

AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE UM PONTO DE COLETA DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS NA UNIVERSIDADE

EVALUATION OF THE USE OF A WASTE ELECTRICAL AND ELECTRONIC EQUIPMENT COLLECTION POINT IN THE UNIVERSITY

Tamiris Teixeira Lucas* E-mail: tamiris_tlucas@yahoo.com.br

Amanda Alves Domingos Maia* E-mail: aadmaia@yahoo.com.br

Virgínia Aparecida da Silva Moris* E-mail: vimoris@ufscar.br

Jane Maria Faulstich de Paiva* E-mail: jane@ufscar.br

*Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR), Campus Sorocaba, Sorocaba, SP

Resumo: O esgotamento de recursos naturais é um assunto recorrente e uma das formas de recuperar os recursos é através do aproveitamento de resíduos no final do ciclo de vida dos produtos. Essa prática, no Brasil, tem recebido destaque com a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), que incentiva as organizações a se esforçarem para atingir indicadores sustentáveis. Nesse contexto, o *campus* de Sorocaba da Universidade Federal de São Carlos tem se dedicado a desenvolver projetos de logística reversa, reaproveitamento de materiais e reciclagem de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEEs). O objetivo desse trabalho foi avaliar e analisar os resultados da utilização de um ponto de coleta de REEEs através de uma *Survey*. O projeto foi desenvolvido em parceria com um centro de inovação de uma empresa de Sorocaba, que realiza a reciclagem de REEEs coletados. Como resultados, o estudo apresentou a importância da manutenção física do ponto de coleta, da realização de campanhas de divulgação do ponto de coleta para fomentar a conscientização ambiental da comunidade e, também, apontou a sazonalidade dos materiais coletados. Adicionalmente, revelou o comportamento do consumidor, no sentido de colaboração no descarte adequado de REEE, quando há disponibilidade de um ponto de coleta específico.

Palavras-Chave: Resíduos eletrônicos. REEE. Logística reversa. E-Lixo. Reciclagem.

Abstract: The entire world is suffering because of the lack of natural resources and one of the ways of recovering resources is accomplished through the reuse of waste. This practice in Brazil has been highlighted by the National Solid Waste Policy (PNRS), which encourages organizations became more sustainable. Therefore, the Federal University of São Carlos *campus* Sorocaba is developing some projects about reverse logistics and recycling of materials, proposing an alternative to the destination waste equipment electrical and electronics (WEEE). The main subject of this paper was to evaluate and analyze the results of the use of a collection point of WEEE through a *Survey*. The project was developed in partnership with an innovation center of a company in the city of Sorocaba, which recycles WEEE collected throughout the country. As results, the study presented the importance of physical maintenance of the collection point, the realization of campaigns to promote environmental awareness of the community and also showed the seasonality of the collected materials. Additionally, it revealed the behavior of the consumer, in the sense of collaboration in the appropriate disposal of WEEE, when there is availability of a specific collection point.

Keywords: Electronic Waste. WEEE. Reverse Logistic. E-Waste. Recycling.

1 INTRODUÇÃO

A quantidade de produtos eletrônicos que são produzidos e consumidos em todo o mundo aumentou de forma exponencial nas últimas décadas (DIAS *et al.*, 2018). Com o aumento do consumo ocorreu também o acréscimo do descarte, gerando problemas logísticos, ambientais e sociais, principalmente, em grandes cidades do mundo (OLIVEIRA; LIMA, 2016). Em 2016, a quantidade de lixo eletrônico superou 44,7 milhões de toneladas e no ano de 2018 essa quantidade foi em torno de 50 milhões de toneladas, sendo que os maiores consumidores desses produtos são principalmente os países mais desenvolvidos (BALDÉ *et al.*, 2017; KUMAR; HOLUSZKO; ESPINOSA, 2017). Um agravante dessa situação é que a maioria desses resíduos é descartada indevidamente, sem controle das emissões e com alto risco de contaminação, ou então, são comercializados no mercado informal (ABDI, 2013).

Na Europa, a logística reversa de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) é liderada por países desenvolvidos como Suécia e Alemanha, porém, muitos países europeus já possuem políticas e redes logísticas bem estabelecidas (IBANESCU *et al.*, 2017). Outros países, como China e EUA, vêm apresentando novas tecnologias de separação e aproveitamento de materiais, além do gerenciamento da cadeia logística (KUMAR; HOLUSZKO; ESPINOSA, 2017).

No Brasil, a regularização do setor de reaproveitamento desses resíduos teve o primeiro destaque com a criação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) promulgada pela lei 12.305, em agosto de 2010. A PNRS é um marco legal direcionando a gestão integrada e o gerenciamento dos resíduos sólidos em todo o país e, no que se refere ao setor empresarial, a instauração da logística reversa ou outra destinação final ambientalmente adequada. O segundo destaque no cenário nacional foi a criação da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), responsável por determinar as diretrizes da gestão de resíduos eletrônicos.

Na literatura podem ser encontradas várias informações relacionadas aos custos e redes de logística reversa, tecnologias de separação de resíduos eletroeletrônicos e a necessidade de fomentar essa prática em nossa sociedade (BAHERS, 2018; SANGWAN, 2017; YU, 2017), mas pouco se encontra a respeito

da interação com o consumidor que, nesse caso, é o fornecedor da matéria prima de todo o processo. Por esse motivo, avaliar o início da cadeia e o comportamento da comunidade acerca do descarte correto de REEEs através do uso do ponto de coleta é importante para entender as flutuações da disponibilidade de resíduos, além de garantir a conformidade do produto descartado que chega ao local de triagem, aumentando a possibilidade de aproveitamento dos materiais.

