resíduos, um alvo importante na gestão de ciclos de materiais, conservação de recursos e controle da poluição ambiental (OGUCHI *et al.*, 2011).

Criou-se então a ferramenta de avaliação do ciclo de vida (ACV), que consiste em avaliar os impactos ambientais em todas as etapas do sistema produtivo e de serviços. Com ela, propõe-se interação entre esses aspectos e as categorias de maior potencial como, o de riscos à saúde humana e ao meio ambiente (RIOS, 2012). A ACV se tornou uma ferramenta importante à tomada de decisões das questões socioeconômicas e ambientais acerca da gestão de resíduos.

Diante dos conceitos apresentados, Trigo, Antunes e Balter (2013) descrevem as etapas de como ocorre geralmente o ciclo de vida de um aparelho celular (Tabela 3.7).

Tabela 3.7 – Etapas do ciclo de vida do aparelho celular

Etapa	Descrição
1	Ele é desenvolvido para atender às demandas do mercado usando as novidades tecnológicas apropriadas
2	Recursos da natureza são extraídos e processados para fornecer os elementos necessários para montar o celular
3	O equipamento é montado em uma fábrica
4	Junto com vários outros, o celular é distribuído para intermediários – uma rede de supermercados, por exemplo – que se encarregam da venda direta aos consumidores
5	O consumidor compra o celular, leva-o até sua casa e o utiliza por alguns anos
6	Chega a hora do consumidor se desfazer do equipamento. Neste momento, ele tem duas opções principais: 1) Quando em bom funcionamento, passá-lo adiante, revendendo-o ou doando-o a outra pessoa, por exemplo; 2) Enviá-lo para reciclagem – com isso, ele se tornará parte do ciclo de vida de outros equipamentos, já que seus componentes serão reciclados e reaproveitados. Com isso, se diminui a necessidade de extrair os recursos limitados da natureza necessários para produzir novos equipamentos

Fonte: (Adaptado) Trigo, Antunes e Balter (2013).

A partir da ferramenta ACV, Trigo, Antunes e Balter (2013) avaliam que é muito importante trabalhar a responsabilidade das empresas preconizadas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos junto à conscientização dos consumidores quanto ao ciclo de vida do celular, haja vista as possibilidades de valorização de grande parte dos resíduos advindos dos aparelhos celulares, além de assegurar a destinação adequada dos demais materiais não recuperáveis visando à sustentabilidade.

3.8.3. Logística reversa

O termo “logística” pode ser definido como o conjunto de meios e métodos relativo à organização de um serviço, de uma empresa e, sobretudo concernente aos fluxos de matéria, antes, durante e depois da produção. A palavra “reversa” corresponde ao ponto de partida (COSTA e RIBEIRO, 2013).

Leite (2009) afirma que o conceito de “logística reversa” está em constante evolução. Ademais, pode ser entendido como o setor logístico empresarial que planeja, opera e controla o fluxo e as informações do retorno dos bens de pós-venda e de pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo. Ocorre por meio dos canais de distribuição reversos, agregando-lhes valores econômicos, de prestação de serviços, ecológico, legal, além de melhorar a imagem corporativa da instituição.

Xavier e Corrêa (2013) relatam que a evolução da logística reversa se deu a partir da logística tradicional, com incorporação dos fluxos reversos e ciclos aos fluxos diretos. No entanto, ressaltam que a logística reversa não foi criada com o propósito de atender as demandas da sustentabilidade ambiental, mas para equacionar as questões relativas às devoluções dos produtos entregues fora dos padrões aceitáveis de qualidade. O foco principal era manter a integridade da imagem corporativa e a manutenção do mercado consumidor. Com o passar dos anos, as autoras destacam que a principal inovação do conceito de logística reversa foi no entendimento de canais reversos para o fluxo de materiais no contexto da sustentabilidade.

Carvalho e Xavier (2014) consideram que a logística reversa é um dos instrumentos mais desafiadores da Política Nacional de Resíduos Sólidos para a sociedade e governo brasileiros. Destacam também que a logística reversa é responsável por incluir a sociedade neste processo, trazendo o consumidor para atuar na promoção da qualidade ambiental a partir de suas residências, e contribuindo para uma melhor gestão dos recursos naturais.

Dessa forma, Costa e Ribeiro (2013) salientam a necessidade de se criar programas de comunicação e educação ambiental para a mudança cultural dos diversos segmentos da sociedade e, em especial, dos cidadãos: trabalhar assuntos que dizem respeito à conscientização de que os recursos naturais são exauríveis; ao compartilhamento de práticas de separação, reaproveitamento e descarte correto dos resíduos, certamente cuja grande maioria pode ser reciclada e reaproveitada; ou na reutilização da matéria prima na concepção de novos produtos ou produtos secundários.

Leite (2009) evidencia a importância de se criar a logística reversa de aparelhos celulares frente ao crescimento de empresas que atuam nos setores eletrônicos e de telecomunicações. Segundo o autor, as principais justificativas para o retorno dos produtos são a falta de qualidade, a não aceitação do consumidor e a insatisfação do cliente.

Foi identificado haver um canal reverso para resolver as questões de aparelhos celulares considerados inadequados pelo consumidor. Essa cadeia reversa é constituída por uma série de empresas que prestam serviços de assistência autorizada em diferentes níveis e de centros avançados de reparos. O objetivo das assistências autorizadas é devolver o aparelho consertado o mais rápido possível. No entanto, o autor relata a necessidade de se criar a logística reversa ao longo de toda cadeia, de forma a fomentar estoques de componentes para

os centros de reparos. O canal reverso propicia também ganho de imagem, além de recuperar valor econômico com o reuso e reaproveitamento dos aparelhos e seus componentes ou envio para a reciclagem (LEITE, 2009).

4 METODOLOGIA

Este estudo faz parte de um projeto de pesquisa mais amplo, intitulado “Metodologias e tecnologias para a gestão sustentável de resíduos sólidos: ênfase na redução e valorização em ambientes urbanos (TECRESOL)”.

Este projeto é desenvolvido em rede de pesquisa por cinco instituições de ensino: Universidade Federal da Bahia (UFBA), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Universidade Federal do Tocantins (UFT), Universidade Federal do Ceará (UFC) e Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS).

O projeto TECRESOL é financiado pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e tem como foco principal o desenvolvimento de metodologias sustentáveis de gestão de resíduos sólidos em ambientes urbanos, com proposição de soluções tecnológicas para redução na fonte e valorização dos resíduos, educação ambiental e capacitação de mão de obra.

Objetiva, portanto, a investigação de metodologias e tecnologias de redução e valorização para resíduos sólidos domésticos (RSD), resíduos da construção civil (RCC) e resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) tendo em vista a escala das tecnologias e o potencial de apropriação pelos gestores e usuários e as características dos resíduos.

Esta dissertação está inserida no contexto dos REEE, onde restringiu-se a analisar a cadeia pós-consumo dos aparelhos celulares a partir dos principais atores identificados em Belo Horizonte (MG).

4.1 *Delimitação da área de estudo*

O presente estudo tem como área de abrangência a zona urbana de Belo Horizonte conurbada com as regiões urbanas das cidades adjacentes (Figura 4.1). Capital do Estado de Minas Gerais, a cidade de Belo Horizonte possui extensão territorial de 331,4 km² e população de 2.491.109 habitantes (IBGE, 2014).

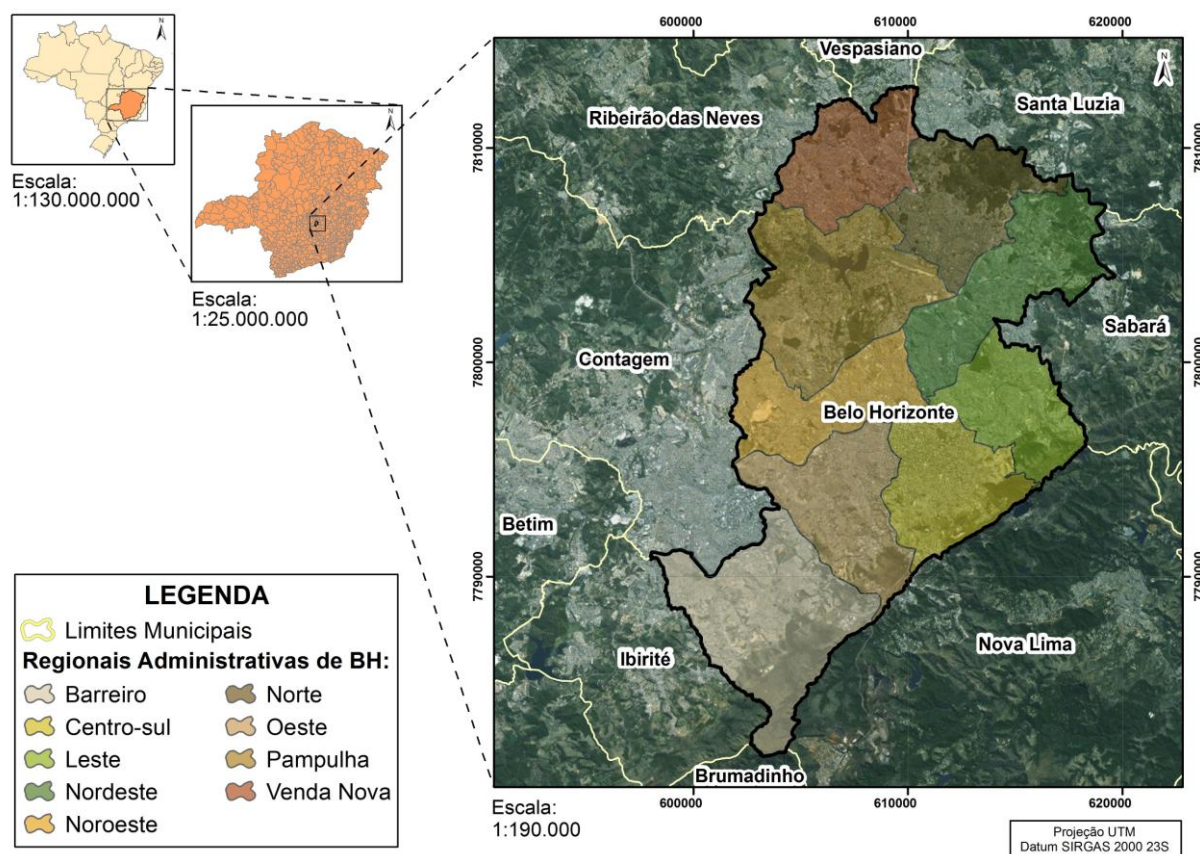


Figura 4.1 – Localização da área de estudo

Fonte: IBGE (2010).

A cidade está localizada na região centro-sul do estado e é uma das principais metrópoles do país. A qualidade de vida da população, se comparada pelo Índice de Desenvolvimento Humano (IDH=0,839), é acima da média brasileira (0,775), o que, segundo Franco e Lange (2011), representa um desenvolvimento significativo no mercado de consumo e com elevado potencial de geração de REEE.

4.2 Caracterização da pesquisa

Esta pesquisa foi desenvolvida com um enfoque qualiquantitativo. Segundo Flick (2009) a pesquisa qualitativa pode dar sustentação à pesquisa quantitativa, e vice-versa. Portanto, esse enfoque enfatiza a ideia de que os dados quantitativos têm significado e precisam ser interpretados para reconhecer e analisar as formas como os temas se enquadram e modelam suas comunicações, não apenas para revelar a sua variedade (GIBBS, 2009). Logo, o método quantitativo é complementado pelos métodos de pesquisa qualitativa exploratória e descritiva.

A pesquisa exploratória constitui uma etapa preliminar que antecede outro tipo de pesquisa. Proporciona a obtenção de maiores informações acerca de determinado assunto, direcionando o autor na definição dos objetivos, como no enfoque para realização de uma boa pesquisa (ANDRADE, 2007).

Normalmente, estudos exploratórios têm como objetivo principal examinar um tema ou problema de pesquisa pouco estudado, do qual se têm muitas dúvidas ou não foi abordado antes (SAMPIERI, COLLADO e LUCIO, 2006). Já na pesquisa descritiva, Marconi e Lakatos (2010) ressaltam que o pesquisador não interfere na realidade estudada: apenas observa, registra, analisa, classifica e interpreta os fatos que ocorrem no mundo físico e humano.

De acordo com o item “III-Aspectos Éticos da Pesquisa envolvendo Seres Humanos”, da Resolução nº196/96 versão 2012, do Ministério da Saúde, esta pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (COEP-UFMG). A submissão ao COEP-UFMG se justifica pelo fato dos aspectos que foram abordados nesta pesquisa estarem associados às exigências éticas e científicas fundamentais. O projeto de pesquisa foi aprovado em 03/11/2015 sob o número de registro CAAE: 48359415.1.0000.5149, conforme apresentado no anexo A.

4.3 Desenvolvimento da pesquisa

A metodologia utilizada no desenvolvimento da pesquisa subdividiu-se em duas fases, delineadas pelos objetivos específicos com as respectivas técnicas de coleta e análise de dados que foram aplicadas em cada fase, conforme são apresentadas na Figura 4.2.

A fase 1 foi dividida em duas etapas. Em cada etapa foi selecionada uma técnica para coleta e análise dos dados de acordo com os atores que foram identificados a partir de revisão bibliográfica e visitas técnicas *in loco* aos atores que trabalham com os REEE, em especial os resíduos de celulares.

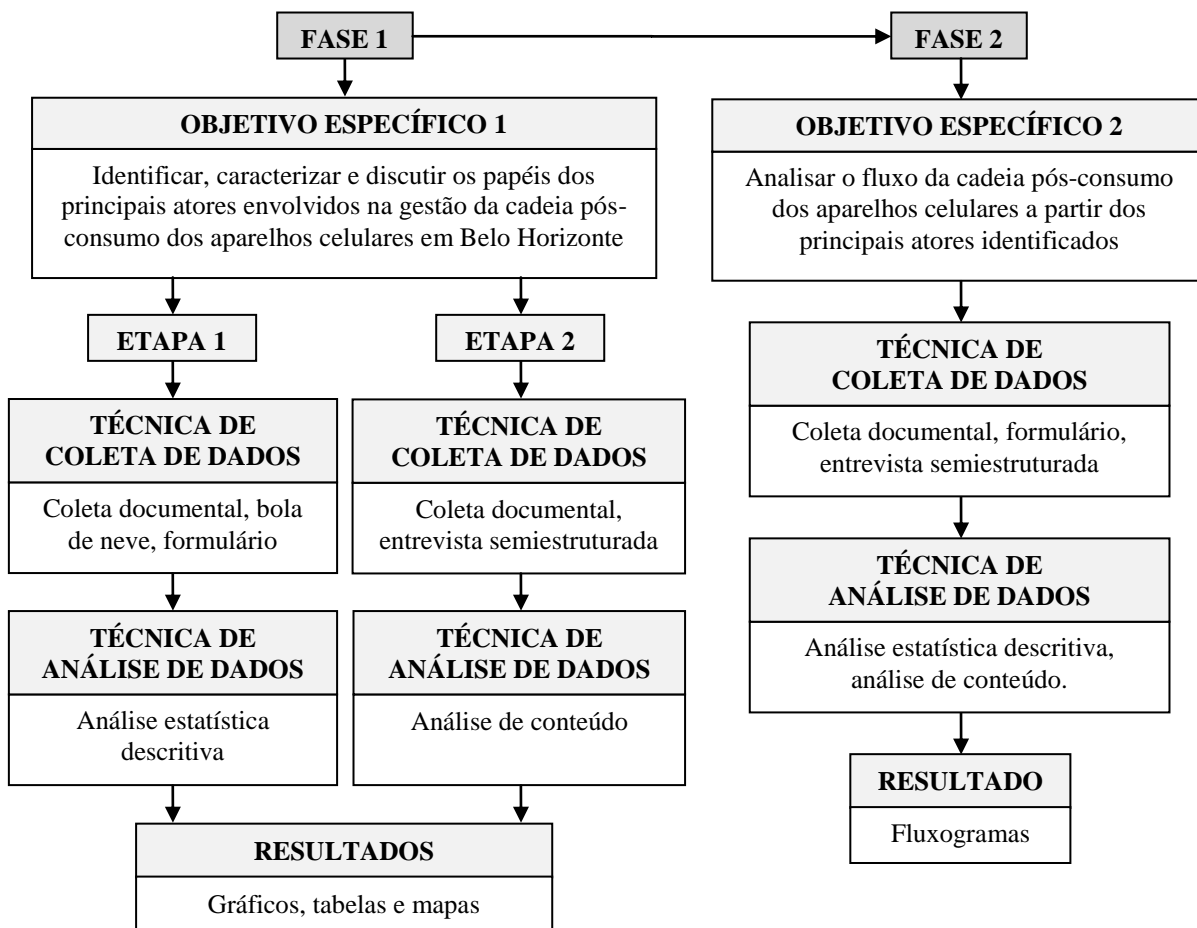


Figura 4.2 – Fases da pesquisa

De acordo com Marconi e Lakatos (2010), a pesquisa documental caracteriza-se pela fonte de coleta de dados restrita a documentos, escritos ou não. Logo, utilizaram-se documentos oficiais (relatórios técnicos) e acadêmicos (artigos, dissertações e teses) como fonte de identificação dos principais atores que atuam em alguma etapa da cadeia pós-consumo dos aparelhos celulares em Belo Horizonte. Utilizaram-se ainda sítios da *internet* como o Compromisso Empresarial para a Reciclagem (CEMPRE), o Sistema de Informação Ambiental (SIAM), ECYCLE, entre outros, e contatos telefônicos para complementar a busca de novos atores e para levantar informações adicionais.

Os atores identificados foram divididos em sete grupos de acordo com a atividade que desempenham (Tabela 4.1). Para representar a localização e distribuição dos atores identificados na pesquisa foram utilizadas bases cartográficas disponíveis no sítio eletrônico do IBGE (2010) e o programa ArcGIS 10.3.

Tabela 4.1 – Agrupamento dos atores identificados

Grupo	Atividades	Atores	
1	Telefonia móvel	Lojas físicas (franquias e próprias)	Operadora 1
			Operadora 2
			Operadora 3
			Operadora 4
2	Reuso e condicionamento	Oficinas de reparos	Assistências Técnicas Autorizadas (ATA)
			Assistências Técnicas Especializadas (ATE)
3	Coleta e/ou recebimento, triagem, separação e/ou descaracterização de REEE, incluindo os aparelhos celulares, componentes e acessórios	Associações e cooperativas de catadores	
		Sucateiros e/ou ferros-velhos	
4	Gerenciamento especializado de REEE, incluindo os aparelhos celulares, seus componentes e acessórios	Empresas especializadas em destinação de REEE	
5	Classificação e reciclagem de REEE, incluindo os aparelhos celulares, componentes e acessórios	Empresa especializada em classificação de PCI ¹ /REEE	
		Empresa especializada em reciclagem de PCI ¹ /REEE	
6	Destinação e disposição final	Aterro Industrial	
		CTRS ²	
		Entrepasto (URPV ³ e UEP ⁴)	
7	Entidades gestoras	Instituição gestora de limpeza urbana	SLU ⁵
		Órgãos ambientais nos âmbitos municipal, estadual e federal	SMMA ⁶ , FEAM ⁷ , MMA ⁸
		Entidade representante do setor empresarial	ABINEE ⁹

¹PCI (Placa de Circuito Impresso); ²CTRS (Central de Tratamento de Resíduos Sólidos); ³URPV (Unidade de Recebimento de Pequenos Volumes); ⁴UEP (Unidade de Entrega Provisória); ⁵SLU (Superintendência de Limpeza Urbana); ⁶SMMA (Secretaria Municipal de Meio Ambiente); ⁷FEAM (Fundação Estadual do Meio Ambiente); ⁸MMA (Ministério do Meio Ambiente); ⁹ABINEE (Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica).

A seguir são descritas as técnicas de coleta e análise de dados que foram utilizadas nas fases 1 e 2, levando-se em consideração o agrupamento de atividades/atores da Tabela 4.1.

4.3.1 Fase 1

A partir da identificação e agrupamento dos atores, são apresentadas as técnicas de coleta e análise de dados por grupo para que fosse possível alcançar uma maior compreensão dos atores na cadeia pós-consumo dos aparelhos celulares. Assim, dos sete grupos definidos anteriormente (Tabela 4.1) foram selecionadas as técnicas de formulário e entrevista semiestruturada, etapas 1 e 2, respectivamente. Com isso, foi definida de forma estratégica a técnica de formulário para caracterizar os atores identificados do grupo 2, referente a

atividade de reuso e condicionamento, e a técnica de entrevista semiestruturada para os demais grupos (1, 3, 4, 5, 6 e 7).

4.3.1.1 Etapa 1

Na etapa 1 foi selecionada a técnica de formulário para coletar dados do grupo 2, referente a atividade de reuso e condicionamento de aparelhos celulares em Belo Horizonte. As principais vantagens do formulário são: a possibilidade de ser utilizado em qualquer tipo de população (sejam alfabetizados ou não), uma vez que pode ser preenchido pelo pesquisador; e a facilidade na aquisição de um número representativo de respondentes, em determinado grupo de atores (MARCONI e LAKATOS, 2010).

O formulário é usado quando se pretende obter respostas mais amplas, com maior número de informações; maior flexibilidade para o pesquisador por poder reformular as perguntas ou explicar melhor os objetivos da pesquisa, adaptando-as a cada situação, tornando a linguagem mais clara; e por fim, o formulário possibilita a coleta de dados mais complexos e mais numerosos que o questionário (ANDRADE, 2007). Entretanto, segundo Marconi e Lakatos (2010) a utilização do formulário exige um tempo maior, tendo em vista que pode ser aplicado a uma pessoa de cada vez, e as pessoas possuidoras das informações podem estar em localidades muito distantes, o que pode inviabilizar a pesquisa.

Portanto, o formulário foi a metodologia escolhida para caracterizar e ainda auxiliar na discussão da atividade de reuso e reparos de celular em Belo Horizonte, em atendimento ao primeiro objetivo específico.

As primeiras oficinas de reparos da atividade de reuso e condicionamento de aparelhos celulares foram identificadas a partir de um levantamento inicial, realizado entre agosto e setembro de 2014, que indicou a existência de diversas oficinas de reparos atuantes nas quatro linhas: verde, branca, azul e marrom. Para a presente pesquisa foram consideradas apenas as oficinas de reparos atuantes na linha verde, no qual os aparelhos celulares estão inseridos. Assim, deste levantamento inicial foi possível selecionar 10 oficinas de reparos (como ponto de partida) para participar do estudo. As oficinas de reparos dos aparelhos celulares se dividem em duas categorias: Assistência Técnicas Especializadas (ATE) e Assistência Técnica Autorizada (ATA).

Para elaboração do formulário teste foram realizadas visitas técnicas às oficinas de reparos (ATE e ATA) identificadas neste primeiro momento e conversas informais com os seus respectivos proprietários ou funcionários mediante agendamento por telefone. A partir dos dados levantados foi elaborado o formulário teste em três partes: Parte 1 – Perfil do respondente e opinião; Parte 2 – Perfil da atividade; e a Parte 3 – Gerenciamento de resíduos da atividade. Posteriormente foi aplicado nas 10 oficinas de reparos (ATE e ATA) para sua validação, no período de 11/09/2015 a 16/09/2015. O formulário validado é apresentado no apêndice A.

Durante a validação do formulário “teste” procurou-se identificar novas oficinas de reparos (ATE e ATA) junto aos respondentes (proprietários e funcionários) com a amostragem em bola de neve. A técnica bola de neve, também conhecida como *snowball* ou *snowball sampling*, consiste em partir da indicação de algum indivíduo da população para obter uma amostra dela (GYARMATHY *et al.*, 2015; HECKATHORN, 2012). É utilizada geralmente em pesquisas sociais onde os participantes iniciais de um estudo indicam novos participantes que por sua vez indicam novos participantes e assim sucessivamente, até que seja alcançado o objetivo proposto (PEREZ *et al.*, 2011). Logo, a “bola de neve” é uma técnica de amostragem não probabilística e que utiliza cadeias de referência, uma espécie de rede (BALDIN e MUNHOZ, 2011).

As amostras não probabilísticas são conhecidas também como amostras por conveniência. Em estudos com enfoque quantitativo, o pesquisador seleciona por conveniência indivíduos que serão casos representativos de uma determinada população (SAMPIERI, COLLADO e LUCIO, 2006).

Portanto, a amostragem em bola de neve consiste em identificar novas oficinas de reparos a partir da indicação dos respondentes iniciais. Ela foi fundamental para identificar novas oficinas de reparos distribuídas nas nove regionais de Belo Horizonte. Entretanto, os grandes deslocamentos, o tempo gasto, e a falta de disponibilidade dos responsáveis das oficinas tornaram inviável essa abordagem. Com isso, resolveu-se dar ênfase na regional centro-sul de Belo Horizonte, no qual estaria situada a maior concentração de centros comerciais populares da cidade, e por conseguinte maior número de ATE de aparelhos celulares. Considerou-se também aplicar o formulário em pelo menos duas oficinas de reparo em cada regional para

que fosse possível descrever posteriormente o contexto ocorrente na cidade como um todo, e não apenas de uma região.

Buscou-se ainda solicitar junto ao órgão responsável da prefeitura municipal de Belo Horizonte um relatório que contemplasse todas as oficinas de reparos de aparelhos celulares que fossem regularizadas. Todavia, não foi possível fazer essa identificação, pois o relatório de alvarás emitido pelo referido órgão apresentava diversas atividades relacionadas aos REEE, além de não possuir contato telefônico das empresas, o que dificultou buscar somente as oficinas de reparos de aparelhos celulares.

Com a impossibilidade de precisar a quantidade de oficinas de reparo existentes em Belo Horizonte, foi realizado um levantamento não exaustivo. Assim, considerou-se como universo da pesquisa a quantidade de oficinas de reparo que foram identificadas e a amostra como sendo as oficinas de reparo que participaram da pesquisa (ver Tabela 5.1).

A aplicação do formulário nas oficinas de reparos (ATE e ATA) foi realizada com auxílio de dois membros do projeto de REEE/UFMG, previamente treinados para aplicação do mesmo, visando à uniformidade dos resultados. Os períodos de aplicação dos formulários foram os seguintes:

- de 17/09/2015 a 03/11/2015: aplicação dos formulários;
- em 16/10/2015: replicação do formulário nas 10 oficinas que validaram o "formulário teste".

Para analisar os dados levantados junto as oficinas de reparos foi utilizada a técnica de estatística descritiva. Os dados foram sistematizados em tabelas e posteriormente plotados em gráficos para auxiliar na discussão dos resultados. As demais informações são apresentadas na fase 2 da pesquisa, por meio de fluxogramas, para complementar a análise da cadeia pós-consumo dos aparelhos celulares com informações adicionais dos demais grupos (1, 3, 4, 5, 6 e 7).

4.3.1.2 Etapa 2

Para os demais grupos (1, 3, 4, 5, 6 e 7) optou-se para coleta dos dados a técnica de entrevista semiestruturada, pois ela possibilita maior liberdade e interação entre o pesquisador e o

pesquisado, desejando obter outros dados que possam vir a ser relevantes para a pesquisa (VERGARA, 2006; ANDRADE, 2007).

A entrevista é uma importante técnica de coleta de dados nos vários campos das ciências sociais ou de outros setores de atividades. Tem como objetivo principal a obtenção de informações e opiniões do entrevistado, sobre um determinado assunto ou problema (MARCONI e LAKATOS, 2010).

A aplicação desta técnica consiste na etapa 2, da fase 1 desta pesquisa. Portanto, para a coleta de dados foram elaborados cinco roteiros de entrevista semiestruturada de acordo com os sete grupos de atividades/atores que foram identificados. Com isso, foi definido um tipo de roteiro de entrevista para cada grupo de acordo com a sua atividade (Tabela 4.2). Buscou-se com isso uma melhor compreensão das atividades exercidas por esses atores e, por conseguinte facilitar a análise da cadeia pós-consumo dos aparelhos celulares em Belo Horizonte.

Tabela 4.2 – Definição dos roteiros de entrevista por grupo

Grupos	Roteiros de entrevista	Apêndices
1	2	C
3, 4 e 5	1	B
6	5	F
7	3 e 4	D e E

Nota: No grupo 2 foi utilizada a técnica de formulário.

As entrevistas foram realizadas no período de 26/11/2015 a 21/01/2016. Ocorreram por meio de visitas técnicas as instituições, com exceção daquelas que foram realizadas através de vídeo conferência e via correio eletrônico. As entrevistas presenciais foram gravadas e posteriormente transcritas em nível literal com auxílio do programa *Express Scribe Transcription Software* (GIBBS, 2009). As gravações e a divulgação dos dados/informações foram autorizadas pelos participantes da pesquisa, conforme descrito no termo de consentimento livre e esclarecido - TCLE (Apêndice G).

Dos sete grupos estudados, as operadoras de telefonia móvel foram as que tiveram o acesso e disponibilidade dos dados de maneira mais morosa. No geral, foi preciso realizar diversos contatos via correio eletrônico e/ou telefônico até conseguir um retorno satisfatório de informações. Das quatro operadoras apenas a operadora “1” participou efetivamente do estudo, com fornecimentos dos dados solicitados além de responder as questões do roteiro de

entrevista via correio eletrônico. As demais operadoras (2, 3 e 4) forneceram alguns dados solicitados, mas não responderam as perguntas do roteiro de entrevista.

A técnica utilizada foi a de análise conteúdo. Em estudos qualitativos codificam-se os dados para se ter uma descrição mais completa, resumi-los, eliminar informações irrelevantes e dar mais sentido ao material analisado. Assim, para análise qualitativa das entrevistas foi necessário organizar os dados por categorias/temas e codificá-los a fim de compreender em profundidade o contexto das informações do universo pesquisado (SAMPIERI, COLLADO e LUCIO, 2006; e GIBBS, 2009). As categorias dos roteiros de entrevistas foram propostas a partir dos trabalhos de Rodrigues (2007) e Franco (2008), e foram posteriormente adaptadas aos atores identificados (Tabela 4.3).

Tabela 4.3 – Categorias dos roteiros de entrevistas

Roteiros de entrevista	Categorias
1, 3 e 5	(1) Contextualização da instituição; (2) Gerenciamento dos REEE; (3) Gerenciamento dos resíduos de aparelhos celulares; (4) Percepção dos respondentes sobre a gestão de REEE
2	(1) Contextualização da instituição; (2) Gerenciamento dos resíduos de aparelhos celulares; (3) Percepção dos respondentes sobre a gestão de REEE
4	(1) Gestão dos REEE em âmbito nacional e internacional; (2) Tramitação do acordo setorial dos produtos eletroeletrônicos pós-consumo; (3) A logística reversa e os atores participantes; (4) Percepção sobre a gestão de REEE

De acordo com Sampieri, Collado e Lucio (2006) existem dois níveis de codificação: o primeiro consiste em categorizar os dados; e o segundo em comparar as categorias entre si para agrupá-las em temas e procurar possíveis vinculações. Assim, a codificação em primeiro nível foi realizada para análise dos dados dos grupos 1, 3, 4, 5, 6 e 7, referente à etapa 2 da fase 1.

4.3.2 Fase 2

A fase 2 consiste em analisar a cadeia pós-consumo dos aparelhos celulares a partir da elaboração de um fluxograma, em cumprimento do segundo objetivo específico. Para isso foram utilizadas as mesmas técnicas de coleta e análise de dados da fase 1. Com as

informações obtidas nas etapas 1 e 2, da fase 1, foi possível analisar o fluxograma gerado com incremento da análise de conteúdo em segundo nível, a fim de comparar os agrupamentos propostos (1 a 7) no estudo da cadeia pós-consumo dos aparelhos celulares em Belo Horizonte.

4.4 Limitação do estudo

O presente estudo identificou 15 empresas fabricantes de aparelhos celulares no Brasil. Entretanto, não foi identificado nenhum fabricante de aparelhos celulares em Belo Horizonte e região metropolitana.

Portanto, os fabricantes não foram considerados neste trabalho. Logo, para análise da cadeia pós-consumo dos aparelhos celulares foram consideradas apenas as assistências técnicas autorizadas (ATA) atuantes em Belo Horizonte. Assim, foram identificadas quatro ATA na cidade que representam seis marcas/fabricantes de aparelhos celulares.

Não foram levadas em consideração neste trabalho as indústrias recicladoras de outros metais (cobre, alumínio *etc.*), além do transporte dos REEE, incluindo os aparelhos celulares e seus acessórios.

Outro fator limitante na pesquisa foi no método utilizado para levantamento do número das oficinas de reparo existentes em Belo Horizonte, como foi justificado com o uso da amostragem em Bola de Neve.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No capítulo de resultados são apresentados todos os atores que foram identificados por meio de tabelas e mapas. Em seguida eles, são caracterizados através das análises dos dados levantados. Posteriormente são discutidos os papéis dos atores na cadeia pós-consumo dos aparelhos celulares em Belo Horizonte com auxílio de gráficos e fluxogramas.

5.1 Identificação dos principais atores

O número de atores identificados (NAI) e que participaram da pesquisa (NAP) são apresentados na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Identificação dos principais atores

Grupo	Atividades	Atores	NAI ¹	NAP ²	NAP/NAI (%)	
1	Telefonia móvel	Lojas físicas e (franquias próprias)	Operadora 1	17	2	12
			Operadora 2	26	3	12
			Operadora 3	23	2	9
			Operadora 4	35	3	9
2	Reuso e condicionamento	Oficinas de reparos	Assistências Técnicas Autorizadas (ATA)	4	4	100
			Assistências Técnicas Especializadas (ATE)	157	116	74
3	Coleta e/ou recebimento, triagem, separação e/ou descaracterização de REEE, incluindo os aparelhos celulares, componentes e acessórios	Associações e cooperativas de catadores	7	7	100	
		Sucateiros e/ou ferros-velhos	6	4	67	
4	Gerenciamento especializado de REEE, incluindo os aparelhos celulares, seus componentes e acessórios	Empresas especializadas em destinação de REEE	2	1	50	
5	Classificação e reciclagem de REEE, incluindo os aparelhos celulares, componentes e acessórios	Empresa especializada em classificação de PCI ³ /REEE	2	1	50	
		Empresa especializada em reciclagem de PCI ³ /REEE	1	1	100	
6	Destinação e disposição final	Aterro Industrial	1	1	100	
		CTRS ⁴	3	3	100	
		Entrepósito (URPV ⁵ e UEP ⁶)	35	26	74	
7	Entidades gestoras	Instituição gestora de limpeza urbana	SLU ⁷	1	1	100
		Órgãos ambientais nos âmbitos municipal, estadual e federal	SMMA ⁸ , FEAM ⁹ , MMA ¹⁰	6	6	100
		Entidade representante do setor empresarial	ABINEE ¹¹	1	1	100

¹NAI (Número de atores identificados); ²NAP (Número de atores pesquisados); ³PCI (Placa de Circuito Impresso); ⁴CTRS (Central de Tratamento de Resíduos Sólidos); ⁵URPV (Unidade de Recebimento de Pequenos Volumes); ⁶UEP (Unidade de Entrega Provisória); ⁷SLU (Superintendência de Limpeza Urbana); ⁸SMMA (Secretaria Municipal de Meio Ambiente); ⁹FEAM (Fundação Estadual do Meio Ambiente); ¹⁰MMA (Ministério do Meio Ambiente); ¹¹ABINEE (Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica).

A partir dos números apresentados na Tabela 5.1 pôde-se verificar uma relação satisfatória entre os principais atores identificados e os que participaram da pesquisa, com exceção das lojas físicas das operadoras, pelas dificuldades encontradas na disponibilidade dos dados. Contudo, os resultados demonstraram a aceitação dos respondentes diante ao tema proposto.

