



LOGÍSTICA REVERSA DOS RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS DE PÓS-CONSUMO NA CIDADE DE TERESINA

Franciwellington Barros do Nascimento

franciwellington@gmail.com
Universidade Federal do Piauí – UFPI, Teresina, Piauí, Brasil.

Yasmin Batista Ramos da Silva

yasmimbrs@gmail.com
Universidade Federal do Piauí – UFPI, Teresina, Piauí, Brasil.

Leandra Silvestre da Silva Lima

leandra.silvestree@gmail.com
Universidade Federal do Piauí – UFPI, Teresina, Piauí, Brasil.

Maria do Socorro Ferreira dos Santos

socorroferreira@ufpi.edu.br
Universidade Federal do Piauí – UFPI, Teresina, Piauí, Brasil.

RESUMO

Com a globalização e o avanço acelerado das tecnologias, é cada vez mais fácil adquirir aparelhos eletroeletrônicos, acarretando produtos obsoletos que são, por consequência, descartados por seus proprietários. O descarte dos resíduos eletroeletrônicos tem se tornado um problema socioambiental cada vez mais grave, pois eles possuem em sua composição metais pesados que são altamente nocivos ao meio ambiente e à saúde humana. A pesquisa buscou investigar a logística reversa dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos de pós-consumo na cidade de Teresina, Piauí, tendo como base legal a Lei nº 12.305/2010. A pesquisa é de caráter exploratório, não probabilístico, qualitativo e quantitativo. Os dados necessários foram coletados, no período de janeiro a julho de 2017, por meio de uma pesquisa de campo, através da aplicação de 60 questionários fechados, com sete perguntas objetivas, junto à população, cuja amostra foi escolhida de maneira aleatória, considerando diferentes bairros do município. Também foram aplicadas entrevistas semiestruturadas com empresas que recebem esse tipo de resíduo e, em seguida, com as empresas especializadas no processo de logística reversa dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE), uma localizada na cidade de São Paulo, SP e outra na cidade de Recife, PE. Os resultados evidenciaram que a população manifesta interesse quanto ao descarte ambientalmente adequado desse tipo de resíduo, porém, a maioria continua realizando-o de forma inadequada. As empresas locais realizam a coleta e o descarte adequados, enviando posteriormente à empresa especializada na manufatura dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos em Recife, PE. A cidade de Teresina avança na gestão dos REEE, mas ainda carece de divulgação e participação de empresas e órgãos públicos para que a população possa estar se conscientizando e se responsabilizando pelo processo de descarte ambientalmente adequado desse tipo de resíduo.

Palavras-chave: Logística reversa; Resíduos; Equipamentos eletroeletrônicos.



1. INTRODUÇÃO

A gestão ambiental na indústria eletroeletrônica é relativamente recente e o foco das pressões ambientais deixa de ser a gestão ambiental da produção e passa a ser a gestão ambiental do produto, que considera como fatores a durabilidade do produto, a possibilidade de reciclagem, o tipo de matéria-prima usada, a facilidade de desmonte e reaproveitamento, o tipo de embalagem e seu processo de reciclagem, visando um menor impacto ambiental depois de seu consumo (Kobal *et al.*, 2014).

O Brasil tem uma taxa crescente de geração de resíduos eletrônicos, mas atualmente existem poucos sistemas de gerenciamento adequados em operação, com a maior parcela de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) indo para aterros ou entrando em cadeias informais (Sousa *et al.*, 2016). Em agosto de 2010 foi instituída a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que estabelece princípios, objetivos, instrumentos, além de diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos. Dentre os princípios, os aspectos mais discutidos pela sociedade tem sido a responsabilidade compartilhada e o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania (Brasil, 2010). A lei determina que todos os atores envolvidos na geração e gestão de resíduos sólidos, sejam eles produtores, importadores, atacadistas, varejistas, consumidores finais e poder público possuem responsabilidade compartilhada pela gestão dos resíduos (Domingues *et al.*, 2016).

A presente pesquisa buscou investigar a logística reversa dos REEE de pós-consumo da região de Teresina, Piauí, por meio do levantamento de características do comportamento da população local, mapeamento e análise de pontos de coleta na cidade e diagnóstico do processamento dos resíduos realizados por empresas no final da cadeia produtiva.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos

O descarte inadequado dos REEE é alvo de grande preocupação no âmbito da logística reversa no Brasil e no mundo, por isso, Bizzo *et al.* (2014) mencionaram que a eliminação adequada desses resíduos é, atualmente, uma preocupação dos investigadores e gestores ambientais, não só em razão do grande volume de resíduos gerados, mas também aos metais pesados e substâncias tóxicas que contém.

O desperdício eletrônico é um dos problemas de poluição de crescimento mais rápido em todo o mundo, dada a pre-

sença de uma variedade de substâncias tóxicas que podem contaminar o meio ambiente e ameaçar a saúde humana, se os protocolos de disposição não forem gerenciados meticulosamente (Kiddee *et al.*, 2013).

Segundo Schroeder *et al.* (2015), os REEE contêm materiais valiosos e diferenciados de outros resíduos, mas devido à sua composição podem trazer malefícios à saúde humana, pois o contato direto ou indireto com esses metais acarreta danos à atividade biológica, podendo acarretar até mesmo a morte daquele que estiver em contato, dependendo da substância e quantidade a qual o indivíduo for exposto, como especifica o Quadro 1.

Quadro 1. Metais pesados presentes nos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos e principais danos à saúde humana

Elemento	Principais danos causados à saúde humana
Alumínio	Algumas pesquisas sugerem existir relação entre a contaminação crônica pelo alumínio, como um dos fatores ambientais, e a ocorrência do mal de Alzheimer.
Bário	Provoca efeitos no coração, constrição dos vasos sanguíneos, elevação da pressão arterial e efeitos no sistema nervoso central.
Cádmio	Acumula-se nos rins, fígado, pulmões, pâncreas, testículos e coração; possui meia-vida de 30 anos nos rins; casos de intoxicação crônica podem gerar descalcificação óssea, lesão renal, enfisema pulmonar, além de efeitos teratogênicos (deformação fetal) e carcinogênicos (câncer).
Chumbo	Acumula-se nos cabelos, ossos, cérebro e rins; em poucas concentrações causa anemias e dores de cabeça. Exerce ação tóxica no sistema nervoso, na biossíntese do sangue, no fígado e no sistema renal; constitui-se veneno cumulativo de intoxicações crônicas que causa alterações gastrintestinais, hematológicas e neuromusculares, podendo levar à morte.
Cobre	Intoxicações com lesões no fígado.
Cromo	Armazena-se nos pulmões, pele, músculos e tecido adiposo, pode provocar anemia, alterações hepáticas e renais, além de câncer do pulmão.
Mercúrio	Atravessa facilmente as membranas celulares, sendo prontamente absorvido pelos pulmões. Possui propriedades de precipitação de proteínas (modifica as configurações das proteínas), sendo suficientemente grave para causar um colapso circulatório no paciente, levando à morte.
Níquel	Carcinogênico (atua diretamente na mutação genética).
Prata	10g na forma de Nitrato de Prata são letais ao homem.