Diante da complexidade do problema e a importância do tema tanto para o Brasil, quanto para a região de Sorocaba, em novembro de 2014 iniciou-se o projeto de implantação de um ponto de coleta de resíduos eletroeletrônicos (REEE) no *campus* de Sorocaba da UFSCar, em parceria com uma empresa. No caso, a empresa é a responsável por retirar os resíduos do ponto de coleta, fazer a triagem, desmontagem e reciclagem de alguns componentes dos produtos descartados. O trabalho de Sigrist et. al. (2015) apresenta uma proposta de protótipo de ponto de coleta de REEEs e a avaliação dos primeiros períodos de utilização do ponto de coleta implementado na Universidade.

O presente trabalho foi direcionado para a avaliação do ponto de coleta da rede de logística reversa de REEEs instalado na UFSCar/Sorocaba, envolvendo a análise do impacto do projeto na comunidade universitária, bem como o seu conhecimento acerca da destinação de resíduos. E, a partir disto, entender quais os fatores que influenciam no comportamento do consumidor e quais são as formas de incentivar a comunidade a destinar corretamente os resíduos, bem como aumentar sua consciência ambiental.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.2 Logística Reversa

O desenvolvimento e aprimoramento de cadeias de logística reversa têm aumentado nas últimas décadas diante da necessidade de destinar os resíduos ao final da vida útil de maneira correta, principalmente, por conta da pressão de legislações (BOUZON; GOVINDAN,K; RODRIGUEZ, 2018).

Diferentemente da cadeia logística tradicional, a reversa se inicia pelos consumidores, a partir da recuperação dos materiais que são descartados.

Basicamente, a operação da logística reversa pode ser definida em quatro estágios: coleta, triagem ou classificação, recuperação e redistribuição (SANGWAN, 2017).

De uma forma geral, Prajapati, Kant e Shankar (2018) configuram a reciclagem de resíduos sólidos nas etapas de: retorno, desmontagem e classificação ou teste. Nesta última, os objetos são classificados em categorias e a partir de então, a destinação final mais indicada é realizada. A primeira categoria diz respeito aos materiais que podem ser aproveitados em produtos finalizados como, por exemplo, aproveitamento de peças que podem ser destinados para reparos, serviços ou remanufatura. Uma parte dos materiais pode ser categorizada como inconvertíveis e seguem para disposição final em aterros apropriados ou com recuperação energética através da incineração. Por fim, a última classificação é dada aos resíduos que podem ser reinseridos na cadeia como matéria prima pelo reuso ou reciclagem.

Em países desenvolvidos a rede de coleta seletiva nas cidades é bem estruturada e conta com diversos pontos de coleta em locais estratégicos com grande concentração de pessoas e também em lojas varejistas, possibilitando a destinação desses materiais para centros de triagem ideais, mas a realidade de países em desenvolvimento é de coleta manual e comercialização no mercado informal (KUMAR; HOLUSZKO; ESPINOSA, 2017).

Existem alguns desafios para operar o retorno dos produtos que já foram utilizados em dois âmbitos: internos, no que diz respeito ao gerenciamento das operações e falta de tecnologia para recuperação de alguns tipos de materiais; e externos, que se apresentam com a falta de coordenação da cadeia pela falta de planejamento e conhecimento da demanda. Outro fator externo que prejudica o desempenho da cadeia de logística reversa é a inconsistência dos produtos que são recebidos nos pontos de coleta, tanto em relação ao estado de conservação, quanto aos materiais que compõe os resíduos (BOUZON; GOVINDAN; RODRIGUEZ, 2018).

Já para Govindan e Bouzon (2018), as barreiras internas são classificadas como falta de competência e tecnologia necessárias para operar a rede, falta de acompanhamento da *performance* de operação e pouco engajamento da governança. E em relação às barreiras externas, as mais recorrentes apresentadas foram relacionadas à falta de leis específicas e motivadoras.

2.3 Resíduos equipamentos eletroeletrônicos

O fluxo de geração e descarte dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) foram os que mais cresceram nos últimos anos e têm uma responsabilidade diretamente proporcional no impacto ambiental (KUMAR; HOLUSZKO; ESPINOSA, 2017). Ainda, os REEEs da linha verde (formada por cabos, monitores, computadores, celulares e correlatos) têm seu ciclo de vida menor que os resíduos das outras linhas por conta da denominada obsolescência programada (ABDI 2013).

Esses eletroeletrônicos apresentam diversos materiais em sua composição como plásticos, vidros, metais, etc. (inclusive materiais tóxicos e poluentes), que podem ter sido utilizados em sua forma pura ou misturados com outros materiais, o que dificulta a separação dos materiais para reciclagem e coloca em risco a integridade ambiental e humana quando descartados de maneira inadequada (BAKIHUYI *et al.*, 2018).

Os plásticos que apresentam aditivos para inibir chamas e as placas de circuito impresso utilizados em aparelhos eletrônicos como telas de LCD, por exemplo, são alguns dos produtos que apresentam mais toxicidade (YU *et al.*, 2017). Esses materiais tóxicos vão se acumulando no meio ambiente ao longo do tempo e podem comprometer a qualidade do solo e da água quando descartados, por exemplo, em locais inadequados ou em aterros (ISILDAR *et al.*, 2017).

Alguns metais pesados como chumbo, cádmio e mercúrio são comumente encontrados em componentes de resíduos eletroeletrônicos (ABDI, 2013). O contato recorrente e a alta concentração desses tipos de materiais tóxicos no organismo dos seres humanos podem acarretar efeitos catastróficos à saúde, como apresentado no estudo de Zeng *et al.* (2016), principalmente, na gestação podendo apresentar mutações cromossômicas e também prejudicar a fase de desenvolvimento de crianças. Essas complicações podem apresentar maiores possibilidades de desenvolvimento de deficiências em diversos sistemas e órgãos, como doenças crônicas respiratórias, cardiovasculares e nervosas, além de agravar condições preexistentes.

Além disso, Dias, Bernardes e Huda (2018) citam os perigos causados no manuseio desses tipos de resíduos, pois podem apresentar elementos voláteis, que

são danosos tanto ao meio ambiente quanto a saúde humana, ainda que não haja o contato direto. Segundo os autores, esse tipo de contaminação pode ser minimizado através da utilização de tecnologia de separação de materiais.