5.2 Caracterização e discussão dos principais atores

5.2.1 Grupo 1 - Operadoras de telefonia móvel

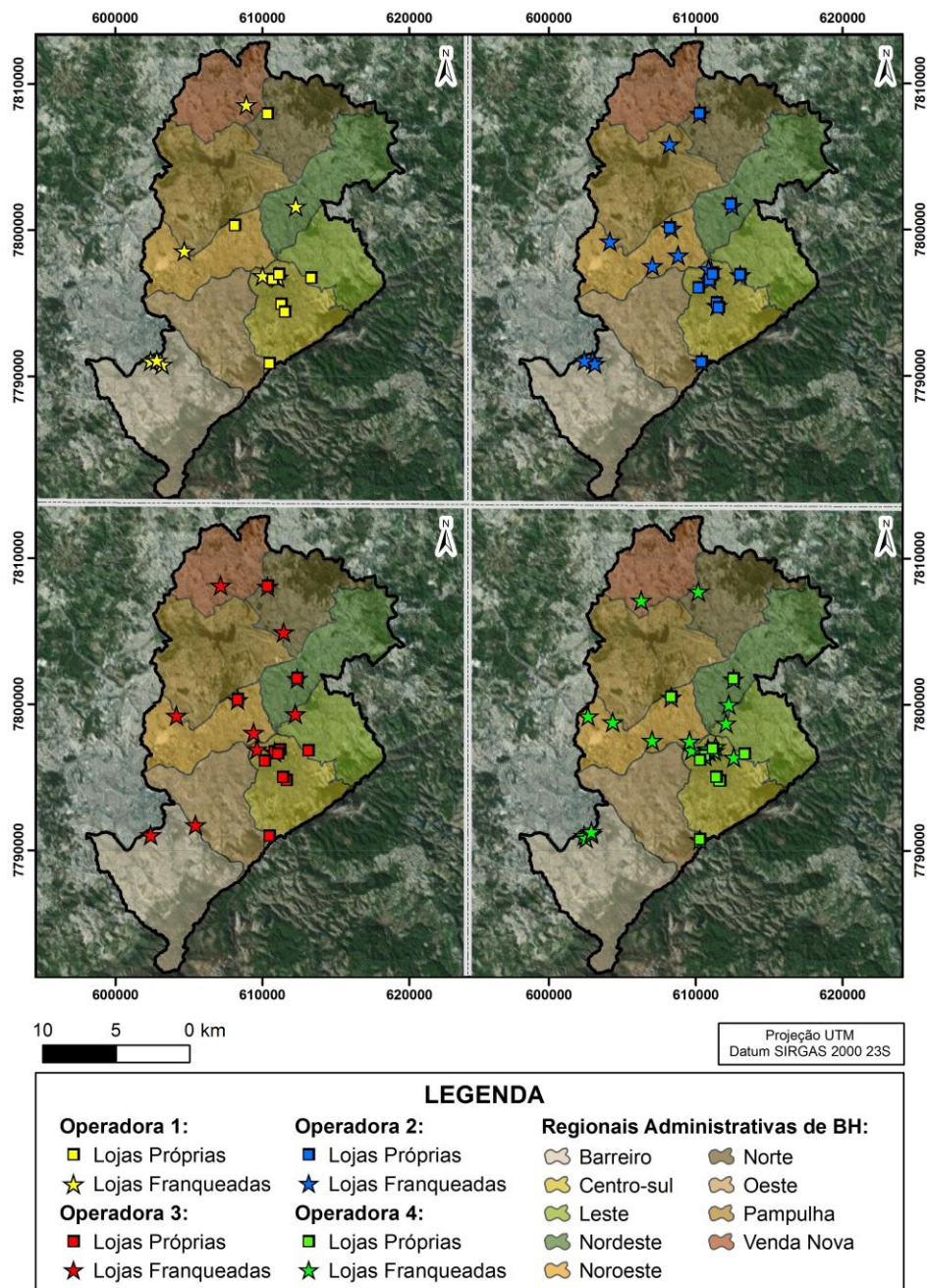


Figura 5.1 – Distribuição das operadoras de telefonia móvel em Belo Horizonte
 Fonte: IBGE (2010) e dados de pesquisa.

Em Belo Horizonte foram identificadas quatro operadoras de telefonia móvel. Elas se encontram distribuídas de forma estratégica, ou seja, onde se localiza uma loja física de uma determinada operadora geralmente se encontram as demais (Figura 5.1). A Tabela 5.2 complementa a figura anterior quanto a estrutura organizacional das operadoras, em número de lojas físicas próprias e franquias, nas regionais de Belo Horizonte.

Tabela 5.2 – Número de lojas físicas das operadoras por regional de Belo Horizonte

Regionais	Lojas físicas	Operadora 1	Operadora 2	Operadora 3	Operadora 4
Barreiro	Própria	0	0	0	0
	Franquia	3	3	2	4
Centro-sul	Própria	5	6	7	6
	Franquia	3	5	2	9
Leste	Própria	1	1	1	1
	Franquia	0	1	1	1
Nordeste	Própria	0	1	1	1
	Franquia	1	1	1	3
Noroeste	Própria	1	1	1	1
	Franquia	1	4	3	6
Norte	Própria	1	1	1	0
	Franquia	0	1	2	2
Oeste	Própria	0	0	0	0
	Franquia	0	0	0	0
Pampulha	Própria	0	0	0	0
	Franquia	0	1	0	0
Venda Nova	Própria	0	0	0	0
	Franquia	1	0	1	1
TOTAL		17	26	23	35

Fonte: Dados de pesquisa.

Como pode-se observar na Tabela 5.2, a operadora “1” possui ao todo 17 lojas físicas distribuídas em Belo Horizonte, com oito lojas físicas próprias, ou seja, que pertencem a operadora e nove lojas físicas do tipo franquia, pertencente a um terceiro que representa a operadora. A operadora “2” possui 26 lojas físicas na cidade no total, sendo 10 próprias. A operadora “3” tem 23 lojas físicas ao todo, com 11 lojas próprias. Já da operadora “4” existem 35 lojas físicas, sendo nove próprias.

Com relação aos resíduos dos aparelhos celulares, todas as operadoras afirmaram possuir um ponto de recolhimento (urna) nas suas lojas físicas (próprias e franquias). Entretanto, em visita a 10 lojas das quatro operadoras, selecionadas de maneira aleatória, pôde-se verificar que em uma loja própria, da operadora “2”, e uma outra loja do tipo franquia, da operadora “3”, não possuíam a urna para recebimento dos resíduos. Quando questionado sobre a falta da urna, a responsável pela loja própria, da operadora “2”, informou que ela havia sido roubada e

que eles já solicitaram a sua reposição. Já na loja do tipo franquia, da operadora “3”, o atendente não soube informar o motivo da inexistência da urna para recebimento de resíduos de celular. A Figura 5.2 mostra os pontos de recebimento de resíduos de celular das quatro operadoras.



Figura 5.2 – Pontos de recebimento de resíduos de celular das operadoras

Fonte: Dados de pesquisa.

Nas visitas técnicas realizadas as lojas físicas foi possível observar que as urnas possuem informativos sobre o que pode ser descartado naquele local. Entretanto, foi constatado que em algumas lojas não há qualquer tipo de verificação ou controle na hora do descarte, e a população acaba fazendo o uso inapropriado das urnas, com o descarte de pilhas, controle de televisão, bateria de *notebook*, entre outras coisas, como pode ser observado na Figura 5.3.

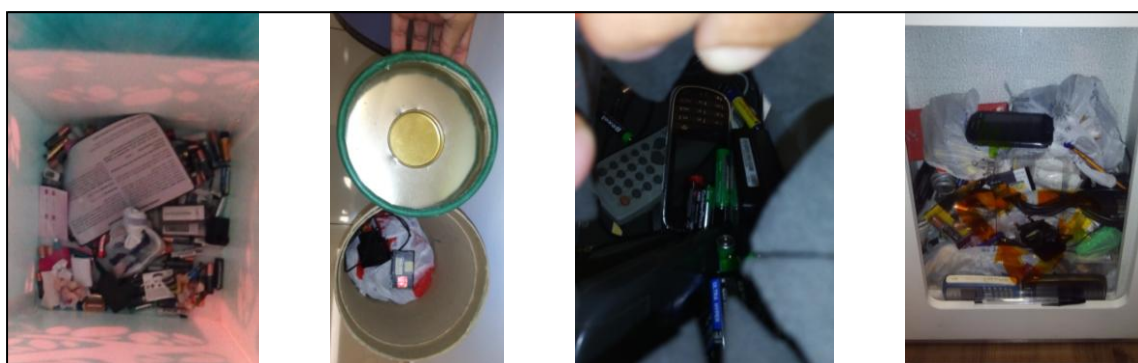


Figura 5.3 – Pontos de recebimento de resíduos de celular das operadoras

Fonte: Dados de pesquisa.

Segundo relato de um atendente, de uma das lojas físicas visitadas, já aconteceu de algumas pessoas depositarem restos de alimentos (ex.: copo com resto de *milkshake*, etc.) na urna.

Além de ser um descarte impróprio acaba “contaminando” os resíduos de celular, o que pode inviabilizar a logística reversa e por conseguinte a reciclagem dos componentes eletrônicos.

Por meio de contatos telefônicos e correio eletrônico foi possível confirmar que as quatro operadoras possuem um parceiro logístico para destinar corretamente os resíduos de celular que chegam até as lojas físicas. Para as quatro operadoras atuantes em Belo Horizonte existem duas empresas de São Paulo que são responsáveis por essa logística. Uma empresa é responsável pela logística de três operadoras (1, 2 e 4) e a outra pela operadora “3”.

Em entrevista, a operadora “1” afirmou que as lojas físicas ficam responsáveis por garantir o acondicionamento dos resíduos nas urnas, até que encha 80% para acionar o setor de logística da operadora. Após acionado, este setor realiza uma triagem no seu almoxarifado, no centro de distribuição (CD), para separar os aparelhos celulares que serão destinados separadamente dos demais acessórios. Este setor é responsável pela gestão e controle junto ao parceiro. A empresa parceira, por sua vez, realiza a coleta no CD da operadora e realiza nova triagem aferindo o peso, quantidade e tipo de material coletado, comunica a operadora, e realiza a destinação final destes resíduos em local ambientalmente adequado.

A operadora “1” informou ainda que para a escolha desta empresa parceira foi requerida, além de toda a documentação legal relacionada à operação de logística reversa, a adoção de controles de riscos ambientais de acordo com as melhores práticas de gestão. Essa empresa parceira é responsável por coletar os resíduos de celular de todas as lojas físicas da operadora “1” no Brasil. Como houve uma mudança recente (fim de 2015) e uma nova empresa parceira assumiu contrato com a operadora, há uma previsão das coletas serem realizadas trimestralmente, com peso estimado em até 25kg por loja e uma expectativa aproximada de 60.000kg de resíduos de celular para o ano de 2016. Para alcançar essa previsão, a operadora “1” lançou no mês de janeiro de 2016 uma ação para incentivar a troca de aparelhos usados em um valor de desconto na compra de um novo *smartphone*. Ressalta-se que todos os custos do processo de logística reversa são arcados pela operadora, pois não há incentivos dos fabricantes e da rede varejista.

Em resposta via correio eletrônico, a operadora “3” informou que possui um programa de recebimento e encaminhamento de celulares, baterias, *tablets* e acessórios fora de uso para reciclagem desde 2010. O programa foi criado com o objetivo de diminuir o impacto

ambiental e conscientizar a população sobre o descarte correto do lixo eletrônico. Afirmaram possuir urnas vinculadas a este programa em todas as lojas físicas próprias e franquias em Belo Horizonte.

Não há restrição para descarte de resíduos de celular nas lojas físicas da operadora “3”, em termos de ser cliente ou não, e inclui aparelhos celulares de qualquer marca ou modelo. Possuem uma empresa parceira distinta das demais operadoras (1, 2 e 4). A empresa parceira da operadora “3” também está localizada em São Paulo. A coleta dos resíduos de celular é realizada quando as urnas das lojas chegam a 80% de sua capacidade. Esta comunicação é feita pelo gerente de cada loja. A partir desse momento a empresa parceira tem um prazo de 10 dias úteis para realizar a coleta. Após efetivação da coleta, todo o conteúdo depositado nas urnas das lojas de todo o Brasil é encaminhado para o armazém da empresa em São Paulo. Quando chegam neste armazém todos os materiais passam por uma triagem e os diferentes tipos de resíduos de celulares e acessórios, como bateria, aparelhos, carregadores, entre outros, são contados e pesados. Por fim, são encaminhados para diversas indústrias recicladoras (Figura 5.4).

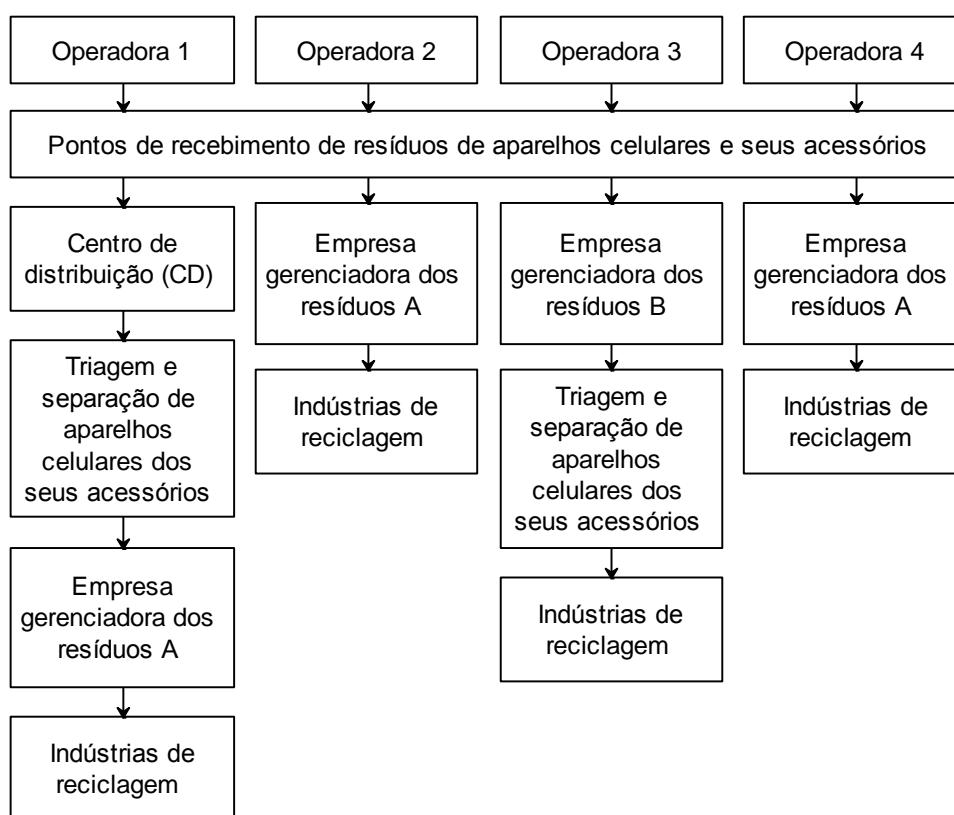


Figura 5.4 – Fluxo dos resíduos de aparelhos celulares e seus acessórios que são descartados nas lojas das operadoras

Fonte: Dados de pesquisa.

As operadoras “2” e “4” não forneceram maiores informações sobre seus programas de recebimento e destinação de resíduos de celular. No entanto, por possuírem parceria com a mesma empresa da operadora “1”, acredita-se que haja uma similaridade entre os programas das três operadoras (1, 2 e 4). Ressalta-se que as empresas gerenciadoras de resíduos “A” e “B” realizam a coleta, transporte e destinação final dos resíduos dos aparelhos celulares de forma ambientalmente adequada.

Por fim, das 10 lojas visitadas, das 101 existentes, entre lojas físicas próprias e franquias, foi possível concluir que na prática os programas encontram algumas falhas e precisam ser mais estudados. Foi possível observar informações desencontradas entre os respondentes das operadoras, os atendentes das lojas físicas e o *site* das operadoras, quanto ao número oficial de lojas físicas em Belo Horizonte, aos pontos de recebimento de resíduos de celular. Além disso, pode-se mencionar também a falta de controle e divulgação do que realmente pode ser descartado nas urnas, entre outras coisas.

5.2.2 Grupo 2 - Oficinas de reparos

Foram identificadas 161 oficinas de reparos, sendo 4 assistências técnicas autorizadas (ATA) e 157 assistências técnicas especializadas (ATE) de aparelhos celulares, distribuídas nas nove regionais de Belo Horizonte. Das 161 oficinas identificadas (universo), 120 responderam à pesquisa (amostra), ou seja, houve uma relação de 74,53% de participação. Esse valor foi considerado satisfatório, uma vez que não foi possível precisar o número de oficinas existentes na cidade.

A Figura 5.5 apresenta a distribuição das oficinas de reparos de aparelhos celulares que foram identificadas na pesquisa. Das 161 oficinas de reparos, 31 (pontos em azul) são referentes as assistências técnicas especializadas (ATE) e se encontram distribuídas nas nove regionais de Belo Horizonte, excluindo as ATE que se encontram nos shoppings populares. Os quatro pontos em amarelo representam as assistências técnicas autorizadas (ATA) e estão localizadas na regional centro-sul da cidade.

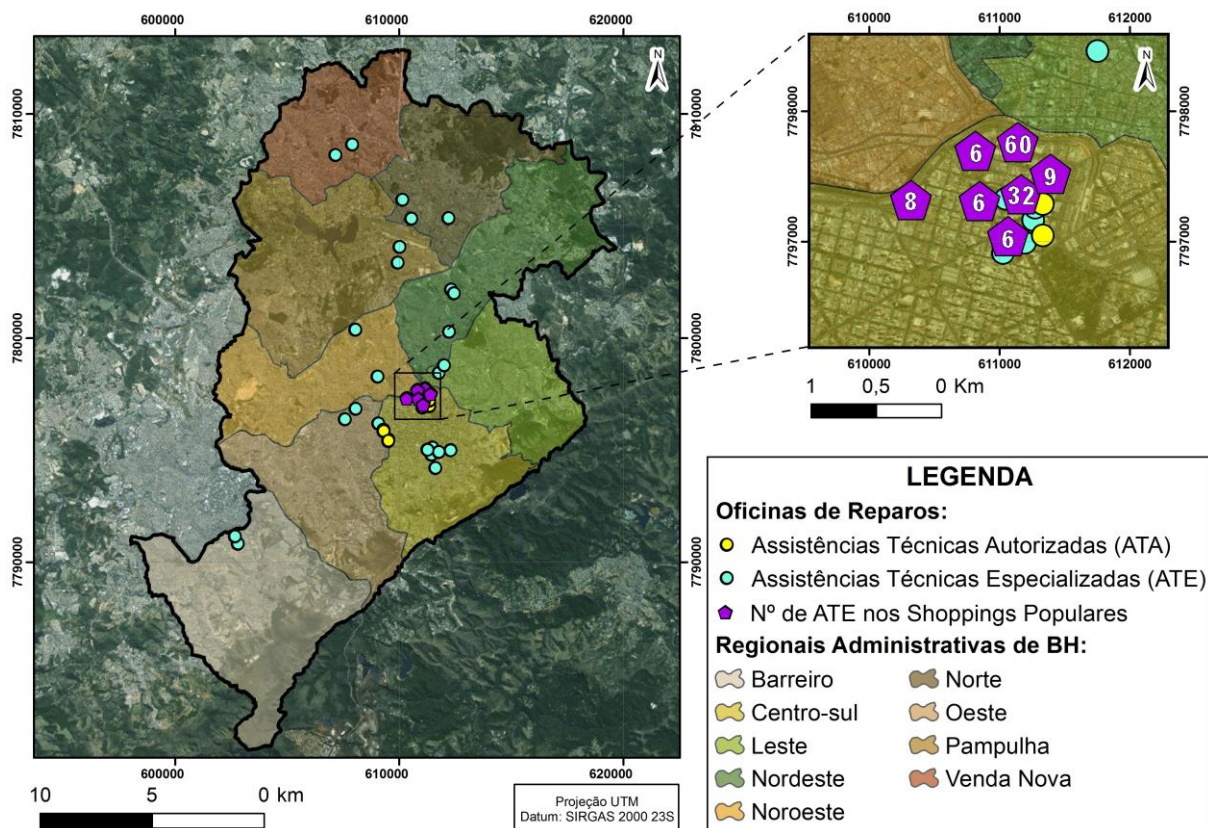


Figura 5.5 – Distribuição das oficinas de reparos em Belo Horizonte

Fonte: IBGE (2010) e dados de pesquisa.

As 127 ATE (somatória dos valores em roxo) correspondem ao restante do universo da pesquisa. Estas estão localizadas e distribuídas em sete shoppings populares da regional centro-sul de Belo Horizonte. A Tabela 5.3 apresenta a relação do universo e da amostras das ATE.

Tabela 5.3 – Número de ATE nos shoppings populares da regional centro-sul de BH

Shoppings populares	Universo (NATEI ¹)	Amostra (NATEP ²)
<i>Shopping Belô</i>	6	1
<i>Shopping UAI</i>	6	4
<i>Shopping A Popular</i>	9	7
<i>Shopping Xavantes</i>	32	25
<i>Shopping Oiapoque</i>	60	46
<i>Shopping Tupinambás</i>	8	7
<i>Galeria Praça 7</i>	6	2
Total	127	92

¹NATEI (Número de assistências técnicas especializadas identificadas); ²NATEP (Número de assistências técnicas especializadas participantes).

Como é mostrado na Tabela 5.3, 92 ATE correspondem o número total da amostra, ou seja, que participaram da pesquisa. Observa-se ainda que o *Shopping Oiapoque* é local que foi identificada a maior concentração de ATE entre os principais shoppings populares de Belo Horizonte.

Ressalta-se que pelo menos duas ATE de cada regional de Belo Horizonte participaram da pesquisa como havia sido proposto na metodologia, para que fosse possível analisar o cenário da área de estudo como um todo.

5.2.2.1 Perfil dos respondentes

O perfil dos respondentes pôde ser definido a partir das questões que constituíram a primeira parte do formulário como: idade, grau de escolaridade, o cargo que ocupa e o tempo que trabalha na atividade de reparos de aparelho celular. Observou-se que 48% dos respondentes tinham entre 20 a 30 anos de idade e 53% possuíam grau de escolaridade de ensino médio completo. Dos 120 respondentes, 55% eram proprietários das oficinas de reparos (ATE e ATA) e 42% informaram trabalhar na atividade entre 1 a 5 anos. Ainda, 21% dos respondentes afirmaram atuar mais de 10 anos nesta atividade. Esses resultados podem indicar que a procura pelo recondicionamento dos aparelhos celulares já existe há algum tempo na cidade e que a demanda por este serviço pode ter aumentado nos últimos cinco anos, em função da maioria dos respondentes estarem trabalhando na faixa de 1 a 5 anos.

5.2.2.2 Perfil da atividade

Com relação a atividade de recondicionamento dos aparelhos celulares, 87% das oficinas pesquisadas afirmaram possuir algum tipo de registro para o seu funcionamento, como cadastro nacional de pessoas jurídicas (CNPJ) e alvará de funcionamento.

Diante da dificuldade de fazer questionamentos sobre o faturamento das oficinas de reparos (ATE e ATA), procurou-se dimensioná-las de acordo com o número de aparelhos celulares que são consertados em média por mês (Figura 5.6). Observou-se que a maioria das ATE (41%) conserta cerca de 101 a 300 unidades de aparelhos celulares mensalmente. Destaca-se ainda a variabilidade da amostra da pesquisa, com a presença de oficinas que reparam, em média, menos de 50 unidades/mês (15%) até faixas muito superiores (milhares de reparos por mês) referentes as ATA, 25, 50 e 25%, respectivamente.

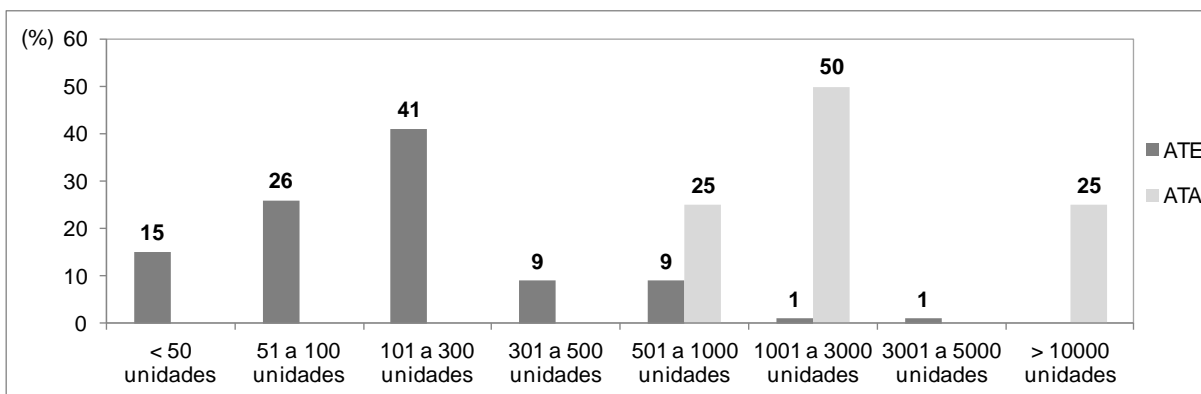


Figura 5.6 – Número de aparelhos consertados, em média, por mês, em percentagem
 Fonte: Dados de pesquisa.

A Figura 5.7 apresenta o número de aparelhos celulares que são consertados e posteriormente comercializados pelas ATE após o seu reparo.

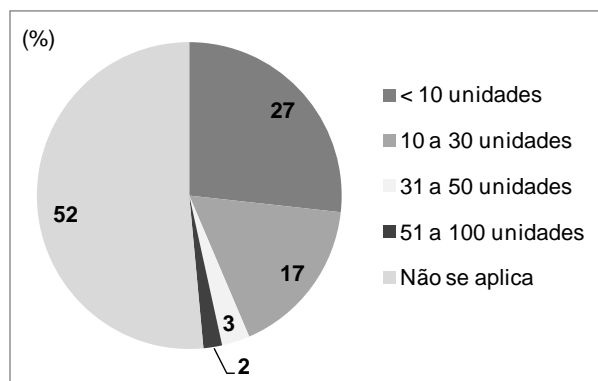


Figura 5.7 – Número de aparelhos consertados e posteriormente comercializados, em média, por mês, em percentagem

Fonte: Dados de pesquisa.

Observa-se que em 52% das ATE há uma prática de segunda vida para 10 a 30 aparelhos celulares, em média, por mês. Em algumas ATE (2%) essa comercialização pode chegar a 100 unidades por mês. Nas ATA o reparo para a comercialização (segunda vida) não se aplica.

Para buscar-se uma relação com os principais resíduos gerados pela atividade, fez-se o questionamento sobre os três serviços que as pessoas mais procuram em relação ao conserto dos celulares. Assim, apresenta-se na Figura 5.8 os principais serviços (1º, 2º, e 3º) que as pessoas procuram com relação ao recondicionamento dos aparelhos celulares.

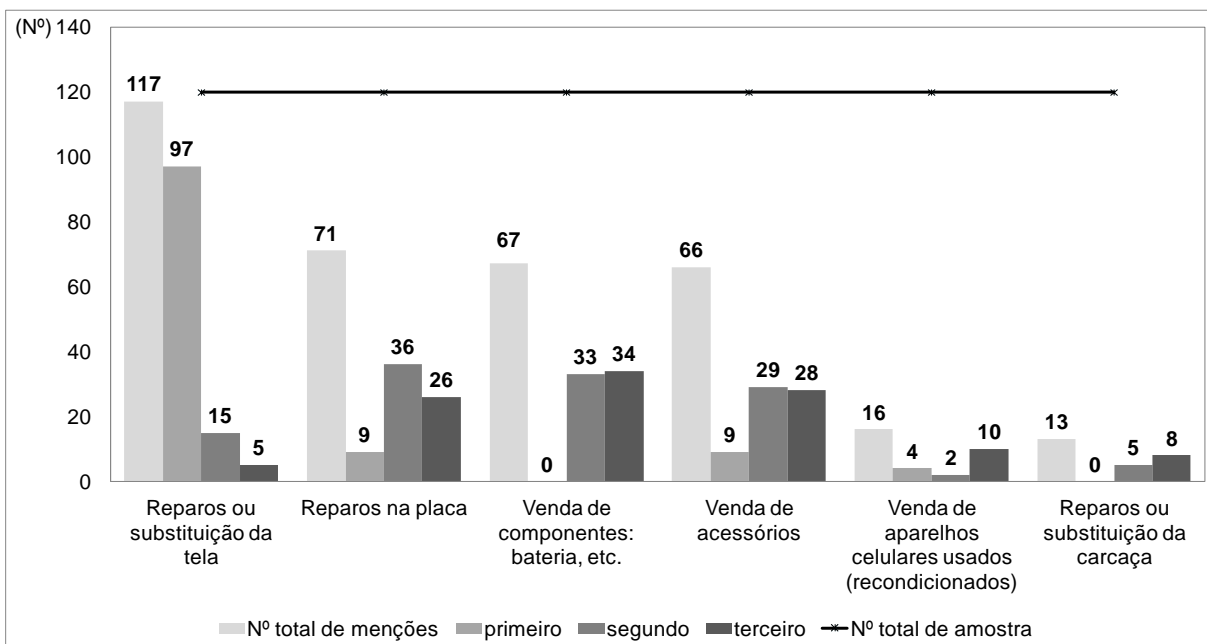


Figura 5.8 – Principais serviços procurados nas oficinas de reparos

Fonte: Dados de pesquisa.

Entre os 120 respondentes (nº total de amostra), observou-se que o serviço mais procurado pelas pessoas foi o “Reparos ou substituição da tela” com o total de 117 menções, ou seja, quase a totalidade da amostra da pesquisa mencionou que este serviço estava entre os três mais solicitados na atividade. O “Reparos na placa” foi o segundo serviço mais mencionado (71 menções), e a “Venda de bateria” o terceiro (67 menções).

Observou-se que entre os três serviços mais procurados o “Reparos ou substituição da tela” apresentou-se como principal serviço (primeiro) em 97 das 120 oficinas de reparos de Belo Horizonte.

Ademais, destaca-se que 42 das 66 menções (64%) são referentes à venda de película de vidro, dentro da “Venda de acessórios”, para ser aplicada sobre a tela dos aparelhos celulares. Esses resultados podem indicar, principalmente, a ação da obsolescência programada das telas dos aparelhos celulares, que segundo Rodrigues (2012) é prejudicial à população, pelo fato dos aparelhos celulares serem projetados e produzidos para estarem em desuso logo após um determinado período. Ou seja, devido às fragilidades, falhas físicas e a necessidade de reparos, entre outros, e que como exceção não está associada à determinação imposta apenas pelos fabricantes.

5.2.2.3 Perfil do gerenciamento de resíduos da atividade

A Figura 5.9 apresenta os resultados dos descartes realizados pelas oficinas de reparos (ATE e ATA). Observou-se que, entre os resíduos de celular listados, o principal descarte da “bateria de celular”, “carcaça plástica e metálica”, “*display e touchscreen*”, “placa sem componentes”, “carregador”, “fone de ouvido” entre “outros” resíduos não listados, em grande parte das ATE, foi o lixo comum. Para as ATA o principal descarte se dá por meio dos fabricantes ou de empresas de reciclagem.

A maioria dos respondentes (65% e 56%, respectivamente) respondeu que o descarte dos “aparelhos celulares com e sem bateria” não se aplica, pois os celulares “inteiros” não são descartados, e sim descaracterizados para reutilização de componentes pelas próprias oficinas. Outrossim, em algumas oficinas de reparos foi indicado que estes aparelhos “inteiros” são recondicionados para serem vendidos. De acordo com Rodrigues (2007), esta ação pode ser definida como o reuso ou segunda vida dos aparelhos celulares.

Como mencionado por Franco e Lange (2011), foi observada a ocorrência de um mercado informal, na comercialização de resíduos de celular, no município de Belo Horizonte. Em algumas oficinas de reparos (20 e 28%, respectivamente) as “placas de celular com e sem componentes” são comercializadas. Ao serem questionados sobre a venda dessas placas, a maioria dos respondentes não soube precisar quem compra esses resíduos.

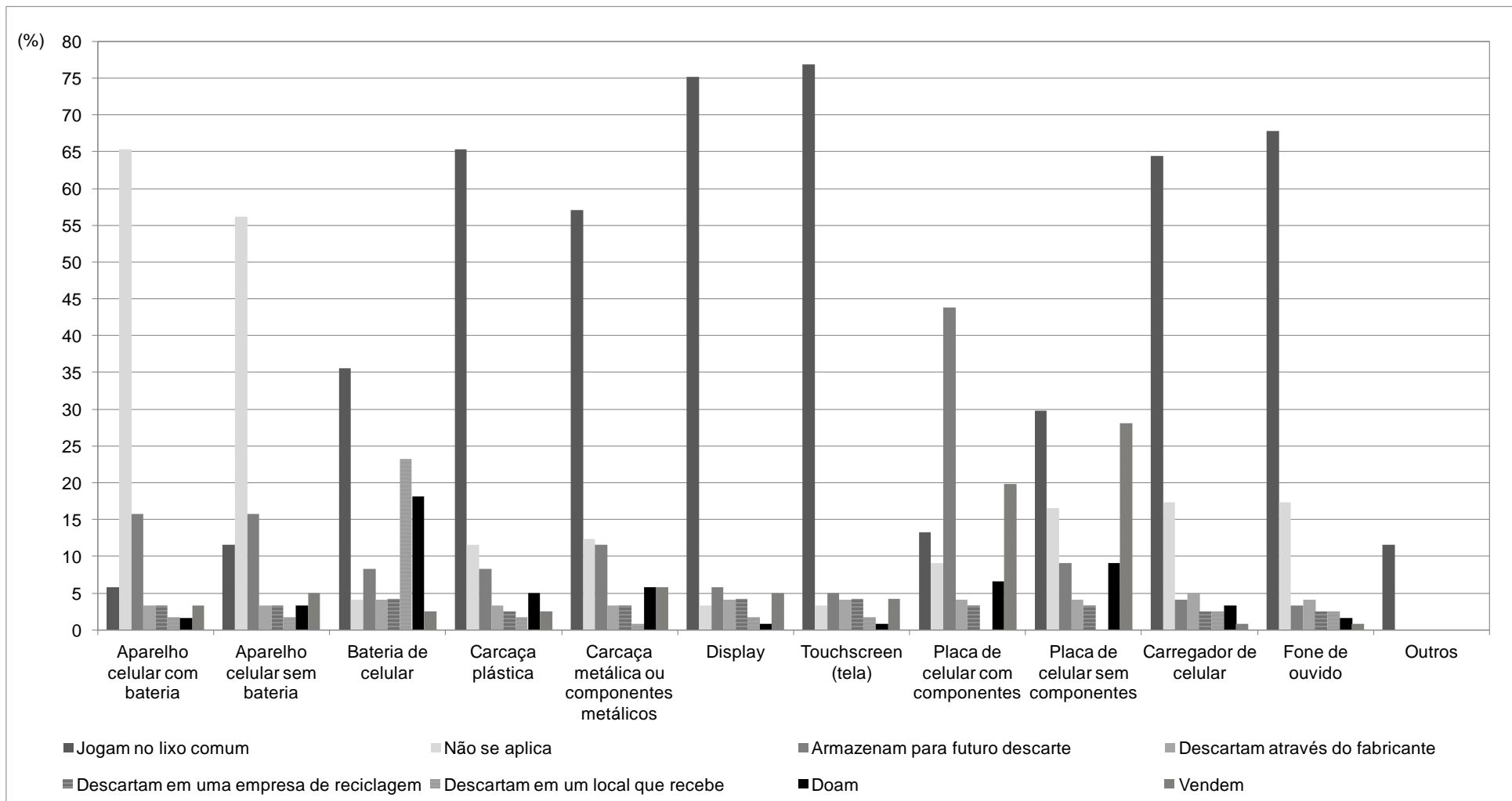


Figura 5.9 – Descarte dos resíduos das oficinas de reparos, em percentagem

Fonte: Dados de pesquisa.

A Figura 5.10 apresenta o fluxo dos resíduos de aparelhos celulares gerados nas oficinas de reparos.