Fonte: Adaptado ABDI, 2013



Logística reversa: canal para a gestão dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos

Os fabricantes e consumidores têm sofrido pressões impostas por regulamentos e sensibilizações ambientais, para que destinem os produtos usados de forma ambientalmente responsável por meio da logística reversa. Esta configura-se como uma das partes de um extenso processo da cadeia de fornecimento e gerenciamento de retorno, incluindo-se, ainda, na cadeia de abastecimento, de modo que a atribuição da gestão possa analisar e considerar os obstáculos vitais para a sobrevivência das indústrias no futuro (Senthil et Sridharan, 2014).

O fluxograma da Figura 1 representa os sistemas de logística reversa, indicando as vias de retorno dos materiais às indústrias e posterior disponibilização para o mercado consumidor, entre fornecedor, empresas fabricantes e consumidores.

A Figura 1 mostra, de maneira simplificada, os fluxos na logística reversa, permitindo um entendimento mais didático de como ocorre esse processo e um mapeamento de ideias com relação ao contexto de retorno dos resíduos como forma de produto.

Demajorovic *et al.* (2016) consideram que o fluxo decorrente da logística tradicional segue uma sequência em que o produto novo é produzido, estocado, expedido, distribuído e consumido; enquanto o fluxo decorrente da logística reversa está diretamente relacionado ao retorno dos produtos e embalagens para que possam ser processados e retornados ao processo produtivo como matéria-prima secundária na produção de novos produtos.

A logística reversa pós-consumo está no cerne do processo de descarte de um bem pela sociedade, cujo momento do descarte pode variar entre dias e anos. Nas palavras de Resende (2004), têm-se que as diferentes formas de processamento e comercialização, desde sua coleta até a integração ao ciclo produtivo como matéria-prima secundária, são chamadas canais de distribuição reversos de pós-consumo.

A logística reversa de pós-consumo também pode ser entendida como a parte da logística reversa das empresas que busca a recuperação de produtos recicláveis, os quais podem ser enviados a destinos finais tradicionais, a exemplo de aterros sanitários e incineração, ou podem retornar ao ciclo produtivo (Souza *et al.*, 2012). Os autores acrescentam que esse processo representa uma alternativa de equacionamento dos caminhos percorridos pelos materiais constituintes após o término da vida útil de seus produtos.

É possível observar um crescimento da logística reversa de pós-consumo ao mesmo tempo que se verifica um aumento demasiado de lançamento de novos produtos com o uso de outras fontes provenientes de materiais constituintes de resíduos sólidos recuperados (Ferreira, 2012). Nesse contexto, o autor considera de total importância o advento do ciclo reverso, pelo fato de ser comum se deparar com resíduos sólidos que apresentam condições de reutilização e, mesmo assim, são descartados de forma incorreta, desperdiçando o seu valor agregado.

Por meio de dados da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI, 2013), a coleta dos REEE costuma ser feita juntamente com outros tipos de resíduos por parte dos catadores de materiais recicláveis e algumas pessoas, frequentemente, afirmam que não sabem dar a destinação

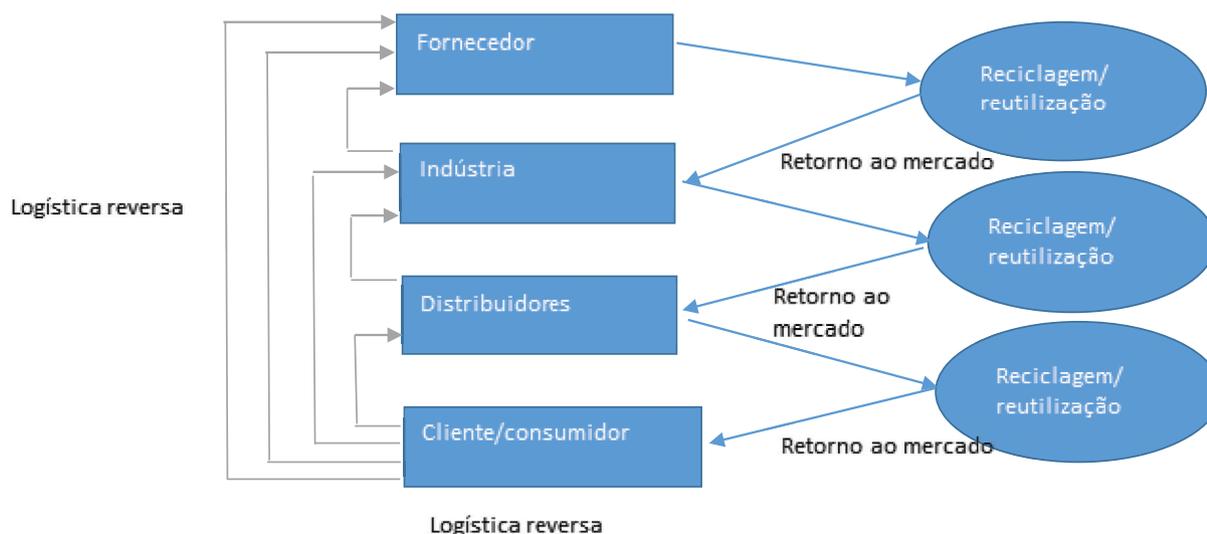


Figura 1. Esquema simplificado da logística reversa

Fonte: IPEA (2012)



adequada a esses tipos de resíduos. A tal fato, atribui-se como única maneira de correção o suporte à sociedade, com locais de coleta para os REEE, mas trata-se de uma estratégia insuficiente, pois há a necessidade de capacitar e fornecer os equipamentos de proteção adequados aos catadores, sobretudo pela periculosidade dos resíduos em questão.

As atividades de coleta, triagem e em algumas vezes o pré-processamento dos REEE, segundo a ABDI, são comumente desenvolvidos pelas cooperativas, pois os processos de coleta e pré-processamento desses resíduos podem representar até 15% do faturamento. Nesse refrão, devido ao fato de outros resíduos serem mais difundidos no processo de reciclagem (como o plástico, o alumínio e o papelão), estima-se que no Brasil existam 600 mil colaboradores nas cooperativas, e que a cada mil toneladas de material reciclado surgem cinco novos empregos na indústria de reciclagem. É nessa seara que pode ser introduzido o pensamento do cooperativismo na logística reversa.

As cooperativas enfrentam problemas que podem resultar no seu fechamento por causa da exploração da mão de obra barata e não adoção de uma postura verdadeiramente cooperativista, refletido de forma negativa no setor, enfraquecendo-o e fazendo-o perder a credibilidade (Ferreira et Dagnese, 2014). Esse problema tem como agravo a falta de incentivos por parte do poder público, em especial na competência municipal, tornando ainda mais precário o trabalho das cooperativas. Soma-se a isso a falta de capacitação, promovendo alta rotatividade e redução do nível de compromisso, de modo que o setor deixa claro o anseio por maior apoio do setor privado, com parcerias e capacitações (ABDI, 2013).