De acordo com Clarke, Willians e Tuner (2018), existem cinco principais destinos para os resíduos eletroeletrônicos: reutilização no país de origem, reciclagem, exportação, incineração e aterro. Porém, a reutilização e reciclagem apresentam a maior quantidade de economia de carbono, assim estas alternativas são apontadas como formas corretas de disposição de resíduos.

O descarte adequado do que não pode ser aproveitado tem grande importância ambiental, já que elimina o risco de contaminação e também reduz a pegada de carbono desse setor. Adicionalmente, cerca de até 80% dos materiais presentes nos REEEs podem ser reaproveitados, reduzindo a extração de matéria prima virgem de forma expressiva e os impactos causados pelas atividades de mineração de metais (IBANESCU *et al.*, 2017).

É possível detectar a influência da economia tanto no mercado consumidor através da linearidade existente entre o PIB e a geração de resíduos eletroeletrônicos em um determinado país, quanto na maturidade da cadeia logística dos países ao redor do mundo. Quanto mais desenvolvido é o país, mais organizada é sua rede de cadeia logística. Já para países com baixo PIB, a situação é contrária (KUMAR; HOLUSKO; ESPINOSA, 2017).

Os países desenvolvidos que já possuem uma cadeia de logística reversa robusta, bem estruturada e população conscientizada, atualmente, têm voltado seus esforços para a redução da quantidade de materiais utilizados na produção de eletrônicos, além da facilidade de separação na concepção e *design* dos produtos (IBANESCU *et al.*, 2017). Adicionalmente, países como a França e a Dinamarca, direcionam os estudos acadêmicos para a escolha de abordagem logística mais aderente ao sistema de coleta implementado no país, afim de bem definir os fluxos de reaproveitamento dos materiais (BAHERENS; KIM, 2018; PARAJULY; HABIB; LIU, 2017).

Apesar do esforço operacional e científico de algumas nações a respeito da recuperação e descarte adequado de REEEs, ainda existe um problema muito recorrente em alguns países desenvolvidos que não permitem ou não incentivam a recuperação de materiais que contenham componentes tóxicos e assim, esses

materiais acabam sendo enviados à países subdesenvolvidos, muitas vezes, ilegalmente (KUMAR; HOLUSKO; ESPINOSA, 2017).

Atualmente, nos países em desenvolvimento, os estudos realizados dizem respeito à eficiência das cadeias e comparação com países desenvolvidos ou propostas de políticas de gestão dos REEEs. Um estudo realizado na Austrália por Morris e Metternicht (2016), por exemplo, comparou o desempenho da rede de logística reversa com o Japão e a Suíça. Ibanescu et. al. (2017) realizaram uma comparação entre os países desenvolvidos e em desenvolvimento da Europa, destacando que as principais diferenças nos sistemas desses países se referem à robustez da economia, à efetividade de políticas públicas e a capacidade de coleta dos resíduos.

No Brasil, há anos o governo praticamente não tem conhecimento das instituições que reciclam os REEEs e nem faz distinção dos demais recicladores, dificultando também a fiscalização e revelando mais um reflexo do não cumprimento da PNRS. Além disso, os estudos apontam que o foco do fluxo de logística reversa no Brasil se concentra em separar os materiais mais valiosos economicamente para exportá-los à outros países que possuem tecnologia para reciclá-los adequadamente (DIAS et.al., 2018). Infelizmente, esse cenário é similar em muitos outros países em desenvolvimento, que não possuem essa cadeia de suprimentos licenciada e, em sua maioria, se limitam à coleta e exportação desses materiais aos países mais desenvolvidos economicamente, detentores de tecnologia de separação de materiais (IBANESCU *et al.*, 2017).

No entanto, no Brasil, algumas iniciativas têm inovado nesse setor de sustentabilidade para reaproveitamento de REEEs, como é o caso do projeto *Green Eletron*, idealizado pela Associação Brasileira de Indústria Elétrica e Eletrônica (ABNEE), que oferece às empresas associadas a gestão e logística de resíduos afim de facilitar essa operação e promover a economia circular (ABNEE,2016). Outra iniciativa é a *startup GAIA Greentech* criada por alunos da Universidade de São Paulo, que também fomenta a destinação correta dos resíduos eletroeletrônicos pela disposição de pontos de coleta e oferece através da tecnologia outros objetivos logísticos como, por exemplo, o rastreamento do produto que foi descartado (AUSPIN, 2018).

Outra iniciativa, de acordo com Mizano e Lizarelli (2014) é de uma instituição bancária presente no Brasil desde a década de 50 que, no período do estudo, contava com uma das maiores redes de coleta de pilhas e baterias do país e uma estrutura de cadeia bem consolidada, com parcerias entre uma empresa de logística e recicladoras brasileira e belga.

Apesar desses estudos e avanços nos últimos anos, muito ainda há de ser feito diante do ciclo de vida de produtos eletroeletrônicos, principalmente, em relação à redução de consumo e à melhoria das cadeias de logística reversa, de forma que sejam mais acessíveis e aproveitem melhor os materiais. Além da necessidade de planejamento do produto utilizando materiais menos poluentes e com *design* modular para facilitar a reciclagem (BAKIHUYI *et al.*, 2018).

3 METODOLOGIA

O presente estudo foi classificado como uma pesquisa quantitativa descritiva (Gil, 2008), e esse tipo de pesquisa é caracterizada por descrever fenômenos ou populações através de técnicas padronizadas para coletar dados. No estudo, a descrição realizada foi em relação à utilização do ponto de coleta de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEs) do campus de uma universidade, através do levantamento de dados por questionário.

