

Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca –
CEFET/RJ

Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação - DIPPG
Coordenadoria de Pesquisa e Estudos Tecnológicos - COPET

RELATÓRIO FINAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

GERENCIAMENTO SUSTENTÁVEL DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS

Aluna: Kellen Santana Silva (Engenharia de Telecomunicações do CEFET/RJ - 6º período)
Bolsista CEFET/RJ

Orientadora: Aline Guimarães Monteiro Trigo, D.Sc.

Rio de Janeiro, RJ - Brasil
Agosto de 2017

RESUMO:

O descarte final dos resíduos eletroeletrônicos vem trazendo uma preocupação crescente para o meio ambiente e a saúde daqueles que manipulam esses resíduos. Por isso, o artigo vem demonstrar a importância de uma instituição de ensino, como o CEFET/RJ, em colaborar para a gestão sustentável dos resíduos eletroeletrônicos, a partir do momento que os identifica, classifica e envia, parte, para uma cooperativa de catadores. Acredita-se que, por meio de um gerenciamento adequado destes resíduos, a comunidade da instituição de ensino esteja sendo preparada para compreender e intervir, de forma sustentável numa realidade imposta pelo consumismo desenfreado, pela falta de local apropriado para receber os resíduos e pela obsolescência programada, que contribuam visivelmente para o desequilíbrio ambiental. Nesse sentido, o estabelecimento de ações que orientem a separação e a destinação dos resíduos eletroeletrônicos, bem como o consumo mais ético e consciente, seguidos de novos hábitos, priorizando não apenas a satisfação, mas também o dever de manter um ambiente saudável.

Palavras-chave: Resíduos eletroeletrônicos, gestão sustentável, cooperativa

INTRODUÇÃO

Com a mudança de perfil de uma sociedade industrial para uma sociedade que tem acesso democratizado e global a informação e ao conhecimento, os debates sobre os impactos gerados pelos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) se tornaram mais comuns, e pautados principalmente no aumento crescente do uso de tecnologias de informação e meios de comunicação demandados neste processo.

De acordo com a Comissão Europeia, deve haver um aumento anual entre 3% e 5% até 2020 na geração de REEE no continente europeu (EUROPEAN UNION, 2002). No Brasil, a estimativa é que, só no ano de 2011 tenham sido produzidos cerca de 6,5 kg (quilogramas) de resíduos eletroeletrônicos por habitante, com potencial de atingir cerca de 8 kg anuais por pessoa em cinco anos, sendo que no mesmo ano os europeus produziam 20 kg *per capita* anual de REEE. (XAVIER, CARVALHO, 2014)

Desta forma, o país já está entre os maiores produtores de lixo eletrônico (*e-waste*), totalizando 1,4 milhão de toneladas por ano. Esse aumento deve ser visto como um sério problema ambiental, pois suas consequências refletem nos ecossistemas e na população, podendo ser percebidas através dos crescentes gastos direcionados à prevenção e cuidados para minimizar os impactos causados. Em contraposição a isso, a União Europeia, por exemplo, vem buscando adotar novas políticas estratégicas para gerir estes resíduos, pautadas principalmente em três pilares: prevenção, reciclagem e disposição final adequada. (EUROPEAN UNION, 2002)

Políticas públicas recentes têm estimulado investimentos no mercado da reciclagem de eletrônicos. Entretanto, custos adicionais reduzem o interesse de empresas, em reaproveitar ou reciclar o *e-waste*, já que os produtos já recebem uma alta carga tributária.

Neste sentido, este estudo vem demonstrar a importância de uma instituição de ensino em colaborar para a gestão sustentável dos resíduos eletroeletrônicos, a partir do momento que os identifica, seleciona e envia, parte dos resíduos, para uma cooperativa de catadores.

A instituição de ensino deve preparar o indivíduo para entender e intervir na realidade social, econômica e ambiental, principalmente com o aumento da geração de resíduos eletroeletrônicos.

Metodologicamente, classifica-se, quanto à natureza, como de pesquisa básica, onde o foco é produzir conhecimentos para entender a evolução do tema, e quanto aos objetivos, enquadra-se como pesquisa exploratória, proporcionando maior familiaridade com o tema e

descritiva, que visa descrever as características do fenômeno estudado. Com relação aos procedimentos de pesquisa, optou pelo uso da pesquisa bibliográfica. (GIL, 2012) É um estudo de caso que é observado no CEFET/RJ por meio da gestão de seus resíduos eletroeletrônicos.

RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS: CONCEITO, CLASSIFICAÇÃO E IMPACTOS AMBIENTAIS

REEE é um termo genérico que inclui todos os equipamentos elétricos e eletrônicos (EEE) eliminados por seus usuários, desde grandes eletrodomésticos, como geladeiras, fornos de micro-ondas, televisores, computadores, equipamentos de impressão e conexão, cabos até aparelhos portáteis digitais, celulares e brinquedos. (SEPA, 2011; DEL GROSSI, 2011)

O atual padrão de consumo nos conduz à intensificação do descarte de eletroeletrônicos no meio ambiente, já que em pouco tempo estes materiais passam de inovação a equipamento obsoleto, e tão logo, sucata tecnológica. Este resíduo tem aumentado três vezes mais do que os urbanos comuns, devido principalmente a alguns fatores como o custo para reparação, a inovação tecnológica, a rápida obsolescência e aspectos da produção, como o design e tempo de vida útil dos equipamentos, chegando a corresponder de 1% a 5% dos resíduos sólidos produzidos, tanto em países em industrialização, quanto nos já industrializados. (MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2011)

De modo geral, os equipamentos eletroeletrônicos tem em sua composição mais de mil diferentes substâncias, sendo algumas delas de alto valor econômico, com prata, platina e ouro, além de outras que podem causar grandes danos se expostas ao ambiente e à saúde humana, a exemplo de metais pesados como chumbo (Pb), mercúrio (Hg) e zinco (Zn), que como se sabe, ocasionam efeitos prejudiciais sobre a saúde. (WIDMER *et al.*, 2005; UNEP, 2009) (Figura 1)

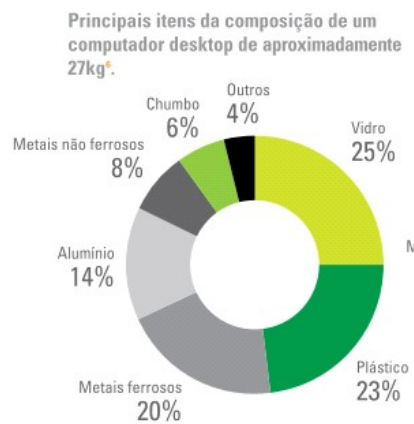


Figura 1: Metais presentes em um equipamento eletroeletrônico

Fonte: MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA (2011)

A indústria eletroeletrônica classifica esses equipamentos, que são de uso doméstico em quatro grupos ou linhas: branca, marrom, verde e azul. (XAVIER, CARVALHO, 2014)

- **Linha branca:** são os equipamentos de grande porte, como geladeiras, fogões e lavadoras.
- **Linha marrom:** são os equipamentos de imagem e som, como: televisores, DVD's, rádios e outros.
- **Linha verde:** computadores, impressoras, notebooks, aparelhos celulares e *tablets*.
- **Linha azul:** aparelhos domésticos de pequeno porte, como ferros de passar roupa, liquidificadores, cafeteiras, batedeiras e secadores.

O aumento do consumo de EEE acompanha o crescimento constante em que o Brasil se encontrava nos últimos anos, e estes aparelhos faziam cada vez mais parte do dia-a-dia do brasileiro. Sendo o nosso mercado nacional de eletroeletrônicos considerado o quinto maior do mundo, atrás apenas de China, EUA, Japão e Rússia, houve também um aumento na produção dos REEE. Em números, observou-se em 2007 uma média de 2,6 kg/hab/ano (RODRIGUES, 2007), em 2009 3,3kg/hab/ano (FEAM, 2009), em 2011 6,4 kg/hab/ano, e a projeção para os anos pós 2015 é de uma produção anual destes resíduos *per capita* superior a 8kg. Percebe-se, assim, que a produção do “e-lixo” (*e-waste* ou lixo tecnológico, como é conhecido o resíduo eletroeletrônico) cresce gradualmente, e esse crescimento deve ser tratado de acordo com a relevância que vem apresentando.

Entretanto, por falta de estrutura adequada de coleta e, muitas vezes, também de

informação, há um contraste notável em relação ao crescimento do consumo e a realidade da gestão desses resíduos. Algumas pequenas ações vêm sendo implementadas e passam a fazer parte do processo produtivo de alguns produtos eletroeletrônicos, minimizando os efeitos negativos da produção.

Destacam-se a utilização de materiais sustentáveis, a extensão da vida útil do produto, se possível, e principalmente, ações para conscientizar o consumidor que não possui o hábito de dar a destinação correta a seus REEE em função dos riscos que eles trazem.

O quadro 1 lista os principais efeitos à saúde causados por substâncias potencialmente contaminantes.

Quadro 1: Identificação de efeitos à saúde humana causados por substâncias presentes nos REEE

Substância	Via de contaminação	Efeito
Cádmio	a. Manuseio b. Inalação e ingestão de alimento ou água contaminada	a. Dermatite b. Disfunção renal, comprometimento pulmonar, nos ossos e no fígado.
Chumbo	Ingestão de alimento e água contaminada, manuseio e inalação.	Disfunção renal, anemia, alterações no sistema nervoso e reprodutivo, alterações no fígado e aumento de pressão sanguínea.
Cristal líquido	Manipulação	Dermatite
CFCs	-	Destrói a camada de ozônio, causando efeitos indiretos ao ser humano
Mercúrio	Ingestão de alimentos, como peixes e crustáceos contaminados, inalação e manuseio	Lesões renais, alterações neurológicas, alterações no sistema digestivo
Níquel	a. Manipulação b. Ingestão de água e alimentos contaminados c. Inalação de poeira contendo este metal	a. Dermatite b. Alterações no sistema digestivo c. Alteração das células sanguíneas, alterações renais e

		comprometimento pulmonar.
--	--	---------------------------

Fonte: ANDRADE-LIMA (2012)

GESTÃO DE LOGÍSTICA REVERSA DOS RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS

Os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, por serem considerados resíduos perigosos, devem ter um gerenciamento diferenciado dos outros resíduos sólidos.