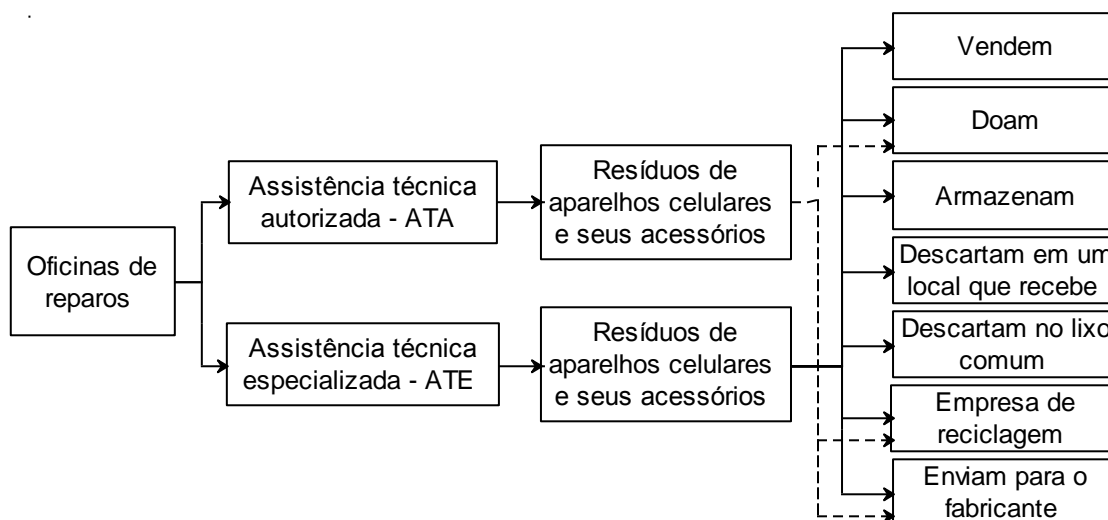


Figura 5.10 – Fluxo dos resíduos de aparelhos celulares das oficinas de reparos até o descarte final

Fonte: Dados de pesquisa.

Os principais destinos dos resíduos dos aparelhos celulares gerados nas ATA são a doação, empresas de reciclagem e o retorno para os fabricantes. Nas ATE parte destes resíduos são comercializados e os demais são doados, armazenados, descartados em locais que recebem (ex.: ATA – Figura 5.11) ou no lixo comum. Algumas ATE enviam os resíduos de aparelhos celulares para empresas de reciclagem e para os seus respectivos fabricantes. Os respondentes das oficinas de reparos mencionaram diversos locais em Belo Horizonte que recebem os resíduos de celular. No entanto, não foi possível visitar todos os locais e verificar se eles existem ou não. Assim, recomenda-se procurar as ATA para o descarte dos resíduos de celular (Figura 5.11).



Figura 5.11 – Local de descarte de resíduos de celular em uma ATA

Fonte: Dados de pesquisa.

Ressalta-se que todas as quatro ATA visitadas possuem um local para recebimento de resíduos de celular. Como nas lojas físicas das operadoras de telefonia móvel, existem informativos nos locais (urnas) sobre o descarte dos resíduos de celular. Porém, na prática nem sempre há um formulário a ser preenchido ou um envelope próprio para efetuar o descarte.

5.2.3 Grupo 3 – Instituições que realizam coleta e/ou recebimento, triagem, separação e/ou descaracterização de REEE

A Figura 5.12 mostra a localização e a distribuição das instituições que realizam coleta e/ou recebimento, triagem, separação e/ou descaracterização de REEE, incluindo os aparelhos celulares em Belo Horizonte e região.

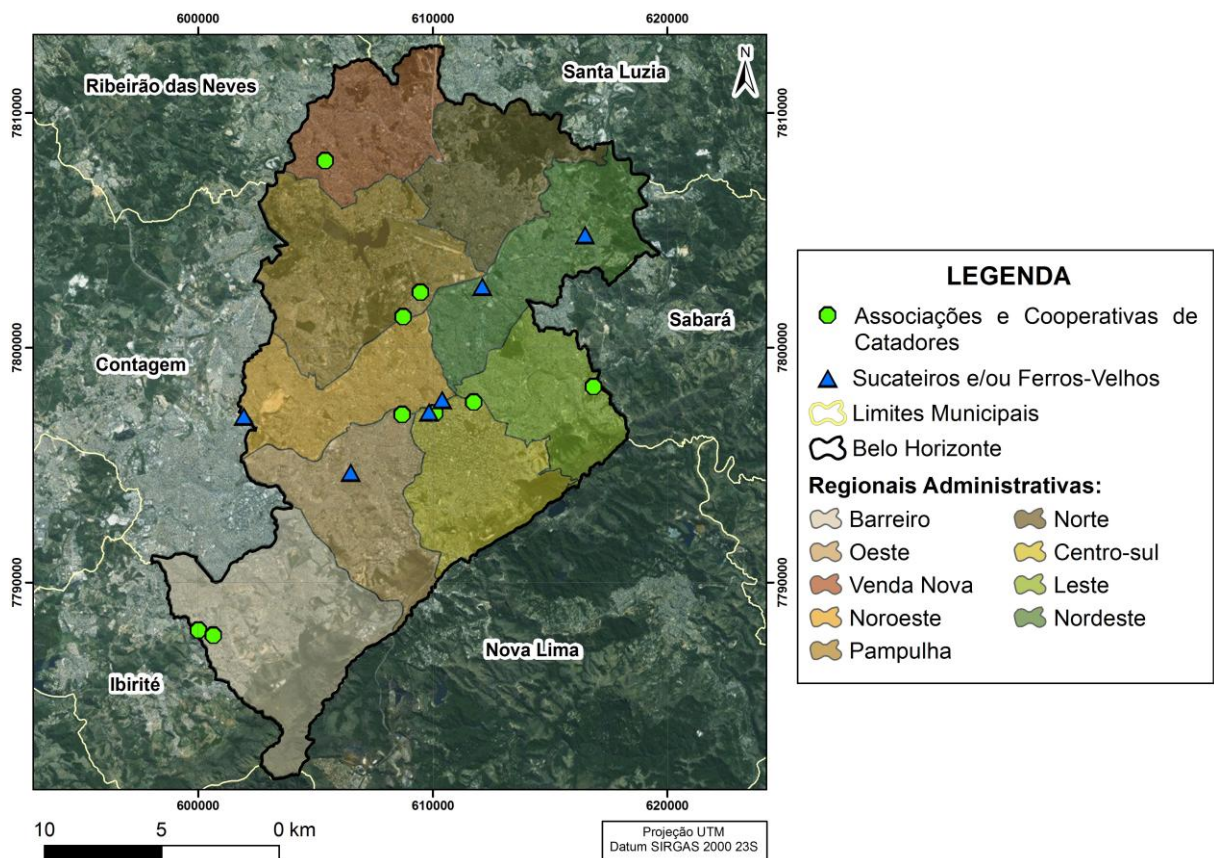


Figura 5.12 – Distribuição das associações e cooperativas de catadores, sucateiros e/ou ferros-velhos em Belo Horizonte e região

Fonte: IBGE (2010) e dados de pesquisa.

5.2.3.1 Associações e cooperativas de catadores

Segundo a SLU (2016b) existem em Belo Horizonte sete associações e cooperativas de catadores, sendo que duas destas possuem dois galpões cada uma. Portanto, há nove galpões na cidade que trabalham com materiais recicláveis. Por meio de contato telefônico apenas duas das sete associações de catadores afirmaram não receber REEE.

Para este trabalho foram selecionadas duas associações para serem visitadas levando em consideração o tempo de existência e por receberem REEE, incluindo os aparelhos celulares. A associação “1” possui 17 catadores associados e a associação “2”, 140. A primeira possui um galpão e a segunda duas unidades. A área de atuação da associação “1” é Belo Horizonte e algumas cidades adjacentes. Já a associação “2” atua apenas em Belo Horizonte. As duas associações trabalham com a separação de materiais recicláveis como, por exemplo, plástico, papel, papelão, vidro, entre outros, que são coletados pela prefeitura da cidade e por alguns catadores associados. Afirmaram receber entre os materiais recicláveis os REEE desde o início das suas atividades, 12 e 25 anos, respectivamente.

Os principais REEE que chegam à associação “1” são os computadores, ventiladores e celulares. Na associação “2” os principais REEE que chegam são da área de informática, como computadores e impressoras, além de televisores, geladeiras e micro-ondas. Raramente chegam aparelhos celulares na segunda associação. Quando chegam, geralmente são misturados com os demais REEE.

As duas associações afirmaram receber qualquer tipo de REEE em suas unidades. Para que os REEE possam ser coletados por elas, existem algumas restrições como quantidade e distância. A associação “1” realiza coleta via agendamento telefônico. Por estarem situados na região central de Belo Horizonte, aceitam buscar pequenas quantidades apenas nas proximidades da associação. Para locais mais distantes como a cidade administrativa³, ou cidades adjacentes, a quantidade mínima gira entorno de 100 quilos de material, ou um volume aproximado de umas 10 CPU e uns 10 ventiladores. Para coletar apenas celulares a quantidade mínima seria

³ Cidade administrativa: “A Cidade Administrativa Presidente Tancredo Neves é a sede oficial do governo do Estado de Minas Gerais, Brasil”. [Fonte: <http://www.belo Horizonte.mg.gov.br/local/outros-servicos/outros-orgaos/cidade-administrativa-de-minas-gerais>].

de 50 a 100 unidades. Essas restrições se justificam pelo custo de motorista e combustível. Então a quantidade de REEE a ser coletada tem que ser justificável, senão eles não coletam.

Na associação “2” eles coletam apenas nas proximidades das duas unidades. Então a principal restrição seria a quantidade de material a ser coletada. Não existe uma avaliação prévia para realizar a coleta. As pessoas informam o que querem descartar por telefone e eles vão buscar na “sorte”. Já aconteceram diversos problemas com relação a isso. Às vezes o material foi “catado” e está vazio por dentro, restando apenas o material menos nobre para ser comercializado, acarretando prejuízo para a associação.

Quando os materiais chegam às associações, eles seguem algumas etapas até a comercialização ou a destinação final. Na associação “1” os materiais chegam e passam por uma triagem para verificar se os equipamentos funcionam ou não. No geral, os que funcionam são separados e comercializados a unidade. Os que não funcionam são desmontados para separar as partes mais valiosas que são os metais não ferrosos como o cobre e alumínio, e as placas. Segundo o Entrevistado A, os REEE representam um grande valor para a associação quando os materiais são separados:

“Bom, ele (REEE) é um... um grande, um grande valor que entra né. Porque quando a gente separa eles tem uma grande receita pra associação. Separa por tipo de material. Separa a placa, o computador, em específico. Tem hora que vende as placas dele separadas. E tira o cobre que tem dele e a sucata. Porque geralmente aquela carcaça dele é a sucata, metal. A parte de plástico ela não é reciclável não. Ai é o rejeito que a gente fala. É, muito plástico. Dentro dele (ventilador) tem o tubo dele seria a sucata. Tem uns tubos dele que é sucata. Tem um motor dele que vem grande quantidade de cobre. E o plástico é o rejeito. Os monitores... os mais antigo eles são desmanchados pra tirar o cobre dentro deles também (Entrevistado A da associação “1”).”

Os aparelhos celulares que mais chegam são dos modelos mais antigos. Dos modelos mais novos (*smartphones*) não costumam chegar. Os aparelhos celulares que chegam são triados e separados em dois grupos, os que funcionam ou não. Os que estão funcionando são separados e vendidos como aparelhos usados, à unidade. Se não estão funcionando, mas estão aparentemente inteiros também são comercializados em separado. Quando já chegam faltando

algum pedaço ou quebrados, termina-se de desmanchá-los para separar a placa. A placa é vendida por quilograma e o restante do material é descartado no lixo (Figura 5.13).

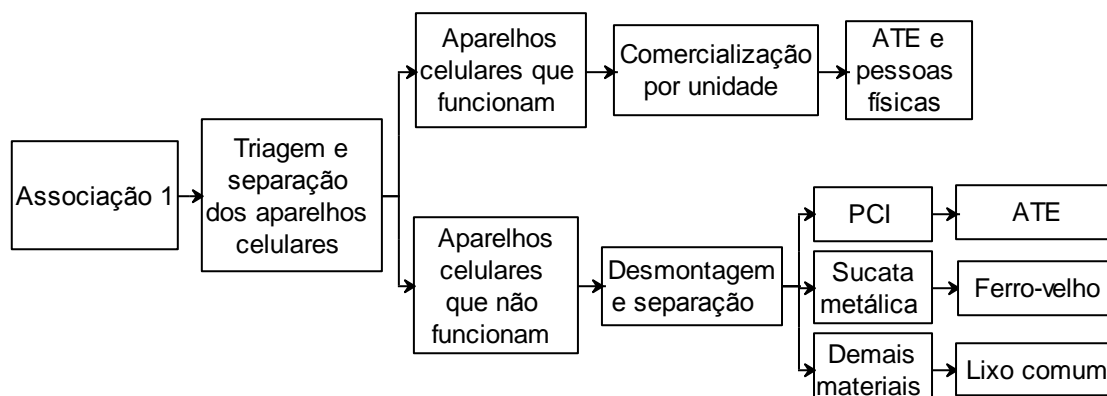


Figura 5.13 – Fluxo dos resíduos de aparelhos celulares da associação “1” até o descarte final

Fonte: Dados de pesquisa.

Acessórios e componentes do celular, como carregador, fone de ouvido e bateria, também costumam chegar à associação, mais carregador do que fone. Geralmente chegam à mesma quantidade de aparelhos celulares e carregadores, ou um pouco mais de carregadores. Os acessórios (carregador e fone de ouvido) também são verificados se estão funcionando. Se sim, são comercializados junto com os aparelhos, na faixa de R\$10,00 a R\$20,00 tudo (aparelho celular, fone de ouvido e carregador). Senão, os *plugs* dos carregadores e dos fones de ouvido são retirados e os fios comercializados como cobre.

Os demais materiais (*plugs*, plástico, vidro/tela, bateria, etc.) são considerados rejeito e são descartados no lixo comum. No fim de 2015 a sucata metálica estava sendo comercializada por cerca de R\$0,15/kg. A maioria dos aparelhos celulares chega inteiro, mas não funciona. Geralmente, dos que chegam à metade não funciona.

Os principais compradores dos aparelhos celulares, funcionando ou não, ou somente as placas são as assistências técnicas especializadas (ATE). Geralmente pessoas físicas também vão procurar aparelhos celulares usados na associação. Não existem compradores específicos. No geral, quem costuma comprar são as pessoas que consertam os aparelhos celulares. Eles costumam passar toda semana na associação para comprar esses materiais (aparelhos celulares e placas).

A associação “2” possui um espaço só para trabalhar com o REEE que chega. Os materiais que chegam também passam por uma triagem para verificar se funcionam ou não. Dos equipamentos que chegam, alguns estão em bom estado de conservação. Segundo o Entrevistado B, 80% deles ainda funcionam ou apresentam pequenos defeitos. Assim, muitos catadores acabam reaproveitando esses equipamentos em suas casas. Se os equipamentos estão danificados e não funcionam, eles são desmontados para retirada das partes mais valiosas como o cobre, o alumínio e a placa, que são vendidos no quilo (Figura 5.14).

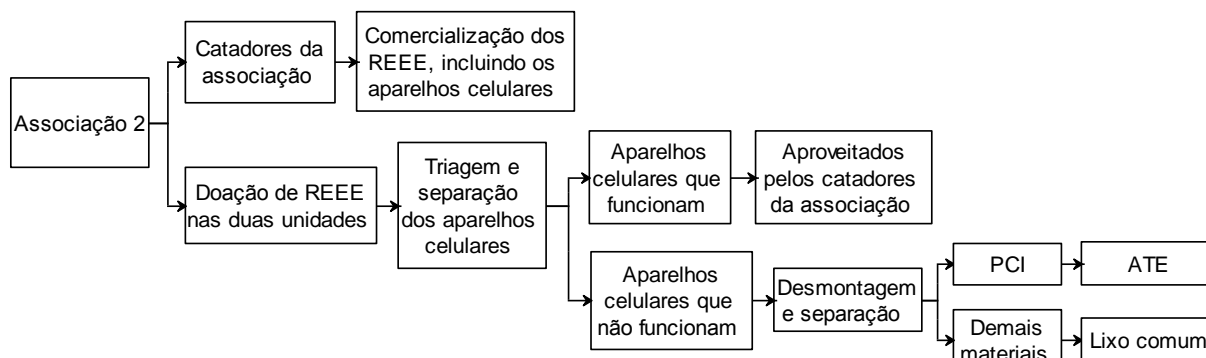


Figura 5.14 – Fluxo dos resíduos de aparelhos celulares da associação “2” até o descarte final

Fonte: Dados de pesquisa.

Há também alguns equipamentos que nem chegam a ser desmontados e são comercializados em lotes. Geralmente quem compra esses lotes são as empresas que trabalham com a manutenção desses equipamentos. Entretanto, para os aparelhos celulares quem faz a comercialização ou destinação são os próprios catadores:

“A maioria (os catadores) acha no meio do material então é ele mesmo que designa isso ai. Quando chega é vendido do jeito que vem. Você tem que entender o seguinte, ele não chega diretamente pra mim na associação, quem acha esses celulares são os próprios catadores, não tem aquele que chega aqui e: - Olha (...) eu to aqui com 500 aparelhos eu vou doar pra vocês aqui (...). Isso (de chegar até a associação) ai é uma vez, duas vezes no ano, quando acontece. O que acontece é o seguinte, quem acha a maioria desses, porque eles estão na rua e ai tem um cara que conserta o celular, ai joga aquele monte de celular, não tem mais condição de uso. Ele joga tudo num saco de lixo e joga lá. Se o catador recolhe aquilo na hora de separar papel, papelão, no início da jornada, ai ele acha um saco com alguns

celulares, que que ele vai fazer: - Opa, peraí eu vou ver se algum funciona pra meu próprio uso, vou dar um pra minha mãe, pro meu irmão (Entrevistado B da associação “2”).

Logo, os aparelhos celulares dificilmente chegam até a associação. Quando chegam, foi mencionado que não vale a pena descaracterizar nem guardá-lo para comercialização, porque é uma vez ou outra que aparece. Segundo o entrevistado não vale a pena esperar de um a dois anos para juntar um montante e trabalhar com esse material. Com isso, os aparelhos celulares acabam sendo jogados no lixo quando não funcionam.

Com relação à quantidade, chegaram à associação “1” aproximadamente 100 unidades no mês de novembro/2015. No entanto, esse valor oscila muito e tem mês que chega apenas uma a duas unidades. O Entrevistado B da associação “2” não soube precisar a quantidade de aparelhos celulares que chegam sob a seguinte justificativa:

“Porque não é uma coisa assim, de se dizer assim: Olha, chegou aqui dentro 60 aparelhos. As vezes têm um que chega ali e: - Olha achei um celular na minha apanha. Que é onde ele vai pegar a coleta. Ai o outro: -No rapaz, to ali triando, achei um, mas não tem bateria. Então, não é aquela coisa assim, em grandes quantidades. Uma vez ou outra, é uma coisa esporádica, vai na sorte né (Entrevistado B da associação “2”).

A associação “1” comercializa os aparelhos celulares usados por cerca de R\$10,00 a R\$20,00 a unidade, aproximadamente, dependendo do modelo. Agora, a placa, o mais comum de ser comercializado, é vendida entre R\$1,00 a R\$3,00 por quilograma (valor aproximado). A comercialização dos aparelhos celulares, em unidades, ocorre geralmente uma vez por semana, enquanto a placa é vendida quinzenalmente. A receita advinda dos REEE varia entorno de 25% da receita total da associação. Já os aparelhos celulares ou suas placas representam cerca 5% a 10% dos 25% da receita dos REEE.

Na associação “2” os aparelhos celulares não são significativos na receita. Como foi comentado anteriormente, os aparelhos celulares não chegam a entrar na associação. Os catadores que realizam as coletas e acham os aparelhos já fazem a sua comercialização. Como regra geral, o material que o catador recolhe é dele. Assim, apenas é gerada receita para a associação os REEE que são destinados nas suas duas unidades.

Os principais fornecedores de REEE para as associações são as iniciativas públicas e privadas. A principal forma de chegada dos aparelhos celulares é misturada com os demais materiais. Os compradores de aparelhos celulares seriam as pessoas que trabalham com o conserto. Existe também uma pessoa específica que vem e compra somente as placas da associação “1”. Para a associação “2” a única coisa do celular que consegue ser comercializada é a placa. O valor aproximado é de R\$10,00/kg. Geralmente quem compram são as pessoas que consertam os aparelhos celulares próximo das unidades da associação.

Sobre a destinação do resto dos aparelhos celulares o entrevistado A da associação “1” relata o seguinte trecho:

”O resto dele é rejeito. Que geralmente a bateria não tem como aproveitar, porque não tem uma coleta específica pra ela aqui entendeu. Mais é a placa que é comercializada. O vidro, plástico, bateria, é mais como rejeito, porque geralmente a bateria já vem com defeito. Não tem como ta aproveitando não. Tanto o plástico, como todos esses materiais do celular, é descartado no lixo mesmo. Não tem nenhuma comercialização pra isso. É muito difícil a comercialização deles. Ai quando vai pro lixo, é coletado pela prefeitura e vai para o aterro (Entrevistado A da associação “1”).”

Na associação “2” os aparelhos celulares que chegam não são aproveitados e são descartados no lixo comum, assim como bateria de celular e outras coisas, como carcaça plástica, metálica, tela quebrada. A prefeitura é responsável pela coleta e destinação desses materiais. Com isso, esse material é aterrado junto com os demais resíduos domiciliares de Belo Horizonte.

5.2.3.2 Sucateiros e/ou ferros-velhos

Foram identificadas ao longo da pesquisa seis empresas que trabalham com sucata metálica ferrosa e não ferrosa, materiais recicláveis, e REEE. Das seis empresas, quatro participaram da pesquisa, sendo três delas localizadas em Belo Horizonte e uma em Contagem (Figura 5.12).

As empresas “1”, “2”, “3” e “4” possuem 10, 5, 12 e 20 funcionários, respectivamente. Elas existem há cerca de: 30 anos, empresa “1”; 5 anos, empresa “2”; 30 anos, empresa “3”; 11 anos, empresa “4”. A área de atuação dessas empresas é diversificada. As empresas “1” e “2”

atuam apenas em Belo Horizonte. Já as empresas “3” e “4” recebem material de Belo Horizonte e região metropolitana e algumas cidades do estado.

De todos os materiais que são comercializados por essas empresas destacam-se os REEE. Os principais REEE que costumam chegar até essas empresas são: computadores, monitores, impressoras, micro-ondas, aparelhos celulares e acessórios, fogão, geladeira, máquina de lavar, forno, sanduicheira, ferro de passar e televisores. Alguns desses REEE podem ser observados na Figura 5.15. A empresa “1” afirmou receber apenas placas de REEE e para a empresa “2” as placas representam cerca de 60% de volume dos REEE que chegam.



Figura 5.15 – Exemplo de alguns REEE que chegam aos sucateiros e/ou ferros-velhos
Fonte: Dados de pesquisa.

As quatro empresas possuem coleta própria para REEE. No entanto, é muito comum pessoas físicas procurarem essas empresas para comercialização de REEE ou placas de REEE. As principais restrições para coleta são: o tipo do material e a quantidade. A empresa “2” foi a única que mencionou a quantidade mínima para coleta, 500 quilos. Acima disso, eles coletam qualquer tipo de material, excluindo vidro, borracha e madeira. De todos os tipos de REEE coletado, 20% são por doação. Para as outras três empresas (1, 3 e 4) a doação é algo insignificante e raro de acontecer.

De acordo com os entrevistados, não há em nenhuma empresa verificação se os equipamentos que chegam até elas funcionam ou não. No geral, os REEE são desmontados para separar a placa dos demais materiais, como plástico, sucata ferrosa e não ferrosa. A empresa “1”, como exceção, só aceita receber placas de REEE.

A empresa “1” trabalha há cerca de 10 anos com os REEE. Até o fim de 2015 só trabalhavam com as placas dos REEE da linha verde, incluindo os aparelhos celulares. A justificativa do entrevistado foi o baixo valor agregado dos demais tipos de placas e da mão de obra em descaracterizar e desmontar os REEE. Quando as placas da linha verde chegam até a empresa elas passam por uma triagem e classificação.

Segundo o entrevistado da empresa “1”, as placas dos computadores possuem diferentes cores e tipos. As placas mãe podem ser azuis, vermelhas, amarelas e verdes, e cada cor possui um valor comercial diferenciado. Além disso, existem também outros tipos de placas em outros REEE da linha verde, que por sua vez possuem outro valor. Existem as placas com ponteira e sem ponteira, placa mãe, placa pesada, placa leve, entre outras. O entrevistado define alguns tipos de placa:

“Ela tem, pra ser pesada ela tem o que é... alumínio. Então a pessoa classifica. Ela tem um peso maior que uma placa mãe que não tem quase nada. Então o preço é diferenciado também. Mas basicamente mais é isso ta. É, as ponteiras que mandam. Das cores é só placa mãe. Que a placa mãe que tem várias cores. O resto é tudo placa verde, na sua grande maioria. Celular também, é tudo junto (Entrevistado da empresa “1”)”.

A Figura 5.16 mostra alguns tipos de placas dos REEE. Após a separação dos tipos de placas elas são acondicionadas em *big bags* e posteriormente comercializadas.



Figura 5.16 – Exemplo de alguns REEE que chegam aos sucateiros e/ou ferros-velhos
Fonte: Dados de pesquisa.

As placas verdes, do tipo leve, da linha verde são comercializadas por R\$10,00 a R\$12,00/kg. As placas mãe azuis, vermelhas e amarelas são comercializadas por cerca de R\$8,00/kg. De acordo com o entrevistado da empresa “1”, as placas de REEE mais valiosas são os processadores de computadores, que valem R\$250,00/kg. A placa de celular é vendida por cerca de R\$20,00 a R\$30,00/kg (Figura 5.17).

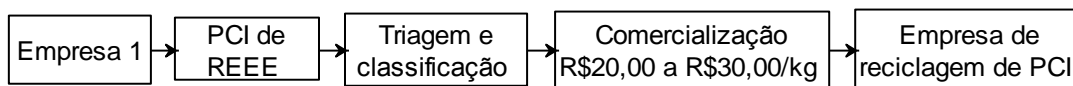


Figura 5.17 – Fluxo dos resíduos de aparelhos celulares da empresa “1” até o descarte final

Fonte: Dados de pesquisa.

Em 2014 a empresa “1” comercializou em média cinco toneladas de placas por mês, que representou 10% do faturamento global. Em 2015 esse número caiu para cerca de 1000 a 500kg/mês. A principal justificativa para queda foi a queda de preço na comercialização das placas e o foco da empresa em outros materiais. Nesse período, a placa do celular representou menos de 1% em termos de quantidade e receita para a empresa. Segundo o entrevistado as placas de celular chegam de maneira esporádica, totalizando cerca de 10kg/mês.

A empresa “2” afirmou receber todos os tipos de REEE. No geral, eles são descaracterizados e desmontados para separação dos materiais mais valiosos (placas, metais não ferrosos) dos demais (sucata ferrosa). Para a empresa “2” os plásticos não possuem valor comercial e são separados. Posteriormente esse material é pago para ser descartado no aterro sanitário de Sabará. Já a empresa “3” afirmou conseguir comercializar os plásticos de todos os tipos de REEE por R\$0,25/kg; entretanto, tem-se que juntar um volume muito grande para valer a pena.

O entrevistado da empresa “2” não soube informar a quantidade de REEE que é comercializada, apenas que é gerada uma receita de cerca de 5% do total. A sucata ferrosa em 2014 era vendida por R\$0,30/kg; no entanto, em 2015 esse valor caiu para R\$0,05 a 0,10/kg. A placa mãe de computador é vendida por aproximadamente R\$9,00/kg e a placa de celular na faixa de R\$8,00. Dos aparelhos celulares apenas a placa possui valor agregado, os demais materiais são descartados no lixo (Figura 5.18).

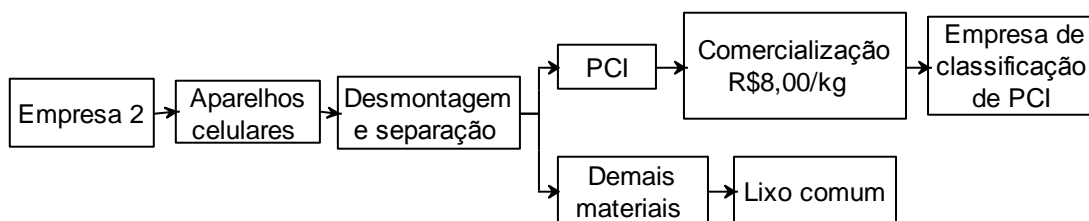


Figura 5.18 – Fluxo dos resíduos de aparelhos celulares da empresa “2” até o descarte final

Fonte: Dados de pesquisa.

Em 2014 foi houve a comercialização de cerca de 20 unidades de celular. Para o entrevistado, essa baixa quantidade se deve ao fato de as pessoas guardarem os aparelhos celulares em casa:

“Meu menino, ele é apegado. Então ele troca de telefone toda vez, todo ano ele troca. Não descarta, ele tem uma caixinha de sapato cheia, guardando celular. Tem um celular desde da época do (...). Não, ele fala que é dele: - Deixa lá que não ta incomodando ninguém, ta guardadinho. Diz ele que é pra mostrar pros (sic) filhos, pros (sic) filhos mostrar pros (sic) neto, desde do primeiro telefone (Entrevistado da empresa “2”)”.

Na empresa “3” as placas dos televisores são comercializadas em quantidades acima de uma tonelada. Essa é uma quantidade mínima exigida do comprador das placas por a placa de televisão ter um baixo valor agregado. A empresa também comercializa metais não ferrosos dos REEE como, o alumínio e o cobre. Segundo o entrevistado, as placas mais comerciais são da linha de informática e dos celulares. Essas placas são acondicionadas e comercializadas juntas, com a justificativa que existem diversos tipos de placa e a sua classificação é “muito burocrática”. Assim, o comprador é quem separa (classifica) os tipos de placa.

A quantidade de placa de REEE comercializada pela empresa “3” é na ordem de 600kg em média por mês, incluindo as placas dos celulares. Essa comercialização representa 5% do faturamento da empresa. O entrevistado informou que os aparelhos celulares dificilmente chegam à empresa, e quando chegam é sem bateria. Eles são acondicionados inteiros e comercializados com as demais placas. Os acessórios (carregadores) dos aparelhos celulares também costumam chegar no meio da sucata. Esse material é queimado para retirar o cobre:

“Esse material já não entra mais no, na placa. Ai o nosso funcionário pega, queima ele... O fio. E aquela plaquinha que vem dentro do carregador, ela costuma ser é... mandada pra... pra empresa comercializar também (Entrevistado da empresa “3”)”.

Em 2014 a empresa “3” comercializou cerca de 100kg de aparelho celular. Em 2015, até o momento da entrevista (01/12/2015) esse número era de 60kg. Para o entrevistado essa queda foi ocasionada pela maior concorrência do mercado, com mais empresas trabalhando com esse tipo de material. O aparelho celular inteiro sem bateria é comercializado por R\$12,00/kg. Já o quilograma da placa do celular vale R\$18,00. De acordo com entrevistado esse valor foi apurado na última venda de material, a cerca de seis meses (da data da entrevista) (Figura 5.19).

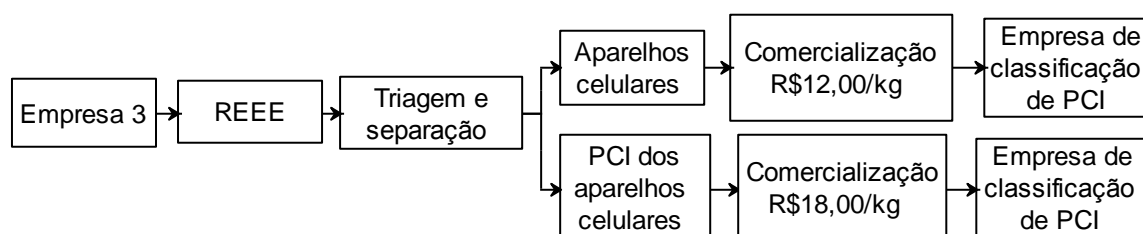


Figura 5.19 – Fluxo dos resíduos de aparelhos celulares da empresa “3” até o descarte final

Fonte: Dados de pesquisa.

A empresa “4” realiza triagem e separação dos REEE que chegam. Os aparelhos celulares costumam ser encontrados inteiros (com bateria) no meio dos REEE. Apenas os gabinetes dos computadores são desmontados para separar as placas dos demais materiais (sucata, etc.). O preço médio para venda das placas do computador é R\$8,00/kg. Também são comercializados em separado os HD. São comercializadas em média 60kg/mês de placas de computador. A sucata ferrosa é vendida direto para indústria de reciclagem por R\$0,20/kg. Os plásticos e demais materiais dos REEE seguem junto. Ao todo são comercializadas em média 150 toneladas de sucata por mês.

Os aparelhos celulares são comercializados inteiros com bateria ou da forma que chegam por R\$1,00 a R\$2,00 a unidade. É vendido em média, por mês cerca de 20 a 30 unidades de aparelhos celulares inteiros. O valor varia de acordo com a quantidade de resíduo, quanto

maior, mais valor é agregado na negociação. Os demais acessórios dos celulares, como carregador e fone de ouvido, são comercializados junto com a sucata (Figura 5.20).

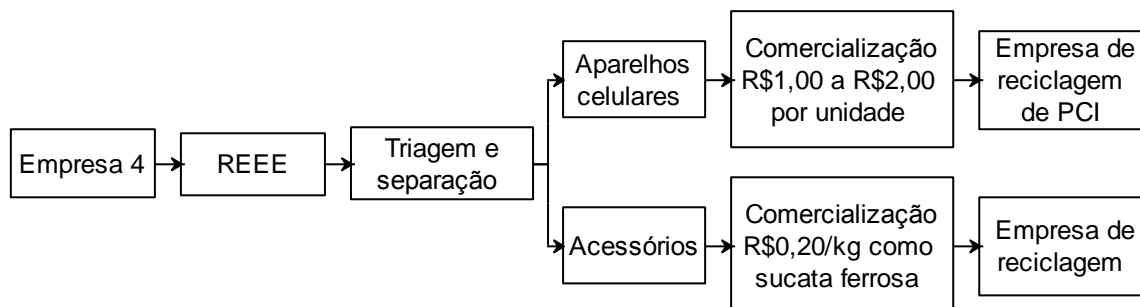


Figura 5.20 – Fluxo dos resíduos de aparelhos celulares da empresa “4” até o descarte final

Fonte: Dados de pesquisa.

O faturamento com os REEE representa aproximadamente 22 a 25% da receita da empresa. Pela grande diferença da quantidade comercializada de material, os aparelhos celulares não representam nem 1% em termos de receita para a empresa. O principal foco da empresa “4” é a comercialização de sucata ferrosa.

Com relação ao rejeito dos REEE, apenas a empresa “2” admitiu pagar cerca de R\$35,00 a R\$40,00 para descartar um lote de uma tonelada de plástico de REEE para o aterro sanitário de Sabará. As outras empresas informaram não haver rejeito na comercialização dos REEE.

Os aparelhos celulares nas demais empresas são apenas acondicionados e posteriormente comercializados para duas empresas: uma que classifica placas de REEE e outra de reciclagem de PCI. Essas duas empresas são apresentadas no item 5.2.5, e correspondem ao grupo “5” da presente pesquisa.

5.2.4 Grupo 4 - Empresas especializadas em destinação de REEE

Foram identificadas duas empresas especializadas em destinação de REEE. Elas estão localizadas em Belo Horizonte e Betim (Figura 5.21).

