



## PROPOSTA DE UM DESENHO DA CADEIA REVERSA PARA RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS

### **Reinaldo Alves de Sá Ferreira Júnior**

Graduando em Engenharia de Produção  
Universidade do Estado do Pará – UEPA  
reinaldo\_jr20@hotmail.com

### **Stefanny Loren Silva Gemaque**

Graduanda em Engenharia de Produção  
Universidade da Amazônia – UNAMA  
lorengeaquee@hotmail.com

### **André Cristiano Silva Melo**

Doutor em Engenharia de Produção – UFRJ  
Professor Universidade do Estado do Pará – UEPA  
acsmelo@yahoo.com.br

### **Vitor William Batista Martins\***

Engenheiro de Produção - UNAMA e Mestre em Engenharia Civil – UFPA  
Professor Universidade do Estado do Pará – UEPA  
vitor.martins@uepa.br

### **Denilson Ricardo de Lucena Nunes**

Doutor em Engenharia de Produção – PUC Rio  
Professor Universidade do Estado do Pará – UEPA  
denilson.lucena@gmail.com

### **Resumo**

Com o crescimento da demanda dos equipamentos eletroeletrônicos e de sua rápida obsolescência, gera-se grande volume de resíduos, os quais possuem metais pesados altamente tóxicos, como o mercúrio, cobre, chumbo, arsênio, entre outros. A implantação da Logística Reversa (LR) tem sido uma forma de gestão de grande sucesso, tanto no contexto internacional como nacional, e aliada a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) tornou-se uma forma mais eficaz para o gerenciamento desses resíduos. Este artigo teve como objetivo, a partir da revisão na literatura referente à LR, PNRS e REEE apresentar atores, atribuições e processos associados, propondo, desta forma, uma estrutura geral para a cadeia de suprimentos reversa de pós-consumo associada aos REEE. A principal contribuição do artigo é proposição de um desenho da cadeia reversa para resíduos Eletroeletrônicos.

**Palavras-chave:** Logística Reversa. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Cadeias Reversas. Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos.

## MOTION FOR A CHAIN REVERSE DRAWING FOR WASTE ELECTRONICS

### Abstract

With growing demand for electronic equipment and its rapid obsolescence, it generates large amounts of waste which have highly toxic heavy metals such as mercury, copper, lead, arsenic and others. The implementation of the Reverse Logistics (LR) has been a way of successful management in both the international and national context, and combined with the National Solid Waste Policy has become a more effective way to manage these wastes. Based on the literature review and qualitative focus, the survey addressed the links in the chain of Reverse Electro Waste Electronic Equipment. The main contribution of this paper is proposing a design of the reverse chain for consumer electronics waste.

**Keywords:** Reverse logistic. National Policy on Solid Waste. Reverse chains. Waste Electrical and Electronic Equipment.

## PROPUESTA DE LA CADENA DE DIBUJO DE RESIDUOS ELECTRÓNICA

### Resumen

Con la creciente demanda de equipos electrónicos y su rápida obsolescencia, genera grandes cantidades de residuos que tienen metales pesados altamente tóxicos como el mercurio, cobre, plomo, arsénico y otros. La aplicación de la Logística Inversa (LR) ha sido una forma de gestión exitosa, tanto en el contexto internacional y nacional, y se combina con la Política Nacional de Residuos Sólidos (PNRS) se ha convertido en una forma más eficaz de gestionar estos residuos. Con base en la revisión de la literatura y el enfoque cualitativo, la encuesta se dirigió a los eslabones de la cadena de reversa Electro residuos de aparatos electrónicos - RAEE. La principal contribución de este trabajo se propone un diseño de la cadena inversa para los residuos electrónicos de consumo.

**Palabras clave:** Logística inversa. Política Nacional de Residuos Sólidos. Cadenas inversas. Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.