Legalmente, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) que surge em 2010, institui sob o art. 33, a obrigatoriedade de implementação de sistemas de logística reversa, mediante o retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de produtos eletroeletrônicos e seus componentes, por exemplo.

A responsabilidade acerca do ciclo de vida desses produtos deve ser compartilhada de “forma individualizada e encadeada”, abrangendo os atores acima citados, e inclui alguns objetivos, como “reduzir a geração de resíduos sólidos, o desperdício de materiais, a poluição e os danos ambientais; incentivar a utilização de insumos de menor agressividade ao meio ambiente e de maior sustentabilidade”. (artigo 30 da PNRS, 2010)

De forma a viabilizar a logística, a lei obriga os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de agrotóxicos, seus resíduos e embalagens, assim como outros produtos cuja embalagem, após o uso, constitua resíduo perigoso; pilha e baterias; pneus; óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens; lâmpadas fluorescentes de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista; e produtos eletroeletrônicos e seus componentes, a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor. (art. 33 da PNRS)

Antes mesmo da Política Nacional de Resíduos Sólidos – Lei 12.305/2010 - ser publicada, os fabricantes já atendiam a uma outra legislação federal: a Resolução CONAMA 401/2008, que também exige a coleta e destinação final ambientalmente adequada, neste caso, especificamente para pilhas e baterias. Em 2012, a Instrução Normativa 8 instituiu, para fabricantes nacionais e importadores, os procedimentos relativos ao controle do recebimento e da destinação final de pilhas e baterias ou de produtos que as incorporem.

Para atender as legislações comentadas, os fabricantes e importadores de produtos que

incorporem pilhas e baterias também devem informar aos consumidores sobre como proceder quanto à remoção destas pilhas e baterias após a sua utilização, possibilitando sua destinação separadamente dos aparelhos. Os estabelecimentos de venda de pilhas e baterias devem, obrigatoriamente, conter pontos de recolhimento adequados.

Em fevereiro de 2013 foi lançado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) um edital de chamamento para implementação da **gestão de logística reversa de resíduos eletroeletrônicos**. Os acordos setoriais, bem como a logística reversa, são previstos e reconhecidos como instrumentos da Lei 12.305/2010 que trata da Política Nacional dos Resíduos Sólidos (Art. 8º da Lei 12.305/10). É papel dos acordos setoriais integrar os membros da cadeia de suprimentos de dado resíduo a fim de cumprir o princípio da responsabilidade compartilhada, que propõe uma série de atribuições individualizadas e encadeadas entre esses membros - fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes - que juntos possam encontrar uma solução sustentável para o ciclo de vida dos materiais eletroeletrônicos. (Lei 12.305/2010 Art. 3º Inciso I).

O grande desafio da logística reversa reside no custo associado à operacionalização do sistema em um país de extensão continental e com suas particulares complexidades logísticas. É sabido que qualquer sistema que seja estabelecido incorrerá em maiores dispêndios, ora tratados como custo quando apreciados sob a ótica puramente econômica, ora encarados com investimento necessário para um mundo sustentável. Um olhar mais atento e consciente a essa questão indica que o aparente aumento de custo não configura de fato um aumento, mas sim a antecipação de custos que incorreriam no futuro para remediar o impacto ambiental negativo causado pelo descarte inadequado de resíduos.

O Decreto 7.404/2010 que regulamentou a Política Nacional de Resíduos Sólidos criou o Grupo Técnico Temático de Resíduos Eletroeletrônicos - GTT REEE que teve o objetivo de analisar os melhores **modelos para implantar os sistemas de logística reversa** de forma técnica e economicamente viáveis.

Desde então, a Associação Brasileira de Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE) tem realizado ações como o Programa ABINEE RECEBE PILHAS e integra-se às discussões da Política Nacional de Resíduos Sólidos, participando dos grupos técnicos, ao lado de representantes do governo, para delinear o sistema de gestão de logística reversa dos resíduos eletroeletrônicos.

A ABINEE é uma sociedade civil sem fins lucrativos que representa os setores elétrico e eletrônico de todo o Brasil, composta e eleita pelas próprias associadas, cerca de 500

empresas associadas. Sua importância como entidade de classe é função direta de representatividade do setor no contexto da economia brasileira, bem como da participação efetiva de seu quadro de associadas nas suas atividades.