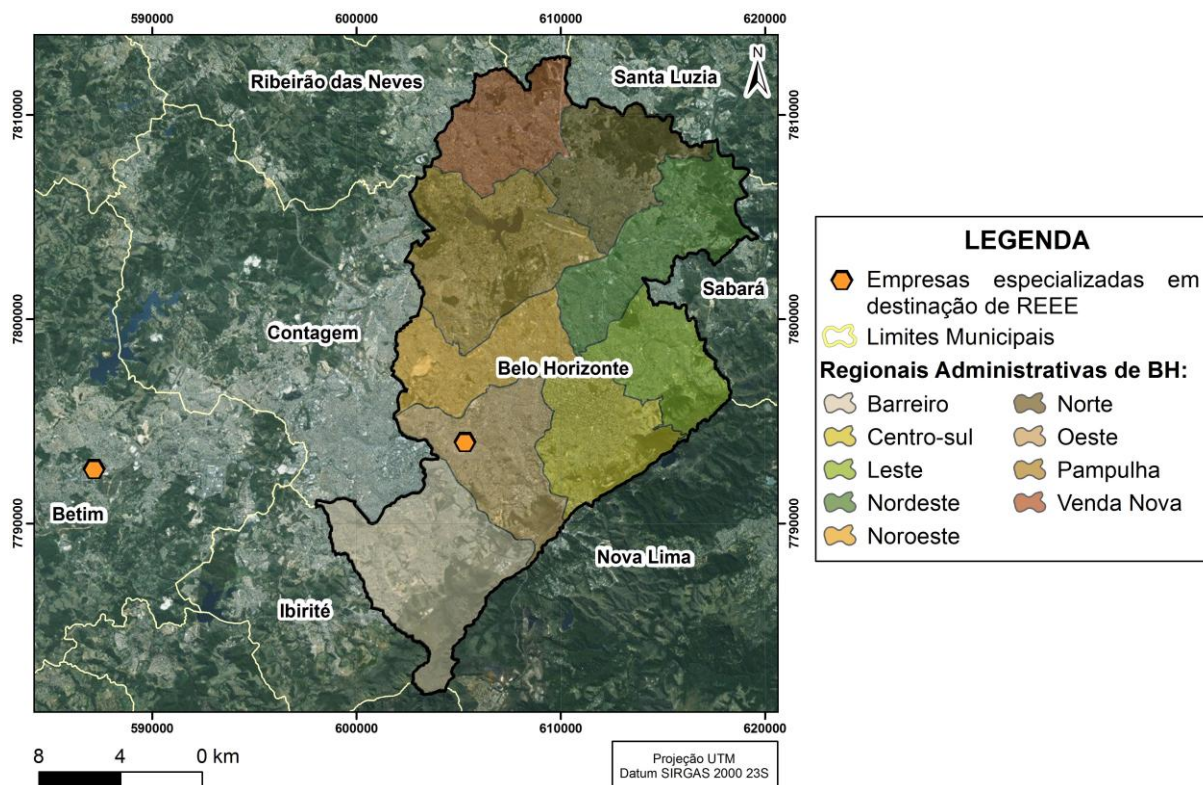


Figura 5.21 – Distribuição das empresas especializadas em destinação de REEE em Belo Horizonte e região

Fonte: IBGE (2010) e dados de pesquisa.

As duas empresas são especializadas em gerenciamento de REEE, incluindo os aparelhos celulares. Somente a empresa de Betim aceitou participar da pesquisa. Ela atua há cerca de cinco anos no mercado e possui 10 funcionários. Tem como proposta principal a coleta, a descaracterização, a desmontagem e a separação desses materiais até a destinação final.

Atende todo o estado de Minas Gerais, mas não de maneira plena. A área de atuação predominante é a região metropolitana de Belo Horizonte (cerca de 80%) e o restante (20%) são outras cidades do estado. Chega a atuar fora do estado, mas é considerado insignificante.

É uma empresa que possui todos os tipos de registros exigidos pela prefeitura de Betim para atuar na área de REEE. Possui também licença ambiental, no entanto, a sua obtenção foi complicada e morosa, com um processo muito burocrático em função de nada, apenas pelo desconhecimento, segundo o proprietário:

“Pra eu licenciar a minha empresa, aqui em Betim, fazer a minha licença ambiental, ai levô (sic) um ano e tanto, porque não sabiam como me enquadrar, o que que eu era? Se eu era passível de licenciamento, se não era, se... é é...era um trem (sic) perigoso de outro mundo, se era um trem (sic) tranquilo. Então, na dúvida me colocaram como o pior do mundo, entendeu? (...) É, pro (sic) meio ambiente, como uma empresa que pode causar um desastre (Proprietário)”.

Para esta empresa os principais REEE, com maior valor agregado, seriam os equipamentos de informática e telecomunicação, como as CPU, computadores, *notebooks*, e aparelhos celulares. Portanto, a linha verde representa o maior ganho em termos de REEE. Com relação à chegada de material, as quatro linhas são quase equivalentes, chega de tudo um pouco. Então não existe um REEE de uma linha específica que se destaque.

Os fornecedores de REEE se dividem em indústrias, pessoas físicas e jurídicas, prefeituras do interior. Cerca de 70% do material que chega até a empresa é proveniente da cidade de Belo Horizonte. 90% dos materiais são processados e posteriormente comercializados. A maioria desses materiais segue para São Paulo, com exceção do metal e parte das placas que são absorvidas pelo mercado interno, dentro do estado. No geral, existem dois compradores para cada tipo de material que é separado, como ferro, plástico, metais não ferrosos, vidro, placa. Para celular, existem dois compradores na região.

A empresa possui diversos pontos de recebimento de REEE em Belo Horizonte, Betim, Conselheiro Lafaiete e algumas cidades do interior. Também é realizada na região metropolitana a coleta de “porta a porta” via agendamento telefônico. As pessoas ligam agendando e a empresa elabora as rotas para coleta desse material. Existem também as coletas que acontecem via campanhas, como semana do meio ambiente, em escolas, empresas parceiras, entre outros programas. A empresa disponibiliza coletores próprios para recebimento de diversos tipos de REEE (Figura 5.22), com exceção dos mais volumosos que são coletados via agendamento telefônico.



Figura 5.22 – Modelo de coletor de REEE da empresa

Fonte: Dados de pesquisa.

Em Belo Horizonte os pontos de recebimento de REEE estão distribuídos em aproximadamente 25 locais na cidade. A maioria dos coletores se localiza em prédios privados, exceto no edifício da secretaria municipal de meio ambiente (Figura 5.23). Os outros locais são: assistências técnicas, estacionamentos, supermercados, escolas, *etc.*



Figura 5.23 – Coletor de REEE da empresa em local público

Fonte: Dados de pesquisa.

Ressalta-se que a empresa não dispõe de coletores específicos para os aparelhos celulares. Eles costumam ser dispostos nos coletores com os demais REEE, como pode ser observado na Figura 5.23.

Quando os materiais chegam à empresa, eles são pesados e triados por tipo: linha branca, marrom, verde e azul. De acordo com o proprietário, isso facilita as etapas seguintes de descaracterização, desmontagem e separação dos materiais, como plástico, metais ferrosos e

não ferrosos, vidro, placa, etc. A ordem de prioridade para processamento dos materiais segue a demanda organizacional da empresa, ou seja, inicia-se o desmanche dos REEE mais nobres, com maior valor agregado e retorno financeiro mais rápido. Os demais equipamentos são processados posteriormente.

A empresa processa cerca de 30 a 40 toneladas de REEE, em média, por mês. Desse montante, os aparelhos celulares representam de 2 a 5%. Como não existem coletores específicos para os celulares, eles acabam chegando junto com os demais REEE. Segundo o proprietário, a maioria dos aparelhos chega inteira, mas sem bateria:

“É... é interessante isso, o pessoal tem tirado a bateria antes de descartar. A maioria chega sem bateria. Essas baterias, igual o pessoal procura muito a gente pra saber se a gente recebe bateria, e não. Então a gente não recebe e é... igual, eu acredito que o pessoal manda igual pra esses pontos que igual o Santander tem, a... o EPA, os... o Carrefour. Acredito que o pessoal mande pra lá (Proprietário)”.

Para os aparelhos celulares destinados pelas pessoas físicas existem duas opções de comercialização: inteiro sem bateria ou somente a placa, que possui um alto valor agregado. Porém, no momento eles têm sido vendidos inteiros, pois o seu processo de desmontagem é complexo e acaba elevando o custo operacional da empresa. A desmontagem dos aparelhos celulares ocorre apenas quando há um volume muito grande, o que raramente acontece. Então normalmente os aparelhos chegam à empresa, são acondicionados (Figura 5.24) e posteriormente comercializados inteiros sem bateria (Figura 5.25).



Figura 5.24 – Acondicionamento de aparelhos celulares na empresa

Fonte: Dados de pesquisa.

Os aparelhos celulares que são destinados por outras empresas passam por um processo de descaracterização, desmontagem e separação dos materiais para garantir o sigilo das informações, além da marca da empresa contratante. Nesse caso as baterias dos celulares são pagas para serem dispostas como resíduo perigoso. Elas são enviadas para um aterro classe I de uma empresa de Betim. Os demais resíduos de celular, como acessórios (fone de ouvido, carregador, *etc.*) são tratados em separado dos aparelhos. No geral, eles passam por um processo de separação dos *plugs* e cabos e são posteriormente comercializados (Figura 5.25).

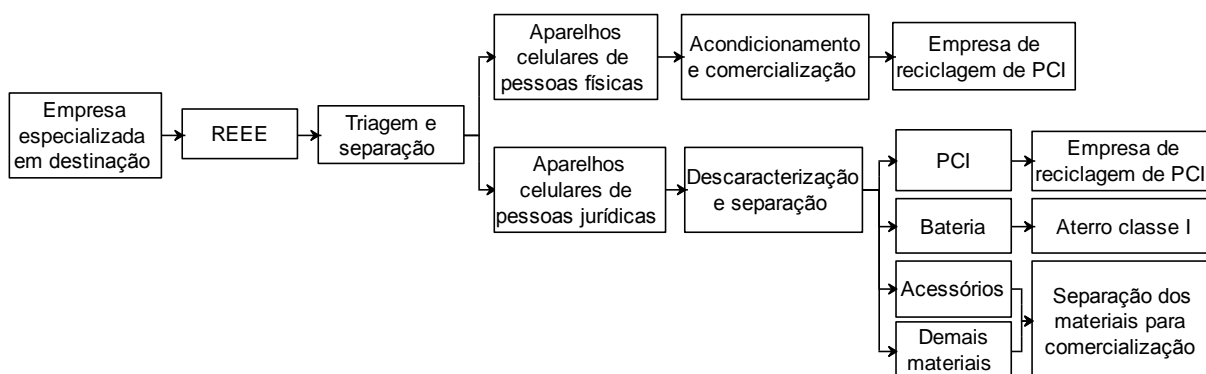


Figura 5.25 – Fluxo dos resíduos de aparelhos celulares da empresa especializada em destinação de REEE

Fonte: Dados de pesquisa.

De acordo com o proprietário, tudo é aproveitado. Até o fim de 2015 o faturamento da empresa com os aparelhos celulares correspondeu cerca de 2 a 5% com a comercialização do material (celular sem bateria).

A empresa também possui um serviço de rastreabilidade dos REEE até a sua destinação final. Ao final do processo, é emitido um certificado com o balanço final de destruição dos equipamentos com o peso bruto e os materiais em separado (plástico, vidro, metais, placa, *etc.*). Então a empresa contratante paga pelo serviço e não somente pela destinação do material.

Como rejeito do processo, a bateria do aparelho celular representa cerca 2%. Para todos os REEE o índice de rejeito sobe para aproximadamente 5%. Esse rejeito é formado por papelão, algumas resinas, madeira, borracha, alguns tipos de vidro (espelho, visor de rádio, *etc.*). O papelão é doado para uma associação de catadores local e o restante dos materiais é descartado no lixo comum. Segundo o proprietário, apenas a bateria de celular é paga para ser destinada como resíduo perigoso. O valor pago é entorno de R\$1,20/kg de bateria, tirando o

transporte até o aterro. A frequência de descarte é cada 6 meses e são descartadas aproximadamente 100kg de bateria.

A empresa não possui uma unidade para condicionamento de equipamentos eletroeletrônicos. Já houve procura de outras empresas para propor parcerias nesse sentido; entretanto, existe apenas a proposta única de destinação final de REEE e a prestação desses serviços a outras instituições.

O proprietário recomenda que, se uma pessoa tiver um equipamento que ainda funcione, procure doar para uma pessoa ou instituição que realmente precise do que enviar para a sua empresa:

“Se você vai doar o seu computador. Se fala assim: - Ele tá estragado? A não, ele funciona ainda? Se você achar que deve dá ele pra alguém, dê, entendeu? Ele vai ter muito mais utilidade do que mandar ele pra cá. Que aqui a gente vai é destruir mesmo, num vai dá uma sobrevida pra ele nem nada não (Proprietário)”.

Segundo ele, a criação de uma unidade para condicionamento de equipamentos não vale a pena, pois haveria a necessidade de se criar um corpo técnico dentro da empresa para assegurar uma garantia mínima na revenda desse equipamento usado (consertado) e que se armazena algum material ele tende a sofrer deteriorações ao longo do tempo até ser comercializado. Então, no ramo da reciclagem o mais importante é ter escala de material e o fluxo constante de entrada e saída desses REEE para processamento. Assim, todos os equipamentos que são destinados para esta empresa serão destruídos e os materiais posteriormente comercializados como matéria prima para diversos segmentos como: indústrias cerâmica e química, siderurgia, entre outros.

5.2.5 Grupo 5 – Empresas especializadas em classificação e reciclagem de PCI/REEE

Foram identificadas duas empresas especializadas em trabalhar com REEE, uma em classificação⁴ e outra com a reciclagem de PCI/REEE. A empresa especializada em

⁴ Classificação: Processo de triagem dos REEE e separação de PCI por tipo.

classificação de PCI/REEE possui duas unidades, uma em Belo Horizonte e outra em Betim. A empresa de reciclagem de PCI/REEE está localizada em Nova Lima (Figura 5.26).

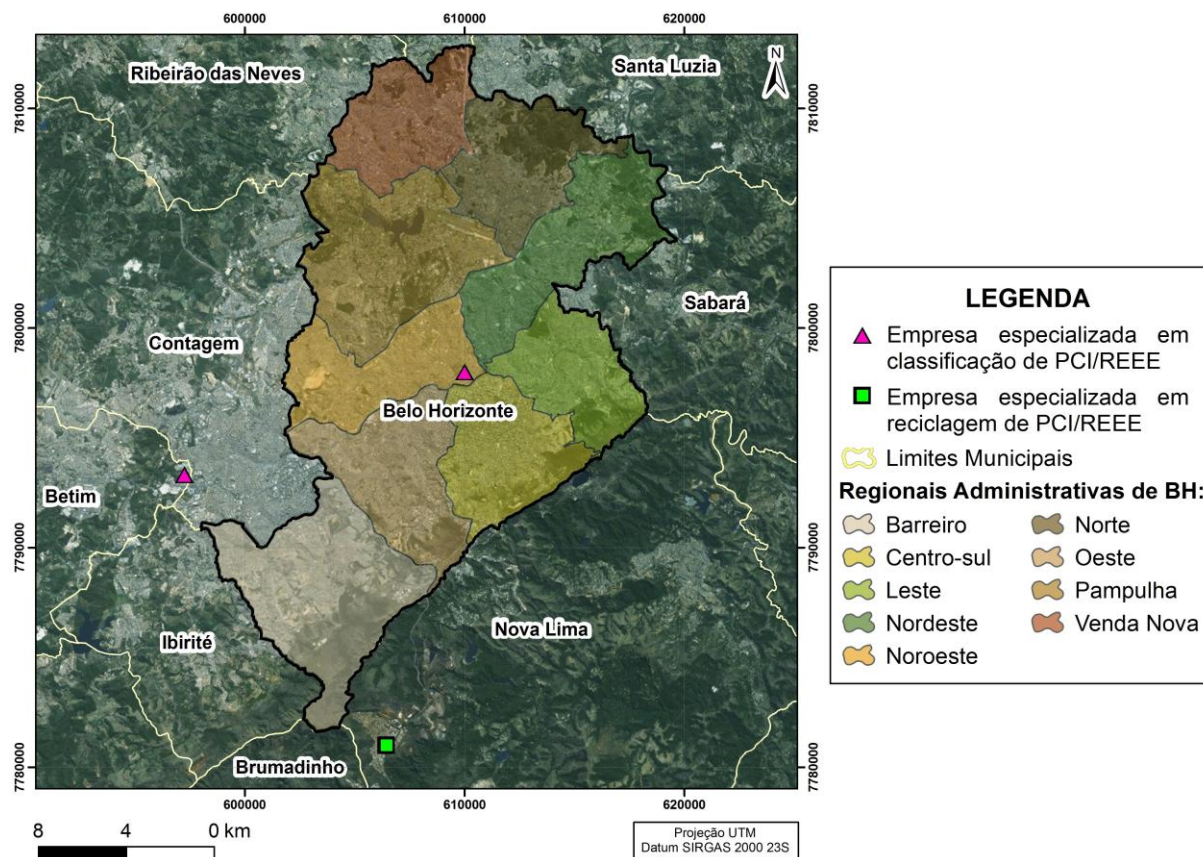


Figura 5.26 – Distribuição das empresas especializadas em classificação e reciclagem de REEE em Belo Horizonte e região

Fonte: IBGE (2010) e dados de pesquisa.

5.2.5.1 Empresa especializada em classificação de PCI/REEE

As duas unidades da empresa representadas na Figura 5.26 pertencem a uma empresa multinacional. Além das unidades de Belo Horizonte e Betim, esta multinacional possui outras 12 unidades no Brasil e está presente em 12 países. Seu foco principal é a extração de metais nobres como ouro, prata, paládio e platina, que possuem um alto valor agregado. Em entrevista realizada no dia 01/12/2015, o funcionário da unidade de Betim afirmou que cada unidade desta multinacional é tratada como uma empresa diferente. No Brasil a unidade matriz se localiza em São Paulo e as demais são filiais. As filiais que estão no litoral exportam os REEE direto para as purificadoras⁵, com exceção do “*high-grade*”, que são os

⁵ Purificadoras: Plantas industriais que realizam o beneficiamento dos materiais e refino dos metais contidos nas PCI. (Fonte: HAGELUKEN, 2006).

processadores de computadores e a PCI dos celulares. É o material mais nobre dos REEE e segue para matriz para ser posteriormente exportado para Alemanha.

A principal atividade da filial Betim é a compra diversos tipos de sucatas metálicas como placas de circuito impresso (PCI) de resíduos eletroeletrônicos, catalisadores automotivos, aço inox, medidores de energia, além de carvão ativado. Esta unidade é responsável por receber e reunir esses materiais de algumas filiais de outras regiões do Brasil, como Centro-oeste, Nordeste e Sudeste (Figura 5.27):

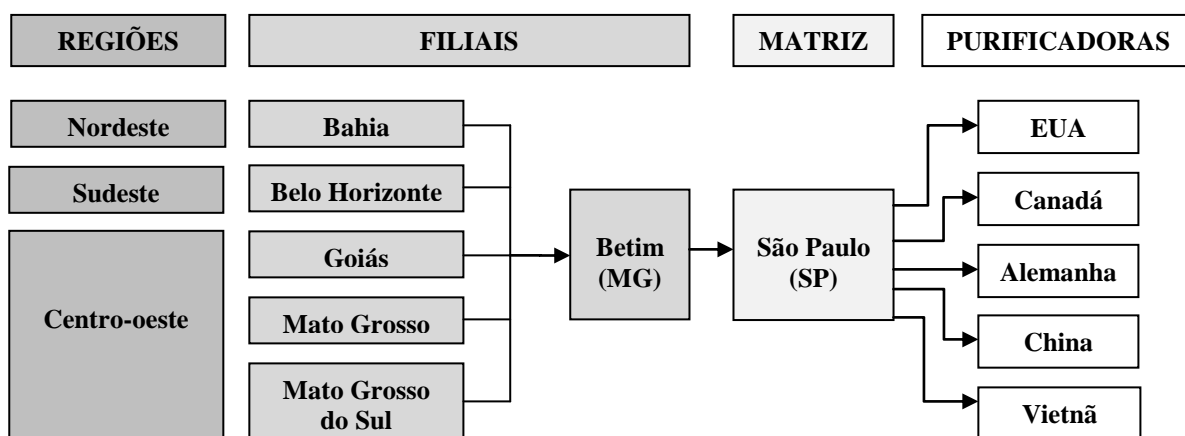


Figura 5.27 – Estrutura organizacional da empresa na região da área de estudo
Fonte: Dados de pesquisa.

Os materiais chegam até a filial Betim, são classificados e posteriormente são enviados para a matriz em São Paulo. No Brasil a empresa não possui unidade para extração de metais; então, os materiais são exportados para as unidades “purificadoras”. Ademais, cada tipo de material segue para um país diferente para extração dos metais.

Dos materiais provenientes dos REEE: HD; *drives* de CD e disquete; *cooler*; entre outros materiais, seguem para China. Os demais tipos de PCI dos REEE, menos nobres, são denominadas de “*media-grade*”. Elas são enviadas para o Canadá. As PCI “*media-grade*” são constituídas pelas placas mãe, placa de telefonia (central telefônica), placa de televisão, *etc.*

Ressalta-se que a filial Betim não recebe nenhum equipamento montado. As PCI de REEE chegam à empresa e passam por um processo de classificação e são posteriormente separadas por tipo: placa pesada, placa leve, placa leve com ponteira, placa leve sem ponteira, *etc.* De

acordo com o funcionário, essa classificação é realizada porque cada tipo de placa possui uma quantidade de componentes e por conseguinte concentração diferente de metais.

Após a classificação das placas, elas seguem para etapa de trituração e depois são acondicionadas em *big bags* ou em contêineres, de acordo com cada tipo de placa. As PCI “*media-grade*”, que são as placas intermediárias, são acondicionadas em *big bags* para enviar para São Paulo. Para exportação, as PCI “*media-grade*” e outros REEE são acondicionados em contêineres de 25 toneladas. Para cada lote (*big bag* ou contêiner) a empresa possui a rastreabilidade do material que foi triturado.

O “*high-grade*” por possuir um alto valor agregado é enviado para a matriz em São Paulo, com cerca de 250kg, sem haver a necessidade de passar pela etapa de trituração. Para exportação, o “*high-grade*” é acondicionado em contêineres de 10 toneladas. Os aparelhos celulares inteiros sem bateria seguem também para São Paulo; no entanto, são acondicionados em contêineres de no mínimo 20 toneladas. Em apenas alguns casos há a necessidade de realizar a descaracterização e a trituração dos aparelhos celulares. Geralmente isso ocorre para preservar a marca das grandes empresas fabricantes que retiram um produto do mercado, ou por outros motivos semelhantes.

Em ambos os casos esses materiais são enviados para a matriz em São Paulo. Como a matriz possui laboratório próprio, as demais filiais já ficam sabendo o valor exato que irão receber proporcionalmente, de acordo com cada lote enviado, antes do material ser exportado. Quando o material for processado nas unidades purificadoras o valor de cada lote irá coincidir e não haverá problemas de pagamento. Como cada unidade é uma empresa diferente, elas recebem proporcionalmente em função do material enviado para as purificadoras, que comercializa os produtos finais em ligas metálicas.

Como é apresentado na Figura 5.28 o material chega à unidade de Betim e é realizada a primeira pesagem bruta, do jeito que as PCI chegam (nas caixas, nos *big bags*, etc.). Após a pesagem, o material passa pela etapa de triagem para separação das PCI por tipo. Essa etapa é denominada de classificação. A classificação é realizada manualmente em placa por placa e as PCI são separadas em dois grupos, “*media-grade*” e “*high-grade*”. Alguns tipos de placas “*media-grade*” possuem uma estrutura que contém ferro e alumínio que precisam ser retirados para etapa de trituração. Cada funcionário chega a classificar aproximadamente uma tonelada

de PCI “*media-grade*” por dia. O ferro e o alumínio seguem em separado para São Paulo, onde se realiza a destinação final deste material.



Figura 5.28 – Estrutura operacional da empresa: A – Recebimento de material; B – Pesagem; C – Classificação; D - Trituração; E – PCI triturada; F – Material acondicionado

Fonte: Dados de pesquisa.

Como todos os materiais são enviados para a matriz, em São Paulo, o principal rejeito da filial Betim é basicamente as embalagens que chegam junto com os REEE. Em alguns casos chegam também itens que não são aceitos pela empresa e são devolvidos para os fornecedores, como fonte de *notebook*, carregador de aparelho celular, *etc.*

Após a classificação do material, as PCI “*media-grade*” seguem para etapa de trituração e as PCI “*high-grade*” (processadores e celulares) são acondicionadas inteiras. As PCI “*media-grade*” são pesadas antes e depois de cada etapa para verificar as perdas ao longo do processo.

As PCI “*media-grade*” trituradas são acondicionadas em *big bags* e depois são enviadas para São Paulo.

A filial Betim processou no ano de 2015 uma média 70 toneladas/mês de todos os tipos de PCI. A filial de Belo Horizonte é considerada uma “unidade varejo” para Betim. Ela enviou em 2015 cerca de duas toneladas/mês. O entrevistado justificou que essa discrepância ocorre pelos fornecedores de cada unidade e por Belo Horizonte estar focada em outro tipo de material, os catalisadores automotivos.

Os principais fornecedores de aparelhos celulares e placas dos celulares da filial Belo Horizonte são as lojas de assistência técnica especializada, os catadores autônomos e pessoas comuns que enviam pequenas quantidades (cerca de 2 a 20kg/mês). A filial Betim recebe os materiais da unidade de Belo Horizonte e de outros fornecedores, como associações de catadores, empresas especializadas em gerenciamento de REEE, entre outras. A unidade Betim é responsável também em processar o material que chega de diversas regiões, de todo Centro-oeste incluindo o Distrito Federal, Sudeste e sul da Bahia.

Os aparelhos celulares são a única exceção de chegarem equipamentos inteiros à filial Betim. Eles podem chegar inteiros ou somente a placa. Quando chegam à unidade eles são classificados em três grupos: celular “flip”, celular normal e a placa de celular, porém sem bateria. O entrevistado apresenta a seguinte justificativa para não receber as baterias dos aparelhos celulares:

“Não, sem bateria. Eu não compro bateria. Porque a bateria, o processo da extração do metal dele, que o principal metal dele é o lítio, então ele é um processo caro, não é qualquer purificadora que faz e o acondicionamento dele é perigoso. A bateria quando ela junta um volume muito grande pode dar sobrecarga e cê [sic] pode ocasionar algum tipo de acidente então a [empresa] optou por não comercializar esse tipo de material. Nem por doação (Entrevistado)”.

A principal diferença entre as três classificações é a quantidade de componentes, o que significa maior ou menor valor, dependendo do modelo, ou se chega só a placa. Como foi explicado pelo funcionário da empresa, o celular “flip” é aquele modelo que “abre e fecha” e cuja parte do visor (tela) é mais plástico, vidro e metal, o que significa impureza. Apenas a

outra parte, que contém a placa, é a que possui valor agregado. Com isso, o valor de mercado do celular “flip” é o mais baixo dos outros modelos. O valor de compra desse modelo é de aproximadamente R\$14,00/kg. Os aparelhos celulares comuns valem R\$25,00/kg e a placa do celular de qualquer modelo cerca de R\$60,00/kg. O entrevistado mencionou que os valores de compra dos aparelhos celulares podem variar de acordo com a quantidade e se o aparelho é mais antigo ou mais moderno. Foi afirmado que os celulares mais modernos possuem um teor mais baixo de metais; portanto, valem menos no momento da compra.

As placas de celular são compradas com componentes e sem os componentes. Geralmente as lojas de assistência técnica retiram os componentes das placas para reaproveitá-los no conserto de outros aparelhos celulares. Essas placas que já estão sem os componentes são compradas por R\$5,00/kg. As placas com componentes chegam a valer até R\$60,00/kg.

Em alguns casos o entrevistado informou que combina o pagamento por amostragem. Ele envia uma amostra para o laboratório em São Paulo e verifica se o lote de celulares está ou não dentro da faixa aceitável para compra por um determinado valor. Já aconteceram casos em que um lote de celular possuía um teor de metais aquém do esperado. Nesses casos o pagamento foi proporcional ao material, por cerca de R\$55,00/kg. Também foi mencionado de já ter acontecido o contrário, de um determinado lote de celulares ser pago um valor acima de R\$60,00/kg. No geral, o funcionário afirmou que o mais comum é o preço da placa do celular ficar na faixa de R\$55,00 a R\$60,00/kg.

Na filial Betim foram processadas cerca de duas a três toneladas, em média, para o ano de 2015, de aparelhos celulares e placas de celular por mês. Deste montante, a filial Belo Horizonte contribui com apenas 4 a 5kg/mês, aproximadamente.

Em âmbito nacional o “*high-grade*” representa 10% do faturamento da empresa, devido ao alto valor agregado desses materiais (processadores, placa de celular, *etc.*). Segundo o funcionário da empresa, existe um determinado tipo de processador que vale cerca de R\$450,00 a R\$500,00/kg. Em 1kg desse processador é possível extrair até 8 gramas de ouro, enquanto nas PCI de computador é preciso de 1 tonelada para extração de 180 gramas de ouro. O entrevistado não soube precisar a quantidade média de ouro extraída das PCI dos aparelhos celulares.

O entrevistado informou não haver rejeito no processo que envolve os aparelhos celulares. Eles passam apenas pelas etapas de triagem e classificação (Figura 5.29).

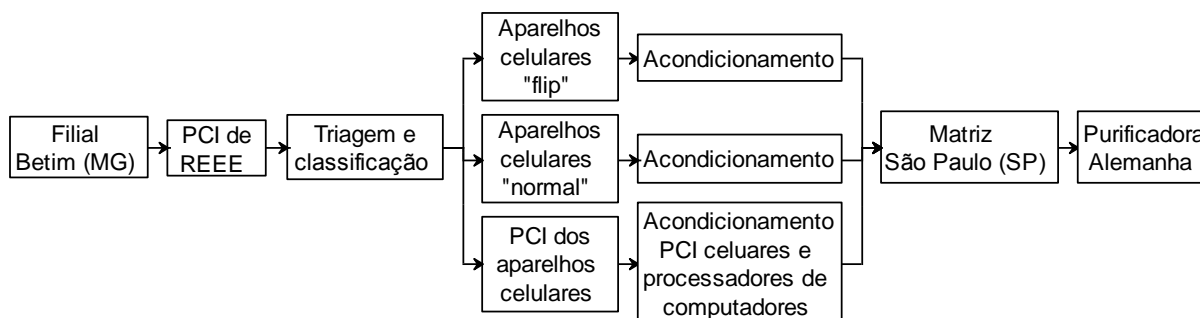


Figura 5.29 – Fluxo dos resíduos de aparelhos celulares da empresa especializada em classificação de PCI/REEE

Fonte: Dados de pesquisa.

Para a filial Betim o faturamento com todos os tipos de PCI é de cerca 80%. Em Belo Horizonte a receita com as PCI representa 25% do faturamento. Se considerados apenas os aparelhos celulares ou a PCI do celular, o faturamento da unidade de Betim é entorno de 3%. Levando em consideração apenas os aparelhos celulares e suas PCI, o faturamento da filial de Belo Horizonte é irrisório.

Os aparelhos celulares e as PCI dos celulares deixaram de serem triturados porque estavam estragando o equipamento. As PCI dos celulares são acondicionadas junto com os processadores (PCI “*high-grade*”). Os aparelhos celulares são enviados inteiros para São Paulo e posteriormente seguem para a Alemanha junto com a PCI “*high-grade*”. Alguns itens plásticos como as tampas traseiras dos aparelhos, carregadores, e as baterias costumam chegar à empresa; no entanto, esses materiais não são aceitos. Ocorre então uma tratativa com os fornecedores para destinação ou devolução deste material. A destinação ou devolução é custeada pelo fornecedor.

A empresa não possui um ponto de recebimento de REEE fixo em Belo Horizonte. O entrevistado afirmou que estes locais não valem a pena serem mantidos porque chega muito rejeito. A população não tem o cuidado de separar os materiais para fazer o descarte, o que inviabiliza o processo (ex.: aparelho celular com bateria). Além disso, o foco principal da empresa são as placas de REEE, que dificilmente são descartadas nesses locais por possuírem valor agregado. A empresa realiza coleta de placas de REEE, mas existem restrições de

quantidade mínima e distância. Em até 300km o funcionário da empresa mencionou que eles coletam no mínimo 200kg de PCI. Um dos locais mais distantes que eles realizam coleta é em Campo Grande/MS. A quantidade mínima nesse caso é de 800kg de placa verde para justificar o frete.

A filial Betim existe no mercado desde 2010. No primeiro ano ela cresceu 54%. De 2011 a 2015 o menor crescimento foi de 34% ao ano, acima da meta inicial da empresa de 20% ao ano (Figura 5.30).

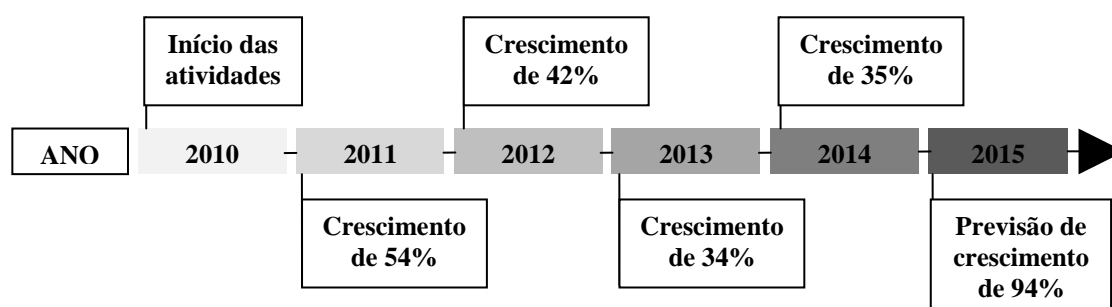


Figura 5.30 – Evolução do crescimento de mercado da filial Betim nos últimos anos
Fonte: Dados de pesquisa.

A queda apresentada ao longo dos anos de 2011 a 2013 foi ocasionada pela saturação do mercado local. Entre 2014 e 2015 a filial Betim se tornou responsável por receber os materiais de filiais que foram abertas em outras regiões do país. Em dezembro de 2015 o entrevistado estava prevendo um crescimento de 94% ao final do ano. Ele destacou que a crise econômica que o Brasil atravessou em 2015 não afetou o negócio da empresa no país.

Por fim, foi relatado que o mercado de REEE em algumas regiões do país, como Centro-oeste, Norte e Nordeste é considerado “virgem” e não se consegue fazer um planejamento de crescimento da empresa para os próximos anos. Todavia, o mercado nacional de REEE ainda é imensurável e apresenta um potencial de crescimento elevado.

5.2.5.2 Empresa especializada em reciclagem de PCI/REEE

No dia 11/01/2016 foi realizada uma visita técnica em uma empresa especializada em reciclagem de placas de circuito impresso (PCI) de REEE na região de Belo Horizonte (Figura 5.26). De acordo com o proprietário, a empresa é um *start up* de base tecnológica especializada em extração de metais provenientes das PCI dos REEE.

A ideia surgiu na década de 90 quando foi pesquisador em uma universidade de Miami (EUA). Nesta universidade existia um grande depósito de REEE e não se sabia o que poderia ser feito com esse tipo de material. Quando retornou para o Brasil atuou em uma empresa de mineração de ouro e percebeu que a ideia de extração de metais nobres a partir dos REEE era extremamente viável.

De acordo com o entrevistado, a mineração tradicional retira em média quatro gramas de ouro por tonelada de material processado, enquanto que para a mesma quantidade de PCI de aparelho celular é possível extrair até 900 gramas de ouro, valor muito superior do que se extrai na mineração tradicional e com a possibilidade de valorização de um resíduo que não se sabia como destinar corretamente.

Criada no final de 2013, a empresa iniciou suas atividades recebendo vários tipos de equipamentos eletroeletrônicos montados para serem reciclados. Como a ideia principal da empresa é trabalhar somente com as PCI dos REEE, os demais materiais como, carcaça plástica e metálica, vidro, entre outros componentes estavam inviabilizando o processo pelo custo da mão de obra e da destinação final deste rejeito.

Portanto, desde o início de 2015 existe uma parceria com uma empresa especializada no gerenciamento de REEE. Esta empresa realiza a descaracterização e desmontagem dos equipamentos, com exceção dos aparelhos celulares. As PCI e os aparelhos celulares são comercializados com a empresa de reciclagem. De todos os tipos de PCI, o foco principal da empresa de reciclagem são as placas da linha verde, incluindo os aparelhos celulares, pelo alto valor agregado. Segundo o entrevistado a placa do celular é a que possui melhor custo benefício para a empresa.