Mesmo com a determinação da PNRS, a capital piauiense não possui política específica para o descarte e recolhimento de lixo eletrônico, sendo comum o lixo eletrônico ser descartado como lixo comum e ir para o aterro sanitário.

Enquanto Teresina não define diretrizes para o recolhimento e descarte do lixo eletrônico produzido na cidade, instituições comunitárias encontraram formas de reaproveitar o material descartado e transformá-lo em gerador de cidadania¹

3. METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa-ação, pois favoreceu a produção e discussões referentes a conhecimentos específicos na realidade vivida, sob a perspectiva do enobrecimento das estruturas hierárquicas, que são responsáveis por fragmen-

tar o cotidiano (Molina, 2007). Quanto ao contexto da abordagem, é qualitativa e quantitativa, sendo qualitativa pois levantou e analisou dados não numéricos (Silva et Menezes, 2005). A pesquisa é quantitativa por focalizar uma quantidade de pequenos conceitos, utilizar procedimentos estruturados e formais para a coleta de dados, enfatizar a objetividade e investigar dados numéricos por meio de procedimentos estatísticos (Polit *et al.*, 2004).

Caracteriza-se como exploratório, pois buscou proporcionar maior familiaridade com o tema em estudo, tornando-o claro e permitindo a formulação de hipóteses. E, ainda, classifica-se como um estudo de multicase, pois avaliou algumas unidades, prezando por conhecer detalhadamente o objeto de estudo, sendo necessário buscar, armazenar e ter acesso ao máximo de informações e conhecimentos possíveis sobre o tema escolhido, com um nível aceitável de esforço e dispêndio de pouco tempo e recursos (Martins, 2006).

A pesquisa foi dividida em três etapas. Na primeira foi aplicado um questionário com questões fechadas para uma amostra de 60 pessoas, nos turnos da manhã e tarde, em todas as zonas da cidade, sendo 30 do centro, 15 da zona sul, 5 da zona norte, 5 da zona sudeste e 5 da zona leste. Esse questionário buscou entender como as pessoas comportam-se perante o processo de logística reversa dos REEE na região.

Na segunda etapa foram localizados cinco pontos de recolhimento dos REEE na região e uma empresa especializada e responsável pelo recebimento e processamento. Após visita a um dos pontos de recolhimento, descobriu-se existir mais sete pontos de recolhimentos e uma empresa especializada, totalizando 12 pontos a serem pesquisados, identificadas por: E-lixo Piauí; Connect Conexão com o Futuro; Movimento Pela Paz na Periferia - MP3; Projeto Cuia.eco; Emaús Trapeiros; Projeto Clicar; Sucata A; Sucata B; Sucata C; Sucata D; Sucata E; Sucata F, e duas empresas presentes no final da cadeia do ciclo reverso dos REEE, com localizações em São Paulo, SP (Umicore Brasil) e Recife, PE (Lorene). O tipo de amostragem desta pesquisa foi não probabilístico e, portanto, não aleatório, proporcionando um processo de coleta de dados mais fácil (Sweeney *et al.*, 2015).

Em seguida, foram realizadas entrevistas semiestruturadas junto aos proprietários ou responsáveis pelos pontos de coleta dos resíduos, indagando-se sobre a atuação da empresa na região, seu processo, quantidades coletadas, perspectiva para o futuro, visão do cenário atual, entre outros questionamentos, afim de responder aos objetivos deste trabalho. Durante as observações *in loco* houve registro fotográfico em algumas empresas, com prévia autorização, para possibilitar a melhor compreensão de como ocorre o processamento dos REEE nessas instituições.

1 <http://www.portalodia.com/noticias/tecnologia/tecnologia-para-onde-vai-o-lixo-eletronico-92062.html>



Na terceira etapa, foram realizadas entrevistas semiestruturadas por telefone e e-mail com as empresas especializadas no processo de logística reversa dos REEE, sediadas em São Paulo e Recife, no intuito de entender como ocorre o processamento desses resíduos no final da cadeia reversa, quais os produtos gerados, os rejeitos, as vantagens e desvantagens desse processo, entre outros questionamentos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta um esquema sintético da logística reversa envolvendo três membros da cadeia reversa dos REEE: consumidor, fornecedor, distribuidor.

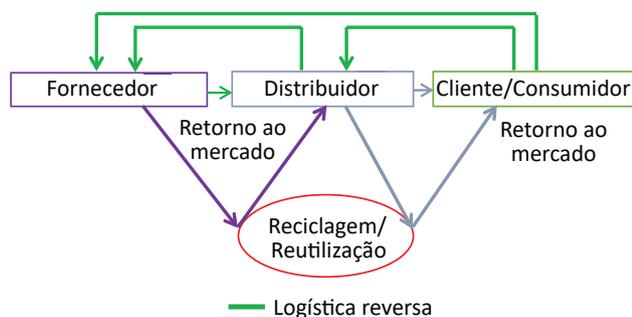


Figura 2. Esquema simplificado da logística reversa dos REEE

Fonte: Autor (2017)

Resultados da pesquisa aplicada junto à população

A pesquisa aplicada junto à população foi desenvolvida com o propósito de entender qual o comportamento e conhecimento dos cidadãos sobre o descarte ambientalmente correto dos REEE na cidade de Teresina. O resultado está descrito na Tabela 1.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 1, verifica-se que 93% das pessoas sabem o que é lixo eletroeletrônico, inferindo, dessa forma, que a maioria dos entrevistados consegue diferenciá-lo do lixo comum. Desses, no entanto, quando questionados sobre o conhecimento dos riscos referentes ao descarte inadequado dos REEE, apenas 72% detêm o conhecimento sobre o assunto.

Entre os que sabem dos riscos, somente 60% realmente realizam a destinação dos REEE de forma ambientalmente adequada. Sobre este ponto, a legislação brasileira é assertiva sobre as medidas punitivas. De acordo com a Lei nº 12.305/2010, em caso de descarte inadequado, o infrator poderá ser punido nas três esferas distintas, de modo que, constatado o crime de descarte inadequado de resíduos, a lei prevê pena que será estipulada de acordo com os moldes da Lei nº 9.605/1998, Art. 54., que diz:

“Causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora: (...) § 2º Se o crime: (...) V - Ocorrer por lançamento de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos, ou detritos, óleos ou substâncias oleosas, em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou regulamentos: Pena - reclusão, de um a cinco anos” (Brasil, 1998).