O programa de recolhimento da ABINEE começou em 2010, visando o recolhimento de pilhas, baterias e equipamentos eletroeletrônicos no fim da vida útil. A reciclagem desses materiais inclui dois estágios importantes: o recebimento das pilhas usadas e devolvidas pelo consumidor ao comércio e seu encaminhamento, por meio de uma transportadora certificada, especializada em transporte de pilhas e baterias de uso doméstico, a uma empresa devidamente licenciada, que faz a reciclagem desses resíduos.

O custo do transporte e destinação de todas as pilhas recebidas nos pontos de recebimento é rateado entre as empresas fabricantes e importadoras das pilhas. O operador logístico do Programa ABINEE RECEBE PILHAS arca com o custo do transporte até o centro de consolidação e triagem do Programa, localizado em São José dos Campos/ SP, onde as pilhas e baterias portáteis são separadas por tipo, marca, sendo, em seguida, encaminhadas para o processamento. O sucesso da operação é diretamente proporcional à adesão e conscientização do consumidor.

PREVENÇÃO NA GESTÃO DOS RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS

Na obtenção de melhores resultados para o ambiente, a prevenção ocupa um papel essencial na gestão de REEE, sendo responsável por evitar a coleta desnecessária, o tratamento e o descarte de forma adequada. Atuar de forma preventiva significa promover a diminuição dos resíduos encaminhados a aterros, o que conseqüentemente leva a redução dos seus potenciais impactos negativos ao meio ambiente. Incentiva também o uso eficiente de energia nos processos industriais ao agir por toda a cadeia produtiva, eliminando os custos de produção e reduzindo a demanda por matéria-prima, melhorando assim a performance da organização.

Algumas ações colaboram para a boa prática na gestão dos resíduos eletroeletrônicos e devem ser tomadas pelo consumidor consciente que adquire um produto eletroeletrônico.

Na consulta de *websites*, encontram-se alguns rótulos orientativos, como o Selo *Energy Star* (que é oriundo de um programa conjunto da Agência de Proteção Ambiental dos EUA e o Departamento de Energia dos EUA, que indica o produto que consome menos energia do que outros produtos da mesma categoria) e o *Good Guide* (que disponibiliza informações sobre

performances ambiental e social de determinados produtos e empresas). Atualmente há 498 aparelhos celulares classificados, utilizando-se para isso outras referências como o *Guide to Greener Electronics* (Greenpeace), *Recycling Report Card* (The Electronics TakeBack Coalition) e *Getting Conflict Free Report* (Enough Project).

A seguir, o quadro 2 apresenta recomendações para a compra consciente de equipamentos eletroeletrônicos.

Quadro 2: Recomendações para uma Compra Consciente

1. Certifique-se de que realmente precisa comprar o equipamento em questão, ou se é possível estender um pouco mais o uso do equipamento atual

2. Adquira um equipamento que possa ter um longo tempo de vida útil

– Verifique a possibilidade de fazer upgrades ou atualizações de software;

– Realize manutenção constante dos aparelhos.

3. Verifique se o equipamento que você deseja adquirir possui selos ou certificações que atestam a eficiência energética ou outros atributos de sustentabilidade

O que fazer?

- Verificar a existência de selos e certificações
- Consultar o significado de cada selo e certificação
- Consultar o ano de emissão e a data de validade dos selos e certificações

Como fazer?

- Consultar os sites dos fabricantes
- Consultar o EPEAT - Electronic Product Environmental Assessment Tool
- Consultar o Guia do Greenpeace “Guide to Greener Electronics”
- Consultar as referências do Selo Procel, Eletrobrás (PROCEL)
- Consultar as referências do Selo Energy Star

4. Verifique se a distribuidora, exportadora, fabricante ou comerciante se responsabiliza pela logística reversa, ou seja, disponibiliza serviço de coleta e gerenciamento dos REEE

O que fazer?

- Verificar qual a destinação dada ao resíduo (gerenciamento compartilhado; destinação final)
- Verificar qual a empresa recicladora e os parceiros no gerenciamento
- Pesquisar como é feita a reciclagem

Como fazer?

- Consultar os sites dos fabricantes e comerciantes
- Consultar o EPEAT - Electronic Product Environmental Assessment Tool
- Consultar o Guia do Greenpeace “Guide to Greener Electronics”

5. Informe-se sobre as características do produto (composição e funcionalidade) e garanta a compra de produtos mais sustentáveis

O que fazer?

- Certificar-se de que o produto tem as especificações técnicas desejadas e atendem aos seus critérios
- Consultar a composição do produto: substâncias utilizadas na fabricação dos EEE, se atende às exigências RoHS
- Verificar possibilidade de ajustar o equipamento para consumir menos energia

Como fazer?

- Consultar os sites dos fabricantes e comerciantes
- Consultar o EPEAT - Electronic Product Environmental Assessment Tool
- Consultar o Guia do Greenpeace "*Guide to Greener Electronics*"

6. Outros fatores importantes na pesquisa do consumidor

O que fazer?