## 1. INTRODUÇÃO

A sociedade tem se preocupado cada vez mais com os diversos aspectos do equilíbrio ecológico. Um dos problemas ambientais urbanos mais graves da atualidade é a disposição do lixo (ou resíduo sólido) urbano. Neste contexto, há uma intensa geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE), pelo fato da indústria deste setor apresentar um grande crescimento na venda de produtos. Dentre os principais fatores que motivam tal aumento estão: diversidade de funcionalidades dos equipamentos produzidos, redução do tempo de vida útil (obsolescência programada), redução do custo final do produto e inovação tecnológica (Silva *et al.*, 2008).

Esses resíduos são depositados em aterros sanitários, “lixões”, locais abandonados, em mares e rios, ficando pouco visíveis, já que não sobrenadam, ou, simplesmente, são enterrados para posterior solução. Tais resíduos liberam substâncias químicas, contidas em seus componentes eletrônicos, como mercúrio, cádmio, chumbo, cobre, arsênio, lítio, entre outros, que penetram o solo e contaminam lençóis freáticos, envenenando plantas e animais através da água. Quando tais substâncias entram em contato com o homem, podem causar doenças cancerígenas, danos no sistema nervoso, sistema sanguíneo e rins (Gonçalves, 2007). Definir o destino correto desses resíduos, e gerenciá-los, é o principal objetivo da Logística Reversa (LR).

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2015), a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) surgiu como uma solução concreta para esse quadro. A PNRS prevê a prevenção e a redução na geração de resíduos, tendo como proposta a prática de hábitos de consumo sustentável e um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos (aquilo que tem valor econômico e pode ser reciclado ou reaproveitado) e a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos (aquilo que não pode ser reciclado ou reutilizado).

A PNRS foi sem dúvida um marco para a LR no Brasil. Esta não se restringe ao que ali vem determinado, mas sua discussão pública, seu desenvolvimento técnico e sua implementação nas organizações foram, sem dúvida, fortemente acelerados.

A PNRS responde à crescente conscientização e preocupação da sociedade com as questões ambientais. O gerenciamento de resíduos sólidos é um esforço maior na saga da sustentabilidade, pois seus impactos ambientais e sociais já fazem parte do cotidiano da sociedade. Em consequência disso, a população brasileira não demorou em buscar soluções para confrontar tais problemas. A geração de energia a partir do “lixo” é tema frequente nos noticiários, nas escolas e nas campanhas. É nesse contexto que a aceitação da LR pela sociedade fica mais evidente, cenário que não deixa de gerar oportunidades por parte das empresas modernas de usar tal atividade como solução para agregar valor perceptível aos seus clientes e consumidores finais.

Entende-se a LR como a área da logística empresarial que planeja, opera e controla o fluxo, e as informações logísticas correspondentes, de retorno dos bens de pós-venda e pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, por meio dos canais de distribuição reversos, agregando-lhes valor de diversas naturezas: econômico, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, entre outros (Leite, 2003).

Assim, este artigo teve como objetivo, a partir da revisão na literatura referente à LR, PNRS e REEE apresentar atores, atribuições e processos associados, propondo, desta forma, uma estrutura geral para a cadeia de suprimentos reversa de pós-consumo associada aos REEE.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1. Logística Reversa

Segundo Daher *et al.* (2006), a Logística pode ser definida como processos de planejamento, implementação e controle do fluxo e armazenagem eficientes e de baixo custo de matérias primas, estoques em processo, produtos acabados e informações relacionadas, desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o objetivo de atender aos requisitos do cliente. Na logística reversa (LR), o sistema logístico tradicional é invertido, ou seja, o processo se inicia a partir do ponto de consumo podendo ir até o ponto de origem, tendo como objetivo recuperar o valor ou definir o descarte apropriado para a coleta e tratamento de lixo (Daher *et al.*, 2006).

Leite e Brito (2005) descrevem a LR, como sendo a área da logística empresarial que visa a equacionar os aspectos logísticos do retorno dos bens ao ciclo produtivo ou de negócios, por meio de uma multiplicidade de canais de distribuição reversos de pós-venda e de pós-consumo, agregando-lhes valor econômico, ecológico, legal e de localização.