Continuadamente, nota-se que 72% da população possui algum tipo de dispositivo eletroeletrônico que não tem mais utilidade ou não está funcionando em sua posse, e que será descartado assim que puder. Dessa forma, observa-se que há uma quantidade significativa de produtos eletroeletrônicos a serem descartados, de modo que se faz ainda mais necessário o desenvolvimento das atividades de coleta e descarte ambientalmente adequado dos REEE para que não ocorra nenhum dano socioambiental.

De acordo com Carvalho *et al.* (2016), o risco de contaminação do meio ambiente pelo descarte inadequado dos

Tabela 1. Resultado da pesquisa realizada com a população de Teresina

Questões	Sim	Não
1. Você sabe o que é o lixo eletroeletrônico?	93%	7%
2. Você possui algum equipamento eletroeletrônico em sua residência (ex.: impressora, monitor, mouse, teclado, TV, DVD, aparelho celular, câmera fotográfica, secador de cabelo, ou outro) que não tem mais utilidade para você e será descartado?	72%	28%
3. Você conhece os riscos do descarte incorreto dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos?	72%	28%
4. Você conhece algum ponto de coleta de lixo eletroeletrônico em Teresina?	30%	70%
5. Você costuma descartar os aparelhos eletrônicos de sua residência quando eles perdem a utilidade ou não tem conserto?	82%	18%
6. Considera que o local onde você descarta seus aparelhos eletrônicos usados é adequado?	60%	40%

Fonte: Autor (2017)



REEE se agrava ainda mais com a falta de informações das pessoas, de modo que favorece a falta de controle na gestão desses materiais. O risco agregado ao descarte inadequado advém dos metais pesados que constituem as peças de um equipamento eletrônico e que são responsáveis pelos efeitos deletérios dos REEE. O descarte inadequado ou o aterramento e incineração sem tratamento prévio resulta em contaminação da água, do solo ou do ar, devido à emissão de substâncias prejudiciais ao meio ambiente. A incineração, especificamente, pode resultar na emissão de mercúrio, chumbo e outras substâncias tóxicas, além da perda de material de alto valor econômico agregado, a exemplo do ouro e da prata, os quais são passíveis de reciclagem, bem como perda e incremento dos gastos com energia (Virgens, 2009).

Outro dado importante é que 70% das pessoas abordadas na pesquisa relataram que não conhecem nenhum ponto de coleta adequado para os REEE na região de Teresina, PI. Esse fato é confirmado pelas respostas da população ao ser questionada sobre onde costuma realizar o descarte dos REEE quando necessário, como mostra a Figura 3.

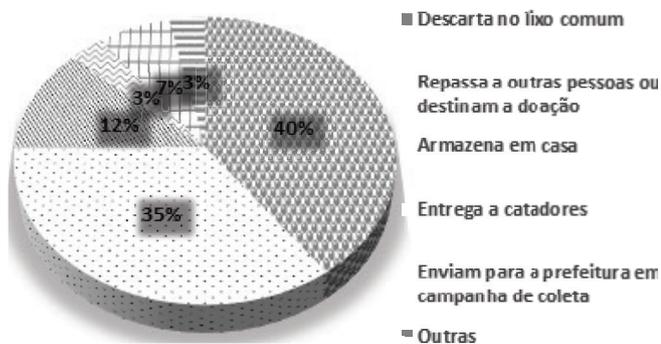


Figura 3. Destino de descarte dos REEE pela população

Fonte: Autor (2017)

É possível observar, a partir da Figura 3, que 40% das pessoas descartam os REEE no lixo comum, 35% repassam a outras pessoas ou destinam a doações, 12% armazenam em casa, 3% entregam a catadores, 7% enviam para a prefeitura quando há campanha de coleta e 3% dão outras destinações não mencionadas. Considerando apenas o percentual de entrevistados que descartam os resíduos no lixo comum e os que armazenam em casa, têm-se um acumulado de 52% da população que descarta seus resíduos de forma equivocada. Este dado é preocupante, pois mais da metade dos REEE são descartados erroneamente, sobretudo junto ao lixo comum, sendo esta a maior representação entre as formas de descarte citadas. Isto contribui para o aumento da destinação desses dejetos em lixões e aterros sanitários, promovendo, conseqüentemente, diversos danos socioambientais, especialmente se levarmos em conta que 60% das pessoas entrevistadas acreditam que o local onde descartam é o correto.

Siqueira *et Marques* (2012) consideram que, nesse cenário, a população se constitui peça fundamental para o sucesso do fluxo adequado de resíduos, uma vez que os cidadãos são os consumidores finais dos produtos e, conseqüentemente, os responsáveis diretos pelo descarte correto deles. Entretanto, nem sempre esses consumidores dispõem de informação suficiente para realizar o descarte de maneira apropriada. Além disso, a PNRS ainda não definiu o papel de cada um dos atores, fato que agrava ainda mais o desconhecimento da problemática em torno do descarte do lixo. Os autores acrescentam que o descarte impensado desses resíduos contribui para agravar o problema da escassez crescente de áreas para a implantação de novos aterros e compromete a capacidade de regeneração desses recursos na natureza, visto que a proporção de metais comuns, como o cobre, encontrados nesses resíduos é bastante elevada: 1,0 tonelada de lixo eletrônico contém até 0,2 toneladas de cobre. Esse metal poderia ser reutilizado pela indústria, o que reduziria sua extração da natureza, já que o cobre, quando reciclado, não apresenta alteração de suas propriedades.

Quando desenvolvido o cruzamento dos dados entre os que descartam de forma inadequada os resíduos e os que consideram estar dando a destinação correta para eles, é possível observar que 65% pessoas sabem que sua forma de descarte é errada. Isto é, a maior parte dos que descartam incorretamente reconhece seu erro, o que mostra a necessidade para que se desenvolvam formas mais eficazes de se conscientizar as pessoas sobre os perigos provenientes dessa prática.

A população de Teresina, em sua maioria, e segundo o levantamento, possui a consciência quanto ao descarte ambientalmente adequado dos REEE, mas por não conhecerem pontos de coleta dessas matérias acabam realizando o descarte de forma inadequada, o que conseqüentemente promove a contaminação do meio ambiente.

Resultados da pesquisa aplicada junto aos pontos de coleta

A Figura 4 mostra a localização dos pontos de coleta dos REEE em Teresina.

A Figura 4 apresenta os doze pontos de coleta de REEE em Teresina e mostra que todas as zonas da cidade são contempladas com pelo menos um ponto de coleta dos REEE, no entanto, destaca-se que uma quantidade maior se concentra na zona sul da cidade.