- Informar-se se o produto a ser adquirido possui um manual (digital ou impresso) com explicações sobre as ações de sustentabilidade realizadas pelo fabricante
- Informar-se sobre o que fazer com o seu equipamento quando não o quiser mais: a empresa fabricante ou comerciante possui programa de recebimento e destinação do produto? Há custo para o consumidor final?

Como fazer?

- Consultar os sites dos fabricantes e comerciantes

Fonte: MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA (2011).

Apesar do aumento potencial da necessidade de prevenção em torno da gestão sustentável de REEE, ainda falta uma maior compreensão dos setores públicos e privados, e de instituições de ensino e pesquisa brasileiras sobre a eficiência de projetos.

Em pesquisa realizada por Rodrigues (2007), sobre o pós consumo de REEE, verificou-se que no Brasil ainda há dificuldade em destiná-los para os locais corretos, além da ausência de estrutura adequada para coletar e da pouca propagação de informações a respeito da destinação adequada a eles. Há pessoas que continuam misturando estes resíduos com os comuns no momento de descartá-los. Normalmente, recomenda-se que no fim da vida útil dos EEE, alguns sejam encaminhados ou doados para cooperativas ou associação de catadores de recicláveis.

Assim como os outros tipos de resíduos, os REEE também são em sua maioria enviados a aterros. Nos EUA, por exemplo, onde foram produzidos 2,3 milhões de toneladas deles em 2007, apenas 18,4% foram coletados para reciclagem, e receberam o tratamento adequado. O resto dele foi provavelmente enviado a aterros, e com isso, cerca de 70% dos metais pesados (mercúrio e cádmio) e 40% do chumbo encontrado em aterros sanitários do país vieram dos resíduos eletroeletrônicos. (WIDMER, 2009) Alocados em aterros, estes resíduos podem gerar

inúmeros impactos à vida humana, comprometendo o solo do local, contaminando a água da região através dos metais pesados neles contidos, formação de chorume, etc.

TRATAMENTO DOS RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS

Vimos a importância da logística reversa que deve ser adotada pela maioria das empresas brasileiras, estendendo-se a fabricantes e supermercados, universidades e entidades governamentais.

Em todo território nacional, há indústrias da cadeia de logística reversa para o reuso de produtos. Essas indústrias são compostas, em sua maioria, por micro e pequenas empresas, que usam baixa tecnologia na reciclagem. O país ainda não possui capacidade suficiente para processar os resíduos de acordo com a PNRS, sendo que a maioria dos procedimentos de reciclagem ainda não está disponível no Brasil, como por exemplo o processamento das placas de circuito impresso e carcaça plástica de televisores.

O grau de conhecimento dos responsáveis por manusear os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos é essencial para a escolha dos diversos destinos dados a estes. Há quem opte por um tratamento que reaproveita o equipamento para a volta deste no mercado consumidor com sua função original.

Esta alternativa acerca de seu funcionamento, está totalmente ligada ao grau de conhecimento do sujeito da ação. Saber identificar os metais perigosos, a forma de desmontar ou então como encontrar os problemas dentro do eletroeletrônico, até mesmo minúsculos, são atitudes de quem entende do assunto. Deste modo, por exemplo, um computador que viraria sucata após a retirada de certos elementos é consertado e posto novamente em uso. Atitudes assim são exercidas por determinados grupos de "catadores eletrônicos" de São Paulo.

O Instituto GEA com apoio da USP (Universidade de São Paulo) é o grande responsável pela mudança na mentalidade e na condição financeira de muitas cooperativas deste tipo. O grande diferencial do instituto é compartilhar informações ao público de catadores que antes não sabiam o que fazer com estes materiais e nem o valor econômico agregado, mas que aprenderam no curso, oferecido gratuitamente, a evitar os materiais venenosos, desmontar e montar máquinas eletrônicas e formatar os computadores. Verificou-se que é possível receber até mesmo duzentos reais pelo "novo" computador.

Outro exemplo é a empresa Futura Ambiental que também trata os resíduos de computadores de modo semelhante ao Instituto GEA. Além de recolher, processar e dar

destino, no caso de resíduos de monitores, celulares, impressoras, placas de circuito impresso e periféricos, por exemplo. Realiza a metareciclagem, no qual os computadores são reaproveitados para outras pessoas necessitadas ou até mesmo ONGs. Vale ressaltar que todos os resíduos recolhidos pela Futura Ambiental são provenientes de pontos de coleta, como os estabelecidos em alguns SESC's, Promoinfo's, Circo Voador, no Rio de Janeiro.

Outra saída é a reciclagem, em que o tratamento é voltado para a separação dos componentes do resíduo eletroeletrônico, visando uma transformação de sua forma e função, originando diferentes matérias-primas para outros fins.

Vista sob a forma de uma transformação do resíduo para uma nova utilização no ciclo produtivo, a reciclagem de eletroeletrônicos necessita de conhecimentos mais específicos sobre o assunto, do que em relação a transformação de um resíduo do papel, por exemplo. De um modo geral, a partir da coleta, o próximo passo é o processo de manufatura reversa, em que tais resíduos são transformados a partir de alguns processos físico-químicos que neutralizam substâncias tóxicas presentes nos eletroeletrônicos. Os elementos que podem ser transformados e usados como matérias-primas, tais como plástico, ferro e alumínio são encaminhados para outras empresas responsáveis por essa transformação em outros equipamentos.