3.1 Levantamento de dados

Para levantamento de dados foi realizada uma pesquisa quantitativa, a *Survey*, que tem como característica principal a produção e obtenção de dados quantitativos a respeito de uma população, fazendo o uso de um instrumento predefinido (PROVDANOV; FREITAS, 2013). Desta forma, um questionário foi disponibilizado em uma plataforma *online* por meio de redes sociais, e-mail e entrevistas pessoais. O questionário foi caracterizado pela abordagem do tipo levantamento de informações, e o resultado da pesquisa foi revertido em dados quantitativos.

O questionário foi elaborado pelos autores, e nele foram inseridos grupos de questões relacionados ao perfil dos frequentadores da universidade, conhecimento

sobre o projeto de coleta de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos no campus, além de informações a respeito da PNRS. Na primeira fase de coleta de dados, o formulário foi enviado nos e-mails de toda a população do campus pelo meio de comunicação Info-Rede (CSS – Comunicação Social da UFSCar) e também divulgado em grupos de redes sociais e, na segunda fase, a quantidade de amostras necessárias foi coletada por entrevistas com pessoas da comunidade acadêmica.

As perguntas foram elaboradas em formato *online* e podem ser conferidas no Apêndice 1. O questionário foi elaborado com três “blocos” principais: avaliação do perfil do usuário do ponto de coleta, composto pelas perguntas de 1 a 4; um segundo “bloco”, com a questão 5, relacionada a utilização do ponto de coleta pela comunidade; e por fim, um terceiro “bloco” com uma pequena avaliação acerca da consciência ambiental e disseminação dos conhecimentos a respeito de destinação dos resíduos, através das perguntas 6 e 7.

3.2 Amostragem

Logo após elaboração e revisão do questionário através de teste piloto e correção de problemas de ambiguidade e organização das perguntas, foi calculado o tamanho da amostra: a população é constituída pelos alunos da graduação e pós-graduação e também pelos servidores do campus, sendo estes formados por docentes, técnicos administrativos e de laboratório, totalizando uma população de 3785 indivíduos. Considerando uma margem de erro de 5% e grau de confiança de 95%, foi utilizada a equação a seguir (NETO, 2002) para a determinação do tamanho da amostra:

$$n = \left(\frac{z_{\alpha}}{e_0} \right)^2 p(p - 1)$$

Sabendo que $\frac{1}{4}$ é o maior valor de p e que para esse valor, seguramente o tamanho da amostra será suficiente para o experimento, pode-se reescrever a equação, conforme a seguir:

$$n = \left(\frac{z_{\alpha/2}}{2e_0} \right)^2$$

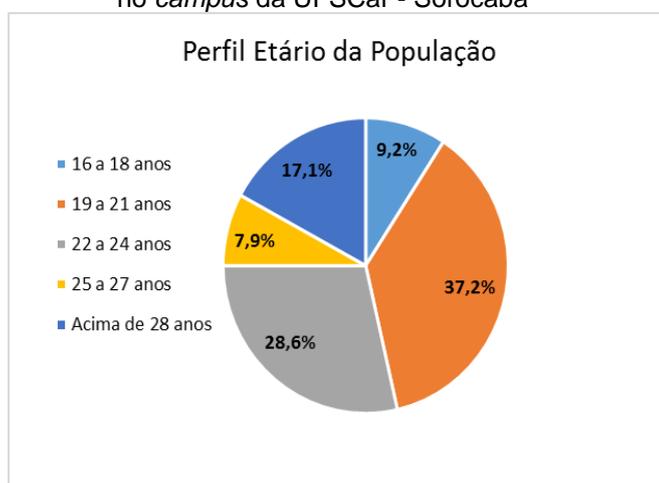
Sendo e_0 a amplitude do intervalo de confiança, temos que para essa população, o tamanho de amostra indicada é de 349, ou seja, são necessárias 349 respostas para atingir os parâmetros de margem de erro e grau de confiança. No caso, foram obtidas e avaliadas 405 respostas em relação ao questionário aplicado.

4 DISCUSSÃO E RESULTADOS

4.1 Análise do questionário

Em relação ao perfil do público que respondeu ao questionário foi possível observar que a comunidade é composta majoritariamente por jovens (Figura1).

Figura 1 - Perfil etário dos respondentes da pesquisa realizada no *campus* da UFSCar - Sorocaba



Fonte: autoria própria.

Foi constatado que, aproximadamente, 70% da população é composta por jovens de 19 a 24 anos. Em relação ao âmbito social da população dentro do *campus* da Universidade, 62% são estudantes de graduação, 17,5% são docentes e os outros 20,5% são técnicos e estudantes de pós-graduação. Comparou-se ainda a população geral com as categorias e o tempo de permanência dos respondentes no *campus* (Tabela 1).

Tabela 1 - Comparação da utilização do Ponto de coleta por tempo de permanência no campus

Categorização	População geral	Mais de 5 anos	De 2 a 5 anos	1 ano ou menos
% representada	100%	16%	65%	19%
Conhecem o ponto de coleta	62%	86%	66%	26%
Já utilizaram o ponto de coleta	53%	78%	33%	26%

Fonte: Autoria própria.

Percebeu-se que levando em consideração todas as respostas durante a pesquisa, 62% dos respondentes conhecem o ponto de coleta e dos que o conhecem, 53% já o utilizaram. Quando analisamos uma fatia de 16% da população geral da amostra, 86% dos que frequentam o campus há mais de 5 anos conhecem o projeto e dessa categoria, 78% já o utilizaram. A partir de então, para os respondentes que fazem parte da comunidade acadêmica há menos tempo, a porcentagem dos respondentes que conhecem o ponto de coleta apresenta uma queda mais acentuada quando comparamos aos que já o utilizaram.

Em relação aos objetos descartados no ponto de coleta foi constatado que cerca de 60% tiveram uma vida útil de 1 a 5 anos e 21% foram utilizados por apenas 1 ano. Apenas 6% dos materiais depositados tiveram uma vida útil maior que 10 anos, confirmando a estimativa realizada pela ABDI (2013) de 2 a 5 anos de vida útil para REEEs, que compõem a linha denominada “verde”.