As atividades de coleta dos REEE em Teresina se iniciaram em 2011 com o Projeto Clicar, tendo como objetivo oferecer algo que atraísse a atenção dos jovens na comunidade e reduzisse o descarte inadequado dos REEE na região. Em se-

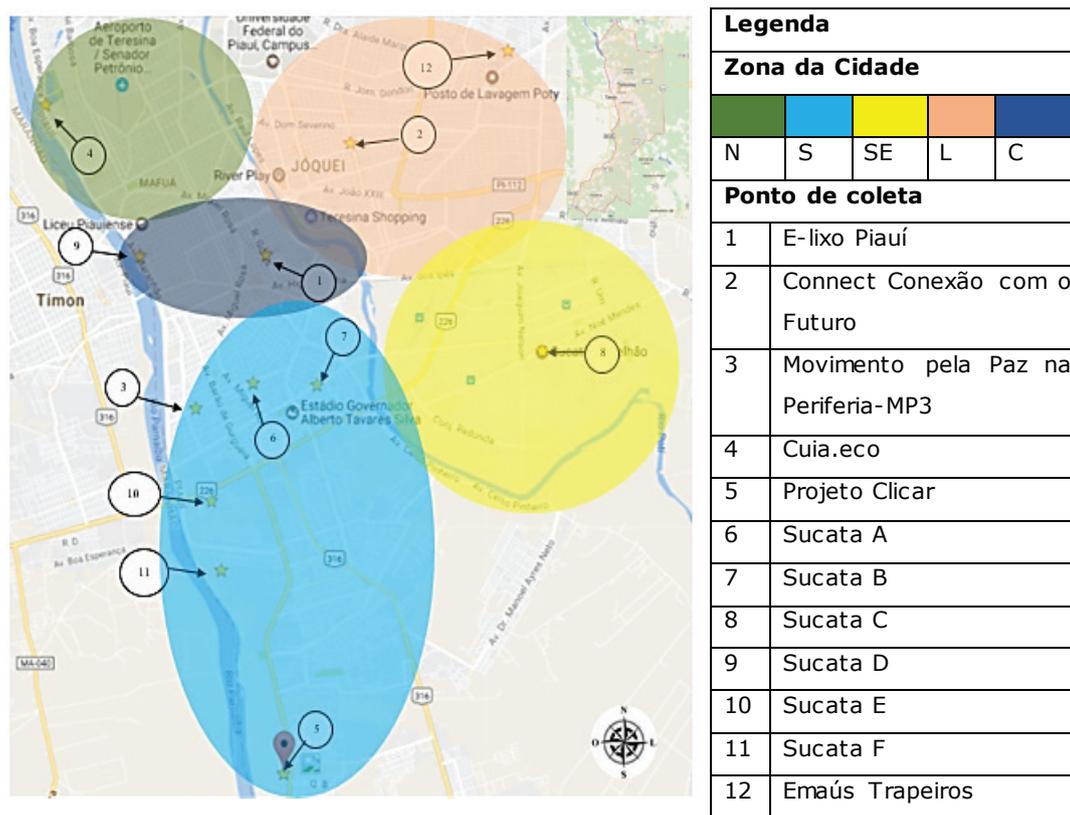


Figura 4. Localização dos pontos de coleta em Teresina

Fonte: Autor (2017)

guida, outras empresas aderiram a iniciativa, fazendo parte do seletivo grupo que coleta e faz o descarte ambientalmente adequado, porém, a partir de 2013 houve uma quantidade maior de empresas se engajando na execução dessa atividade, haja vista que neste período a empresa E-lixo Piauí iniciou suas atividades na capital, realizando parcerias com várias empresas da região.

Neste sentido, para que os estados implementassem o sistema de coleta seletiva e tratassem o lixo gerado, em 2010 o governo federal implementou a PNRS, representada pela Lei nº 12.305/2010, estabelecendo que até 2012 todos os estados teriam a obrigação de elaborar um Plano de Gestão Integrada, municipal, estadual e distrital, e que até 2014 todos os estados teriam que dar a destinação ambientalmente adequada, com a efetivação da coleta seletiva e também extinguir os lixões e aterros controlados.

Porém, de acordo com a revista Cidade Verde (2016), o município de Teresina não cumpriu nenhum dos prazos. O estado do Piauí não tem uma política específica para o tratamento e destinação correta dos REEE, obrigando a capital a sofrer as consequências promovidas pelo descarte inadequado do lixo eletroeletrônico no meio ambiente.

Durante as entrevistas, observou-se que algumas empresas já estão fazendo o processo de coleta e descarte ambientalmente adequando dos REEE na cidade, pois segundo o proprietário da empresa E-lixo Piauí, essa atividade é considerada uma das mais rentáveis no meio da reciclagem dos resíduos, visto que os resíduos eletroeletrônicos possuem vários componentes com valor agregado, onde o preço por quilo dos REEE no mercado de reciclagem só não é maior que o do cobre, o que torna o processo de coleta ainda mais atrativo para as empresas.

Neste sentido, a maioria das empresas recebem todos os tipos de resíduos eletroeletrônicos, com exceção das empresas Conect Conexão com o Futuro, Projeto Cuia.eco e Sucata D, que só recebem resíduos de médio e pequeno porte, devido estes estabelecimentos não disporem de espaço suficiente para estar armazenando adequadamente os REEE de grande porte. Dessa forma, pode-se observar que na cidade de Teresina qualquer tipo de REEE pode ser descartado de maneira ambientalmente adequada.

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU, 2015), o Brasil é o segundo país da América Latina que mais produz REEE, com 1,4 milhões de toneladas produzidas por ano. Desse total, de acordo com a Associação Brasileira de

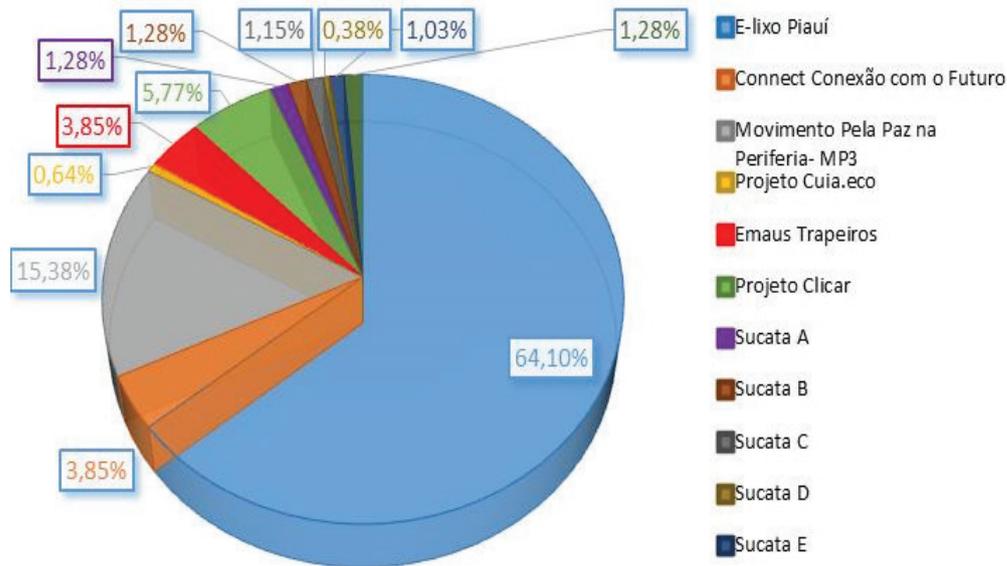


Figura 5. Representação que cada empresa ocupa em relação ao total de REEE coletados em Teresina, Piauí.