No Brasil há algumas empresas especializadas na área da reciclagem dos resíduos eletroeletrônicos. A seguir, estão listadas algumas delas (BOECHAT, 2015).

- **CEDIR:** projeto criado pela USP para tratar o lixo eletrônico. Quando não destinado para o reuso em projetos sociais, o resíduo eletrônico é enviado à empresa de reciclagem.
- **Coopermiti:** a empresa oferece gerenciamento, processamento e reciclagem de lixo eletrônico.
- **Descarte Certo:** oferece serviços de coleta e reciclagem para consumidores e grandes empresas, como Santander, Zurich Seguros, Oi e Carrefour.
- **Ecobraz:** empresa especializada na coleta e reciclagem de aparelhos eletrônicos, estendendo este projeto por toda região metropolitana de São Paulo.
- **Estre:** domina a desmontagem, separação e reciclagem dos equipamentos coletados por

seus serviços.

- **Lorene:** opera em todos os setores de tratamento dos resíduos, nas regiões de São Paulo, Rio de Janeiro, Curitiba e Belo Horizonte.
- **Reciclagem Brasil:** especializada em fornecer o destino correto para os resíduos das empresas, como computadores, telefones e cabeamento. Além de oferecer soluções para a reutilização de aparelhos eletrônicos.
- **Reciclo Metais:** a empresa coleta e trata o lixo eletrônico em todos os seus estágios.
- **Recicladora Urbana:** oferece logística reversa e gerenciamento de resíduos para empresas e organizações.

ESTUDO DE CASO

O tema principal do estudo é o resíduo eletroeletrônico, de uso doméstico, classificado na linha verde, que compreende computadores, notebooks, aparelhos celulares, *tablets*, impressoras, carregadores de celular, fones de ouvido etc. e que são encaminhados por alunos e servidores do campus Maracanã aos pontos de coleta de REEE espalhados e instalados, em locais de fácil acesso, no próprio CEFET/RJ. Integram-se também nesta categoria os equipamentos eletroeletrônicos patrimoniados, usados para o funcionamento de departamentos e laboratórios do CEFET/RJ (computadores, gabinetes, monitores, impressoras, aparelhos de ar condicionado e máquinas eletrônicas).

A tabela 1 demonstra a relação de resíduos eletroeletrônicos, que eram materiais permanentes e patrimoniados do campus Maracanã, e foram retirados pela cooperativa COOTRABOM no período 2016/2017.

Tabela 1: Relação de resíduos eletroeletrônicos patrimoniados no CEFET/RJ

Equipamento	Quantidade	Classificação por linha
Eletroeletrônico		
Microcomputador	61	verde
Monitor	40	verde

Condicionador de ar	35	branca
No-break	23	verde
Ventilador	19	marrom
Estabilizador	10	verde
Impressora	7	verde
Bebedouro	5	branca
Multímetro	4	verde
Aparelho telefônico	4	verde
Gabinete	2	verde
Fax	2	verde
Leitor	2	verde
Videocassete	1	marrom
Forno microondas	1	branca
Geladeira	1	branca
Refiladora	1	verde
Fragmentadora de papel	1	verde
Hub	1	verde

Fonte: Elaboração própria

Totalizando 220 unidades de equipamentos eletroeletrônicos, observou-se um grande potencial de ganho que a cooperativa pode obter com a venda de alguns destes equipamentos, além da valorização do trabalho do cooperado.

A partir da necessidade que as pessoas têm por um local que receba e destine adequadamente seus resíduos eletroeletrônicos, a Comissão Central de Coleta Seletiva Solidária (CCCSS) planejou e implementou o processo de gestão dos resíduos eletroeletrônicos, focando naqueles de uso pessoal, de menor tamanho e encontrados nos lares dos servidores e alunos do CEFET. Organizou-se um Mutirão Sustentável para a coleta desses resíduos dentro do próprio CEFET/RJ. Esse Mutirão iniciou em 13 de junho de 2016 e ainda se mantém na instituição. (Figura 2)



Figura 2: Cartaz que incentiva a realização do Mutirão Sustentável de Resíduos Eletroeletrônicos
Fonte: Elaboração própria

Os resíduos eletroeletrônicos deixados constantemente nos pontos de coleta são retirados, identificados e pesados pela CCCSS. Após essa pré-seleção, são encaminhados a cooperativa COOTRABON, que hoje tem um compromisso com o CEFET/RJ durante um período de dois anos de recolher e enviá-los para as empresas que transformem o resíduo em matéria-prima. De certa forma, com essa destinação, evita-se um impacto negativo ao ambiente e gera-se um benefício econômico para a cooperativa (Gráfico 1).