A área de atuação da empresa é bastante diversificada. Está localizada em uma cidade adjacente a Belo Horizonte e possui autorização ambiental de funcionamento emitida pelo órgão ambiental estadual.

A empresa possui fornecedores de PCI de toda a região metropolitana, além de várias cidades do interior de Minas Gerais e de outros estados, principalmente de São Paulo. Possui também parcerias com algumas ONG em campanhas de recolhimento de aparelhos celulares em Belo Horizonte e região; no entanto, os principais fornecedores desse material são os sucateiros

e/ou ferros-velhos. No geral, eles possuem escala para a comercialização do material e são mais organizados que os demais fornecedores, como catadores autônomos e associações e cooperativas de catadores, entre outros. Ademais, existem também algumas pessoas que compram as PCI dos aparelhos celulares nas lojas de reparos dos principais shoppings populares de Belo Horizonte e revendem para a empresa (entorno de 30 a 50kg/mês).

Outrossim, o mercado de Belo Horizonte e região representa apenas cerca de 5 a 10% das PCI dos aparelhos celulares que chegam até esta empresa de reciclagem. Os principais fornecedores desses materiais são de São Paulo. O proprietário destacou que em São Paulo o mercado é mais organizado e representa 90% das PCI dos aparelhos celulares que chegam à empresa. Além disso, se consegue comprar diretamente a PCI do celular separada dos demais materiais, como carcaça plástica e metálica, bateria, *etc*, e não precisar dispor de mão de obra para desmontar os aparelhos.

A empresa realiza coleta de PCI de toda a linha verde, principalmente de equipamentos de informática e telecomunicação. Contudo, eles só realizam geralmente a coleta nos grandes fornecedores como os sucateiros e/ou ferros-velhos que garantem a quantidade mínima de 100kg de placas.

A empresa recicla cerca de 3,5 toneladas/mês de todos os tipos de placas da linha verde e componentes (*chips*) de placa marrom. Desse montante, 1,5 toneladas são as PCI dos aparelhos celulares, ou “PCI *cell*”. O valor de compra da “PCI *cell*” varia de R\$50,00 a R\$60,00/kg. Já os aparelhos celulares são comprados por R\$15,00 a R\$19,00/kg. Ademais, os valores de compra dos aparelhos celulares são estipulados pelos teores médios de metais que são extraídos, 80% em função do ouro e os outros 20% da prata, paládio e cobre. A variação de preço ocorre em função da quantidade e do modelo dos aparelhos. No geral, quanto maior a quantidade e mais antigo o modelo, maior será o preço de compra pelo atrativo do material. Isso também acontece quando o material já está separado, por exemplo, as “PCI *cell*” dos demais materiais, como carcaça plástica e metálica, *display/touchscreen*, bateria, *etc*.

A reciclagem dos aparelhos celulares ocorre por meio de cinco etapas. A quantidade mínima aceitável para rodar o processo é de 200kg de aparelhos celulares inteiros ou 50kg de “PCI *cell*” por batelada. O tempo médio gasto para reciclar um aparelho celular é de 15 dias. A primeira etapa consiste na triagem dos aparelhos para retirada das baterias e pesagem do

material. Na segunda etapa, os aparelhos sem a bateria seguem para descaracterização e desmontagem. A carcaça plástica é separada dos demais materiais e é o rejeito inicial do processo. A carcaça metálica é acondicionada para comercialização. A terceira etapa consiste na remoção de componentes e limpeza das “PCI cell”. Os componentes removidos e separados são: câmera, vibrador, autofalante, microfone, *display/touchscreen*, entre outros. O entrevistado destacou que esses componentes estão sendo acondicionados separadamente para posterior processamento ou comercialização. A quantidade mínima para processamento de alguns desses componentes, como o *display*, é de 200kg/mês e a empresa prevê atingir essa marca em meados de 2016.

Na terceira etapa as PCI sem componentes vão para o processo térmico de limpeza na peneira rotativa, ou seja, para remoção dos *chips* e demais materiais aderidos. As PCI limpas, que saem dessa etapa, são denominadas de “PCI NKD” (*naked*). O material removido na peneira rotativa é enviado para separação manual dos *chips*. A quarta etapa é o processamento dos *chips* que possuem a maior concentração (80%) de metais nobres dos aparelhos celulares. A quinta e última etapa é o processamento das “PCI NKD” que possuem aproximadamente 50% de cobre, metal menos valioso, e basicamente cerca de 40% de fibra epóxi (Figura 5.31).

Para uma tonelada de aparelhos celulares inteiros em média de 50% do seu peso é a carcaça plástica com a bateria. Sem a bateria, a carcaça plástica representa cerca de 40% do peso. As PCI com componentes são aproximadamente de 30 a 40%; no entanto, vários componentes como os vibradores, microfone, autofalante, entre outros, não são processados. Após remoção desses componentes, as PCI com os *chips* representam 20 a 25%, ou seja, para uma tonelada de aparelhos celulares tem-se em média 200 a 250kg de PCI com *chips*.

De acordo com o proprietário, o principal metal a ser extraído das PCI é o ouro, seguido por prata, paládio e cobre. São extraídas cerca de 800 gramas de ouro por tonelada de PCI com *chips*. Ele afirmou que a maior concentração dos metais preciosos (80%) está presente nos *chips* das PCI. Na PCI NKD extrai-se cerca de 50% de cobre do seu peso.

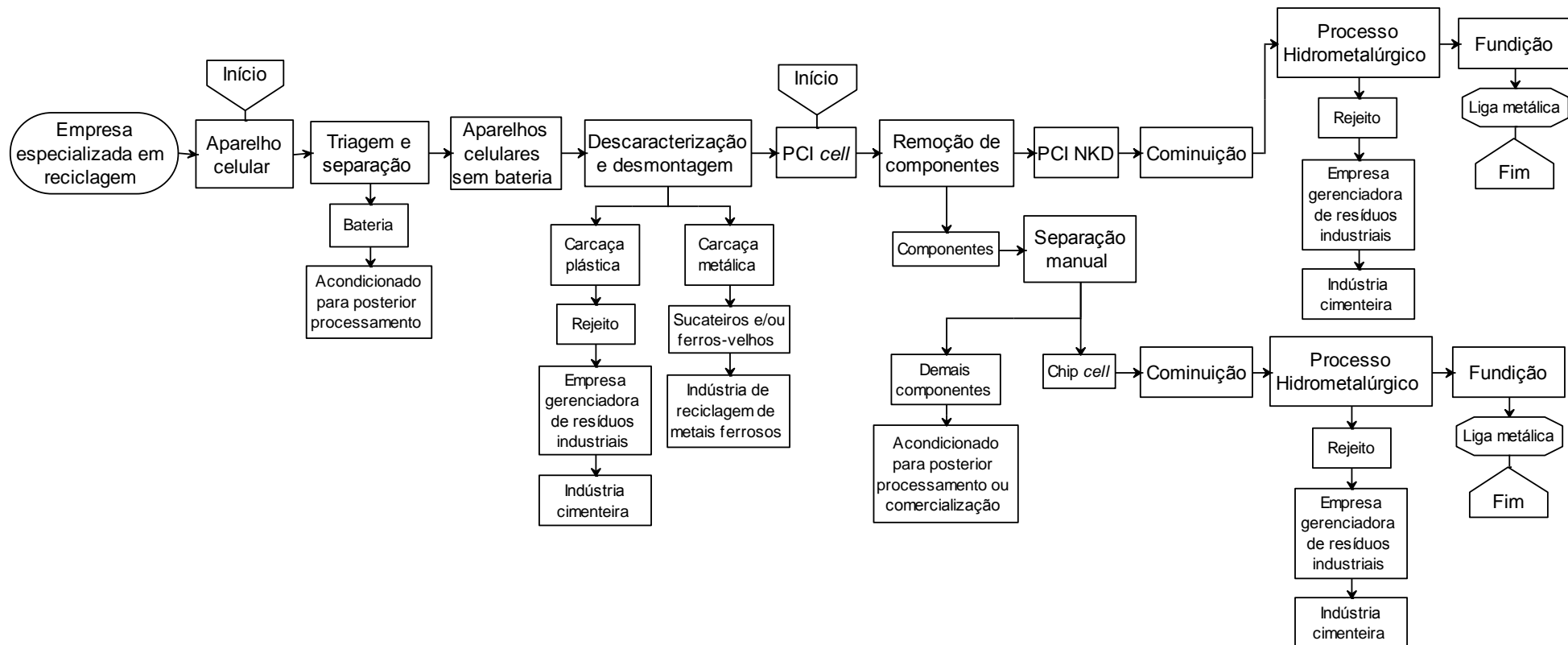


Figura 5.31 – Fluxo dos resíduos de aparelhos celulares da empresa especializada em reciclagem de PCI/REEE

Fonte: Dados de pesquisa.

O processo de extração dos metais nobres utilizado pela empresa é o hidrometalúrgico. A ordem de extração ocorre por prioridade dos metais: primeiro o ouro, em seguida em volume é a prata, depois o paládio e por último o cobre. A perda do processo de reciclagem dos aparelhos celulares até o final de 2015 estava na faixa de 15%. Essa perda acontece principalmente nas etapas térmicas de processamento dos componentes das “PCI cell”, que contêm aproximadamente 80% dos metais nobres. O proprietário tem buscado minimizar as perdas do processo com o reprocessamento de alguns materiais que são estocados por até seis meses.

Os principais acessórios que chegam até a empresa são os carregadores dos aparelhos celulares. Estes materiais são comercializados com outra empresa que realiza a separação do cobre dos fios e paga 30% do valor cometido.

As baterias que chegam à empresa geralmente são dos aparelhos celulares coletados através de campanhas. Ademais, é um volume pequeno que costuma chegar e elas estão sendo acondicionadas. De acordo com o proprietário, existe também a ideia de reciclar as baterias dos aparelhos celulares. Ele afirmou ainda que já realizou testes para recuperação de níquel e lítio, mas a escala de recebimento de baterias precisaria ser muito superior ao que foi no ano de 2015 e o alto investimento inicial para montar uma planta para processar esse material é inviável no momento. Para que fosse viável reciclar as baterias seria preciso que a empresa recebesse cerca de 3 a 4 toneladas/mês.

Quando questionado se a evolução dos aparelhos ou a variabilidade dos modelos poderia afetar o processo de reciclagem o entrevistado fez o seguinte comentário:

“É o seguinte, celular é igual vinho, quanto mais velho mais ouro, entendeu? Vinho, quanto mais velho melhor. Celular, quanto mais velho melhor, em questão de teor de metais. Então cê (sic) pega um celular da década de 90, costumava ter 10g de ouro num celular, aqueles Ericson antigos, tinha procura. Aquilo é uma mina de ouro ali dentro. Eu digo que o tempo foi passando, foi diminuindo, foi compactando, compactando. Hoje cê (sic) tem celulares aí, extremamente com o essencial. Hoje a média do celular é 0,04 gramas de ouro por celular (Proprietário)”.

O proprietário destacou que, por mais que venha ocorrendo à redução do teor de metais por aparelho celular ao longo dos anos, a rentabilidade da sua reciclagem ainda é muito viável, cerca de três vezes do valor de compra do resíduo.

O principal material que é considerado rejeito pela empresa é a carcaça plástica dos aparelhos celulares pela dificuldade de armazenamento e comercialização. Com a carcaça plástica também é gerada uma “borra” no processo hidrometalúrgico. Segundo o proprietário, essa “borra” é constituída basicamente por fibra de vidro, epóxi, sílica, além de pequenos teores de metais advindos da perda do processo. As carcaças plásticas são descartadas semanalmente e a “borra” do processo em média de duas vezes ao ano, após ser reprocessada com a finalidade de minimizar a perda do processo. Foi informado que as carcaças plásticas e demais rejeitos (“borra”) do processo de reciclagem são enviados para uma empresa gerenciadora de resíduos industriais de diversos segmentos, que realiza posteriormente a destinação final destes materiais em uma indústria cimenteira. São pagos R\$10,00/kg para descarte desses materiais.

No processo de reciclagem das PCI dos aparelhos celulares são extraídos alguns metais nobres como, ouro, prata e paládio. O produto final é comercializado através de ligas metálicas com teores de metais variados de acordo com a demanda do mercado. As ligas metálicas de ouro, prata e paládio são quase todas exportadas e comercializadas com uma refinaria em Miami (EUA). Esta refinaria purifica essas ligas metálicas e elas retornam para o mercado por meio de joalherias, entre outros segmentos.

Outros produtos do processo, como o cobre granular e em pó, são comercializados no Brasil, em Betim e São Paulo, respectivamente. A empresa também consegue receita com alguns componentes da placa, como inox, vibrador, entre outros, mas o principal retorno são os metais preciosos. Em termos de faturamento, os aparelhos celulares e suas placas representam cerca de 70% da receita.

Segundo o proprietário, a mineração urbana dos REEE é uma atividade que tem tudo para dar certo no Brasil, porém até o final de 2015 o que aconteceu na verdade foi a “garimpagem urbana”. É uma atividade que ainda precisa de mão de obra qualificada e uma classificação específica.

“Hoje, Minas não tem uma mineração urbana, ela tem uma garimpagem urbana, tá (sic). E essa garimpagem envolve aí o trabalhador menos remunerado, que é o catador até o cara que fica lá sentado na bancada tirando o seu ourinho e as coisas assim. Mas é uma atividade que necessita uma melhor qualificação um melhor ordenamento, ordenação da atividade com, por exemplo, criação de CNAE, entende? Não tem CNAE pra reciclagem de eletrônico. A reciclagem de eletrônico dos dois, ou é ferro-velho e metalurgia, mas ela não é ferro-velho e também não é a metalurgia. No convencionalismo, é a metalurgia voltada pra eletrônico. Ela é bem diferenciada, não é metalurgia de mina como é feita (Proprietário)”.

A principal dificuldade da empresa é falta de investimentos no seguimento no Brasil. Outros aspectos mencionados foram a captação de material até a empresa e a mão de obra desqualificada. Ele acredita que a grande parcela dos aparelhos celulares em desuso ainda se encontra nas gavetas da população e que falta haver uma maior divulgação para recolhimento desses materiais.

Em quase três anos de existência a empresa já realizou umas 20 campanhas de recolhimento de aparelhos celulares. As mais rentáveis foram aquelas que tiveram um apelo maior, como a sustentabilidade ou associado à ajuda contra alguma doença.

Por fim, o entrevistado afirmou que as pessoas só doam os aparelhos celulares usados “por mando ou por dó”. Contudo, ressaltou que existe um potencial de crescimento muito grande no mercado de reciclagem de REEE.

5.2.6 Grupo 6 – Locais de destinação e disposição final de REEE

Foram identificados 39 locais de destinação e disposição final de REEE em Belo Horizonte e região (Figura 5.32). Entre eles, estão: três unidades de entrega provisória (UEP); 32 unidades de recebimento de pequenos volumes (URPV); três centrais de tratamento de resíduo sólido (CTRS) nos municípios de Belo Horizonte, Sabará e Santa Luzia, respectivamente; e um aterro industrial privado no município de Betim.

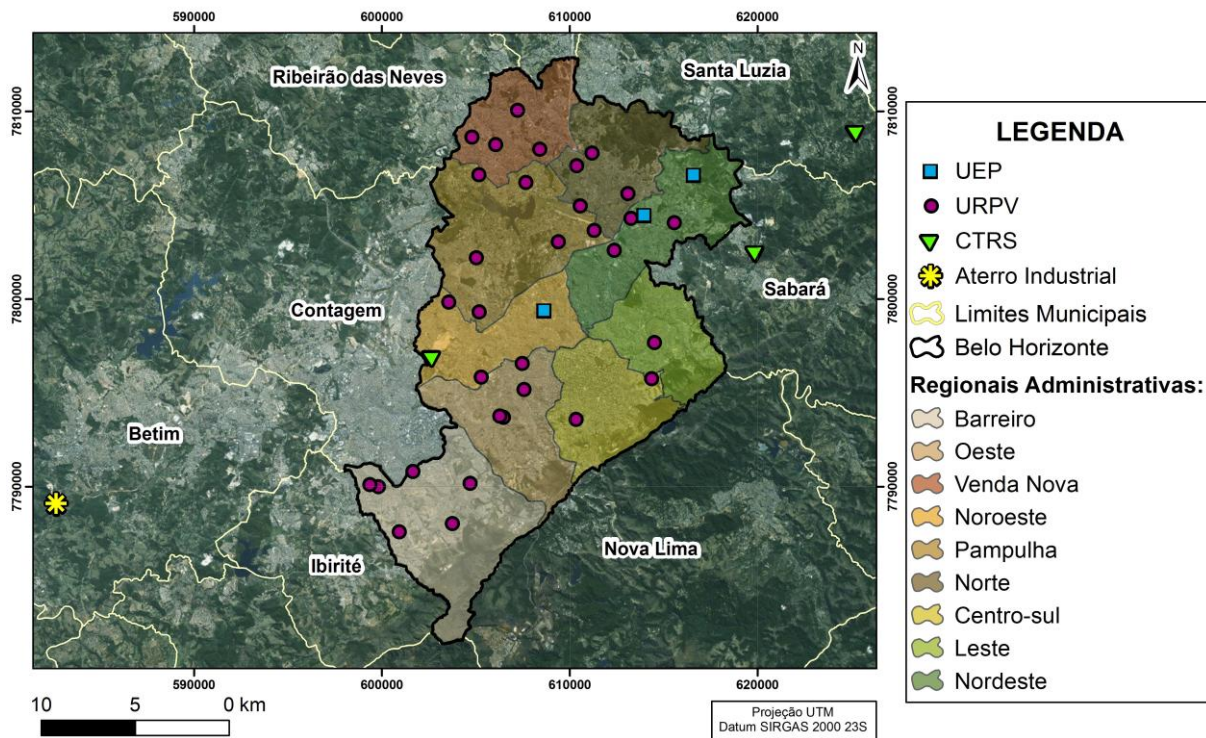


Figura 5.32 – Distribuição dos locais de destinação e disposição final de REEE em Belo Horizonte e região

Fonte: IBGE (2010) e dados de pesquisa.

5.2.6.1 Entrepasto (UEP e URPV)

Segundo o departamento de projetos especiais da SLU, existem 32 unidades de recebimento de pequenos volumes (URPV) e três unidades de entrega provisória (UEP), distribuídas nas regionais de Belo Horizonte (Figura 5.32). As URPV são locais disponíveis para a população destinar os resíduos de construção civil (RCC) e resíduos volumosos (RV). Os RCC e RV aceitos nas URPV são definidos pelo anexo I, da lei municipal nº 10.522/2012, como é destacado na ficha de “controle de recebimento diário de resíduos nas URPV” (ANEXO B). As UEP têm a mesma finalidade das URPV; entretanto, não possuem toda a infraestrutura que caracteriza uma URPV padrão da SLU. Até o início de 2016, estavam em operação três UEP nas regionais nordeste e noroeste de Belo Horizonte.

Como pode ser observado na ficha de “controle de recebimento diário de resíduos nas URPV” (ANEXO B), não é feita menção aos REEE, apenas aos equipamentos domésticos inutilizáveis. Com isso, foi realizado por meio de contato telefônico um levantamento dos tipos mais comuns de REEE que chegam até as URPV e UEP, uma vez que não há a

proibição de receber esses resíduos nessas unidades, como destaca o artigo 27, da lei municipal nº 10.522/2012.

Foi realizado contato telefônico em 26 URPV (das 35 URPV e UEP existentes), entre os dias 21/08/2015 e 24/08/2015. Destas ligações, em 25 URPV os funcionários responsáveis e/ou que responderam aos questionamentos afirmaram receber qualquer tipo de REEE em suas unidades, incluindo os aparelhos celulares. As únicas restrições impostas pela maioria foram com relação ao volume que seria enviado. Alguns deles demonstram preocupação de serem enviados grandes volumes de REEE. Outros funcionários pareceram ser mais flexíveis quanto a isso, mencionando inclusive que poderia ser feito mais de um descarte no local por dia.

De todos os contatos realizados, dois casos curiosos chamaram a atenção pelas respostas dos funcionários com relação aos resíduos de celular. Um respondente informou receber todos os tipos de REEE, mas que só aceitava receber os aparelhos celulares sem bateria, pois ela poderia “explodir debaixo da terra”. Outro respondente afirmou a princípio receber todos os tipos de REEE, com exceção dos aparelhos celulares sob a justificativa que alguém havia-lhe informado que os celulares causam câncer. Quando questionado sobre os riscos dos demais REEE, ele desconversou e falou que podia levar os resíduos que “dava um jeito”.

Apenas em uma URPV o funcionário responsável informou não aceitar receber esse tipo de material em sua unidade com a justificativa que era “proibido”. No entanto, depois de algum tempo na ligação, o funcionário admitiu aceitar receber televisores e aparelhos celulares para retirar peças, mas com a ressalva que o material enviado não iria ficar na unidade. Não foi possível fazer contato telefônico nas outras nove URPV e três UEP, por não haver telefone nestas unidades ou não atenderem as ligações.

No dia 14/12/2015, foram visitadas duas URPV. Elas foram selecionadas por meio de indicação de um funcionário da SLU como duas das principais URPV que mais enviam REEE para a central de tratamento de resíduos sólidos (CTRS) da BR-040. Foi verificado nas duas unidades um quadro com as normas de funcionamento das unidades, com os materiais que são aceitos e a forma de descarte (até 2m³/dia). Na primeira unidade não foi identificado nenhum equipamento eletroeletrônico inteiro, apenas algumas partes, como: pedaços de placas, partes de motores elétricos, tomada (*plug*) e tubo de televisão (Figura 5.33).



Figura 5.33 – REEE identificados na URPV “1”

Fonte: Dados de pesquisa.

Não foi identificado também nenhum aparelho celular ou partes dele. De acordo com o funcionário do local, não ocorre a descaracterização e/ou a comercialização dos REEE que chegam à unidade. Foi informado também que esses materiais (Figura 5.33) são enviados para o CTR Macaúbas em Sabará. O transporte é realizado por uma empresa terceirizada da SLU. Todavia, acredita-se haver indícios que parte dos REEE está sendo comercializado com terceiros e que somente alguns componentes são enviados para aterragem. Na outra URPV visitada foram identificados diversos tipos de REEE, entre eles: geladeira, televisores, aparelhos de som, computadores e impressoras, telefone, máquinas de lavar roupas, bateria de celular (em destaque na Figura 5.34), entre outros REEE.



Figura 5.34 – REEE identificados na URPV “2”

Fonte: Dados de pesquisa.

O funcionário desta unidade informou que os REEE que chegam são desmontados e a sucata ferrosa é posteriormente comercializada com um ferro-velho por R\$0,20/kg. No dia da visita a URPV, o ferro-velho mencionado estava carregando o caminhão com os materiais de interesse, entre eles os REEE, como pode ser visto na Figura 5.35. De 15 em 15 dias os funcionários da URPV comercializam cerca de três toneladas de sucata ferrosa.



Figura 5.35 – REEE comercializados pela URPV “2”

Fonte: Dados de pesquisa.

As placas de REEE são separadas dos demais materiais por possuírem um valor diferenciado da sucata ferrosa. São comercializadas para uma pessoa física que vai à unidade semanalmente. Essa pessoa paga cerca de R\$10,00 a R\$20,00 por uma determinada quantidade de placas. Segundo o funcionário da URPV, os aparelhos celulares raramente chegam e são comercializados junto com as placas. Os demais materiais (REEE) que não são comercializados são enviados para o CTR Maquiné em Santa Luzia (Figura 5.36).

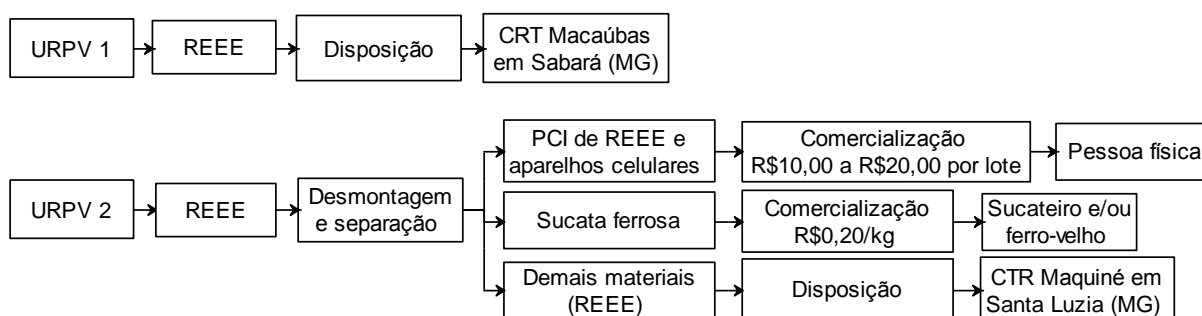


Figura 5.36 – Fluxo dos resíduos de aparelhos celulares nas URPV visitadas

Fonte: Dados de pesquisa.

As duas URPV visitadas comprovaram ser locais comuns de destinação dos mais variados tipos de REEE. Esses materiais geralmente são levados pela população do entorno das

unidades e por carroceiros que prestam esse tipo de serviço. Eles cobram cerca de R\$30,00 a R\$35,00 por carga.

Com relação ao descarte dos “rejeitos”, material não comercializado, os funcionários das duas URPV não souberam explicar com clareza como é realizada a disposição desses rejeitos. Foi informado apenas que estes locais seriam o CTR Macaúbas (em Sabará) e o CTR Maquiné (em Santa Luzia), para as URPV “1” e “2”, respectivamente. Por fim, foi mencionado ainda que o transporte desses materiais é realizado por uma empresa terceirizada da SLU.

5.2.6.2 CTRS

No dia 03/12/2015, foi realizada uma visita técnica na central de tratamento de resíduos sólidos (CTRS) da BR-040. Segundo o entrevistado, essa unidade da SLU possui uma divisão de reciclagem de resíduo de construção civil. Recebem diariamente 200m³ de RCC. Existe outra unidade na regional Pampulha que recebe 100m³/d.

Foi informado que os RCC que chegam às unidades são de empresas de caçambas, construtoras, de algum empreendimento e/ou pequenas obras, além das URPV. A restrição de descarte de RCC nas unidades (CTRS BR-040 e Pampulha) é de que o material seja “limpo”, ou seja, que não haja outros tipos de resíduos junto com os entulhos das obras. Qualquer pessoa física ou jurídica pode realizar o descarte de no máximo 25m³/d de RCC nas CTRS.

De acordo com o entrevistado, quando os descartes são realizados nas CTRS existe uma inspeção visual que é feita para certificar que a carga não exceda 10% de contaminantes para não afetar a reciclagem dos materiais nas unidades. Após o recebimento dos RCC é realizada também uma triagem dos entulhos para separação manual dos contaminantes, que são em seguida acondicionados temporariamente para futura disposição final (Figura 5.37).



Figura 5.37 – Triagem e separação manual dos contaminantes na CTRS BR-040

Fonte: Dados de pesquisa.

Foi informado que estes contaminantes (rejeitos) são geralmente formados por madeira, plástico, saco de cimento, além dos REEE. Desde o início da operação da CTRS BR-040 já foram identificadas algumas partes dos REEE, como carcaça de computador, televisão, impressora, vídeo cassete, carcaças plásticas, entre outras coisas (Figura 5.38).

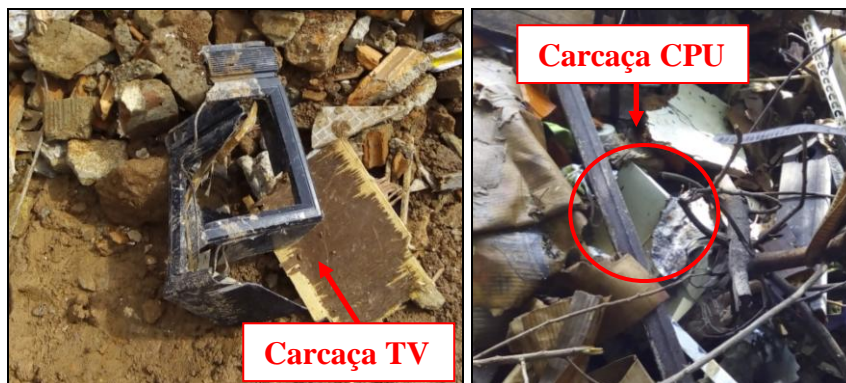


Figura 5.38 – Rejeito do processo de reciclagem de RCC na CTRS BR-040

Fonte: Dados de pesquisa.

O funcionário ressaltou que as principais formas de chegada de REEE na CTRS BR-040 são através dos caçambeiros e das URPV. Segundo ele, como não há um controle rigoroso do material que está sendo descartado nas URPV e por as caçambas serem alocadas nas ruas facilita a chegada desse tipo de material até a sua unidade.

“Às vezes os caçambeiros, os caçambeiros trazem. Que é o caso da caçamba ta na rua, o a pessoa tem lá o eletroeletrônico, joga dentro da caçamba e traz pra nós. Acaba vindo pra cá. Acaba que vem alguma coisa também de URPV (Entrevistado)”.

Até o dia da entrevista (03/12/2015), não foi identificado pelo respondente nenhum aparelho celular, apenas alguns acessórios como o carregador, que raramente compõem o rejeito. Como a SLU não possui uma unidade própria para receber os REEE, o entrevistado informou que estes materiais são enviados juntos com os demais rejeitos para a central de tratamento de resíduos (CTR) de Maquiné, que fica localizada em Santa Luzia.

Foi realizado contato via *e-mail* com os responsáveis técnicos das CTR Maquiné e Macaúbas. Em resposta, no dia 17/12/2015, a responsável técnica da CTR Maquiné afirmou não receber REEE na sua unidade. Quando questionado sobre alguns funcionários da SLU que mencionaram enviar os REEE para a CTR Maquiné, a respondente voltou a afirmar não

receber REEE na unidade e que se for identificado algum material do tipo vindo de URPV ele é devolvido. Dos anos que trabalha na empresa, ela ressaltou que em apenas uma ocasião presenciou uma situação semelhante e que o material foi devolvido para o seu endereço de origem:

“Eu e os funcionários da empresa já presenciamos esta situação aqui somente uma vez. Portanto o único processo que temos CASO eventualmente chegue será carregá-lo de volta no caminhão (Responsável técnica da CTR Maquiné)”.

Em resposta, também no dia 17/12/2015, o responsável técnico da CTR Macaúbas apenas informou que a unidade é um empreendimento para atendimento à disposição final de resíduos sólidos urbanos classe II na região metropolitana de Belo Horizonte. Não foi feita nenhuma menção aos REEE, como havia sido questionado anteriormente.

Em ambas centrais (Maquiné e Macaúbas) foi negado ou não foi admitida a chegada dos REEE. Entretanto, além de alguns funcionários responsáveis das URPV, o entrevistado da SLU da CTRS da BR-040 confirmou que os seus rejeitos são enviados para o CTR Maquiné. Assim como na outra central (Macaúbas), acredita-se, portanto, que os REEE seguem para o aterramento nessas unidades por não conseguirem ser identificados.

5.2.6.3 Aterro Industrial

Foi identificada uma empresa responsável pela disposição final e valorização de resíduos de origem industrial e domiciliar urbano, entre eles os REEE. O funcionário informou que eles recebem resíduos de todo o estado de Minas Geras e de outros estados das regiões Nordeste, Centro-oeste e Norte do país.

Com relação aos REEE, foi informado que em Minas Gerais há uma demanda pequena para disposição destes materiais. Recebem geralmente apenas alguns tipos de REEE de indústrias. Os REEE que chegam inclusive os aparelhos celulares ou partes deles são enviados para uma unidade classe I da empresa, onde são descaracterizados e posteriormente dispostos no maciço de resíduos perigosos. Foi mencionado existir uma empresa local, especializada em gerenciamento de REEE, que envia alguns tipos de REEE, entre eles bateria de celular para serem dispostos.

Há um controle de qualidade (laboratório de inspeção) que verifica as cargas que chegam à empresa. Os funcionários de campo também são treinados para identificar alguma inconformidade. Nos raros casos ocorridos, foi relatado pelo respondente que há contato com o cliente para tratativa, onde é ofertada a descaracterização e disposição em aterro classe I ou devolução do material.

5.2.7 Grupo 7 – Entidades gestoras

Participaram da pesquisa cinco entidades gestoras, sendo: a representante do setor empresarial (ABINEE); a Superintendência de Limpeza Urbana (SLU) e três gerências (Gerência de licenciamento de atividades industriais – GELAI; Gerência de avaliação e controle de atividades econômicas – GECAE; e Gerência de educação ambiental – GEEDA) da Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMMA) de Belo Horizonte; a Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM); e a Secretaria de Recursos Hídricos e Meio Urbano do Ministério do Meio Ambiente (MMA) (Figura 5.39).

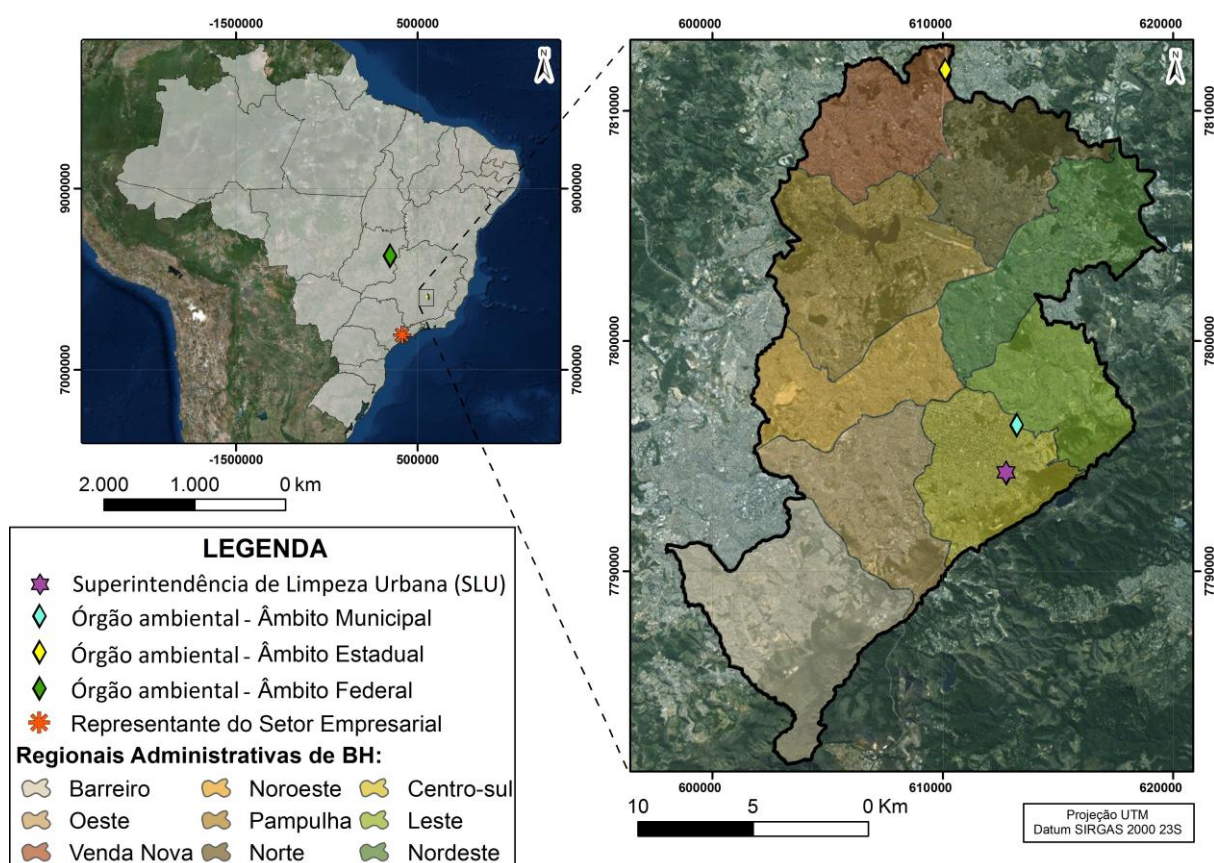


Figura 5.39 – Localização das entidades gestoras em Brasília, São Paulo e Belo Horizonte
Fonte: IBGE (2010) e dados de pesquisa.