Fonte: Autor (2017).

Empresas e Tratamento de Resíduos e Efluentes (ABETRE, 2016), o estado do Piauí ocupou a 22ª posição no ranking nacional dos estados mais geradores de resíduos eletrônicos no Brasil em 2015, produzindo cerca de 9,8 mil toneladas por ano.

No entanto, destaca-se que a quantidade de resíduos eletroeletrônicos coletados pelas empresas investigadas chega a um acumulado de 7.900 kg/mês, o que representa somente 11,61% do total de REEE gerado no Piauí, mostrando que mesmo com iniciativas de algumas empresas em coletar esses resíduos, o estado ainda está longe de fazer com que todos os resíduos eletroeletrônicos gerados sejam destinados de maneira ambientalmente adequada. Desse total coletado, é possível observar a representação que cada empresa ocupa na coleta de REEE em Teresina, como mostra a Figura 5.

Observa-se, de acordo com a Figura 5, que grande parte dos REEE coletados na cidade é feita pela empresa E-lixo Piauí, com um total de 64,10%, seguida da empresa MP3 com 15,38% e Projeto Clicar com 5,77%; as demais empresas coletaram menos de 4% cada do total.

De acordo com Brum et al. (2011), os problemas ambientais abriram uma discussão sobre as mudanças a serem adotadas para minimizar a degradação ambiental, tendo em vista que o principal recurso para transformar a sociedade perante a logística reversa dos REEE é a educação sobre a coleta seletiva, buscando mostrar a importância do desenvolvimento sustentável.

Todas as empresas analisadas relatam que não há riscos

envolvidos na execução dessa atividade. Sobre este fato, em 2013, a ABNT NBR 16.156 (2013) definiu, em âmbito nacional, os requisitos para a execução da atividade da logística reversa dos REEE, visando garantir a prática dessa atividade de forma ambientalmente adequada, para a minimização dos riscos de contaminação do meio ambiente e dos trabalhadores. A norma considera que esses resíduos não podem ser armazenados a céu aberto e nem em contato direto com o solo, pois as intempéries climáticas podem levar ao processo de oxidação dos metais presentes nos REEE, promovendo a contaminação do solo e, conseqüentemente, a contaminação do lençol freático, pois ocorreria a formação de substâncias tóxicas solúveis. Adicionalmente, essa situação também pode acarretar a formação de ambientes propícios à proliferação de vetores de endemias como, por exemplo, o *Aedes Aegypti* (ABNT, 2013).

Neste sentido, segundo Ferreira et Wermelinger (2013), o principal fator para que seja dada uma atenção especial para os REEE é o fato de que em sua composição esses resíduos possuem metais pesados, que podem acarretar diversas doenças provenientes da interação do homem com os REEE, podendo ser agravado se o mesmo ocorrer por ingestão, inalação ou contato dérmico.

As Figuras 6 e 7 mostram como os REEE são armazenados por algumas empresas.

Na Figura 6 é possível observar que o armazenamento dos REEE está em desacordo com a NBR 16.156:2013, visto que o armazenamento está sendo feito a céu aberto e em contato com o solo, podendo sofrer intempéries climáticas,



que ocasionam a oxidação dos metais presentes nos REEE, e, conseqüentemente, promover a contaminação ambiental, servindo, além disso, de foco para a proliferação de vetores de endemias.



Figura 6. Armazenamento de REEE

Fonte: Autor (2017)



Figura 7. Armazenamento de REEE

Fonte: Autor (2017)

Na Figura 7 nota-se que o armazenamento dos REEE está sendo feito de forma adequada por algumas empresas citadas, pois está em ambiente fechado e não possui contato direto com o solo, o que evita a contaminação do meio ambiente e a proliferação de vetores de endemias.

Kilic et al. (2015) relatam que a logística reversa dos REEE é a forma mais sustentável que contribui diretamente para a preservação dos recursos naturais, acarretando em ganhos como redução no consumo de recursos naturais para o uso de matéria-prima com a reutilização inteligente dos recursos, fortalece a responsabilidade ambiental de todos, incentiva o uso de tecnologias limpas e previne a poluição e contaminação do meio ambiente.

Porém, segundo os proprietários das empresas, a execução da logística reversa dos REEE na cidade de Teresina é

uma tarefa complexa, pois várias dificuldades são encontradas, sendo as principais:

- O difícil acesso de coleta dos REEE diretamente nas residências, pois as pessoas da cidade ainda não estão acostumadas com essa atividade, e acabam dificultando o processo;
- A falta de participação e interesse por parte do governo em auxiliar essa iniciativa, e, assim, exercer um papel estratégico no desenvolvimento sustentável.

Ainda segundo os proprietários, a falta de incentivo por parte do governo do estado para essa atividade contribui para que as pessoas tenham o comportamento de não realizar o descarte ambientalmente adequado dos REEE de sua posse, pois não cria uma consciência geral como se aconselha. Nisto, de acordo com a Lei 12.305/2010, Seção 2, de título “Da Responsabilidade Compartilhada”, tem-se afirmado que é responsabilidade de todos (consumidores, poderes públicos, fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, catadores de resíduos e recicladores) a destinação final dos resíduos gerados de forma ambientalmente adequada.

Neste sentido, algumas empresas estão investindo em formas de divulgação dessas atividades para atrair o público que ainda não detém o conhecimento de onde estão localizados os pontos de coletas de REEE na região. Detalhou-se que a divulgação é realizada através de *Website*, redes sociais, palestras, rádios e panfletagens.

A empresa responsável por transportar os REEE coletados em Teresina é a E-lixo Piauí, que recebe os resíduos da maioria das empresas citadas neste trabalho, de forma que ela é responsável por estar transportando esse material até a empresa LORENE, localizada na cidade de Recife, PE.

Resultados da pesquisa aplicada junto às empresas no final do ciclo reverso dos REEE

Com o objetivo de conhecer como é feito o processamento dos REEE de Teresina, fez-se contato com as empresas que recebem e fazem a manufatura desse tipo de resíduo.

LORENE

A LORENE é considerada uma das primeiras a executar o processo de destinação ambientalmente correto dos resíduos como, por exemplo, catalizadores, eletroeletrô-



nicos entre outros que contém metais preciosos. Todo material adquirido pela empresa é destinado à reciclagem, gerando resultados financeiros e sustentáveis para todos os parceiros (montadoras, prestadores de serviços, mineradoras, gerenciadores de resíduos entre outros), o que viabiliza a atividade de logística e manufatura reversa da empresa (LORENE, 2017).

A empresa dispõe de uma logística que lhe permite comprar resíduos provenientes do lixo eletroeletrônico em todo o território nacional e em vários países do mundo, desenvolvendo o trabalho de dar a destinação ambientalmente correta ao REEE.