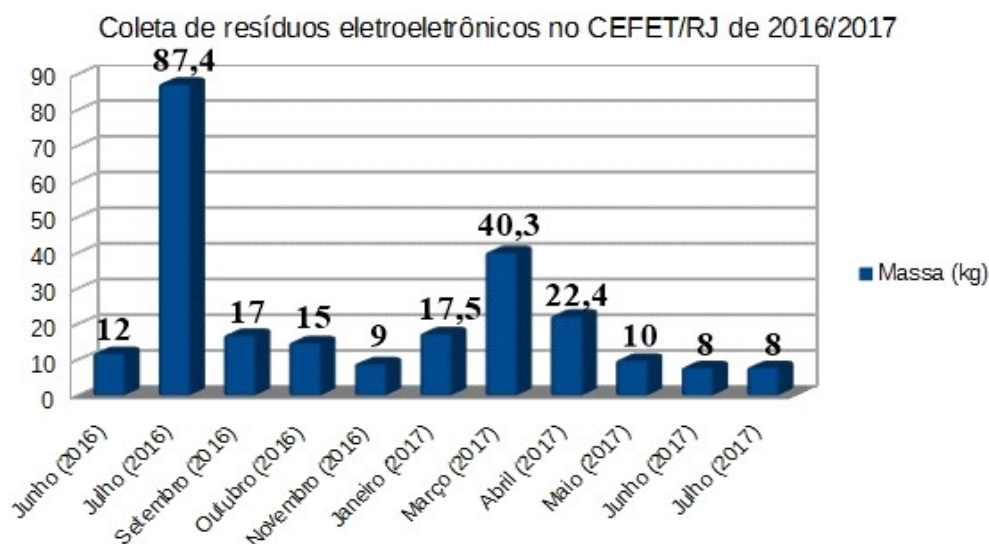


Gráfico 1: Coleta de resíduos eletroeletrônicos pessoais na comunidade do CEFET/RJ
Fonte: Elaboração própria

Segundo a presidente da cooperativa de catadores de Cotia (SP), em 2013, das 140 toneladas de resíduos, 15% era de e-lixo, proporcionando uma renda mensal de 2,2 mil reais para cada um dos 32 cooperados. Pelos cálculos do governo da época (2013/2014), a reciclagem de lixo eletroeletrônico gerou cerca de dez mil empregos e injetou 700 milhões na economia brasileira.

Há empresas que hoje fazem o recolhimento do material, a desmontagem e a negociação das peças na hora da venda e compra das sucatas eletroeletrônicas, considerando o tipo e o estado do material, a quantidade, o local, a variação da cotação do dólar e a situação mercadológica. O mercado ainda é complexo e não aberto totalmente à sociedade. Para se ter uma estimativa, a tabela 2 revela uma cotação dos preços mínimos para venda da sucata eletrônica.

Tabela 2: Média de preços da sucata eletrônica

Material	Preço (kg)
Placa mãe	R\$ 10,70
HD	R\$ 3,20
Memória	R\$ 25,00
Processador	R\$ 50,00
Fonte	R\$ 0,90
Cabo Plástico	R\$ 1,40
Teclado	R\$ 0,10
Cabos	R\$ 2,20
Ventoinha	R\$ 0,30
Leitor (Drive) CD/DVD	R\$ 0,30
Placa Pesada	R\$ 0,90
Placa Leve	R\$ 11,00
Mouse	R\$ 0,20
Monitor LCD	R\$ 5,00
Monitor CRT (Tubo)	R\$ 1,50 a R\$ 3,50 a unidade
Cabo Flat	R\$ 1,50
CPU	R\$ 1,00 a unidade

Fonte: BOECHAT (2015)

No CEFET/RJ, aos poucos, alunos e servidores começam a contribuir com seus resíduos eletroeletrônicos. Com a campanha de sensibilização do Mutirão Sustentável, esta contribuição, antes “tímida”, tomou maior proporção. Dentre os materiais fornecidos, destaca-se um grande número de celulares, carregadores, cabos, controles remotos e mouses. Também tem crescido a quantidade de fones de ouvido, placas-mãe de computadores e placas de circuito impresso. Eventualmente rádios, máquinas fotográficas e lanternas aparecem nos resíduos coletados (Figura 3).



Figura 3: Tipos de Resíduos Eletroeletrônicos coletados durante o Mutirão Sustentável.

Fonte: Elaboração própria

Observou-se que o recolhimento dos resíduos eletroeletrônicos no campus Maracanã despertou o interesse de servidores e alunos do CEFET/RJ sobre o tema, bem como pela coleta de outros produtos, como o papel, o óleo de cozinha e lâmpadas. Mais do que isso, o projeto é uma oportunidade que as pessoas tem em se desfazer de materiais que até então eram deixados de lado, ocupando um espaço em casa ou no trabalho, e agora, há um local para destiná-los.

CONCLUSÃO

Após ser implementado e ter, em curto prazo, o retorno desejável, percebe-se a importância de aprimorar a divulgação acerca do projeto de recolhimento de resíduos eletroeletrônicos, de forma contínua, a fim de manter a comunidade do campus,

principalmente, os alunos que ingressam à instituição a cada semestre, informada e sensibilizada quanto ao processo de gestão desse tipo de resíduo.