5.2.7.1 Superintendência de Limpeza Urbana (SLU)

A SLU é uma autarquia municipal que foi criada em 1973 para ser responsável pela elaboração, controle e execução de programas e atividades voltados para a limpeza urbana de Belo Horizonte. Os principais serviços prestados são a coleta domiciliar de resíduo sólido urbano, varrição, capina, aterramento de resíduos, coleta seletiva, reciclagem de resíduos da construção civil e compostagem (SLU, 2016a).

No fim de janeiro de 2016, houve retorno do departamento de programas especiais da SLU quanto ao roteiro de entrevista enviado por *e-mail*, como havia sido solicitado.

Segundo o departamento de programas especiais da SLU, ainda não há um procedimento de gestão oficial dos REEE em Belo Horizonte, tendo em vista que o acordo setorial não foi concretizado. Foi informado que a SLU tem mantido contato constante com as instituições estaduais responsáveis pela implantação dos acordos setoriais no sentido de acompanhar e auxiliar a construção da logística reversa dessa cadeia produtiva.

A entrevistada destacou que todos os atores identificados que atuam na cadeia pós-consumo dos aparelhos celulares em Belo Horizonte encontram dificuldades na gestão dos resíduos, pois a logística reversa dos REEE ainda não foi constituída e há muitos atores envolvidos (dos produtos importados) que estão fora de atuação dos âmbitos municipal, estadual e federal. O poder público, no âmbito da sua competência, deve normatizar as atribuições dos diversos atores envolvidos nessa cadeia e realizar campanhas de esclarecimento para a população sobre a redução da geração dos resíduos e de sua correta destinação final. Em Belo Horizonte, a SLU pode vir a contribuir em alguma etapa da logística reversa dos REEE, incluindo os aparelhos celulares, cobrando pelo serviço prestado.

O departamento de programas especiais da SLU ressaltou que é muito difícil controlar e fiscalizar os processos de desmontagem e a destinação final dos componentes dos REEE, na ausência de regulamentação da legislação específica sobre manuseio deste material. Em especial, daqueles componentes que apresentam características de periculosidade, o que pode deixar as pessoas envolvidas, a sociedade em geral e o meio ambiente expostos a situações de risco.

Em Belo Horizonte, os REEE são classificados como resíduos especiais de acordo com a lei municipal 10.534/2012⁶. Ademais, a destinação adequada destes resíduos é de responsabilidade do gerador. No entanto, há grandes demandas dos munícipes quanto a orientações sobre o descarte correto dos REEE. Como no município não existe uma legislação específica para a destinação dos REEE, a SLU tem indicado algumas empresas privadas que oferecem o serviço de coleta e destinação desses materiais.

A entrevistada mencionou que a prefeitura de Belo Horizonte (PBH) junto a SLU pode contribuir na melhoria da gestão dos REEE a partir da oficialização do acordo setorial, e assim elaborar procedimentos e normas regulamentando o fluxo dos REEE no município, licenciando as empresas recicladoras, entre outras coisas. Ela frisou ainda que o município pouco pode avançar neste tema, e que se houver uma iniciativa prévia da PBH e da SLU pode acarretar ônus para toda a sociedade, atenuando as responsabilidades dos demais atores envolvidos.

A entrevistada acredita que, dentre os REEE, os aparelhos celulares e seus componentes, juntamente com os computadores, sejam os resíduos que agreguem maior valor após o processo de segregação. Todavia, ela considera a cadeia pós-consumo dos REEE muito complexa e que, para viabilizá-la, seria melhor desmembrá-la em várias subcadeias como: aparelhos celulares; computadores; televisores; aparelhos da linha branca com componentes eletrônicos; e assim por diante.

5.2.7.2 Órgão ambiental no âmbito municipal

Segundo o portal da prefeitura de Belo Horizonte (PBH, 2016), a secretaria municipal de meio ambiente (SMMA) dispõe de uma estrutura que possibilita a implementação da política ambiental no município. Possui várias gerências específicas que visam a atender diversas demandas ambientais, incluindo o licenciamento de atividades de impacto.

⁶ Lei municipal nº 10.534/2012: “Dispõe sobre a limpeza urbana, seus serviços e o manejo de resíduos sólidos urbanos no município, e dá outras providências”. [Fonte: <https://leismunicipais.com.br/a/mg/b/belo-horizonte/lei-ordinaria/2012/1053/10534/lei-ordinaria-n-10534-2012-dispoe-sobre-a-limpeza-urbana-seus-servicos-e-o-manejo-de-residuos-solidos-urbanos-no-municipio-e-da-outras-providencias>].

Participaram da presente pesquisa três pessoas ligadas as seguintes gerências: de licenciamento de atividades industriais (GELAI); de avaliação e controle de atividades econômicas (GECAE); e de educação ambiental (GEEDA).

De acordo com o portal da prefeitura de Belo Horizonte (PBH, 2016), a GELAI e a GECAE são gerências de 2º nível subordinadas a gerência de licenciamento de empreendimentos de impacto (GELA). A GELA é responsável por coordenar as atividades relacionadas ao licenciamento ambiental de empreendimentos de impacto nas áreas de infraestrutura, indústria, comércio e prestação de serviços; análise e liberação de parecer ambiental, para subsidiar a concessão do alvará de localização e funcionamento, para atividades econômicas potencialmente poluidoras. A GEEDA também é uma gerência de 2º nível e é incumbida da gestão das políticas de educação ambiental no município.

Pelo que foi informado pela entrevistada da GEEDA, não houve até o fim de 2015, em Belo Horizonte, um projeto de educação ambiental voltado apenas para os REEE. A entrevistada mencionou que algumas campanhas têm sido realizadas em escolas municipais, comunidades carentes, condomínios e associações de bairro. Mas a temática dessas campanhas é abrangente. Temas como recursos hídricos e resíduos orgânicos já foram trabalhados. O passo seguinte, de acordo com a entrevistada, é trabalhar com a questão dos resíduos sólidos, com a inclusão dos REEE. A primeira preocupação dos REEE seria aqueles considerados com um maior potencial contaminante para o meio ambiente.

A entrevistada também mencionou algumas iniciativas de criação de coletores específicos para recebimento de pilha e baterias, além de lâmpadas fluorescentes (Figura 5.40).



Figura 5.40 – Coletores de lâmpadas fluorescentes (esq.) e de pilhas e baterias (dir.) da GEEDA

Fonte: Dados de pesquisa.

A ideia da GEEDA é disseminar esses coletores nos locais participantes das campanhas de educação ambiental, como escolas municipais, associações de bairros, comunidades carentes, etc. Ela ainda ressaltou que as campanhas ambientais devem ser melhores difundidas para alcançar o maior número de pessoas:

“A gente vê infelizmente pessoas com nível cultural extremamente alto fazendo tudo errado ambientalmente. Então a gente trabalha, eu costumo dizer, que eu trabalho com sensibilização ambiental. Eu acho que assim, é um desafio então levar mesmo campanhas pra (sic) lugar de concentração de grandes massas, metrô, ônibus, envolver a mídia de maneira geral, de modo geral. Essas questões é (sic) um grande desafio da humanidade (Entrevistada da GEEDA)”.

A entrevistada da GECAE informou que a sua gerência é responsável pela avaliação e controle das atividades econômicas, especificamente para fins de alvará de localização. Então as atividades estabelecidas pela lei 9959/2010⁷ dependem de avaliação ambiental prévia, que ocorre por meio de um parecer ambiental das atividades listadas como de alto risco. Ela ressaltou que esses riscos não são somente ambientais, mas de segurança e sanitário. Envolve com isso outras secretarias, como a de regulação urbana, até a fase final do licenciamento ambiental da atividade.

Até o fim de 2015, não houve na GECAE nenhuma demanda para o licenciamento ambiental de atividades que atuam na área de REEE. A entrevistada relatou que desde 2011 não existe mais, dentro da secretaria de meio ambiente, uma gerência de fiscalização e controle ambiental. Essa atribuição passou a ser delegada à secretaria adjunta de fiscalização (SMAFIS).

Então, no caso da GECAE, é enviado diretamente para regional dessa secretaria o processo de alvará com um roteiro pré-estabelecido, de acordo com a atividade, para o fiscal realizar a

⁷ Lei municipal nº 9.959/2010: “Dispõe sobre parcelamento, ocupação e uso do solo nas áreas de especial interesse social, e dá outras providências”. [Fonte: <https://leismunicipais.com.br/a/mg/b/belo-horizonte/lei-ordinaria/2010/995/9959/lei-ordinaria-n-9959-2010-altera-as-leis-n-7165-96-que-institui-o-plano-diretor-do-municipio-de-belo-horizonte-e-n-7-166-96-que-estabelece-normas-e-condicoes-para-parcelamento-ocupacao-e-uso-do-solo-urbano-no-municipio-estabelece-normas-e-condicoes-para-a-urbanizacao-e-a-regularizacao-fundiar-das-zonas-de-especial-interesse-social-dispoe-sobre-parcelamento-ocupacao-e-uso-do-solo-nas-areas-de-especial-interesse-social-e-da-outras-providencias>].

vistoria do empreendimento, mediante o levantamento que fora solicitado, incluindo as questões de destinação final de resíduos.

A entrevistada confirmou saber de empresas que estão trabalhando em Belo Horizonte diretamente com os REEE. No entanto, ela não soube informar se elas se estão licenciadas ou não. Isso porque, dependendo de como a atividade foi enquadrada, não passa pelo processo de parecer ambiental da sua gerência. Até o fim de 2015, nenhuma empresa que trabalha com os REEE passou pela avaliação da GECAE. Ou seja, somente as atividades que estão listadas no anexo 12 da lei 9959/2010 são avaliadas pela GECAE para emissão do parecer ambiental.

Segundo o entrevistado da GELAI, sua gerência é responsável por emitir pareceres ambientais de atividades industriais para a GELA, que é responsável pelo licenciamento ambiental dos empreendimentos. A SMMA de Belo Horizonte possui convênio com o estado de Minas Gerais: os empreendimentos que são licenciados pelo Estado também são licenciados pela SMMA de Belo Horizonte. As atividades que são licenciadas estão listadas na DN74/2012 do COMAM.

O processo de licenciamento é o mesmo para todas as atividades de pequeno, médio e grande porte. Estabelecidos pela DN74/2012⁸, consiste na análise de todos os impactos que serão causados pelo empreendimento, mediante vistoria, e são elaboradas propostas de medidas mitigadoras para esses impactos. No ato da vistoria são verificadas várias condições de funcionamento do empreendimento, como: ruído, emissões atmosféricas, efluentes líquidos e a destinação dos resíduos, *etc.*

Em Belo Horizonte já houve uma fábrica de computadores. O entrevistado informou que ela gerava uma grande quantidade de resíduos e que conseguiam comprovar a destinação adequada. Os principais resíduos gerados eram constituídos por pedaços de placas entre outros materiais eletrônicos. Segundo o entrevistado, todos esses resíduos eram destinados a uma empresa de São Paulo e posteriormente exportados.

⁸ Deliberação Normativa nº 74/2012: “Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e o potencial poluidor, de empreendimentos industriais passíveis de licenciamento ambiental e dá outras providências.”. [Fonte: <http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/noticia.do?evento=portlet&pAc=not&idConteudo=82970&pIdPlc=&app=salanoticias>].

Até o fim de 2015, já houve demanda há cerca de dois a três anos empresas que atuavam com recondicionamento de cartuchos de *toner* de impressoras. Na época, os cartuchos de *toner* foram considerados resíduos perigosos por serem compostos por uma substância denominada “nego de fumo”. De acordo com o entrevistado, esse material foi diagnosticado como potencial causador de câncer e foi exigido que o empreendimento descartasse esses materiais como resíduo perigoso. Outras atividades, como as que envolvem os reparos de aparelhos celulares não passam pelo processo de análise da GELAI. As empresas que normalmente possuem aparelhos celulares corporativos para os seus funcionários não fazem a destinação desse material. A destinação destes aparelhos celulares é de responsabilidade da operadora prestadora do serviço.

O entrevistado destacou que, até o fim de 2015, não havia um plano específico para o gerenciamento de REEE nas atividades industriais que eram analisadas pela GELAI. Os planos de gerenciamento são abrangentes e englobam todos os tipos de resíduos de maneira única, sem distinção, com exceção dos resíduos considerados perigosos. O entrevistado não soube precisar se a GELAI já emitiu algum parecer ambiental para alguma empresa que trabalha especificamente com os REEE. Por fim, ele criticou os códigos existentes do CNAE. Por serem muito genéricos, acabam dificultando o processo de análise da atividade do empreendimento: em alguns casos, algumas atividades nem chegam a dar entrada ao processo de licenciamento ambiental na SMMA de Belo Horizonte.

5.2.7.3 Órgão ambiental no âmbito estadual

De acordo com o portal de Meio Ambiente do Estado de Minas Gerais (FEAM, 2016), a Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM) é um órgão estadual que apoia e presta suporte técnico ao Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) e ao Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SISEMA). Também atua junto à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD). No âmbito federal, a FEAM integra o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA).

A FEAM, entre as suas diversas atribuições estabelecidas pelo Decreto 45.825/2011, tem por finalidade executar a política de proteção, conservação e melhoria da qualidade ambiental, no que diz respeito à gestão do ar, do solo e dos resíduos sólidos, bem como a preservação e a correção da poluição ou da degradação ambiental advinda pelas atividades antrópicas. Além

disso, também tem como finalidade promover e realizar ações, projetos e programas de pesquisa para o desenvolvimento de tecnologias ambientais (FEAM, 2016). A estrutura administrativa da FEAM é basicamente dividida em três diretorias e 10 gerências (Figura 5.41).

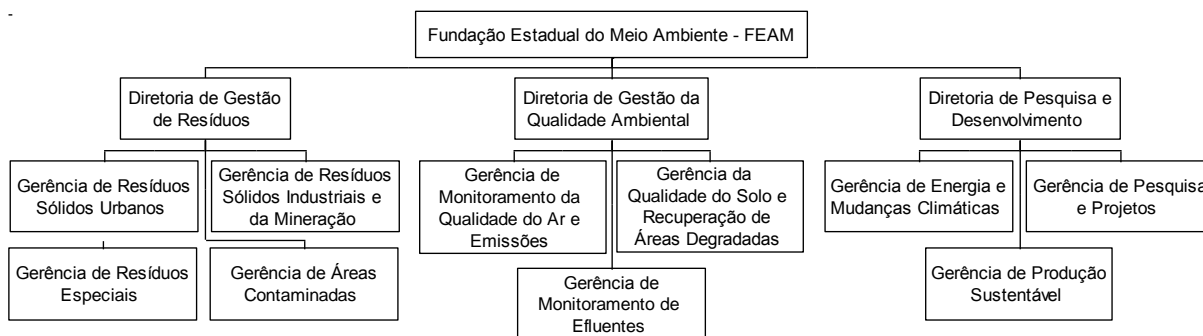


Figura 5.41 – Estrutura administrativa da FEAM

Fonte: (Adaptado) FEAM (2016).

Dentro da diretoria de gestão de resíduos, a gerência de resíduos especiais engloba os REEE pela definição da Política Estadual de Resíduos Sólidos (lei 18.031/2009). Com isso, foram entrevistadas duas profissionais dessa gerência para trazer os principais trabalhos que a FEAM tem desenvolvido acerca deste resíduo e as suas opiniões sobre a gestão dos REEE em Belo Horizonte e região.

A entrevistada “A” destacou que a FEAM é um órgão executivo responsável pela gestão dos resíduos sólidos do estado de Minas Gerais, mas que o gerenciamento dos resíduos é de responsabilidade do gerador seja de instituição privada ou pública.

A entrevistada “A” afirmou que a gerência de resíduos especiais costuma receber muitas demandas com relação a orientações sobre descarte correto de REEE. Essas demandas são tanto de pessoas físicas (cidadão comum) quanto de pessoas jurídicas (multinacionais). Isso já ocorre a algum tempo, antes mesmo da criação desta gerência, mas que nos últimos anos essa procura tem se intensificado.

De acordo com a entrevistada “B”, entre o ano de 2008 e 2009 foram criadas e publicadas algumas cartilhas, dentro do programa “Minas sem lixões”, em resposta à elevada demanda da sociedade com relação à temática dos REEE. Ademais, informou que existem demandas pontuais em que ocorrem orientações sobre como fazer consultas no sistema integrado de

informação ambiental (SIAM). No entanto, esta ação é dificultada por não haver um código de atividade específico para licenciamento de recicladoras de eletroeletrônicos no Estado.

Outro fator limitante mencionado seria a FEAM, enquanto órgão público, não poder fazer indicação de empreendimentos que trabalham com os REEE. A entrevistada “A” destacou que eles estão trabalhando para criar em 2016 um código específico para licenciamento das empresas que atuam com os REEE.

A FEAM não realiza campanhas de recolhimento de REEE. Segundo a entrevistada “A”, existe uma fragilidade sobre o local que este tipo de resíduo deve ser encaminhado. Há algumas empresas que atuam no condicionamento de alguns equipamentos; contudo, em geral, apenas na linha de informática. De todos os tipos de REEE, existe uma maior preocupação por parte da FEAM com aqueles materiais que não possuem valor agregado para cadeia da reciclagem, com exceção para os aparelhos celulares e computadores.

De acordo com que a entrevistada “A” mencionou, vários atores participam da cadeia reversa dos aparelhos celulares; no entanto, ela acredita que as lojas de telefonia é a atividade que se encontram mais preparada para fazer o recolhimento e a logística de destinação, sob a justificativa de não realizarem a reciclagem desses resíduos. Para ela, os demais atores mencionados no roteiro de entrevista estão no mesmo patamar de dificuldade em atuar na gestão dos resíduos de celular.

A entrevistada “A” finaliza a sua participação na pesquisa avaliando a gestão de REEE. Até o fim de 2015, ela ressaltou que existem vários atores envolvidos com estes resíduos, porém ainda de maneira voluntária, muito em função da falta do acordo setorial firmado e da precariedade do parque industrial da reciclagem de REEE em Minas Gerais.

“A gente tem um parque industrial de reciclagem desse tipo de material ainda muito precário. Então tem muita empresa que fala que recebe, que recolhe e manda pra (sic) outras, mas a gente sabe que a operação ainda tá (sic) inadequada. Então hoje nosso maior foco na gerência é conhecer realmente como que tá (sic) acontecendo a logística reversa de algumas linhas específicas. A gente tá (sic) em fase ainda de diagnóstico pra saber como que isso tá (sic) acontecendo, que a gente sabe que acontece de alguma forma. (...) é um resíduo que precisa de muitos cuidados, inclusive

de saúde, segurança ocupacional né (sic), principalmente (Entrevistada “A”)”.

A entrevistada “A” informou que a FEAM, ao final do diagnóstico que está sendo realizado, pretende elaborar um guia de orientação para o cidadão comum e para as empresas que trabalham com o desmonte e descaracterização de REEE. Pretende também realizar um mapeamento com os endereços das empresas que trabalham com este material. Todavia, ela ressaltou que isso deve acontecer com bastante cautela, pois até o fim de 2015 não tinha sido localizada nenhuma empresa na área de reciclagem da linha verde, em específico para os aparelhos celulares, que atua de maneira ambientalmente adequada.

5.2.7.4 Órgão ambiental no âmbito federal

No dia 7 de dezembro de 2015, foi realizada uma entrevista com a diretora de Departamento de ambiente urbano da Secretaria de recursos hídricos e ambiente urbano (SRHU) do Ministério do Meio Ambiente (MMA) do Brasil. Ela foi selecionada para participar desta pesquisa por acompanhar de perto a tramitação do acordo setorial para implementação de sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos, referente ao edital de chamamento do MMA nº 01/2013. Também por acompanhar os assuntos voltados para os resíduos sólidos desde o ano de 1993 no Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA).

Em 2 de agosto de 2010, quando a lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos foi publicada, já havia um grupo de trabalho discutindo os eletroeletrônicos no CONAMA. Os produtos eletroeletrônicos são uma das cadeias de logística reversa obrigatórias, de acordo com o artigo 33 da lei 12.305/2010. Então, o MMA propôs um decreto que foi publicado em 2011, que definiu o comitê orientador para implementação do sistema de logística reversa (CORI). A entrevistada relatou que na primeira reunião do CORI a preocupação inicial era com as cadeias que já existiam antes da lei 12.305/10 ser publicada. Como se trata de uma lei específica, tudo que estava sendo realizado antes é perdido.

Em maio de 2011 foram convocados os cinco grupos de trabalho, sendo eletroeletrônicos um deles, para construir acordos setoriais. Então, de acordo com a lei, foram convocados todos os atores que têm responsabilidade: fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes. Pelo que a lei prevê, pode haver três modalidades de se construir a responsabilidade compartilhada: o acordo setorial, um regulamento (através de decreto), ou um termo de

compromisso. Os cinco ministros que estão presentes no CORI acharam que um decreto logo após a publicação da lei seria uma atitude muito ousada e optou-se pela construção do sistema de logística reversa por meio de acordo setorial. Essa escolha, segundo a entrevistada, possibilitaria uma construção mais democrática, com debates entre outras coisas.

Até o fim de 2015 todas as etapas para construção do acordo setorial de eletroeletrônicos foram cumpridas. Destas etapas, a entrevistada mencionou: convocar um grupo de trabalho; chamar os setores envolvidos; elaborar um edital de chamamento; fazer o termo de referência para o estudo de viabilidade técnica e econômica (foi realizado com coordenação do MDIC).

O MMA recebeu várias propostas do edital de chamamento, porém algumas delas foram desclassificadas porque as instituições não tinham responsabilidades objetivas na lei, segundo a entrevistada. Os setores envolvidos, ABINEE e ELETROS, fizeram uma proposta em separado e desvinculada do comércio. Então foi solicitado aos setores que se reunissem e apresentassem uma proposta única, mesmo que tivessem estratégias diferenciadas para as quatro linhas, branca, azul, marrom e verde.

O texto do acordo setorial segue em negociação há cerca de dois anos. No fim de 2013, foi enviado um ofício pelos setores empresariais ao MMA com seis pontos condicionantes que precisavam ser discutidos para que a logística reversa fosse implementada. Foram mencionados, a saber: 1) criação de entidade gestora com sistema de governança como forma de implementação e operacionalização do sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos; 2) contribuição pecuniária do consumidor para o custeio da logística reversa, destacada do preço dos produtos e isenta de tributação, denominada *visible fee* (taxa visível); 3) edição de decreto federal, enquanto instrumento da lei federal nº 12.305/2010, vinculando todos os atores do ciclo de vida dos produtos eletroeletrônicos não signatários do acordo setorial e implementar programa de responsabilidade pós-consumo; 4) reconhecimento da não periculosidade dos produtos eletroeletrônicos enquanto não haja alteração das suas características físico-químicas; 5) criação de documento autodeclaratório de transporte com validade em todo o território nacional, de forma a documentar a natureza e origem da carga, dispensando quaisquer outros documentos, notadamente fiscais, para sua movimentação; 6) reconhecimento de que o descarte no sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos implica na perda da propriedade dos materiais descartados.

Segundo a entrevistada, o primeiro ponto já foi pacificado. A lei não fala em entidade gestora. Ela seria aquela que vai operacionalizar a logística reversa como, por exemplo, o setor de embalagens de agrotóxico que criou a INPEV e o setor de embalagens de óleos lubrificantes que criou o “Jogue Limpo” para poderem gerenciar os seus respectivos sistemas. Em resposta a esse primeiro ponto, ficou decidido que o setor empresarial ficará responsável pela criação ou contratação de uma entidade gestora.

O segundo ponto, da contribuição pecuniária do consumidor, segue em análise no ministério da fazenda. Como foi destacado pela entrevistada, a lei não cria taxas, fundos, nem nada do tipo. No entanto, é de entendimento comum que a logística reversa dos eletroeletrônicos envolve os consumidores, que é responsável pelo seu descarte e vai acabar pagando de alguma forma pela logística reversa.

O terceiro ponto estava em apreciação na consultoria jurídica do MMA até o início de 2016. No quarto ponto, com relação ao reconhecimento da não periculosidade dos resíduos eletroeletrônicos para fim de descarte, existem alguns impasses. De acordo com a entrevistada, a legislação ambiental, no que diz respeito à classificação de resíduos perigosos, foi constituída com base no licenciamento ambiental. A NBR 10.004/2004 é um instrumento utilizado para classificar se um resíduo é perigoso ou não, e é diretamente aplicável aos resíduos industriais. Então há até um consenso de se concordar com o setor empresarial que algum desses produtos não podem ser considerados como um resíduo perigoso. Porém, não existe uma resolução CONAMA que diz que determinados tipos de resíduos eletroeletrônicos, como os computadores e aparelhos celulares, para fins de cumprimento da logística reversa, não serão considerados como resíduo perigoso.

A entrevistada ressaltou que, como a atualização de uma NBR demora muito, cerca de um a dois anos, existe a ideia de se utilizar a lista brasileira de resíduos do IBAMA. Esta lista oferece duas classificações para eletroeletrônicos, com base inclusive na diretiva ROHS, aplicada a união europeia e também na Convenção de Basileia. As duas classificações são produtos eletroeletrônicos que gerem resíduos perigosos e produtos eletroeletrônicos que não gerem resíduos perigosos. Então está sendo discutido um guia para dirimir essas questões voltadas para os eletroeletrônicos.

No quinto ponto, o setor empresarial quer basicamente a isenção de ICMS para transportar os resíduos eletroeletrônicos entre os estados até a sua reciclagem. Para a entrevistada, isso não é impossível de acontecer, mas é trabalhoso e o Ministério da Fazenda tem que concordar e avaliar que é possível fazer a mesma coisa que já fora feito para as baterias automotivas.

O sexto ponto, que é o reconhecimento de que o descarte de produto eletroeletrônico no sistema de logística reversa implica em perda da propriedade pelo consumidor é algo conflitante com a lei da defesa do consumidor. Então, esses pontos já estão em negociação há dois anos. Ademais, o acordo setorial não depende apenas do MMA. Para se conseguir implementar a logística reversa ocorrem diversas negociações entre os setores envolvidos, empresariais e públicos.

Os eletroeletrônicos possuem as suas especificidades. Possuem como principal vantagem a possibilidade de serem reciclados, mas como desvantagens eles têm pequenos componentes que exigem treinamentos e capacitação para manuseá-los e desmontá-los. Um dos maiores problemas relatado pela entrevistada é casar as responsabilidades inseparáveis de fabricantes, importadores e comerciantes. Dos pontos condicionantes que foram apresentados pelo setor empresarial, nem tudo tem a ver apenas com o MMA para construção do acordo setorial:

“Eu acompanho a gestão de resíduos sólidos no âmbito federal há pelo menos uns 23 anos, mas construir um acordo setorial por meio de negociação é uma tarefa muito difícil. A política como um todo e a logística reversa é uma novidade muito grande. Ela tá (sic) sendo para todo mundo um processo de amadurecimento e aprendizagem. A gente tem dado largos passos adiante (Entrevistada)”.

Dos seis pontos apresentados, apenas três são considerados relevantes para a entrevistada. Ela não soube precisar quando o acordo setorial sairá, pois um dos três pontos depende de avaliação do Ministério da Fazenda. No entanto, ela afirmou que é um desejo da ministra de meio ambiente que este acordo seja firmado em 2016.

5.2.7.5 Entidade representante do setor empresarial (ABINEE)

Em resposta ao *e-mail* enviado no fim de novembro de 2015, o analista de sustentabilidade informou que a ABINEE, como entidade representante de classe, tem atuado de forma institucional nas negociações para o acordo setorial da logística reversa de eletroeletrônicos.

Foi informado que a ABINEE não opera nenhum sistema coletivo para coleta e reciclagem de REEE e que, até o fim de 2015, cada empresa possui um programa próprio, de forma independente e isolada, da gestão destes resíduos. A ABINEE tem apenas apoiado, de maneira institucional, a coordenar um programa de logística reversa de pilhas e baterias, denominado “ABINEE Recebe Pilhas”, que é financiado e gerido pelas empresas fabricantes e importadoras. Duas empresas de São Paulo atuam diretamente na logística e reciclagem destes resíduos. Uma é responsável pela logística de coleta e triagem das pilhas e baterias e a outra pela reciclagem destes resíduos.

De acordo com o analista, o acordo setorial dos REEE está avançando; no entanto, existem ainda alguns pontos que geram insegurança ao sistema, e precisam ser resolvidos para que as empresas possam operar de forma legal e com custos mais otimizados.

Segundo o analista, em breve (provavelmente no primeiro semestre de 2016), será criada uma entidade gestora (associação sem fins lucrativos) para propor a consolidação destas operações e gestão das metas de coleta e destinação que estarão previstas no acordo setorial.

5.3 Fluxo da cadeia pós-consumo dos aparelhos celulares

O fluxo dos resíduos da cadeia pós-consumo dos aparelhos celulares foi delineado a partir dos principais atores que foram identificados em Belo Horizonte e região. A Figura 5.42 apresenta o caminho que os resíduos dos aparelhos celulares percorrem ao longo da cadeia estudada até a disposição final. A seguir apresenta-se a descrição e a correlação entre os atores e atividades pesquisadas.

- Operadoras de telefonia móvel [A]: As quatro operadoras identificadas afirmaram possuir contrato com empresas gerenciadoras de resíduos [M] para fazer a coleta, descaracterização e destinação adequada dos resíduos de aparelhos celulares até as indústrias recicladoras. Os resíduos são gerados a partir do recebimento de aparelhos celulares e acessórios em desuso nas lojas físicas das suas respectivas unidades que estão distribuídas em Belo Horizonte.
- Oficinas de reparos [B, C e D]: São compostas pelas assistências técnicas autorizadas (ATA) e especializadas (ATE). Elas são responsáveis pela recuperação e posterior geração de resíduos de aparelhos celulares e seus acessórios.

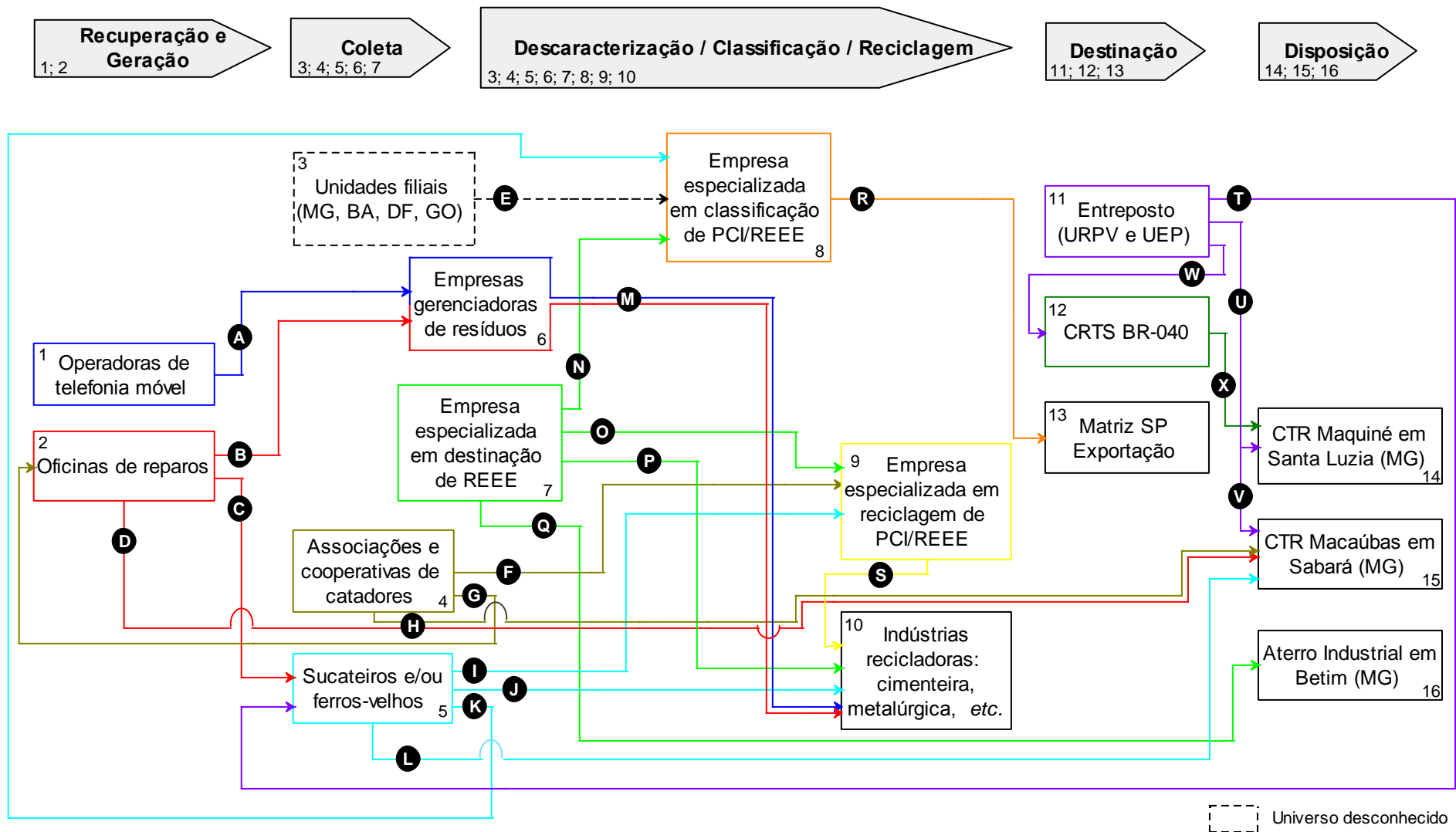


Figura 5.42 – Fluxo dos principais atores envolvidos na cadeia pós-consumo dos aparelhos celulares

Fonte: Dados de pesquisa.

- As ATA [B] enviam seus resíduos para empresas gerenciadoras de resíduos [M], que realizam a coleta, descaracterização e destinação final até as indústrias recicladoras. Algumas ATE [C] comercializam parte de seus resíduos (principalmente as PCI) com os Sucateiros e/ou ferros-velhos e pessoas físicas, que realizam o papel de atravessadores até a destinação final destes materiais. Grande parte dos resíduos de aparelhos celulares é descartada no lixo comum e segue posteriormente para o CTR Macaúbas em Sabará (MG) [D].
- Unidades filiais (MG, BA, DF, GO) [E]: São unidades filiais de uma empresa multinacional que realizam coleta de REEE nas suas regiões e enviam para a unidade Betim (MG), que é especializada em classificação de PCI/REEE. Após a separação e classificação dos REEE, eles seguem para a unidade matriz em São Paulo (SP), onde grande parte desses materiais é posteriormente exportada para as unidades purificadoras [R].
- Associações e cooperativas de catadores [F, G e H]: Realizam a coleta de REEE, incluindo os aparelhos celulares. Os principais compradores de aparelhos celulares das associações e cooperativas de catadores são as ATE [G], que reutilizam os componentes para a recuperação de outros aparelhos. Algumas pessoas físicas também compram esses materiais e desempenham a função de atravessadores até a empresa especializada em reciclagem de PCI/REEE [F]. As partes dos REEE que não são comercializadas são descartadas no lixo comum e seguem posteriormente para o CTR Macaúbas em Sabará (MG) [H].
- Sucateiros e/ou ferros-velhos [I, J, K e L]: Os resíduos de aparelhos celulares são geralmente comercializados com a empresa especializada em classificação de PCI/REEE [K] e com a empresa especializada em reciclagem de PCI/REEE [I]. Os acessórios dos aparelhos celulares são comercializados junto com a sucata ferrosa dos REEE e demais materiais, e seguem para a indústria metalúrgica [J]. Os demais materiais que não são comercializados são enviados para o CRT Macaúbas em Sabará (MG) [L].
- Empresa especializada em destinação de REEE [N, O, P e Q]: Esta empresa está localizada na região de Belo Horizonte e realiza a coleta, descaracterização e destinação adequada dos resíduos dos aparelhos celulares de pessoas físicas e jurídicas. As PCI são comercializadas com as empresas de classificação [N] e reciclagem [O] de PCI/REEE. As

baterias dos aparelhos celulares são enviadas para um aterro industrial particular em Betim [Q]. Os demais materiais seguem para as respectivas indústrias de reciclagem [P].