No Brasil, a empresa atua fazendo o processo de coleta dos REEE, que posteriormente são enviados para o EUA, onde passam por processos de manufatura e, assim, retornam ao ciclo inicial de produção. Porém, para que esse material possa ser exportado é necessário que passem pelas etapas apresentadas na Figura 7.



Figura 7. Etapas pelas quais passam os REEE na LORENE localizada no Brasil
 Fonte: Lorene (2017)

- **Logística e recebimento (coleta)** - A empresa conta com uma frota de mais de 150 veículos para realização da coleta dos resíduos em todo o território nacional, de forma que essa coleta pode ser feita diretamente no colaborador que realiza a entrega na empresa. Todo o material recebido é devidamente identificado, fazendo com que, assim, a empresa possa garantir a rastreabilidade durante todo o processo;
- **Triagem** - Nessa etapa, os materiais são separados e classificados com base em catálogos, que são constantemente atualizados e validados pelo

laboratório, garantindo a negociação segura dos resíduos;

- **Amostragem** - A amostragem consiste no processamento de lotes por meio de um sistema automatizado de coleta de amostras homogêneas e representativas, para que cada tipo de material possa ser encaminhado para linhas produtivas específicas (catalisadores, eletrônicos e materiais diversos). Esse sistema automatizado é composto por um conjunto de trituradores, moinhos e divisores de amostras, sendo as amostras geradas submetidas a processos de pulverização, fusão e peneiramento, dependendo das especificações de cada material. Esse processo garante uma amostra que servirá para a avaliação de quantidade de metais preciosos contidos em cada lote de sucata eletrônica;
- **Laboratório** - O laboratório é responsável por fazer a análise química de todos os resíduos coletados pela empresa;
- **Pagamento** - Logo após a triagem e análise química dos materiais, a empresa efetua o pagamento ao colaborador responsável pelos resíduos, sendo garantido com um laudo apontando o teor dos metais presente no lote, para ser direcionado ao departamento comercial (LORENE, 2017).

UMICORE BRASIL

Umicore é uma empresa internacional de tecnologia de materiais, com sede em Bruxelas e Bélgica, que ao longo dos seus 100 anos de existência se consolidou e desenvolveu operações internacionais, com atuação em todos os continentes, estando presente em 36 países. Um desses países é o Brasil, com sede em Guarulhos, SP, Americana, SP, e Manaus, AM, contando com aproximadamente 660 colaboradores, manufaturando e oferecendo vários produtos, e atuando no refino e na reciclagem de metais. Tem por especialidade o processamento de materiais complexos compostos por metais preciosos, incluindo placas de circuito impresso (PCI), processadores, memórias, entre outros que fazem parte dos REEE (UMICORE, 2016).

A empresa raramente realiza a coleta dos materiais, pois existem fornecedores espalhados por todo o país que fazem esse serviço para as indústrias e prefeituras locais e, posteriormente, repassam à empresa. O fato de encontrar-se no final da cadeia do ciclo reverso faz com que a empresa dependa dos serviços feitos pelos fornecedores para dar início ao processo de logística reversa



dos materiais. As empresas homologadas oferecem os serviços de logística e manufatura para os seus clientes regionais, de modo a coletar, separar e transportar, reciclando mais de 17 tipos de metais, sendo que a escória inerte gerada no processo é utilizada como agregado para o concreto.

No Brasil são realizadas as etapas de amostragem e análise dos materiais, descaracterização dos lotes, identificação da composição química dos materiais e realização das compras dos mesmos, levando em torno de 65 dias. Em seguida, a empresa organiza a exportação dos lotes para a Umicore Bélgica para que seja realizada a etapa final de refino dos resíduos.

Atualmente, a empresa processa anualmente 350 mil toneladas de matérias. Como exemplo, as etapas de processamento de aparelhos celulares e placas de circuito impresso estão descritos a seguir:

1. São recebidos na planta da Umicore;
2. Os materiais passam por um processo de trituração e homogeneização;
3. Do material resultante são sacadas amostras para determinação da composição química do lote;
4. Os materiais são enviados a um forno de alta temperatura onde a pasta orgânica é queimada e os metais se concentram em uma fase líquida;
5. Após serem retirados do forno, os metais concentrados em lingotes seguem para separação e refino.
6. As escórias já sem metais vão para a pavimentação de estradas.

De acordo com o processo descrito acima, é possível observar que a empresa realiza o processo de destinação ambientalmente adequada dos materiais recebidos, os quais, depois de processados, são destinados pra a produção de novos produtos ou, até mesmo, seguem para a produção da mesma linha, fechando o processo de logística reversa dos REEE.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa realizada junto à população aponta que esta tem consciência quanto à destinação ambientalmente adequada dos REEE, embora a maioria não realize o descarte de maneira adequada por não conhecer nenhum ponto de descarte para esse tipo de resíduo.

No decorrer desta pesquisa foram localizados 12 pontos de coleta na região estudada, distribuídos por todas as zonas, mostrando que a cidade de Teresina conta com um número considerável de pontos de coleta. Porém, devido à pouca divulgação, tanto pelos órgãos públicos como privados, esses pontos acabam ficando no anonimato, dificultando o descarte ambientalmente adequado dos REEE.

Neste sentido, pode-se dizer que a cidade de Teresina já inclui, dentre as atividades de logística reversa, a coleta de REEE, mas é necessário desenvolver uma melhor política de divulgação na região, e o interesse por parte do Governo do Estado em estar incentivando e auxiliando nessa atividade para que a população seja orientada adequadamente sobre onde estão localizados os pontos de coleta.

Em relação a empresas que realizam a coleta dos REEE em Teresina, elas desempenham um trabalho muito importante para a sociedade e meio ambiente, mas enfrentam dificuldades quanto à quantidade de resíduos provenientes do lixo eletrônico, já que a grande maioria da população ainda não detém o conhecimento de que na cidade já existem empresas especializadas na coleta e descarte ambientalmente correto dos REEE.

Quanto às empresas especializadas na manufatura dos REEE, foi possível conhecer como são desenvolvidas as atividades das mesmas, constatando-se que todo o resíduo de pós-consumo coletado na cidade de Teresina pelas empresas citadas é enviado para uma empresa localizada em Recife, PE, que se encarrega de fazer o processo de manufatura desses resíduos, tornando possível o retorno dos materiais ao ciclo inicial de produção.

Conclui-se, portanto, que Teresina, PI, está avançando na gestão dos REEE, porém ainda necessita de divulgação e participação de empresas e órgãos públicos para que a população se conscientize e tome responsabilidade pelo processo de descarte ambientalmente adequado desses resíduos.

REFERÊNCIAS

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

Associação Brasileira de Empresas e Tratamento de Resíduos e Efluentes - ABETRE (2016), "Ranking de estados que mais geram resíduo eletrônico no Brasil", disponível em: <<http://www.abetre.org.br/>>. Acesso em: 20 maio 2016.