Os impactos negativos gerados pela disposição inadequada dos resíduos eletroeletrônicos no ambiente ainda é muito grande; ao invés disso, associações e cooperativas de catadores tem uma oportunidade econômica de separar alguns dos metais que se encontram, principalmente em computadores, que são raros e possuem alto valor no mercado.

Acredita-se que a consolidação do projeto no campus deve ser pautado na troca de saberes entre CEFET/RJ e sociedade, preparando o aluno para compreender e intervir na realidade social, econômica e ambiental de sua região, de forma sustentável. Nesse sentido, vem-se estabelecendo ações que orientem sobre a separação e a destinação dos resíduos eletroeletrônicos de forma adequada e sustentável na instituição.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE-LIMA, H. **Gestão dos recursos e impactos socioambientais no ciclo de vida dos equipamentos eletroeletrônicos (EEE)**. Monografia (graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Ciências Biológicas, 2012.

BOECHAT, L. **Gerenciamento de lixo eletrônico o Brasil**. TechinBrazil Julho, 2015. Disponível em: <<https://techinbrazil.com.br/gerenciamento-de-lixo-eletronico-no-brasil>> Acesso em 11 Jul. 2017.

CONAMA. Resolução CONAMA 257/1999. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res99/res25799.html>> Acesso em 22 Set. 2016

CUI, J., FORSSBERG, E. Mechanical recycle go waste electric and eletronic equipment: a review. **Journal of Hazard Mater**, vol. B99:2003, pp. 243-263.

DEL GROSSI, A.C. **Destinação dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE) em Londrina – PR**. Anais – Congresso Brasileiro de Gestão ambiental, Vol.2 (2011) – II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Disponível em:<<http://www.ibeas.org.br/congresso/anais.htm>>. Acesso em 9 Set. 2016.

EUROPEAN UNION. **Directive 2002/96/EC of the European Parliament and of the Council of 27 January 2003 on Waste Eletrical and Eletronic Equipament (WEEE)**. Brussels, 2002.

FUNDAÇÃO ESTADUAL PARA O MEIO AMBIENTE - FEAM. **Diagnóstico**, 2009.

FRANCHINI, M., RIAL, M., BUIATTI, E., BIANCHI, F. **Health effects of exporuse to waste incinerator emissions**: a review of epidemiological studies. Ann 1st Super Sanita, vol. 40:2004, pp. 101-115.

GATTI, Cláudio. O negócio bilionário do lixo eletrônico. Isto É. **Economia & Negócios**. Edição nº 2479. Junho de 2016.

GIL, A.C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7ª edição. São Paulo: Atlas, 2012.

MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Guia de Boas Práticas para uma TI mais Sustentável**, 2011, Disponível em: <<file:///C:/Users/Aline/Downloads/b64b7c081a32a37a9f860b4e588e6617.pdf>> Acesso em 22 Set. 2016.

RODRIGUES, A.C. **Impactos socioambientais dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos**: estudo da cadeia de pós-consumo no Brasil. Dissertação - Universidade Metodista de Piracicaba, Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. São Paulo, 2007.

SANTOS FILHO, E., SOUZA, E., SILVA, R., BARRETO, H.H.C., INOMATA, O.N.K., LEMES, V.R.R.; et al. Grau de exposição a praguicidas organoclorados em moradores de aterro a céu aberto. **Revista da Saúde Pública**, vol. 37, 4, 2003, pp. 515-522.

SEPA - SWEDISH ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Recycling and disposal of electronic waste – REPORT 6417**. Bromma, Sweden. March, 2011. Disponível em: <<http://www.natuvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-6417-4.pdf>> Acesso em 30 Jul. 2016.

SISSINO, C.L.S., MOREIRA, J.C. Avaliação da contaminação e poluição ambiental na área de influência do aterro controlado do Morro do Céu, Niterói, Brasil. **Caderno de Saúde Pública**, vol. 12, 4, 1996, pp. 515-523.

UNEP. UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Inventory Assessment Manual**, 2007. Disponível em: <http://www.unep.or.jp/letc/Publications/spc/EWasteManual_Vol11.pdf>. Acesso em 9 Set. 2016.

UNIÃO EUROPEIA. **Directiva 2002/96/EC do Parlamento Europeu e do Conselho Relativo aos Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE)**, 2003. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32002L0096:PT:HTML>>. Acesso em 15 Set. 2016.

U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). **Electronic Waste Management in the United States**: Approach 1. EPA530-R-08-009. Washington, DC: Office of Solid Waste, U.S. EPA.2008

XAVIER, L.H.; CARVALHO, T.C. **Gestão de resíduos eletroeletrônicos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

WIDMER, R.; et al. Global perspectives on e-waste. **Environmental Impact Assessment Review**, vol.25, n.5, 2005, pp. 436-458. Elsevier.