Esse fluxo logístico reverso é comum para uma boa parte das empresas. Por exemplo, fabricantes de bebidas têm que gerenciar todo o retorno de embalagens dos pontos de venda até seus centros de produção. As siderúrgicas usam como insumo de produção, em grande parte, a sucata gerada por seus clientes e, para isso, utilizam centros coletores de carga. A indústria de latas de alumínio é notável em seu grande aproveitamento de matéria-prima reciclada, tendo desenvolvido meios inovadores para a coleta de latas descartadas (Lacerda, 2014).

Alguns fatores estimulam a implantação da LR nas empresas brasileiras. São eles: sensibilidade ecológica, questões ambientais, concorrência e redução de custos. (Lacerda, 2014; Rodrigues *et al.* 2002).

Existe uma clara tendência de que a legislação ambiental caminhe no sentido de tornar as empresas, cada vez mais, responsáveis por todo ciclo de vida de seus produtos. Isso significa ser legalmente responsável pelo seu destino após a entrega aos clientes e pelo seu impacto ao meio ambiente, no caso de descarte inadequado. Essa responsabilidade se intensifica ainda mais pelo fato de que o conceito de Desenvolvimento Sustentável está sendo muito difundido atualmente, baseado na ideia de utilizar recursos naturais sem destruir o futuro da próxima geração. Com essas informações, progressivamente mais comuns na mídia, a população vem se preocupando cada vez mais com diversos aspectos do equilíbrio ecológico (Rodrigues *et al.* 2002).

Os custos de implantação da LR podem representar até 70% do valor de mercado para alguns produtos, o que, muitas vezes, se torna um obstáculo quanto à obtenção de um retorno

financeiro minimamente viável para o cenário atual. Entretanto, as empresas que praticam ações de LR a fazem por considerar ser um diferencial competitivo de mercado o fato de a empresa dispor de práticas sustentáveis (Aadrade, 2014). Os varejistas acreditam que os clientes valorizam empresas que apresentam uma imagem ecologicamente correta, por meio de políticas mais liberais e eficientes de retorno de produtos ou de seus resíduos e rejeitos. Essa é uma tendência que se reforça pela existência de legislação de defesa dos consumidores, garantindo-lhes o direito de devolução ou troca (Lacerda, 2014).

A prática da LR pode trazer benefícios econômicos à empresa no sentido de uso de embalagens retornáveis e reaproveitamento de materiais para a produção, o que pode impactar positivamente nos custos. Rodrigues *et al.* (2002) citam o exemplo das latas de alumínio: para reciclar 1 (uma) tonelada de latas gasta-se apenas 5% de energia necessária para produzir a mesma quantidade a partir de alumínio virgem (primo).

Segundo Liva *et al.* (2003) e Carvalho (2011), existem três tipos de LR: A LR de pós-venda, a LR de pós-consumo e a LR de embalagens. A LR de pós-venda ocupa-se da operacionalização do fluxo físico e das informações logísticas correspondentes de bens de pós-venda, sem uso ou com pouco uso que, por diferentes motivos, retornam aos diferentes elos da cadeia direta. Seu objetivo estratégico é agregar valor a um produto que é devolvido por razões comerciais ou legais (legislação ambiental), garantia fornecida pelo fabricante, erros nos processamentos de pedidos, defeitos ou falhas de funcionamento no produto, avarias no transporte, entre outros motivos.