Já em relação à conscientização da população, 79% dos respondentes que utilizaram o ponto de coleta foram motivados por ser um destino adequado do resíduo. Mas apenas 38% dos usuários conhecem a forma ideal de descartar resíduos eletroeletrônicos, através dos pontos de coleta disponibilizados por diversas iniciativas. Em relação ao conhecimento sobre a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), apenas 15% da população do campus a conhece bem, e 43% nunca ouviu falar a respeito.

O levantamento desses dados foi comparado na tabela 2, com o estudo realizado por Sigrist et al. (2015). Tanto nas respostas a respeito do conhecimento do projeto, quanto sobre a Política Nacional dos Resíduos Sólidos foi observada uma redução do nível de conscientização da população do *campus*.

Tabela 2 - Comparação de 2015 e 2017 dos resultados da pesquisa, considerando a população do campus

Dados	2015	2017
Porcentagem de pessoas que conhece o ponto de coleta	70%	61,7%
Porcentagem de pessoas que tem algum conhecimento sobre a PNRS	80%	57%

Fonte: autoria própria

A partir dos resultados das tabelas 1 e 2, considera-se muito importante realizar mais campanhas de divulgação, pois a comunidade do campus se renova a cada ano e o assunto precisa ser disseminado a cada ciclo de renovação que acontece anualmente.

4.2 Análise dos resíduos coletados e influência das campanhas.

Os materiais depositados no ponto de coleta de resíduos eletroeletrônicos (REEs) foram contabilizados semanalmente e registrados no período do primeiro semestre de 2015 até o primeiro semestre de 2018. A tabela 3 indica as quantidades referentes ao descarte de REEs semestralmente, ao longo destes anos.

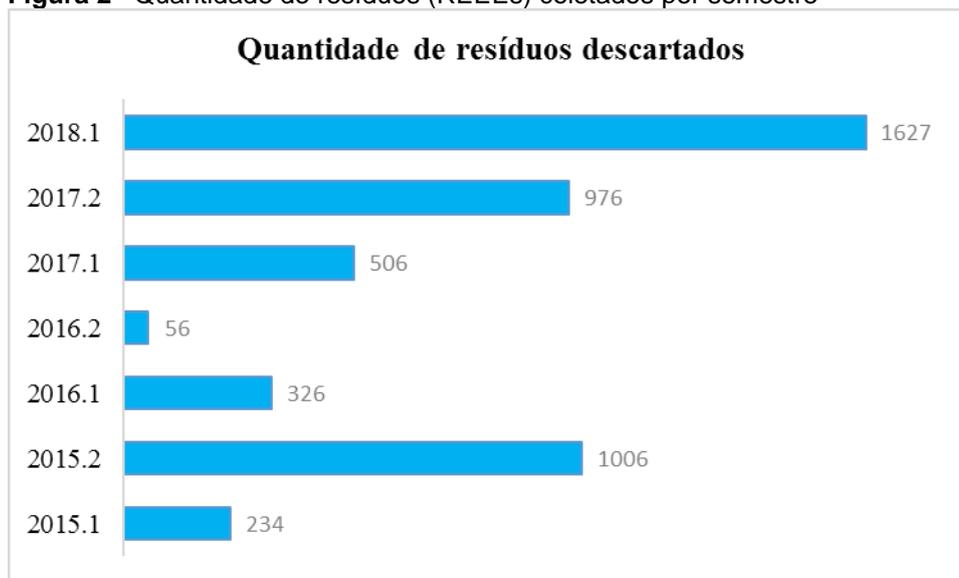
Tabela 3 – Relação de REEs coletados no campus no período

Ano/semestre	Pilhas	Baterias de celular	Outras baterias	Cabos e fios	Outras variedades de REEs
2015/1	193	3	15	16	7
2015/2	927	21	58	0	0
2016/1	175	33	38	32	48
2016/2	42	4	8	0	2
2017/1	299	8	39	42	118
2017/2	454	8	89	70	355
2018/1	1064	13	10	59	481

Fonte: autoria própria.

Os dados da Figura 2 mostram a soma de resíduos coletados ao longo desse período para cada semestre e revelam o comportamento da comunidade em relação à utilização do ponto de coleta de REEs.

Figura 2– Quantidade de resíduos (REEEs) coletados por semestre

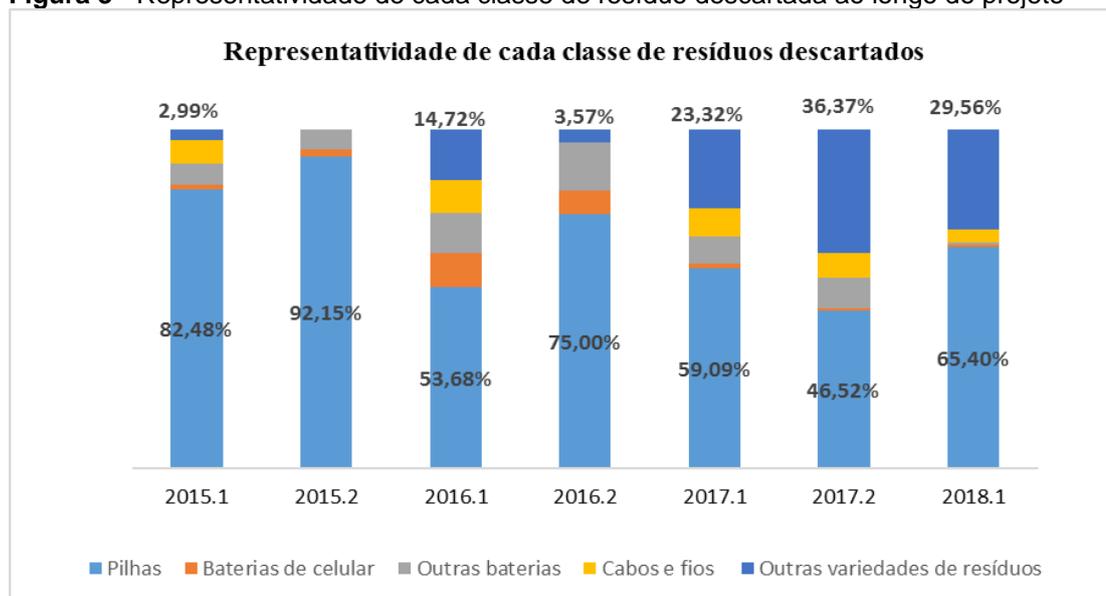


Fonte: autoria própria.