- Empresa especializada em reciclagem de PCI/REEE [S]: Os principais rejeitos gerados no processo de reciclagem dos aparelhos celulares são as carcaças plásticas e uma “borra” que é constituída basicamente por fibra de vidro, epóxi e sílica. É pago a uma empresa gerenciadora de resíduos industriais para realizar a destinação adequada desses materiais (que seguem para indústria cimenteira para coprocessamento).
- Entrepasto (URPV e UEP) [T, U, V e W]: São locais existentes em Belo Horizonte para a população destinar parte de seus resíduos (ex.: resíduos de construção civil - RCC, resíduos volumosos – RV; ver Anexo B). Foi identificado que essas unidades não possuem um controle rigoroso e adequado para recebimento e acondicionamento destes resíduos, respectivamente. Os RCC são enviados posteriormente para o CTRS BR-040 [W] para reciclagem. Os demais resíduos seguem para o CTR Macaúbas [V] em Sabará (MG) e para o CTR Maquiné [U] em Santa Luzia (MG). Foi também identificado em uma URPV à comercialização de parte dos REEE que chegam até a unidade. Os funcionários realizam a desmontagem e separação dos materiais. Em geral, a sucata metálica é comercializada com um sucateiro e/ou ferro-velho [T] e as PCI são vendidas para uma pessoa física. Acredita-se que essa pessoa é um atravessador desses materiais para as grandes empresas do seguimento.
- CTRS BR-040 [X]: Possui uma unidade para reciclagem de resíduos de construção civil. No seu processo de reciclagem, partes dos REEE são identificadas como rejeito. Esse material é enviado para o CTR Maquiné em Santa Luzia (MG).

Destaca-se com o fluxograma que os resíduos dos aparelhos celulares na sua cadeia pós-consumo seguem apenas às questões mercadológicas, pois ainda não existem políticas públicas municipais, estaduais e/ou federais relativas a este assunto. Couto, Varella e Barros (2015) ressaltam que os materiais que possuem alto valor agregado, como as PCI, são alvos de disputa por diversos atores da cadeia. No entanto, materiais com baixo valor agregado, como o plástico, ainda não tem o destino adequado e assegurado pela logística “imposta” pelo mercado.

6 CONCLUSÕES

Destaca-se:

- **Grupo 1 – Operadoras de telefonia móvel:** Foi possível observar informações desconstruídas entre os respondentes das operadoras, os atendentes das lojas físicas e o site das operadoras, quanto ao número oficial de lojas físicas em Belo Horizonte, aos pontos de recebimento de resíduos de celular. Além disso, pode-se mencionar também a falta de controle e divulgação do que realmente pode ser descartado nas urnas;
- **Grupo 2 – Oficinas de reparos (ATA e ATE):** Nas ATE, observou-se que, entre os vários tipos de resíduos de aparelhos celulares que foram listados, o principal descarte é o lixo comum. Nas ATA o principal descarte ocorre por meio dos fabricantes ou de empresas gerenciadoras de resíduos;
- **Grupo 3 – Associações e cooperativas de catadores; Sucateiros e/ou ferros-velhos:** Foi constatado não haver controle ou verificação dos equipamentos que chegam até as associações e sucateiros. No geral, eles trabalham com os REEE de maneira precária. Os materiais que possuem valor agregado são comercializados e os demais resíduos são descartados no lixo comum ou não têm uma destinação adequada;
- **Grupo 4 – Empresa especializada em destinação de REEE:** Possui um sistema de coleta e recebimento de REEE próprio e organizado. Os aparelhos celulares sem bateria ou as suas PCI são comercializadas com as empresas de classificação e reciclagem de PCI/REEE. As baterias são destinadas em um aterro industrial privado. Os acessórios (ex.: carregadores) dos aparelhos celulares seguem para as respectivas indústrias de reciclagem;
- **Grupo 5 – Empresas de classificação e reciclagem de PCI/REEE:** A empresa de classificação exporta os aparelhos celulares e suas PCI para uma de suas plantas purificadoras (Alemanha). A empresa de reciclagem extrai metais nobres como, ouro, prata e paládio a partir das PCI dos aparelhos celulares. O produto final (liga metálica) é quase todo exportado e comercializado com uma refinaria em Miami (EUA). As principais justificativas são os altos investimentos das plantas industriais de recuperação de metais e as quantidades de REEE que são necessárias para viabilizar a concepção dessas unidades no Brasil;

- **Grupo 6 – Locais de destinação e disposição final (URPV/UEP/CTRS/Aterro industrial):** Nas URPV/UEP, os aparelhos celulares que chegam são comercializados junto com as placas de REEE por valores variados. Os demais materiais (REEE) que não são comercializados são enviados para os CTR Maquiné e Macaúbas, em Santa Luzia e Sabará, respectivamente, para disposição final. Os CTRS BR-040 e os CTR Maquiné e Macaúbas não identificaram ou admitiram receber resíduos de aparelhos celulares em suas unidades. No Aterro industrial os principais resíduos de aparelhos celulares que chegam são as baterias, ou lotes de aparelhos celulares apreendidos pela receita federal;
- **Grupo 7 – Entidades gestoras nos âmbitos municipal, estadual, federal e empresarial:** Pôde-se perceber que houve consenso entre os órgãos (nos âmbitos municipal, estadual, federal e empresarial) sobre a gestão de REEE. De uma maneira geral, as entidades estão aguardando a implementação do acordo setorial para proporem suas medidas/iniciativas ou aprofundar nas questões relacionadas à gestão dos REEE nas suas respectivas competências.

Conclui-se:

Existiram algumas dificuldades com relação a identificação dos atores presentes no estudo; no entanto a metodologia utilizada se mostrou adequada para que fosse possível cumprir os objetivos propostos.

Algumas empresas gerenciadoras de resíduos possuem canais reversos estruturados para o retorno da bateria, do aparelho celular e seus acessórios, por meio das assistências técnicas autorizadas (ATA) e das lojas físicas das operadoras de telefonia. A coleta dos aparelhos celulares e seus componentes pós-consumo é realizada por meio de urnas receptoras e posteriormente os materiais são encaminhados para desmontagem e reciclagem. Contudo, a divulgação desse sistema de recolhimento para os consumidores ainda é deficiente. As associações e cooperativas de catadores e os sucateiros e/ou ferros-velhos não possuem controle de recebimento e destinação desses resíduos.

Grande parte das PCI dos aparelhos celulares é exportada para extração e refino dos metais. As principais justificativas são os altos investimentos das plantas industriais de recuperação de metais e as quantidades de REEE que são necessárias para viabilizar o processo de logística e reciclagem desse material. Portanto, no Brasil são realizados em escala industrial

apenas os processos mecânicos para segregação das PCI/REEE e posterior exportação. Contudo, faz-se a ressalva de que foi identificada nesta pesquisa uma empresa na região de Belo Horizonte que realiza a extração de metais preciosos a partir das PCI/REEE, mas ainda em escala piloto. Menciona-se também a existência de uma empresa em Suzano/SP que recicla a bateria dos aparelhos celulares.

Percebe-se que evolução dos aparelhos celulares está diretamente associada aos teores de metais consistidos nas suas PCI. É notório que a redução destes teores influencia toda a cadeia pós-consumo dos aparelhos celulares na implementação da logística reversa. Esses resultados corroboram que a gestão dos REEE, de uma maneira geral, deve ser pensada junto às questões socioambientais e econômicas. Evidencia-se também a necessidade de se criar peças que, entre outras funcionalidades, possuam durabilidade, apresentem custos reduzidos de fabricação e que sejam passíveis de reaproveitamento após o seu descarte, incluindo a facilidade de desmanche destes equipamentos visando os seus caminhos reversos.

Essa realidade elucida enormes desafios para os gestores públicos e o setor empresarial em âmbito federal, estadual e municipal. Portanto, existe a necessidade da criação de acordo setorial para a implementação do sistema de logística reversa para os produtos eletroeletrônicos e para o estabelecimento de metas de recuperação de materiais por meio da reciclagem, uma vez que a disposição final desses resíduos está diretamente relacionada a preservação do meio ambiente e ao bem estar da saúde humana.

Acredita-se que com a regulamentação do acordo setorial será conduzido um aumento substancial do valor de fabricação desses produtos, tendo em vista o custeio da logística reversa, e que no fim deste processo será o consumidor que irá pagar a conta. Faz-se necessário, portanto, propor não somente metas para recolhimento dos produtos que são lançados no mercado, mas sim a maneira como são concebidos e projetados esses produtos de forma a aumentar a sua vida útil ou minimizar os seus efeitos nocivos como resíduos.

Embora exista um mercado incipiente que recupera parte dos resíduos dos aparelhos celulares, em Belo Horizonte ainda não existe um sistema formal de gestão de REEE. O fato de o mercado “determinar” quais REEE serão recuperados ou reciclados acarreta vários problemas para o sistema de logística reversa. Materiais perigosos e que apresentam maior potencial contaminante, como as baterias, “desaparecem” ao longo da cadeia de reciclagem dos

aparelhos celulares. Esses fatores levam a pensar que estes materiais estão sendo descartados de maneira inapropriada.

Os impactos ambientais negativos estão associados à disposição inadequada dos resíduos dos aparelhos celulares, bem como a perda econômica pela não recuperação dos materiais presentes na sua composição. Neste contexto, se faz necessária a implantação de um plano de gerenciamento para os REEE gerados no município de Belo Horizonte para que seja possível criar mecanismos para controle e fiscalização das atividades de remanufatura, desmontagem e destinação desses resíduos que estão em crescimento constante, além de propor a valorização desses materiais por meio da reciclagem.

Para isso, é necessário uma maior atenção por parte do governo, principalmente dos órgãos ambientais, do setor empresarial e dos consumidores. Campanhas de conscientização e educação ambiental se fazem necessárias para difundir os pontos de recebimento de resíduos de aparelhos celulares e seus acessórios já existentes e para auxiliar os consumidores a criar o hábito de realizar o descarte correto para todos os seus resíduos gerados.

7 RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se:

- Fazer um estudo sobre o sistema de logística reversa de resíduos de celulares a partir das lojas físicas vinculadas as operadoras de telefonia. Justifica-se pelo fato das operadoras, através das suas lojas físicas (próprias e franquias) possuírem programas de recebimento e destinação final de resíduos de celulares. Seria interessante verificar como esses programas funcionam na prática, levando em consideração as campanhas de divulgação das operadoras; se há algum tipo de controle no recebimento desses resíduos; e como é o grau de aceitação da população frente a esse descarte;
- Replicar este estudo para outros tipos de REEE a fim de realizar um diagnóstico mais amplo acerca destes resíduos;
- Investigar de que forma está acontecendo o transporte dos REEE entre os geradores até a sua destinação e/ou disposição final;
- Pesquisar sobre o serviço prestado pelas empresas gerenciadoras de resíduos industriais que realizam a coleta, transporte e destinação final dos rejeitos do processo de reciclagem dos aparelhos celulares, além de outros tipos de REEE;
- A necessidade de o poder público balizar o fluxo dos REEE que já acontece em Belo Horizonte. Difundir por meio das experiências bem sucedidas (ex.: programa Ambientação) campanhas educativas de conscientização e esclarecimento sobre a gestão dos REEE no município de Belo Horizonte, bem como no estado de Minas Gerais;
- Aos gestores (remetido aos órgãos competentes dos três níveis - municipal, estadual e federal) em apoiar campanhas públicas em caráter educativo (ex.: como manusear, descaracterizar ou armazenar os REEE; como realizar o correto descarte dos REEE, *etc.*);
- Que os caminhos identificados ao longo desta pesquisa possam ser revertidos em ações pelo poder público até a implementação do acordo setorial, a fim de minimizar os efeitos adversos ao meio ambiente e à saúde humana, que podem ser ocasionados desde o manuseio até a disposição inadequada dos REEE.

REFERÊNCIAS

Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI). *Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos: Análise de Viabilidade Técnica e Econômica*. Brasília, 2013. 179 p.

Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE). *2º Café Temático: a logística reversa*. Abril de 2015. Disponível em: <<http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/mg3.pdf>>. Acesso em: 15 maio 2015.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). *NBR 10.004: Resíduos sólidos - Classificação*. Rio de Janeiro, 2004, 71 p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). *NBR 16.156: Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos - Requisitos para atividade de manufatura reversa*. Rio de Janeiro, 2013, 26 p.

Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL). *Dados, Acessos, Acessos telefonia móvel*, 2016. Disponível em: <http://ftp.anatel.gov.br/dados/Acessos/Movel_Pessoal/Total/csv/>. Acesso em: 15 abril 2016.

Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL). *Dados, Telefonia Móvel – Acessos*. Maio de 2015. Disponível em: <http://www.anatel.gov.br/dados/index.php?option=com_content&view=article&id=270>. Acesso em: 05 novembro 2015.

ANDRADE, M. M. *Introdução à metodologia do trabalho científico: elaboração de trabalhos na graduação*, 7. ed. 2. Reimpressão, São Paulo: Atlas, 2007.

ANDRADE, P. S. M. *A veloz obsolescência dos aparelhos celulares: o que pensam e sentem jovens usuários desta tecnologia*. Dissertação de Mestrado em Psicologia – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

Auto Sustentável. *Análise do ciclo de vida ferramenta impacto ambiental*. 2015. Disponível em: <<http://www.autossustentavel.com/2015/12/analise-do-ciclo-de-vida-ferramenta-impacto-ambiental.html>> Acesso em: 10 fevereiro 2016.

BALDIN, N.; MUNHOZ, E. M. B. Snowball (bola de neve): uma técnica metodológica para pesquisa em educação ambiental comunitária. *In: X Congresso Nacional de Educação*. Curitiba, 2011. 13 p.

BARROS, R. T. V. *Elementos de Gestão de Resíduos Sólidos*. Belo Horizonte: Tessitura, 2012. 424 p.

BARROS, R. T. V.; LIMA, F. P. A.; VARELLA, C. V. S.; SANTOS, V. R. Análise da situação da produção de resíduos eletroeletrônicos (REEE) em Belo Horizonte e região. *In: Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 12., 2014, (Natal): ABES, 2014. 12 p.

BELO HORIZONTE. *Lei municipal nº 10.534/2012*. Dispõe sobre a limpeza urbana (...) e dá outras providências. Disponível em: <http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/files.do?evento=download&urlArqPlc=Lei_10.534_Limpeza_Urbana_Manejo_Residuos_solidos.pdf>. Acesso em: 31 maio 2015.

BELO HORIZONTE. *Lei municipal nº 9.959/2010*. Dispõe sobre parcelamento, ocupação e uso do solo nas áreas de especial interesse social, e dá outras providências. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/mg/b/belo-horizonte/lei-ordinaria/2010/995/9959/lei-ordinaria-n-9959-2010-altera-as-leis-n-7165-96-que-institui-o-plano-diretor-do-municipio-de-belo-horizonte-e-n-7-166-96-que-estabelece-normas-e-condicoes-para-parcelamento-ocupacao-e-uso-do-solo-urbano-no-municipio-estabelece-normas-e-condicoes-para-a-urbanizacao-e-a-regularizacao-fundiaria-das-zonas-de-especial-interesse-social-dispoe-sobre-parcelamento-ocupacao-e-uso-do-solo-nas-areas-de-especial-interesse-social-e-da-outras-providencias>>. Acesso em: 31 maio 2015.

BELO HORIZONTE. *Deliberação Normativa nº 74/2012*. Conselho Municipal do Meio Ambiente. Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e o potencial poluidor, de empreendimentos industriais passíveis de licenciamento ambiental e dá outras providências. Disponível em: <<http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/noticia.do?evento=portlet&pAc=not&idConteudo=82970&pIdPlc=&app=salanoticias>>. Acesso em: 31 maio 2015.

BIGUM, M.; BROGAARD, L.; CHRISTENSEN, T. H. Metal recovery from highgrade WEEE: A life cycle assessment. *Journal of Hazardous Materials*, 207–208, p. 8-14, 2012.

BRASIL. *Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010*. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Seção 1, p. 3. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/lei/12305.htm>. Acesso em: 05 setembro 2014.

BRASIL. *Resolução CONAMA nº 401, de 04 de novembro de 2008*. Estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias (...) e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=589>>. Acesso em: 31 maio 2015.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 452, de 02 de julho de 2012. Dispõe sobre os procedimentos de controle da importação de resíduos, conforme as normas adotadas pela Convenção da Basileia sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res12/Resol452.PDF>>. Acesso em: 31 maio 2015.

CARVALHO, T. C. M. B.; XAVIER, L. H. *Gestão de resíduos eletroeletrônicos: Uma abordagem prática para a sustentabilidade*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014. 240 p.

CASTRO, M.; SAAVEDRA, Y. M. B.; OMETTO, A. R.; SCHALCH, V. Contexto atual e proposta de alternativas para a gestão de resíduos eletroeletrônicos no município de São Carlos-SP. In: *Seminário Internacional sobre Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (SIREE)*, 3., 2013. Recife (PE). Anais eletrônicos (Recife): Massangana, p. 17-29, 2013.

Compromisso Empresarial para a Reciclagem (CEMPRE). Disponível em: <<http://www.cempre.org.br/>>. Acesso em: 15 janeiro 2015.

Centro de Tecnologia Mineral (CETEM). *Resíduos de origem eletrônica Ministério da Ciência e Tecnologia*. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010. 55 p.

CHANCEREL, P.; ROTTER, S. Recycling-oriented characterization of small waste electrical and electronic equipment. *Waste Management*, v. 29, p. 2336-2352, 2009.

Convenção de Basileia. Disponível em: <<http://www.basel.int/Portals/4/Basel%20Convention/docs/text/BaselConventionText-e.pdf>>. Acesso em: 20 março 2016.

COSTA, B. S.; RIBEIRO, J. C. J. *Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos: direitos e deveres*. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2013. 264 p.

COUTO, R. C. A.; VARELLA, C. V. S.; BARROS, R. T. V. Fluxo da Geração dos Resíduos Eletroeletrônicos em Belo Horizonte e região. In: *Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 28. Rio de Janeiro, 2015. Anais... Rio de Janeiro: ABES, 2015.

Diretiva WEEE (2002/96/EC). Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:ac89e64f-a4a5-4c13-8d96-1fd1d6bcaa49.0004.02/DOC_1&format=PDF>. Acesso em: 21 agosto 2015.

Diretiva RoHS (2002/95/EC). Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002L0095&rid=7>>. Acesso em: 21 agosto 2015.

Electronics Recycling Coordination Clearinghouse (ERCC). *Map of States With Legislation*, 2016. Disponível em: <<http://www.ecycleclearinghouse.org/content.aspx?pageid=10>>. Acesso em: 15 abril 2016.

EU. *Directive 2011/65/EU*. Restriction of the Use of Certain Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment (RoHS). 2011. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011L0065&rid=1>>. Acesso em: 20 março 2016.

EU. *Directive 2012/19/EU*. Waste electrical and electronic equipment (WEEE). 2012. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012L0019&rid=6>>. Acesso em: 20 março 2016.

ECYCLE. Disponível em: <<http://www.ecycle.com.br/>>. Acesso em: 15 janeiro 2015.

FERNANDES, A.; AFONSO, J. C.; DUTRA, A. J. B. Hydrometallurgical route to recover nickel, cobalt and cadmium from spent Ni-Cd batteries. *Journal of Power Sources*, 220, p. 286-291, 2012.

FLICK, U. *Desenho da pesquisa qualitativa*. Porto Alegre: Artmed, 2009. 164 p.

FOGARASI, S.; IMRE-LUCACI, F.; IMRE-LUCACI, I. A.; ILEA, P. Copper recovery and gold enrichment from waste printed circuit boards by mediated electrochemical oxidation. *Journal of Hazardous materials*. 273, p. 215-221, 2014.

FOGARASI, S.; IMRE-LUCACI, F.; ILEA, P.; IMRE-LUCACI, A. The environmental assessment of two new copper recovery processes from Waste Printed Circuit Boards. *Journal of Cleaner Production*. 54, p. 264-269, 2013.

FRANCO, R. G. F.; LANGE, L. C. Estimativa do fluxo dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos no município de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, (ABES), v. 16, n. 1, p.73-82, 2011.

FRANCO, R. G. F. *Protocolo de referência para gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos domésticos para o município de Belo Horizonte*. 2008. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. 162 p.

Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM). Portal Meio Ambiente de Minas Gerais: FEAM, Institucional, 2016. Disponível em: <<http://www.feam.br/instituicao>>. Acesso em: 09 de março de 2016.

GIARETTA, J. B. Z.; TANIGUSHI, D. G.; SERGENT, M. T. VASCONCELLOS, M. P. GÜNTHER, W. M. R. Hábitos relacionados ao descarte pós-consumo de aparelhos e baterias de telefones celulares em uma comunidade acadêmica. *Saúde e Sociedade*, São Paulo, v. 19, n. 3, p. 674-684, 2010.

GIBBS, G. *Análise de dados qualitativos*. Porto Alegre: Artmed, 2009. 198 p.

GRECO, N. R.; CASQUEIRA, R. G.; PAULA, D. S. & JUNIOR MACHADO, H. F. *Recuperação dos Metais Presentes em Placas de Circuito Impresso*. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto de Tecnologia - Departamento de Engenharia Química. 2015.

GURUNG, M.; ADHIKARI, B. B.; KAWAKITA, H.; OHTO, K.; INOUE, K.; ALAM, S. Recovery of gold and silver from spent mobile phones by means of acidothiurea leaching followed by adsorption using biosorbent prepared from persimmon tannin. *Hydrometallurgy*, 133, p. 84-93, 2012.

GYARMATHY, V. A.; JOHNSTON, L. G.; CAPLINSKIENE, I.; CAPLINKAS, S.; LATKIN, C. A. A simulative comparison of respondent driven sampling with incentivized snowball sampling – the “strudel effect”. *Drug Alcohol Depend*, 135, p. 71-77, 2015.

HAGELÜKEN, C. Recycling of electronic scrap at Umicore precious metals refining. *Acta Metallúrgica Slovaca*, 12, p. 111-120, 2006.

HECKATHORN, D. D. Snowball versus respondent-driven sampling. *Sociol Methodol*, 41, p. 355-366, 2012.

HORI, M. *Custos da logística reversa de pós-consumo: um estudo de caso dos aparelhos e das baterias de telefonia celular descartados pelos consumidores*. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. 156 p.

IBAMA (2016). Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/servicosonline/index.php/autorizacoes-e-licencas/importacao-exportacao-de-residuos-convencao-de-Basiléia>>. Acesso em: 20 março 2016.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). *Cidades, Minas Gerais, Belo Horizonte*, 2014. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=310620>>. Acesso em: 31 maio 2015.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). *Malhas digitais*, 2010. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais.html>>. Acesso em: 15 outubro 2015.

ILYAS, S.; LEE, J.; CHI, R. Bioleaching of metals from electronic scrap and its potential for commercial exploitation. *Hydrometallurgy*, 131-132, p. 138–143, 2012.

JHA, M. K.; CHOUBEY, P. K.; JHA, A. K.; KUMARI, A.; LEE, J.; KUMAR, V.; JEONG, J. Leaching studies for tin recovery from waste e-scrap. *Waste Management*, 32, p. 1919-1925, 2012.

JING-YING, L.; XIU-LI, X. & WEN-QUAN, L. Thiourea leaching gold and silver from the printed circuit boards of waste mobile phones. *Waste Management*, 32, p. 1209-1212, 2012.

JÚNIOR, A. O. A. G.; FERREIRA, M. A. Estratégia de obsolescência programada: uma análise das consequências ambientais e sócio-econômicas. *Adm. de Emp. em Revista: Curitiba*, n. 9, p. 9-25, 2009.

KARWOWSKA, E.; ANDRZEJEWSKA-MORZUCH, D.; ŁEBKOWSKA, M.; AGNIESZKA TABERNACKA, A.; WOJTKOWSKA, M.; TELEPKO, A. & KONARZEWSKABA, A. Bioleaching of metals from printed circuit boards supported with surfactant-producing bacteria. *Journal of Hazardous Materials*, 264, p. 203-210, 2013.

KASPER, A. C.; BERSELLI, G. B. T.; FREITAS, B. D.; BERNARDES, A. M.; VEIT, H. M. Caracterização e processamento mecânico de placas de circuito impresso de telefones celulares. In: *Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 26. Porto Alegre, 2011. Anais...Rio Grande do Sul: ABES, 2011a.

KASPER, A. C.; BERSELLI, G. B. T.; FREITAS, B. D.; BERNARDES, A. M.; TENÓRIO, J. A. S.; VEIT, H. M. Printed wiring boards for mobile phones: Characterization and recycling of copper. *Waste Management*, 31, p. 2536 -2545, 2011b.

KOBAL, A. B.; SANTOS, S. M.; LÁZARO, J. C.; CABRAL, A. C. A. O setor produtivo de eletroeletrônico brasileiro e seus produtos pós consumo. *II Simpósio Internacional de Gestão de Projetos e Simpósio Internacional de Inovação e Sustentabilidade*. 2013. 20 p.

KOHL, C. M. *Caracterização e valorização de resíduos de gabinetes de microcomputadores de mesa*. 2014. 167 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade do Vale do Rio dos Sinos. São Leopoldo, Rio Grande do Sul, 2014.

KOLANKIEWICZ, V.; HAMERSKI, F.; VEIT, H. M. Aclimação de bactérias para biolixiviação de resíduos eletroeletrônicos. *Salão UFRGS*, 2013.

KUNRATH, J. L.; VIET, 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.

LEITE, P. R. *Logística reversa: meio ambiente e competitividade*. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009. 240 p.

LIM, S. R.; SCHOENUNG, J. M. Toxicity potentials from waste cellular phones, and a waste management policy integrating consumer, corporate and government responsibilities. *Waste Management*, v. 30, p. 1653-1660, 2010.

LOPES, L. M. A.; MANZATO, L.; SIQUEIRA, A. M. O. A Fabricação de Aparelhos Celulares Contribuindo para o desenvolvimento sustentável: um estudo de caso em uma empresa do Pólo Industrial de Manaus. *XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Rio de Janeiro, 2008. 14 p.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. *Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MARTINS, N.; ROCHA, T. L. A. C.; FIGUEIRÓ, M. F.; CÉSAR, P. G. B.; OCANHA, K.; MORAES, C. A. M. Caracterização de polímeros presentes em resíduos de equipamentos eletroeletrônicos: estudo de caso com carcaças de telefones celulares. *6º Fórum Internacional de Resíduos Sólidos*. São José dos Campos, 2015. 8 p.

Ministry of International Trade and Industry (METI). *Law for Recycling of Specified Kinds of Home Appliances*, 2016. Disponível em: <http://www.meti.go.jp/policy/it_policy/kaden_recycle/en_cha/pdf/english.pdf>. Acesso em: 15 abril 2016.

MONTENEGRO, R.; VALE, A.; SOUSA, E. C. A percepção de jovens estudantes universitários sobre consumo, obsolescência programada e equilíbrio sustentável. *XVI ENGEMA*. São Paulo, 2014. 13 p.

MINAS GERAIS. *Lei estadual nº 18.031/2009*. Dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=9272>>. Acesso em: 31 maio 2015.

MMA (2016). Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-perigosos/convencao-de-Basiléia>>. Acesso em: 20 março 2016.

NELEN, D.; MANSHOVEN, S.; PEETERS, J. R.; VENEGAS, P.; D'HAESE, N.; VRANCKEN, K. A multidimensional indicator set to assess the benefits of WEEE material recycling. *Journal of Cleaner Production*, p. 1-12, 2014.

NETO, J. P. C. *E-resíduos: A influência da norma europeia WEEE na indústria de celulares no Brasil e no mundo e o impacto ambiental do descarte inadequado*. 2007. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Rio Grande do Norte, 2007. 105 p.

OGUCHI, M.; MURAKAMI, S.; SAKANAKURA, H.; KIDA, A.; KAMEYA, T. A preliminary categorization of end-of-life electrical and electronic equipment as secondary metal resources. *Waste Management*, 31, p. 2150-2160, 2011.

PANT, D.; JOSHI, D.; UPRETI, M. K.; KOTNALA, R. K. Chemical and biological extraction of metals present in E waste: A hybrid technology. *Waste Management*, 32, p. 979-990, 2011.

PEREZ, D. F.; NIE, J. X.; ARDERN, C. I.; RADHU, N.; RITVO, P. Impact of Participant Incentives and Direct and Snowball Sampling on Survey Response Rate in an Ethnically Diverse Community: Results from a Pilot Study of Physical Activity and the Built Environment. *Journal of Immigrant and Minority Health*. 2011. 8 p.

PETTER, P. M. H.; BERNARDES, A. M.; VEIT, H. M.; BRITO, D. O. Estudo de lixiviantes alternativos para extração de metais de placas de circuito impresso. In: *VIII Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental*. Porto Alegre, 2012. 11 p.

PETTER, P. M. H.; VEIT, H. M.; BERNARDES, A. M. Evaluation of gold and silver leaching from printed circuit board of cellphones. *Waste Management*, 34, p. 475-482, 2013.

RIOS, I. G. T. *Requisitos ambientais no processo de design de produtos eletroeletrônicos: contribuições para a gestão da obsolescência*. 2012. 144 f. Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

ROCHA, G. H. T.; GOMES, F. V. B.; PORTE, M. S.; PORTUGAL, S. M.; ALMEIDA, R. N.; RIBEIRO, J. C. J. *Diagnóstico da Geração de Resíduos Eletroeletrônicos no Estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte, 2009. 85 p.

RODRIGUES, A. C. *Impactos socioambientais dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos: estudo da cadeia pós-consumo no Brasil*. 2007. 321 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 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. 247 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

SAMPIERI, R. H; COLLADO, C. F., LUCIO, P. B. *Metodologia de Pesquisa*. São Paulo: McGraw-Hill, 2006. 583 p.

SANT'ANA, H. B. S.; MOURA, F. J.; VEIT, H. M. Caracterização físico-química de placas de circuito impresso de aparelhos de telefone celular. *Tecnologia em Metalurgia e Materiais Minerais*, São Paulo, v. 10, n. 3, p. 231-238, 2013.

SANTOS, D. F.; NORONHA, P. F. M.; YAMADA, N. E.; SOUZA, V. J. Análise da percepção dos consumidores a respeito do processo de descarte de celulares e baterias na cidade de São José dos Campos. *4º Congresso Internacional de Cooperação Universidade-Indústria*. Taubaté, 2012. 19 p.

SATANILLA, A. J. M. *Recuperação de níquel a partir do licor de lixiviação de placas de circuito impresso de telefones celulares*. 2012. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba, São Paulo, 2012.

SENA, F. R. *Evolução da Tecnologia Móvel Celular e o Impacto nos Resíduos Eletroeletrônicos*. 2012. 185 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

Sistema de Informação Ambiental (SIAM). Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/siam/login.jsp>>. Acesso em: 15 janeiro 2015.

SILVA, R. G.; AFONSO, J. C.; MAHLER, C. F.; ALVES, F. S.; ROBERTSON, R. M. L. F. Fluxo de metais pertencentes às baterias íon lítio de resíduos eletroeletrônicos de aparelhos

celulares. *XII Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, Natal, 2014. 7 p.

SILVA, M. B. O. Obsolescência programada e teoria do decrescimento versus direito ao desenvolvimento e ao consumo (sustentáveis). *Veredas do Direito*, v. 9, n. 17, p. 181-196, 2012.

SIQUEIRA, V. S.; MARQUES, D. H. F. Gestão e descarte de resíduos eletrônicos em Belo Horizonte: algumas considerações. *Revista Caminhos da Geografia*, (Instituto de Geografia), Uberlândia, v. 13, n. 43, p. 174-187, 2012.

SOHAILI, J.; MUNIYAND, S. K.; MOHAMAD, S. S. A Review on Printed Circuit Board Recycling Technology. *Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences*, 3, p. 12-18, 2012.

Solving the e-waste problem (StEP). *Recycling – from e-waste to resources*. UNEP, 2009.

Solving the e-waste problem (StEP). *Worldwide impacts of substance restrictions of ICT equipment*. UNEP, 2011.

Solving the e-waste problem (StEP). *Recommendations for standards development for collection, storage, transport and treatment of e-waste*. UNEP, 2014.

SOUZA, R. M. P.; LEÃO, V. A.; PINA, P. S. Remoção de metais pesados em resíduos sólidos: o caso das baterias de celular. *Revista Escola de Minas*, 58, p. 375-379, 2005.

Superintendência de Limpeza Urbana (SLU). *Apresentação*, 2016a. Disponível em: <http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&pIdPlc=ecpTaxonomiaMenuPortal&app=slu&lang=pt_br&pg=5600&tax=7652>. Acesso em: 20 janeiro 2016.

Superintendência de Limpeza Urbana (SLU). *Relação das associações e cooperativas de catadores em Belo Horizonte*, 2016b. Disponível em: <http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&pIdPlc=ecpTaxonomiaMenuPortal&app=slu&tax=34902&lang=pt_BR&pg=5600&taxp=0&>. Acesso em: 20 janeiro 2016.

TANIMOTO, A. H.; SALES, D. K. S. Inventário de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos no estado da Bahia. *AIDIS – Associação Interamericana de Engenharia Sanitária e Ambiental*, ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2012. 5 p.

TELECO. *Estatísticas de celular no mundo*, 2016a. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/pais/celular.asp>>. Acesso em: 15 abril 2016.

TELECO. *Estatísticas do Brasil - Geral*, 2016b. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/estatis.asp>>. Acesso em: 15 abril 2016.

TELECO. *Estatísticas de celulares no Brasil*, 2016c. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/ncel.asp>>. Acesso em: 15 abril 2016.

TELECO. *Smartphones*, 2016d. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/smartphone.asp>>. Acesso em: 15 abril 2016.

TOMBINI, M. C.; SANTOS, E. C. A.; DORNELLES, P. A. K.; GUIMARÃES, T. T.; MORAES, C. A. M. Influência do design de celulares em sua desmontagem para posterior reciclagem. *In: 5 Fórum Internacional de Resíduos Sólidos*. São Leopoldo, 2014. 10 p.

TUNCUK, A.; STAZI, V.; AKCIL, A.; YAZICI, E. Y.; DEVECI, H. Aqueous metals recovery techniques from e-scrap: hydrometallurgy in recycling. *Minerals Engineering*, v. 25, p. 28-37, 2012.

TRIGO, A. G. M.; ANTUNES, T. R.; BALTER, R. S. Uma visão sustentável dos resíduos eletroeletrônicos de aparelhos de celular. *IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Salvador*, Bahia, 2013. 9 p.

União Internacional de Telecomunicações (UIT). *Notícias e mídia*, 2015. Disponível em: <<http://www.unmultimedia.org/radio/portuguese/2015/05/uit-diz-que-numero-de-celulares-no-mundo-passou-dos-7-bilhoes-em-2015/?app=2&lang=pt#.VxmBDzArLIU>>. Acesso em: 15 abril 2016.

VERGARA, S. C. *Projetos e relatórios de pesquisa em administração*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

VEIT, H. M.; BERNARDES, A. M. *Electronic waste: recycling techniques*. Springer, 2015. 158 p.

VIET, H. M.; KASPER, A. C.; BERSELLI, G. B. T.; FREITAS, B. D.; TENÓRIO, J. A. S.; BERNARDES, A. M. Printed wiring boards for mobile phones: characterization and recycling of copper. *Waste Management*, v. 31, p. 2536-2545, 2011.

VIVAS, R. C.; COSTA, F. P. Tomada de decisão na escolha do processo de reciclagem e recuperação de metais das placas eletrônicas através da análise hierárquica. *IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental*, Salvador, 2013. 11 p.

XAVIER, L. H. *Resíduos eletroeletrônicos na região metropolitana do Recife (RMR): guia prático para um ambiente sustentável*. Recife: Editora Massangana, 2014. 35 p.

XAVIER, L. H.; CORRÊA, H. L. *Sistemas de logística reversa: criando cadeias de suprimento sustentáveis*. São Paulo: Atlas, 2013. 280 p.

XIU, F-R.; ZHANG, F-S. Materials recovery from waste printed circuit boards by supercritical methanol. *Journal of Hazardous Materials*, 178, p. 628-634, 2010.

WILLNER, J.; FORNALCZYK, A.; CEBULSKI, J.; JANISZEWSKI, J. Preliminary studies on simultaneous recovery of precious metals from different waste materials by pyrometallurgical method. *Archives of metallurgy and materials*, 59. 2014. 4 p.