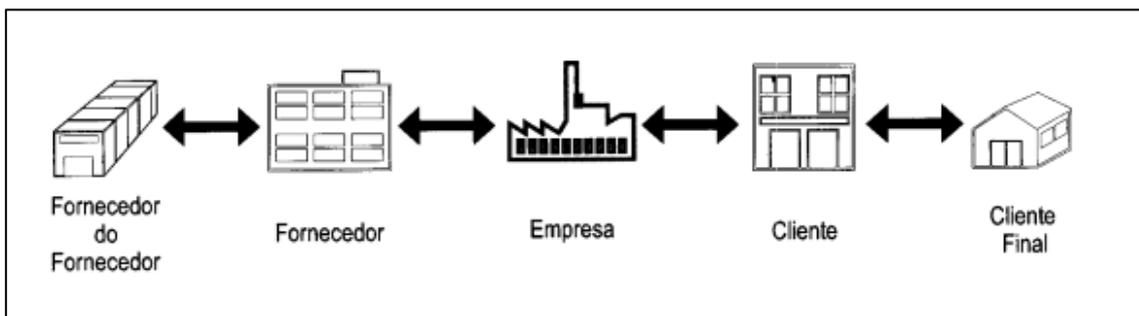
Com a LR de pós-consumo operacionaliza-se o fluxo físico e as informações correspondentes de bens já consumidos e descartados pela sociedade, em fim de vida útil ou usados com possibilidade de utilização e resíduos industriais, que podem retornar ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo pelos canais de distribuição reversos específicos. Seu objetivo estratégico é agregar valor a um produto logístico constituído por bens inservíveis ao proprietário original, ou que ainda possuam condições de utilização, por produtos descartados por terem atingido o fim de vida útil e por resíduos industriais. Estes produtos, resíduos de pós-consumo, se originam de bens duráveis ou descartáveis e fluem por canais reversos de reuso, desmanche e reciclagem até a destinação final ambientalmente adequada. No Brasil, a LR de pós-consumo se fortaleceu com a chegada da Lei Federal 12.305/2010 que formaliza a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), sancionada em agosto de 2010 e regulamentada pelo Decreto Federal 7.404/2010.

A LR de embalagens deriva da tendência de se utilizar embalagens retornáveis, reutilizáveis ou de múltiplas viagens, como refis, cartuchos de impressoras, *pallets* e garrafas, entre outros. Com a distribuição a mercados cada vez mais afastados, verifica-se um incremento com gastos de embalagem, o que repercute nos custos finais dos produtos – dependendo do tipo de produto e das formas de distribuição, têm-se a embalagem primária, secundária, terciária, quaternária e a de

quinto nível que é a unidade containerizada ou embalagens especiais, para envios à longa distância. Isso, muitas vezes, torna-se inadequado, tendo em vista que o total de resíduos vem aumentando a cada ano, causando impactos negativos ao meio ambiente.

## 2.2. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos Reversa (RSCM)

Na definição de Ballou (2001), a cadeia de suprimentos abrange todas as atividades relacionadas com o fluxo e transformação de mercadorias, desde o estágio da matéria-prima até o usuário final, bem como os respectivos fluxos de informações (Figura 1).



**Figura 1** - Representação da cadeia de suprimentos.

Fonte: BALLOU, Ronald H. Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial. 4ª ed. Porto Alegre: Bookmann, 2001.

Chopra e Meindl (2003) afirmam que a cadeia de suprimentos engloba todos os estágios envolvidos, direta ou indiretamente, no atendimento a um pedido de cliente. Estes estágios incluem clientes, varejistas, atacadistas/distribuidores, fabricantes e fornecedores.

O Gerenciamento de Cadeia de Suprimentos (SCM - *Supply Chain Management*) aborda a integração das atividades e estágios supracitados, mediante relacionamentos aperfeiçoados da cadeia de suprimentos (Ballou, 2001). De modo geral, o SCM é responsável por integrar, eficientemente, todos os elos da cadeia (fornecedores, fabricantes, depósitos e pontos comerciais), de modo que a mercadoria seja produzida e distribuída nas quantidades, pontos e nos prazos corretos, com o objetivo de minimizar os custos totais do sistema, sem deixar de atender às exigências em termos de nível de espaço (Ballou, 2001). Para que as necessidades de integração entre os elos ou atores das cadeias de suprimentos sejam satisfeitas, uma das necessidades básicas é a potencialização dos relacionamentos e uniões entre as partes da cadeia, de forma a atender ao consumidor final, com maior eficiência, tanto pela redução dos custos quanto pela adição de mais valor aos produtos finais (Pires, 1998).