Foi observado que os semestres em que o projeto rendeu maior quantidade de coleta de REEEs foram o segundo semestre de 2015 e o primeiro de 2018; sendo que o segundo semestre de 2015 (2015.2, Tabela 2) foi justamente o semestre em que a primeira campanha foi iniciada no campus, com exposição de muitos cartazes para divulgação, além de utilização de veiculação de mensagens em mídias sociais, e-mail e Inforede (canal de comunicação exclusivo da universidade). A maior quantidade de coleta de resíduos (REEEs) nesse período teve como principal justificativa, o fato de que a população analisada não tinha acesso a um local para a destinação adequada desses resíduos, que estavam armazenados em suas casas, e com a implantação do ponto de coleta, esse volume foi revertido em REEEs coletados pelo projeto. Já o primeiro semestre de 2018 foi um semestre atípico para a comunidade acadêmica, com extensão do período de aulas e curto período de férias, resultando em grande quantidade de REEEs coletados.

Na figura 3 também estão apresentados os dados sobre o primeiro semestre de 2017, quando foram coletadas maiores quantidades na categoria “Outros tipos de REEE”, correspondente à resíduos de diversos formatos e tamanhos. Tanto equipamentos de maior porte como monitores, impressoras, notebooks, gabinetes de desktops, aparelhos de TV, como equipamentos menores, como calculadoras, celulares, carregadores, *mouses*, cartuchos, entre outros.

Figura 3 - Representatividade de cada classe de resíduo descartada ao longo do projeto



Fonte: autoria própria

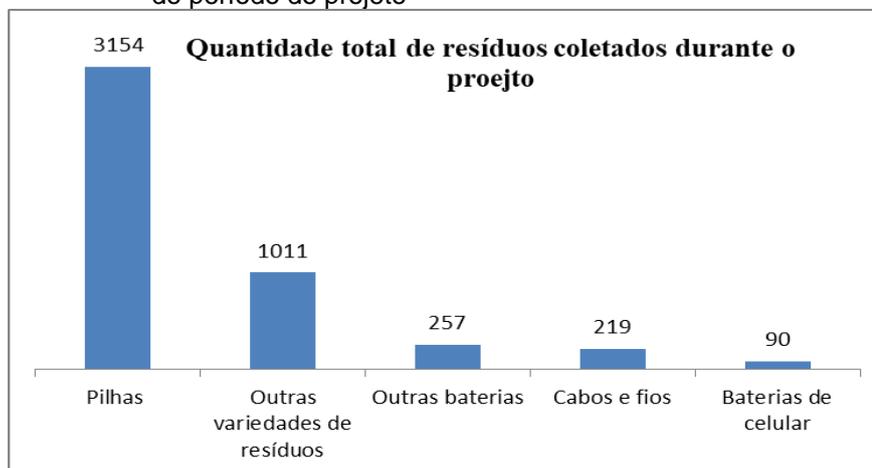
Foi observado, portanto, que ao longo do tempo o ponto de coleta foi aumentando suas funcionalidades e recebendo os mais diversos tipos de materiais. No ano de 2015, por exemplo, a maioria dos produtos descartados concentrava-se pilhas e baterias, sendo que no segundo semestre de 2015 (2015.2), a porcentagem de pilhas coletadas atingiu 82,42% do total e no segundo semestre de 2016 (2016.2) atingiu 92,15%.

Já nos semestres mais recentes, o ponto de coleta passou a receber o descarte de outros tipos de REEEs. Por exemplo, foi observado que no segundo semestre de 2017, onze aparelhos de TV foram descartados no ponto de coleta, sendo que no segundo semestre de 2015 nenhum aparelho de TV foi descartado e no segundo semestre de 2016, apenas um deste tipo de aparelho foi descartado. Em corroboração foi constatado que na região de Sorocaba o sinal da televisão analógica se encerrou no final do mês de novembro de 2017, fato que deve ter potencializado o aumento da quantidade de aparelhos de TV sem o conversor digital depositados no ponto de coleta no segundo semestre de 2017.

Apesar disto, os dados da figura 4 indicam que, ainda assim, a quantidade de pilhas descartadas no ponto de coleta ao longo da duração do projeto é muito maior que os demais itens que são encontrados na etapa de registro, tais como monitores, mouses, cabos e fios, etc. Atribui-se este fato ao maior tempo de vida útil destes

itens quando comparado ao menor tempo de vida útil das pilhas, que podem variar entre semanas até cerca de seis meses (MILANO; LIZARELLI, 2014).

Figura 4 – Quantidade total (em unidades) de REEE coletados ao longo do período do projeto



Fonte: Autoria própria

4.3 Análise do estado de conservação do Ponto de Coleta

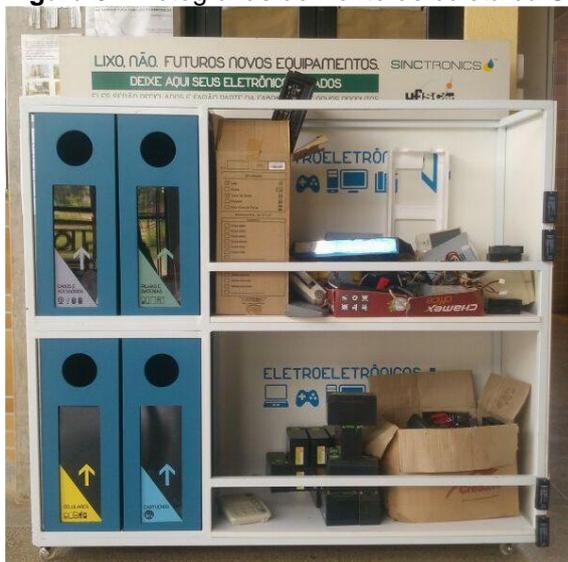
Na literatura, trabalhos anteriores apresentam dados como a importância do descarte correto desses bens ou produtos descartáveis (ARAÚJO *et al.*, 2013; HERNÁNDEZ; MARINS; CASTRO, 2012). Porém, nenhum deles destaca a importância do ponto de coleta e a interação com a população.