YAMANE, L. H.; MORAES, V. T.; ESPINOSA, D. C. R.; TENÓRIO, J. A. S. Recycling of WEEE: Characterization of spent printed circuit boards from mobile phones and computers. *Waste Management*, v. 31, p. 2553-2558, 2011.

ZENI, A. M.; MACEDO, M.; FILHO, F. L.F.; HURTADO, A. L. B.; OLIVEIRA, I. L. Tecnologias para o tratamento e reciclagem de resíduo eletrônico como práticas sustentáveis inovadoras. *In: II Congresso brasileiro de engenharia de produção*. Ponte Grossa, 2012. 12 p.

APÊNDICE A – FORMULÁRIO APLICADO NAS OFICINAS DE REPAROS

	Fase 1 – Comerciantes Oficinas de recondicionamento (conserto) e reuso de aparelhos celulares Formulário	
<p>Pesquisa: Gestão da cadeia pós-consumo dos aparelhos celulares em Belo Horizonte (MG); Objetivo: Identificar e caracterizar oficinas de recondicionamento (conserto), reuso (segunda vida) de componentes e/ou aparelhos celulares; Pesquisador: Renato de Carli Almeida Couto; Orientador: Prof. Dr. Raphael Tobias de Vasconcelos Barros.</p>		

Parte 1 - Perfil do respondente e opinião
<p>1. Qual a sua idade?</p> <p><input type="radio"/> Abaixo de 20 anos</p> <p><input type="radio"/> 20 a 30 anos</p> <p><input type="radio"/> 31 a 40 anos</p> <p><input type="radio"/> 41 a 50 anos</p> <p><input type="radio"/> Acima de 50 anos</p> <p>2. Qual é o seu grau de escolaridade?</p> <p><input type="radio"/> Não lê, nem escreve/apenas assina (ou não)</p> <p><input type="radio"/> Ensino fundamental I completo (antigo primário)</p> <p><input type="radio"/> Ensino fundamental II completo</p> <p><input type="radio"/> Ensino médio completo</p> <p><input type="radio"/> Ensino superior completo</p> <p><input type="radio"/> Outros: _____</p> <p>3. Qual é o cargo que você ocupa?</p> <p><input type="radio"/> Proprietário</p> <p><input type="radio"/> Gerente</p> <p><input type="radio"/> Vendedor</p> <p><input type="radio"/> Técnico</p> <p><input type="radio"/> Outro: _____</p> <p>4. Há quanto tempo você trabalha na atividade de reparo de aparelhos celulares?</p> <p><input type="radio"/> Menos de 1 ano</p> <p><input type="radio"/> De 1 a 5 anos</p> <p><input type="radio"/> De 6 a 10 anos</p> <p><input type="radio"/> Mais de 10 anos</p> <p>5. Com que frequência você percebe que as pessoas trocam de aparelho celular?</p> <p><input type="radio"/> Antes de 1 ano</p> <p><input type="radio"/> Entre 1 e 2 anos</p> <p><input type="radio"/> Mais de 2 anos</p> <p><input type="radio"/> Não sabe</p> <p>6. Você conhece a Política Nacional de Resíduos Sólidos. (Lei federal nº 12.305/2010)?</p> <p><input type="radio"/> Sim, conheço. Sei que aborda sobre alguns aspectos que englobam diversos tipos de resíduos sólidos, incluindo os aparelhos celulares como produtos eletroeletrônicos</p> <p><input type="radio"/> Conheço parcialmente. Já ouvi falar, mas não conheço exatamente o seu conteúdo</p> <p><input type="radio"/> Não</p>

7. Você sabe o que é resíduo eletroeletrônico?
() Sim, sei que é formado por materiais eletroeletrônicos como: televisores, computadores, aparelhos celulares e vários outros
() Já ouvi falar, mas não sei do que se trata
() Não, é a primeira vez que ouço este termo
8. Você já verificou algum manual e/ou embalagem de celular para fazer o descarte de um determinado aparelho, componente ou acessório?
() Sim
() Não
() Não se aplica
9. Se você soubesse de algum lugar que recebe sem nenhum custo bateria, acessórios, aparelhos e/ou componentes de celular que não são mais possíveis de reaproveitar, você se preocuparia em fazer o descarte neste local?
() Sim. Por quê? _____
() Não. Por quê? _____
10. Você acha que ao descartar os aparelhos celulares, seus componentes e acessórios no lixo comum podem ocasionar à poluição do meio ambiente?
() Sim
() Não
() Não sabe
11. Em sua opinião de quem é a responsabilidade pela gestão, em particular a coleta e destinação final (logística reversa) dos aparelhos celulares, seus componentes e acessórios?
() Fabricantes
() Importadores
() Distribuidores
() Comerciantes
() Consumidores
() Órgãos públicos (município, estado, federação)
() Todas alternativas acima
() Outro: _____
() Não sabe

Parte 2 - Perfil da atividade

12. A atividade que você realiza possui algum tipo de registro (prefeitura, CNPJ, órgão ambiental, etc.)?
() Sim. Qual? _____
() Não
() Não sabe
13. Como a sua atividade está classificada?
() Assistência técnica autorizada. Qual marca? _____
() Assistência técnica especializada em aparelhos celulares
() Assistência técnica especializada em eletroeletrônicos, inclusive em aparelhos celulares

14. Quais são os três principais serviços que as pessoas procuram em relação ao condicionamento dos aparelhos celulares? (enumerar)
- Reparos ou substituição da carcaça
 - Reparos na placa
 - Reparos ou substituição do () *display* e/ou () *touchscreen* (tela)
 - Venda de componentes: bateria, etc.
 - Venda de acessórios: () carregador, () fone de ouvido, () capa, () película, etc.
 - Venda de aparelhos celulares usados (recondicionados)
 - Outros: _____
15. Vocês possuem algum ponto de recebimento para descarte de baterias, acessórios e/ou aparelhos celulares?
- Sim, para baterias
 - Sim, para acessórios
 - Sim, para aparelhos celulares
 - Não
16. Vocês compram aparelhos celulares usados? Se sim, de onde compram?
- Pessoas físicas
 - Catadores autônomos
 - Associação de catadores
 - Sucateiros
 - Outros: _____
 - Não se aplica
17. O que vocês fazem com os aparelhos celulares usados que compram e/ou recebem?
- Recondicionam e vendem
 - Reutilizam peças
 - Descartam quando não é possível reaproveitar peças
 - Não se aplica
 - Outro: _____
18. Quantos aparelhos celulares são consertados, em média, por mês? (estimar)
- Menos 50 unidades
 - De 51 a 100 unidades
 - De 101 a 300 unidades
 - De 301 a 500 unidades
 - De 501 a 1000 unidades
 - De 1001 a 3000 unidades
 - De 3001 a 5000 unidades
 - De 5001 a 10000 unidades
 - Acima de 10000 unidades
19. Quantos aparelhos celulares recondicionados (consertados) são vendidos, em média, por mês? (estimar)
- Menos de 10 unidades
 - De 10 a 30 unidades
 - De 31 a 50 unidades
 - De 51 a 100 unidades
 - De 101 a 300 unidades
 - De 301 a 500 unidades
 - Acima de 500 unidades
 - Não se aplica

Parte 3 - Gerenciamento de resíduos da atividade

20. Quando vocês precisam descartar algum componente, acessório e/ou aparelho celular, o que fazem?

	Vendem	Para quem?	Doam	Para quem?	Descartam			Onde ou para quem?	Armazenam para futuro descarte	Jogam no lixo comum	Não se aplica
					Em um local que recebe	Em uma empresa de reciclagem	Através do fabricante				
Aparelho celular com bateria	()	_____	()	_____	()	()	()	_____	()	()	()
Aparelho celular sem bateria	()	_____	()	_____	()	()	()	_____	()	()	()
Bateria de celular	()	_____	()	_____	()	()	()	_____	()	()	()
Carcaça plástica	()	_____	()	_____	()	()	()	_____	()	()	()
Carcaça metálica ou componentes metálicos	()	_____	()	_____	()	()	()	_____	()	()	()
Display	()	_____	()	_____	()	()	()	_____	()	()	()
Touchscreen (tela)	()	_____	()	_____	()	()	()	_____	()	()	()
Placa de celular com componentes	()	_____	()	_____	()	()	()	_____	()	()	()
Placa de celular sem componentes	()	_____	()	_____	()	()	()	_____	()	()	()
Carregador de celular	()	_____	()	_____	()	()	()	_____	()	()	()
Fone de ouvido	()	_____	()	_____	()	()	()	_____	()	()	()
Outros: _____	()	_____	()	_____	()	()	()	_____	()	()	()
_____	()	_____	()	_____	()	()	()	_____	()	()	()

21. Você conhece alguém ou alguma empresa em Belo Horizonte que recebe e/ou compra:

	Não.	Sim, que recebe.	Sim, que compra.	Se sim, quem ou qual empresa?
Aparelho celular com bateria	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	_____
Aparelho celular sem bateria	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	_____
Bateria de celular	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	_____
Carcaça plástica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	_____
Carcaça metálica ou componentes metálicos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	_____
<i>Display</i>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	_____
<i>Touchscreen</i> (tela)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	_____
Placa de celular com componentes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	_____
Placa de celular sem componentes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	_____
Carregador de celular	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	_____
Fone de ouvido	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	_____
Outros: _____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	_____
_____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	_____

22. Quais são as quantidades aproximadas que vocês descartam mensalmente de:



	Não se aplica	Não sabe	Abaixo de 10 unidades	De 10 a 30 unidades	De 31 a 50 unidades	De 51 a 100 unidades	De 101 a 200 unidades	De 201 a 300 unidades	Outros valores:
Aparelho celular com bateria	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Aparelho celular sem bateria	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Bateria de celular	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Carcaça plástica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Carcaça metálica	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Display	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Touchscreen (tela)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Placa de celular com componentes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Placa de celular sem componentes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Carregador de celular	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Fone de ouvido	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Outros: _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____

23. Você gostaria de comentar algo mais sobre o assunto?

Não

Sim: _____

APÊNDICE B – ROTEIRO DE ENTREVISTA 1

	Fase 1 – Roteiro de entrevista semiestruturada	
<p>Pesquisa: Gestão da cadeia pós-consumo dos aparelhos celulares em Belo Horizonte (MG); Objetivo: Identificar, caracterizar e discutir os papéis dos principais atores envolvidos na gestão dos aparelhos celulares em Belo Horizonte; Pesquisador: Renato de Carli Almeida Couto; Orientador: Prof. Dr. Raphael Tobias de Vasconcelos Barros.</p>		

Tipo de instituição:

- Associação e/ou cooperativa de catador
- Sucateiro ou ferro-velho
- Empresa especializada em resíduo eletroeletrônico
- Empresa de reciclagem

Nome do respondente:

Cargo:

Tempo no cargo:

Nome da instituição:

Tempo de existência da instituição:

Número de funcionários/cooperados:

1- Qual é a atividade principal da instituição?

2- A atuação da instituição é local, regional, nacional ou internacional?

3- O que a instituição faz com relação aos resíduos eletroeletrônicos (REEE)? (ex.: comercializa, recicla ou presta serviço de descaracterização)

4- Como você classificaria o mercado atual para este tipo de sucata?

5- Vocês possuem coleta própria de REEE (em especial os aparelhos celulares) e/ou algum ponto de recebimento desses resíduos em Belo Horizonte? Se sim, existe alguma restrição?

6- Existe alguma verificação/controle no recebimento destes REEE? (ex.: se está funcionando o equipamento; se os REEE são pesados, se são separados por marca e/ou tipo, etc.)

7- Quais são os principais REEE que são comercializados pela instituição? (citar os três principais)

8- Qual é a quantidade aproximada de REEE que é comercializada, em média, por mês?



9- Os REEE que são comercializados representam que valor (em porcentagem) do faturamento da instituição?

10- Qual é a quantidade aproximada de aparelhos celulares que é comercializada, em média, por mês?

11- Os resíduos de aparelhos celulares que são comercializados representam que valor (em porcentagem) no faturamento da instituição?

- 12- A instituição recondiciona/conserta aparelhos celulares? Se sim, qual o percentual de aparelhos celulares ou componentes que são recuperados, em média, por mês?
- 13- Existe alguma parceria com empresas que recondicionam ou reciclam os aparelhos celulares, seus componentes e acessórios?
- 14- Quem são os principais fornecedores e compradores de resíduos de aparelhos celulares?
- 15- O que é feito com os aparelhos celulares quando ele chega na instituição até sua comercialização ou reciclagem?
- 16- Os aparelhos celulares chegam com bateria? Se não, qual o motivo?
- 17- O que é feito com o material (componente, acessório e/ou aparelho celular) que não é possível ser comercializado e quanto em percentagem estes representam do total?
- 18- Quais materiais constituem esses rejeitos e quais os principais motivos da impossibilidade ou inviabilidade de seu aproveitamento ou comercialização? (ex.: falta de mercado comprador, não tem valor comercial).
- 19- A instituição paga algum valor para descartar algum componente e/ou acessório de aparelho celular?
- 20- Você conhece alguém ou alguma empresa em Belo Horizonte que recebe e/ou compra os resíduos de aparelho celular? (ex.: bateria, plástico, metal, *display/touchscreen*, placa, acessórios, etc.)
- 21- Na sua opinião, com que frequência você percebe que as pessoas trocam de aparelho celular?
- 22- Na sua opinião, quem é responsável pela logística reversa (coleta e destinação final) dos aparelhos celulares, componentes e acessórios?
- 23- Na sua opinião, o que poderia ser feito para melhorar o mercado de REEE, incluindo os aparelhos celulares? (ex.: logística de coleta, manuseio, comercialização de algum componente, destinação correta, etc.)
- 24- Na sua opinião, quem você considera que seja responsável por essa melhoria?
- 25- A instituição possui algum tipo de registro/certificação? (ex.: alvará, cnpj, licença ambiental)
- 26- Você gostaria de comentar algo mais sobre o assunto?

APÊNDICE C – ROTEIRO DE ENTREVISTA 2

	Fase 1 – Roteiro de entrevista semiestruturada	
Pesquisa: Gestão da cadeia pós-consumo dos aparelhos celulares em Belo Horizonte (MG); Objetivo: Identificar, caracterizar e discutir os papéis dos principais atores envolvidos na gestão dos aparelhos celulares em Belo Horizonte; Pesquisador: Renato de Carli Almeida Couto; Orientador: Prof. Dr. Raphael Tobias de Vasconcelos Barros.		

Tipo de instituição:
Operadora de telefonia

Nome do respondente:
Cargo:
Tempo no cargo:
Nome da instituição:
Tempo de existência da instituição:
Número de funcionários:

- 1- Como é a estrutura organizacional da operadora em Belo Horizonte? (ex.: citar quantas lojas físicas, lojas franquizadas e/ou pontos de venda, estandes em lojas de varejo, centro de distribuição (CD), etc.)
- 2- Dentro da estrutura organizacional da operadora, em quais locais existem ponto de coleta/recebimento para resíduos de celular? (ex.: aparelho celular em desuso, acessórios, bateria, etc.)
- 3- Existe algum procedimento de verificação/controle no recebimento destes resíduos de celular nas lojas físicas da operadora? (ex.: quem está descartando; se está funcionando o aparelho celular, componentes e/ou acessórios; se estes resíduos são quantificados e/ou pesados, se são separados por tipo de resíduo e/ou por marca/fabricante, etc.)
- 4- O que a operadora e/ou as lojas vinculadas fazem com os resíduos de celular que são coletados/recebidos? (ex.: doa, vende, paga pra destinar, etc.)
- 5- Existe algum tipo de parceria com empresas que recondicionam ou reciclam os aparelhos celulares, seus componentes e acessórios em Belo Horizonte?
- 6- Qual é a quantidade aproximada de resíduos de celular que são destinados a partir dos pontos de coleta/recebimento existentes, em média, por mês ou ano?
- 7- Quais são os tipos de resíduos de celular que são entregues com mais frequência nos pontos de coleta/recebimento? (ex.: bateria, plástico, metal, *display/touchscreen*, placa, acessórios, etc.)
- 8- A operadora possui algum programa de fidelidade ou campanha que incentive o recolhimento de aparelhos celulares, componentes e acessórios usados? Se sim, como funciona? (ex.: a operadora oferece algum desconto para os clientes que levam o celular usado na compra de um aparelho novo)
- 9- A operadora possui alguma unidade que recondiciona/conserta os aparelhos celulares que são descartados nas lojas físicas? Se sim, qual o percentual de aparelhos celulares ou componentes que são recuperados, em média, por mês ou ano?

10- Quais são as empresas que coletam e destinam os resíduos de celular da operadora? São empresas de Belo Horizonte ou de outro estado? Quais são os critérios para escolha desta(s) empresa(a)? (citar as empresas e o local de destino final; se são firmados contratos ou por meio de leilões)

11- Qual é a frequência que esta(s) empresa(s) busca(m) os resíduos nas lojas físicas?

12- Quem é responsável por arcar com o custo da logística reversa dos resíduos de celular que são coletados/recebidos pelas lojas físicas da operadora? A operadora tem que pagar algum valor para descartar algum resíduo de celular? A operadora recebe algum valor ou incentivo dos fabricantes pela coleta/recebimento e destinação final dos resíduos de celular?

13- O(a) senhor(a) conhece alguma empresa em Belo Horizonte que gerencia (coleta e destina) este tipo de resíduo de aparelho celular? (ex.: bateria, plástico, metal, *display/touchscreen*, placa, acessórios, etc.)



14- Na sua opinião, com que frequência o(a) senhor(a) percebe que as pessoas estão trocando de aparelho celular nos dias atuais?

15- Na sua opinião, quem é responsável pela logística reversa (coleta e destinação final) dos resíduos de aparelhos celulares, componentes e acessórios? (ex.: governo, fabricante, operadora, consumidor, etc.)

16- Na sua opinião, o que poderia ser feito para melhorar a logística reversa dos resíduos de aparelho celular? O que a operadora poderia fazer para auxiliar nessa melhoria?

17- O(a) senhor(a) gostaria de comentar algo mais sobre o assunto?

APÊNDICE D – ROTEIRO DE ENTREVISTA 3

	Fase 1 – Roteiro de entrevista semiestruturada	
<p>Pesquisa: Gestão da cadeia pós-consumo dos aparelhos celulares em Belo Horizonte (MG); Objetivo: Identificar, caracterizar e discutir os papéis dos principais atores envolvidos na gestão dos aparelhos celulares em Belo Horizonte; Pesquisador: Renato de Carli Almeida Couto; Orientador: Prof. Dr. Raphael Tobias de Vasconcelos Barros.</p>		

Tipo de instituição:
Órgãos gestores

Nome do respondente:
Cargo:
Tempo no cargo:
Nome da instituição:

- 1- Qual é a atividade principal da instituição?
- 2- Qual o nível de abrangência da instituição? (ex.: municipal, estadual, federal)
- 3- Qual é a posição da instituição frente à gestão de resíduos eletroeletrônicos (REEE) em Belo Horizonte?
- 4- Como o(a) senhor(a) avalia a gestão atual para este tipo de resíduo (REEE)?
- 5- Já houve alguma demanda sobre o REEE (ex.: licenciamentos ambientais, orientações sobre descarte correto de algum material, campanhas de divulgação/orientação, etc.)? Se sim, qual e para quem?
- 6- O que a instituição faz com relação aos resíduos eletroeletrônicos (REEE) que são gerados na própria unidade (incluindo os aparelhos celulares, seus componentes e acessórios)?
- 7- A instituição paga algum valor para descartar algum REEE (em especial os aparelhos celulares, componente e/ou acessório)?
- 8- A instituição possui algum ponto de coleta e/ou recebimento de REEE (em especial os aparelhos celulares) em Belo Horizonte? Se sim, existe alguma restrição?
- 9- A instituição possui parceria com alguma empresa de reciclagem e/ou que recondiciona/conserta aparelhos celulares, seus componentes e acessórios? Se sim, qual o percentual de aparelhos celulares ou componentes que são recuperados, em média, por mês?
- 10- O(a) senhor(a) conhece alguma instituição em Belo Horizonte que recebe e/ou compra os resíduos de aparelho celular? (ex.: bateria, plástico, metal, *display/touchscreen*, placa, acessórios, etc.)
- 11- Na sua opinião, com que frequência você percebe que as pessoas trocam de aparelho celular?
- 12- Na sua opinião, quem é responsável pela logística reversa (coleta e destinação final) dos aparelhos celulares, componentes e acessórios?

13- Na sua opinião, qual é o papel da instituição na logística reversa dos resíduos eletroeletrônicos, em especial dos aparelhos celulares, componentes e acessórios?

14- Na sua opinião, quais são os principais fatores que mais dificultam a gestão de REEE em Belo Horizonte?

15- Na sua opinião, o que poderia ser feito para melhorar a gestão de REEE, incluindo os aparelhos celulares? (ex.: logística de coleta/destinação, manuseio, minimização da burocracia, diminuição de impostos, acordo setorial, etc.).

16- Na sua opinião, quem você considera que seja responsável por essa melhoria?

17- Na cadeia pós-consumo dos aparelhos celulares foram identificados diversos atores (listados abaixo). Na sua opinião, quais destes atores o(a) senhor(a) considera que encontra(m) mais dificuldade em trabalhar com o REEE (em especial os aparelhos celulares, componentes e/ou acessórios)? Por quê? (enumerar as repostas)

- | | |
|-------------------------------------|-----|
| 1) oficinas de reparo: | () |
| 2) lojas de telefonia/operadoras: | () |
| 3) associações de catadores: | () |
| 4) catadores autônomos: | () |
| 5) empresas de reciclagem: | () |
| 6) empresas especializadas em REEE: | () |
| 7) sucateiros e ferro-velho: | () |
| 8) locais de destinação (URPV) e | () |



disposição final (aterros):

18- Na sua opinião, o que a instituição poderia fazer para auxiliar e/ou propor melhorias a gestão dos REEE (em especial os aparelhos celulares, componentes e/ou acessórios) junto aos atores mencionados anteriormente?

19- Qual é a sua opinião sobre o tema desta pesquisa?

20- Você gostaria de comentar algo mais sobre o assunto?

APÊNDICE E – ROTEIRO DE ENTREVISTA 4

	Fase 1 – Roteiro de entrevista semiestruturada	
<p>Pesquisa: Gestão da cadeia pós-consumo dos aparelhos celulares em Belo Horizonte (MG); Objetivo: Identificar, caracterizar e discutir os papéis dos principais atores envolvidos na gestão dos aparelhos celulares em Belo Horizonte; Pesquisador: Renato de Carli Almeida Couto; Orientador: Prof. Dr. Raphael Tobias de Vasconcelos Barros.</p>		

Tipo de instituição:
Órgãos gestores

Nome do respondente:
Cargo:
Tempo no cargo:
Nome da instituição:

- 1- Qual é a posição da instituição frente à gestão de REEE?
- 2- Há algum projeto em andamento que o(a) senhor(a) poderia fazer um paralelo entre o caso brasileiro e alguma experiência internacional (leis, atores, participações, dificuldades, encaminhamentos, prazos)?
- 3- Em setembro de 2015 saiu uma notícia no “Portal Brasil” que o país assinou um acordo com o Japão no setor de eletroeletrônicos a fim de buscar apoio para implementar a logística reversa. O que o(a) senhor(a) poderia falar sobre esse acordo e sobre o projeto JICA (*Japan International Cooperation Agency*)? O que o(a) senhor(a) acha sobre as metas iniciais, área de abrangência do acordo setorial?
- 4- As metas iniciais que são apresentadas no acordo setorial são de forma progressiva em até 5 anos para 100% dos municípios acima de 80.000 habitantes (sendo 1 ponto a cada 25.000 habitantes) para o recolhimento e destinação de 17%, em peso, dos produtos (EEE) colocados no mercado. O acordo setorial está sendo previsto para todos os tipos de equipamentos eletroeletrônicos, ou será iniciado com algum tipo em específico?
- 5- Como está o andamento do acordo setorial para os REEE (fazer um paralelo com outros acordos setoriais, ex.: embalagens)? Existe algum fator que esteja dificultando a tramitação e concretização deste acordo? Quais são os principais desafios/entraves para assinatura do acordo setorial?
- 6- Como o MMA vê a participação das associações e/ou cooperativas de catadores na logística reversa dos REEE? Na sua opinião, como estes atores poderão participar desta cadeia reversa?
- 7- Na sua opinião, quais são os principais fatores que dificultam o papel do MMA na logística reversa dos resíduos eletroeletrônicos (em especial dos aparelhos celulares, componentes e acessórios)?
- 8- Como está sendo pensada a questão da conscientização da população para efetivação da logística reversa para os REEE, uma vez que ocorrem diversas contradições entre as orientações do governo/mídia (para a população consumir, comprar) e, ao mesmo tempo, preservar o meio ambiente?

9- Como é pensada a questão de se criar novas instalações para recuperação/reciclagem de REEE no território nacional? É um objetivo descentralizar o caminho dos REEE (que atualmente quase todos que são gerados em Minas Gerais seguem para o estado de São Paulo e/ou são exportados)?

10- Com relação às questões legais, é previsto a criação de uma Resolução do CONAMA específica para os REEE? E por que o Brasil não possui uma diretiva como da Comunidade Europeia?

11- O que o governo federal (MMA) já faz com relação aos resíduos eletroeletrônicos (REEE) que são gerados na própria unidade (incluindo os aparelhos celulares, seus componentes e acessórios)?



12- Como o(a) senhor(a) avalia a gestão atual para resíduos eletroeletrônicos (REEE)? Na sua opinião, quais são os principais fatores que mais dificultam a gestão de REEE no Brasil?

13- Na sua opinião, o que poderia ser feito para melhorar a gestão de REEE, incluindo os aparelhos celulares? (ex.: logística de coleta/destinação, manuseio, minimização da burocracia, diminuição de impostos, acordo setorial, etc.). Na sua opinião, quem você considera que seja responsável por essa melhoria?

14- Na sua opinião, com que frequência você percebe que as pessoas trocam de aparelho celular?

15- Você gostaria de comentar algo mais sobre o assunto?

APÊNDICE F – ROTEIRO DE ENTREVISTA 5

	Fase 1 – Roteiro de entrevista semiestruturada	
<p>Pesquisa: Gestão da cadeia pós-consumo dos aparelhos celulares em Belo Horizonte (MG); Objetivo: Identificar, caracterizar e discutir os papéis dos principais atores envolvidos na gestão dos aparelhos celulares em Belo Horizonte; Pesquisador: Renato de Carli Almeida Couto; Orientador: Prof. Dr. Raphael Tobias de Vasconcelos Barros.</p>		

Tipo de instituição:

Local de destinação e/ou disposição final de resíduos

Nome do respondente:

Cargo:

Tempo no cargo:

Nome da unidade/instituição:

1- Qual é a atividade principal da unidade?

2- Qual o nível de abrangência da unidade? (ex.: local, regional, estadual, etc.)

3- A unidade possui um ponto específico para o recebimento de algum resíduo eletroeletrônico (REEE)? Se sim, existe alguma restrição para este recebimento, qual é a frequência e o que é feito com estes REEE?

4- Já foi identificada a chegada de REEE junto com os demais materiais? Se sim, o que é feito quando se identifica algum REEE junto ao material que chega a unidade?

5- O que a unidade faz com relação aos REEE que são gerados na própria unidade (incluindo os aparelhos celulares, seus componentes e acessórios)?

6- A unidade possui parceria com alguma empresa de reciclagem e/ou que recondiciona/conserta equipamentos eletroeletrônicos (em especial os aparelhos celulares, seus componentes e acessórios)? Se sim, qual o percentual de aparelhos celulares ou componentes que são reciclados e/ou recuperados, em média, por mês?

7- O(a) senhor(a) conhece alguma instituição em Belo Horizonte que recebe e/ou compra os resíduos de aparelho celular? (ex.: bateria, plástico, metal, *display/touchscreen*, placa, acessórios, etc.)

8- Na sua opinião, com que frequência você percebe que as pessoas trocam de aparelho celular?

9- Na sua opinião, quem é responsável pela logística reversa (coleta e destinação final) dos aparelhos celulares, componentes e acessórios?

10- Como o(a) senhor(a) avalia a gestão atual de REEE em Belo Horizonte?

11- Na sua opinião, quais são os principais fatores que mais dificultam a gestão de REEE em Belo Horizonte?

12- Na sua opinião, o que poderia ser feito para melhorar a gestão de REEE, incluindo os aparelhos celulares? (ex.: logística de coleta/destinação, manuseio, minimização da burocracia, diminuição de impostos, etc.)

13- Na sua opinião, quem você considera que seja responsável por essa melhoria?

14- Qual é a sua opinião sobre o tema desta pesquisa?

15- Você gostaria de comentar algo mais sobre o assunto?

APÊNDICE G – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Número de registro COEP: CAAE - 48359415.1.0000.5149

Título do projeto: “Gestão da cadeia pós-consumo dos aparelhos celulares em Belo Horizonte (MG)”

Prezado Senhor (a),

Este Termo de Consentimento pode conter palavras que você não entenda. Peça ao pesquisador que explique as palavras ou informações não compreendidas completamente.

Você está sendo convidado (a) a participar de uma pesquisa que tem por objetivo analisar a gestão da cadeia pós-consumo dos aparelhos celulares e o seu potencial de valorização em Belo Horizonte (MG).

Como critério de seleção dos participantes, buscam-se atores relacionados ao tema a ser estudado.

Para participar deste estudo, solicito a sua especial colaboração em responder as perguntas propostas pelo roteiro de entrevista. Consideramos que a entrevista não representa riscos à saúde dos participantes, e que em alguns casos pode apenas criar situações de constrangimento dependendo do questionamento realizado. Entretanto, deve-se ressaltar que a presente pesquisa visa abordar apenas questões referentes ao assunto apresentado. Assim não haverá questionamentos sobre assuntos pessoais, que possam constranger ou comprometer o entrevistado. Além disso, a identidade será mantida em sigilo. Dessa forma, você não será identificado quando o material de seu registro for utilizado, seja para propósitos de publicação científica ou educativa.

O método utilizado na pesquisa é uma entrevista semiestruturada. A entrevista será gravada, sendo prevista uma duração aproximada de 60 minutos. Não existem respostas certas ou erradas. Você só precisa responder o que pensa e terá liberdade para deixar de responder a questões que não deseje, evitando assim possíveis riscos de desconforto e/ou constrangimentos ao responder alguma questão levantada na entrevista. O destino das gravações, anotações e questionários ficarão em posse do pesquisador pelo prazo de cinco anos, recomendado por normas do conselho de ética. Além disso, durante este período de cinco anos haverá restrição de acesso aos dados a outras pessoas que não sejam participantes da equipe de pesquisa.

Você não terá nenhum gasto com a sua participação no estudo, pois as entrevistas serão realizadas em horários que possam ser disponibilizados para o entrevistador e também não receberá pagamento pelo mesmo. Sua participação neste estudo é muito importante e voluntária. Você tem o direito de não querer participar ou de sair deste estudo a qualquer momento, sem penalidades ou perda de qualquer benefício ou cuidados a que tenha direito nesta instituição.

Como resultado deste estudo, esperamos que você possa colaborar para subsidiar intervenções necessárias na gestão da cadeia pós-consumo dos aparelhos celulares em Belo Horizonte.

INFORMAÇÕES

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (COEP) da Universidade Federal de Minas Gerais, que deverá ser consultado somente quando houver dúvidas relacionadas às questões éticas pelo telefone 3409-4592, por e-mail: coep@prpq.ufmg.br ou no seguinte endereço: Avenida Antonio Carlos, 6627 – Unidade Administrativa II, sala 2005. CEP 31270-901 - Belo Horizonte, MG.

Os pesquisadores responsáveis poderão fornecer qualquer esclarecimento sobre essa pesquisa, assim como tirar dúvidas, bastando contato no seguinte endereço e/ou telefone:

Nome do pesquisador: Renato de Carli Almeida Couto

Endereço: Avenida Antônio Carlos, 6627, Pampulha – Escola de Engenharia – UFMG Belo Horizonte/MG.

Telefone: 31-99197-5007

E-mail: renatodecarli@yahoo.com.br

Nome do pesquisador: Raphael Tobias de Vasconcelos Barros

Endereço: Avenida Antônio Carlos, 6627 – Escola de Engenharia – UFMG – Belo Horizonte – MG

Sala: 4624

Telefone: (31) 3409-1879

e-mail: raphael@desa.ufmg.br

DECLARAÇÃO DE CONSENTIMENTO

Li ou alguém leu para mim as informações contidas neste documento antes de assinar este termo de consentimento. Declaro que toda a linguagem técnica utilizada na descrição deste estudo de pesquisa foi satisfatoriamente explicada e que recebi respostas para todas as minhas dúvidas.

Confirmo também que recebi uma via deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Compreendo que sou livre para me retirar do estudo em qualquer momento, sem perda de benefícios ou qualquer outra penalidade.

Dou meu consentimento de livre e espontânea vontade para participar deste estudo.

Nome do participante (em letra de forma)

Assinatura do participante ou representante legal

Data

Nome (em letra de forma) e Assinatura do pesquisador

Data

ANEXO A – APROVAÇÃO DO PROJETO DE PESQUISA



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - COEP

Projeto: CAAE – 48359415.1.0000.5149

Interessado(a): Prof. Raphael Tobias de Vasconcelos Barros
Depto. de Engenharia Sanitária e Ambiental
Escola de Engenharia - UFMG


DECISÃO

O Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG – COEP aprovou, no dia 03 de novembro de 2015, o projeto de pesquisa intitulado "**Gestão da cadeia pós-consumo dos aparelhos celulares em Belo Horizonte (MG)**" bem como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

O relatório final ou parcial deverá ser encaminhado ao COEP um ano após o início do projeto através da Plataforma Brasil.

Prof. Dra. Telma Campos Medeiros Lorentz
Coordenadora do COEP-UFMG

ANEXO B – CONTROLE DE RECEBIMENTO DIÁRIO DE RESÍDUOS NAS URPV

 SUPERINTENDÊNCIA DE LIMPEZA URBANA		CONTROLE DE RECEBIMENTO DIÁRIO DE RESÍDUOS NAS URPVs					DATA _____/_____/____			
GERLU				URPV						
HORA	IDENTIFICAÇÃO DO VEÍCULO				VOLUME ESTIMADO (m³)			VOLUME TOTAL ESTIMADO (m³)	QUANTIDADE (UN)	BAIRRO DE ORIGEM
	TIPO DE VEÍCULO	PLACA DO VEÍCULO	CARROÇA Nº	CARRINHO-DE-MÃO	1.RCC	2.RV			RV PNEUS	
						2.1. PODA	2.2. OUTROS			
TOTAL										
LEGENDA: TIPO DO MATERIAL RCC = RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL RV = RESÍDUOS VOLUMOSOS				ASSINATURA SERVIDOR / MAT.-DV (URPV)				ASSINATURA GERLU / MAT.-DV (URPV)		
DEFINIÇÕES: ANEXO I, LEI MUNICIPAL Nº 10.522/2012 1. Resíduos da construção civil, resíduos provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, bem como os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica e outros, comumente chamados de entulhos de obras, caliça e metralha. 2. Resíduos volumosos: 2.1 Resíduos vegetais provenientes da manutenção de áreas verdes públicas ou privadas. 2.2 Resíduos constituídos basicamente por material volumoso não removido pela coleta pública regular, tais como móveis e equipamentos domésticos inutilizados, grandes embalagens e peças de madeira e outros não caracterizados como resíduos industriais.										
PROIBIDO RECEBER NA URPV: ART.27, LEI MUNICIPAL 10.522/2012 I – resíduos de serviços de saúde e congêneres; II – agrotóxicos, seus resíduos e embalagens; III – cadáveres de animais; IV – restos de matadouros de animais, restos de alimentos; V – veículos inservíveis ou irreuperáveis abandonados nos logradouros públicos, carcaças; VI – resíduos sólidos provenientes de calamidades públicas; VII – documentos e materiais gráficos apreendidos pela polícia; VIII – lodos e lamas oriundos de estações de tratamento de águas, de esgotos sanitários, de fossas sépticas, de postos de lubrificação de veículos ou semelhantes; resíduos provenientes de limpeza de caixa de gordura ou outros produtos pastosos que exalem odores desagradáveis; IX – resíduos químicos em geral; X – resíduos sólidos de materiais bélicos e de explosivos.										