Carvalho (2011) afirma que o SCM atua nos fluxos de materiais, de recursos financeiros, de serviços e de informação; nas redes de relacionamento (internos e externos à cadeia), gerando benefícios como: criação de valor, ganho de eficiência e satisfação do cliente. Quanto a seus

membros, estes dizem respeito a fornecedores, unidades produtivas, distribuidores e clientes; e suas funções correspondem a compras, transportes, controle de inventário, produção e distribuição.

Sob o contexto de formação de canais reversos, as organizações empresariais têm sido, cada vez mais, cobradas pela sociedade para atuar por meio de modelos alinhados às propostas do desenvolvimento sustentável. O setor empresarial passa a ter grande responsabilidade em balancear os impactos dos modelos de produção e consumo da sociedade global, com a capacidade do nosso planeta no provimento de recursos (naturais, renováveis e não-renováveis), bem como com a assimilação de resíduos e poluição, gerados nesse cenário, sem deixar de lado os impactos sociais positivos que podem advir das atividades produtivas, como geração de empregos e renda, e de oportunidades de inclusão social. Tal movimento tem ocorrido, predominantemente, nos relacionamentos empresas-fornecedores, num cenário de crescente operação das organizações, por meio de cadeias produtivas cujos elos espalham-se por diferentes países e continentes (Carvalho, 2011). Assim, a atuação dessas empresas passa a ser muito mais voltada a um desempenho conjunto da cadeia de suprimentos como um todo, e não focada em operações empresariais isoladas, o que aumenta a necessidade de melhor relacionamento e maior integração entre os elos da cadeia.

Nesse contexto, se encaixa o Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos Verde (*Green Supply Chain Management - GSCM*) que, de forma genérica, é definida como a integração de preocupações ambientais nas práticas interorganizacionais do SCM, incluindo logística reversa (Carvalho, 2011). O caminho rumo à cadeia verde passa pela redução da utilização de recursos naturais e geração de resíduos, bem como pela defasagem da ideia de vida única dos produtos, substituída pela ideia de sua posterior reutilização e disposição adequada. O primeiro passo para tal reorientação é ampliar a estrutura cadeia de suprimento para um ciclo fechado, incluindo operações voltadas para a recuperação, coleta e reuso de produtos em fim de vida e embalagens. Assim, da soma da cadeia convencional, direta, com a cadeia reversa, chega-se à cadeia de suprimento de ciclo fechado (*closed-loop supply chain, CLSC*), na qual a entrega do produto ao consumidor deixa de ser a etapa final a ser gerenciada (Figura 2).



**Figura 2 - Cadeia de Suprimento de Ciclo Fechado (CLSC).**

Fonte: GEORGES, M.R.R.; LHAMA, G.; AMORIM, R.M.; GONÇALVES, D.A. A Coleta e Seleção de Recicláveis como uma Cadeia de Suprimentos Reversa: o Caso do CRCA. Anais do VI ENEDS – Encontro Nacional de Engenharia para o Desenvolvimento Sustentável. Campinas, 2009.

A complexidade e/ou a percepção de que não há, ao menos no curto prazo, um cenário de escassez de insumos da atividade produtiva, são justificativas para que muitas empresas ainda não gerenciem a cadeia reversa e não a percebam como um processo de negócios lucrativo para a organização e benéfico ao meio ambiente. Para tais empresas, a cadeia reversa não passa de uma série de atividades independentes, não geradoras de valor, cuja necessidade de integração é baixa (Carvalho, 2011). Ainda assim, o interesse por esses modelos cresce em países como EUA, em razão do potencial de incremento em rentabilidade dos negócios em produtos como telefones celulares e cartuchos de tinta (Carvalho, 2011).

A cadeia de suprimentos reversa (RSC – *Reverse Supply Chain*), além de ser definida em oposição à cadeia de suprimentos direta, deriva diretamente do conceito de logística reversa. Segundo Picelli e Georges (2008), a RSC é uma rede de organizações conectadas e interdependentes, que trabalham em um regime de cooperação mútua, a fim de controlar, gerenciar e aperfeiçoar os fluxos reversos de bens descartados, embalagens, bens com defeito, resíduos, rejeitos e informações dos clientes finais para os produtores de origem.