Na Figura 5, estão fotografias do ponto de coleta, tiradas no primeiro semestre de 2015 (Figura 4a) e no primeiro semestre de 2018 (Figura 4b). Pode ser observado que ao longo de três anos do projeto, o ponto de coleta sofreu com as ações do tempo e o uso. Alguns componentes foram deteriorados e/ou retirados pelos usuários, como a proteção plástica dos compartimentos azuis, suas identificações e o adesivo da universidade. Além disso, atualmente, existe uma certa dificuldade de movimentá-lo pelo mau funcionamento dos rodízios.

Sendo assim, se faz muito importante para o gerenciamento do ponto de coleta, o serviço de manutenção do mesmo. Com o passar do tempo, pela exposição aos fatores climáticos e utilização cotidiana, é importante dedicar recursos financeiros para a manutenção do ponto de coleta, bem como aumentar a periodicidade da coleta dos REEE, os quais são transportados adequadamente à

reciclagem cerca de uma vez por mês, pela empresa parceira do projeto, para não sobrecarregá-lo.

Figura 5 – Fotografias do Ponto de coleta da UFSCar/ campus Sorocaba



(a) 1º semestre de 2015. **Fonte:** Autoria própria.



(b) 1º semestre de 2018. **Fonte:** Autoria própria.

Desta forma, além da necessidade de incluir na gestão de pontos de coletas a manutenção periódica, sugere-se pensar e planejar possibilidades de demandas futuras como, o caso da obsolescência das TVs “tubo”, ocorrido no período deste estudo. Por exemplo, planejar demandas que possam também abranger REEEs menos convencionais ou que os consumidores não os concebem como um E-lixo (lixo eletrônico), como o descarte de cartões magnéticos ou de *chips*, os quais são constituídos de partes metálicas e plásticos, como o PVC.

5 CONCLUSÃO

Diante do estudo realizado é importante destacar que a divulgação da disponibilidade de um ponto de coleta tem impacto muito positivo, tanto para o aumento da quantidade de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEEs) descartados adequadamente, quanto para a conscientização da população.

Além disso, é necessário levar em consideração a comunidade e a população que utilizará o ponto de coleta, colocando em pauta a localização, estilo de vida e de consumo dos usuários envolvidos no descarte correto dos REEE.

Adicionalmente é necessário planejar e incluir nos custos da cadeia reversa a manutenção dos pontos de coleta e garantir que os mesmos estejam preparados para possíveis mudanças do comportamento dos consumidores e eventuais intervenções externas como, por exemplo, o caso do aumento do descarte dos televisores sem sinal digital.

Em relação à PNRS destacou-se a falta de conhecimento da amostra (comunidade do campus) referente à legislação, além da necessidade de melhor estruturação do setor de coleta e reaproveitamento de REEE. Por exemplo, pode-se citar a ausência de pontos de coletas de REEEs em muitas cidades brasileiras, além da falta de estrutura adequada nas cidades para uma logística reversa efetiva e o cumprimento da PNRS.

6 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Pró-Reitoria de Extensão (ProEx) da Universidade Federal de São Carlos, à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil – Código de Financiamento 001) e ao Sinctronics pelo apoio e oportunidade de realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ABDI. **Logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos**: análise de viabilidade técnica e econômica da gênica brasileira de desenvolvimento industrial, 2013.

ARAUJO, A. C. *et al.* Logística reversa no comércio eletrônico : um estudo de caso. **Gestão & Produção**, v. v. 20, , p. 303–320, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2013000200005>

BAHERS, B.; KIM, J. Regional approach of waste electrical and electronic equipment (WEEE) management in France. **Resources, Conservation & Recycling**, v. 129, p. 45-55, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.016>

BAKHIYI, B.; GRAVEL, S.; CEBALLOS, D.; FLYANN, M.; ZAYED, J. Has the question of e-waste opened a Pandora's box? An overview of unpredictable issues and challenges. **Environment International**, v. 110, p.173-192, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.10.021>

BALDÉ, C. P. *et al.* **The Global E-waste Monitor - 2017**. Bonn/Geneva/Vienna: International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), 2017.

BOUZON, M.; GOVINDAN, K.; RODRIGUEZ, C. Evaluating barriers for reverse logistics implementation under a multiple stakeholders' perspective analysis using grey decision

making approach. **Resources, Conservation and Recycling**, v.128, p. 315-335, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.11.022>

DIAS, P.; MACHADP, A.; HUDA, N.; BERNARDES, A. Waste electric and electronic equipment (WEEE) management: A study on the Brazilian recycling routes. **Journal of Cleaner Production**, v. 174, p.7-16, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.219>

BRESCASIN, A. **Green Eletron**: uma realidade. 2016. Disponível em: <http://www.abinee.org.br/noticias/com38.htm>. Acesso em: 19 jan. 2019.