- Associação Brasileira de Normas Técnicas- ABNT (2013), “NBR 16.156:2013: Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos – Requisitos para atividade de manufatura reversa”, São Paulo, SP.
- Bizzo, W. A.; Figueiredo, R.A.; Andrade, V. F. (2014), “Characterization of Printed Circuit Boards for Metal and Energy Recovery after Milling and Mechanical Separation”, *Materials*, Vol. 7, No. 6, disponível em: <http://www.mdpi.com/1996-1944/7/6/4555/htm> (acesso em 10 jul. 2018).
- Brasil (1998), Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências, Brasília, 12 fev. 1998.
- Brasil (2010), Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências, Brasília, 02 ago. 2010.
- Brum, D. P.; Silveira, D. D. (2011), “Educação ambiental na escola: da coleta seletiva do lixo ao aproveitamento do resíduo orgânico”, *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, Vol. 4, No. 4, pp. 608-6017.
- Carvalho, G. K.; Espírito Santo, M. S.; Souza, L. O. et al. (2016), “Educação Ambiental e os resíduos eletrônicos: Percepções de estudantes do ensino médio de Soure, Pará, Brasil”, *Scientia Plena*, Vol. 12, No. 6, disponível em: <https://www.scientiaplenu.org.br/sp/article/view/3085/1458> (acesso em 10 jul. 2018).
- Demajorovic, J.; Augusto, E. E. F.; Souza, M. T. S. (2016), “Logística reversa de REEE em países em desenvolvimento: desafios e perspectivas para o modelo brasileiro”, *Ambiente & Sociedade*, Vol. 19, No. 2, disponível em: http://www.redalyc.org/pdf/317/Resumenes/Resumo_31746369007_5.pdf (acesso em 10 jul. 2018).
- Domingues, G. S.; Guarnieri, P.; Streit, J. A. (2016), “Princípios e instrumentos da política nacional de resíduos sólidos: Educação ambiental para implementação da logística reversa”, *Revista em Gestão, Inovação e Sustentabilidade*, Vol. 2, No. 1, pp. 191-216.
- Ferreira, A. P.; Wermelinger, E. D. (2013), “Concentrações séricas de metais e suas implicações para a saúde pública”, *Journal of the Health Sciences Institute*, Vol. 31, No. 1, pp.13-19.
- Ferreira, G. M. V.; Dagnese, F. (2014), *Constituição e Desenvolvimento de Cooperativas*, Rede e-Tec Brasil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.
- Ferreira, L. (2012), “Logística reversa de pós-consumo como fator estratégico e sustentável dentro das organizações”, *Revista Intellectus*, No. 20, pp. 50-61.
- Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA (2012), *Diagnóstico dos Resíduos Sólidos de Logística Reversa Obrigatória*, Brasília, DF.
- Kiddee, P.; Naidu, R.; Wong, M. H. (2013), “Electronic waste management approaches: An overview”, *Waste Management*, Vol. 33, disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X13000147> (acesso em 10 jul. 2018).
- Kilic, H. S.; Cebeci, U.; Ayhana, M. B. (2015), “Reverse logistics system design for the waste of electrical and electronic equipment (WEEE) in Turkey”, *Resources, Conservation And Recycling*, Vol. 95, disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092134491400281X> (acesso em 10 jul. 2018).
- Kobal, A. B.; Santos, S.M.S.; Lázaro, J. C. et al. (2014), “O setor produtivo de eletroeletrônicos e a logística reversa de seus produtos pós-consumo”, *Produto & Produção*, Vol. 15, No. 2, pp. 46-65.
- Martins, G. A. (2006), *Estudo de caso: uma estratégia de pesquisa*. Atlas, São Paulo, SP.
- Molina, R. (2007), *A pesquisa-ação/investigação-ação no Brasil: mapeamento da produção (1966-2002) e os indicadores internos da pesquisa-ação colaborativa*, Tese de Doutorado em Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.
- Organização das Nações Unidas – ONU (2015), *Sustainable management of waste electrical and electronic equipment in Latin America*, ONU, Nova Iorque.
- Polit, D. F.; Beck, C. T.; Hungler, B. P. (2004), *Fundamentos de pesquisa em enfermagem: métodos, avaliação e utilização*, 5 ed., Artmed, Porto Alegre, RS.
- Resende, E. L. (2004), *Canal de distribuição reverso na reciclagem de pneus: estudo de caso*, Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ.
- Schroeder, A. M.; Oliveira Neto, G. C.; Pinto, L. F. R.; Baptista, E. A. (2015), “Benefícios econômicos e ambientais da reciclagem e reuso de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos: estudo de caso em um centro de reciclagem especializado em São Paulo”, artigo apresentado no XIISEGET: Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, São Paulo, SP, 30-31 de out., 01 de nov. 2015.
- Senthil, S.; Sridharan, R. (2014), “Reverse logistics: a review of literature”, *International Journal of Research in Engineering and Technology*, Vol. 3, No. 11, pp. 140-144.
- Silva, E. L. S.; Menezes, E. M. (2005), *Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação*, 4nd ed. UFSC, Florianópolis.
- Siqueira, V. S.; Marques, D. H. F. (2012), *Gestão e descarte de resíduos eletrônicos em Belo Horizonte: algumas*



considerações”, *Caminhos de geografia*, Vol. 13, No. 43, pp.174-187.

Sousa, R. G.; Clímaco, J. C. N.; Sant’anna, A. P. et al. (2016), “Sustainability assessment and prioritisation of e-waste management options in Brazil”, *Waste Management*, Vol. 57, disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X16300332> (acesso em 10 jul. 2018).

Souza, M. T. S.; Paula, M. B.; Souza-Pinto, H. (2012), “O papel das cooperativas de reciclagem nos canais reversos pós-consumo”, *Revista de Administração de Empre-*

sas, Vol. 52, No. 2, disponível em: <https://rae.fgv.br/rae/vol52-num2-2012> (acesso em 10 jul. 2018).

Sweeney, D. J.; Willianms, T. A.; Anderson, D. R. (2015), *Estatística aplicada à administração e economia*, 3 ed., Cengage Learning, São Paulo, SP.

Virgens, T. A. N. (2009), *Contribuições para a gestão dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos: ênfase nos resíduos pós-consumo de computadores*, Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana, Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA.

Recebido: 10 jul. 2018

Aprovado: 27 out. 2018

DOI: 10.20985/1980-5160.2018.v13n4.1443

Como citar: Nascimento, F. B.; Silva, Y. B. R.; Lima, L. S. S. et al. (2018), “Logística reversa dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos de pós- consumo na cidade de Teresina”, *Sistemas & Gestão*, Vol. 13, No. 4, pp. 519-531, disponível em: <http://www.revistasg.uff.br/index.php/sg/article/view/1443> (acesso dia mês abreviado. ano).