CLARKE, C.; WILLIAMS, I. D.; TURNER, D. A. Evaluating the carbon footprint of WEEE management in the UK. **Resources, Conservation and Recycling**, v.141, p. 465-473, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.10.003>

DIAS, P.; BERNARDES, A. M.; HUDA, N. Waste electrical and eletronic equipment (WEEE) menagement: an analysis on the australian e-waste recycling scheme. **Journal Cleaner Production**, v. 197. p. 750-764. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.161>

GIL, A. C. **Métodos de Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GONVINDA, K.; BOUZON, M. From a literarture revoew to a multip-perspective frameword for reverse logistics barriers and drivers. **Journal of Cleaner Production**, v.187. p. 318-337, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.040>

HERNÁNDEZ, C. T.; MARINS, F. A. S.; CASTRO, R. C. Modelo de gerenciamento da logística reversa. **Gestão & Produção**, v. 19, n. 3, p. 445–456, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2012000300001>

IBANESCU, D.; GAVRILESCU, D.; TEODOSIU, C.; FIORE, S. Assessment of the waste electrical and electronic equipment management systems profile and sustainability in developed and developing European Union countries. **Waste management**, v. 73, p. 39-53, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.12.022>

ISILDAR, A.; RENE, R. R.; HULLEBUSCH, E. D.; LENS P. N. L. Electronic waste as a secondary source of critical metals: Management and recovery technologies. **Resources, Conservations and Recycling**, v.135, p. 296-312, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.07.031>

KUMAR, A.; HOLUSZKO, M.; ESPINOSA, D. E-waste: an overview on generation, collection, legislation and recycling practices. **Resources, Conservation and Recycling**, v.122, p. 32-42, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.01.018>

LIZARELLI, F.L; MILANO, C.B. Mapeamento da Logística Reversa de pilhas e baterias: estudo de caso de um projeto proposto por uma instituição bancária. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, v. 9, n. 1 , p. 115-130

MORRIS, A.; METTERNICHT, G. Assessing effectiveness of WEEE management policy in Australia. **Journal of Environmental Management**, v. 181, p. 218-230, 2016.

NETO, P. L. O. C. **Estatística**. 2. ed. São Paulo: [s.n.], 2002. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.06.013>

OLIVEIRA, P. S.; LIMA, H. P. Logística reversa do pós-consumo em empresas na zona sul da capital paulista coletoras de pilha e baterias. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 4, n. 2, p. 194–208, 2016. <https://doi.org/10.19177/rgsa.v4e22015194-208>

PARAJULY, K.; HABIB, K.; LIU G. West electrical and electronic equipment (WEEE) in Denmark: Flows, quantities and management. **Resources, Conservation and Recycling**, p. 85-92, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.08.004>

PRAJAPATI, H.; KANT, R.; SHANKAR, R. Bequeath life to death: state-of-art review on reverse logistics. **Journal of Cleaner Production**, v. 211. p. 503-520, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.187>

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. Novo Hamburgo: FEEVALE, 2013.

SANGWAN, K. S.; Key actives, decisions variables and performance indicators of reverse logistics. CONFERENCE IN LIFE CICLE ENGENIEERING, 24., 2017. [Proceedings...]. p 257-262. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.185>

SIGRIST, C. S. L. *et. al.* Desenvolvimento de ponto de coleta de resíduos eletroeletrônicos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. v. 19, n. 2, p. 1423-1438, 2015.

STARTUP de alunos da USP recebe e-lixo para reciclagem. Agência USP de Inovação. 2018. Disponível em: <http://www.inovacao.usp.br/startup-de-alunos-da-usp>. Acesso em: 19 jan. 2019.

YU, D.; DUAN, H.; SONG, Q.; LIU, Y.; LI, Y.; LI, J.; SHEN, W.; LUO, J.; WHANG, J. Characterization of brominated flame retardants from e-waste components in China. **Waste Management**. v. 68, p.498-507, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.07.033>

ZENG, X.; XU, X.; BOEZEN, H. M.; HUO, X. Children with health impairments by heavy metals in na e-waste recycling area. **Chemosphere**, v.148, p. 408-415, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.10.078>



Artigo recebido em: 11/03/2019 e aceito para publicação em: 01/07/2021
DOI: <http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v21i2.3582>

APÊNDICE 1

Questionário para usuário do ponto de coleta de resíduos eletroeletrônicos (REEE) – UFSCar Campus Sorocaba

1. Idade
 16 a 18 anos 19 a 21 anos 22 a 24 anos 25 a 27 anos Acima de 28 anos

2. Papel Social na universidade
 Estudante de graduação
 Técnico Administrativo ou Laboratório
 Docente
 Estudante de Pós Graduação
 Terceirizado ou Contratado
 Outro(s)

3. Você frequenta ou está alocado (a) em qual curso?
 Administração
 Biotecnologia e Monitoramento Ambiental – PPGBMA
 Ciências Biológicas
 Ciências da Computação
 Ciência dos Materiais – PPGCM
 Ciências Econômicas
 Educação - PPGEEd
 Engenharia Florestal
 Engenharia de Produção
 Engenharia de Produção - PPGEPS
 Ensino da Física – PROFIS
 Física
 Geografia
 Geografia – PPGeo
 Matemática
 Pedagogia
 Planejamento e Uso de Recursos Renováveis - PPGPUR
 Química
 Sustentabilidade na Gestão Ambiental – PPGSGA
 Turismo
 Nenhum
 Outro

4. Há quanto tempo frequenta o campus?
 1 ano ou menos de 2 a 5 anos Mais de 5 anos
5. Você conhece o Ponto de Coleta de resíduos eletrônicos do campus?
 Não
 Sim
- 5.1. Você já utilizou o ponto de coleta do campus ?
 Não
 Sim
- 5.1.1. Por quanto tempo o aparelho descartado foi útil ?
 Menos de 1 ano De 1 a 5 anos De 5 a 10 anos Mais que 10 anos
- 5.1.2. Qual foi o motivo do descarte no Ponto de Coleta ?
 Praticidade Destino adequado do resíduo
 Por ser um projeto sustentável envolvendo também o ambiente acadêmico
 Outro(s).....
6. Você sabe como os resíduos eletrônicos devem ser descartados após o fim de sua vida útil?
 Sim, com certeza! Faço ideia, mas não tenho certeza Não
7. Você já ouviu falar sobre a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) ?
 Sim, conheço muito bem! Já ouvi falar. Nunca ouvi falar.