Sob o ponto de vista empresarial, a realização e o controle da RSC requerem grandes investimentos e trazem algumas vantagens para as companhias. Em primeiro lugar, as operações das RSC oferecem às companhias a possibilidade de redução de custos, devido aos preços mais baixos de matérias-primas e peças de reposição, e também a possibilidades de mais receitas, pela revenda de materiais e bens, após terem sido descartados. Além disso, as companhias obtêm uma imagem de caráter “verde” valiosa ao consumidor final, garantindo possibilidade de fidelidade do cliente e, conseqüentemente, vantagem competitiva em cima das concorrentes que não apresentam preocupação em analisar o ciclo reverso de seus produtos. (Wei, 2011). É esta abordagem empresarial, que busca vantagens competitivas baseadas na integração e gestão de relacionamentos nas cadeias de suprimentos reversas, que constitui o Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos Reversa ou *Reverse Supply Chain Management* – RSCM.

Várias empresas já possuem sistemas de RSCM próprios que contemplam um quadro de coleta seletiva e tratamento adequado dos materiais coletados. A título de exemplo, convém citar a *International Business Machines* (IBM). Além de ter esse sistema implantado, a IBM possui, em seu endereço eletrônico, uma biblioteca técnica que contém vários artigos sobre a reciclagem do e-lixo. A importância de se manter dentro da lei e garantir uma boa imagem perante o consumidor final gerou a gênese de um novo ramo no terceiro setor que atende especificamente às necessidades de orientação da cadeia reversa. Esta nova vertente abriu caminho para que algumas empresas

surgissem no mercado, tais como a Stone Contain, Browning Ferris e American Can (Castro *et al.*, 2008).

### 2.3. Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos e os Impactos ao Meio Ambiente

Equipamentos eletroeletrônicos são todos os bens cujo funcionamento depende do uso de corrente elétrica ou de campos eletromagnéticos (ABDI, 2013), como computadores, televisores, celulares, refrigeradores, baterias, pilhas, entre outros. Quando esses equipamentos entram em desuso ou chegam ao fim de sua vida útil, passam a ser considerados resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE).

Há grandes possibilidades de que os componentes tóxicos, contidos nos REEE, contaminem o meio ambiente. Geralmente, quando um equipamento eletroeletrônico chega ao fim de sua vida útil, seja na mão do cliente ou da fábrica, ele é descartado para os aterros sanitários, por muitas das vezes não controlados. Os componentes dos REEE penetram no solo e nos lençóis freáticos. A consequência disso é o risco de prejuízo à saúde da população que consome os alimentos e utiliza a água oriundos destes solos e lençóis freáticos contaminados, podendo até ser letal ao organismo do homem (Rezende *et al.*, 2011; Tavares *et al.*, 2009).

Estudos mostram que, para se produzir um computador novo e seu monitor, são necessárias cerca de duas toneladas de insumos (combustível, matéria-prima e, principalmente, água). Um chip eletrônico exige 72g de substâncias químicas e 32 litros de água para ser produzido. Por isso, o primeiro grande impacto do REEE não é o seu descarte, mas sim a extração dos insumos necessários à sua fabricação, reduzindo seu consumo direto do sistema natural (Oliveira *et al.*, 2010).

A composição química dos REEE é extensa, dados de caracterização química mostram que até cerca de 60 elementos da tabela periódica se acham presentes nos computadores atuais (Oliveira *et al.*, 2010). Destes elementos, existem alguns metais pesados prejudiciais ao ser humano, podendo causar danos ao sistema nervoso, efeitos teratogênicos (deformação fetal) ou carcinogênicos (câncer). Esses metais são: chumbo (o mais tóxico dos elementos), níquel, mercúrio, cromo, cádmio, prata (10g na forma de Nitrato de Prata são letais ao homem), entre outros (ABDI, 2013).

Algumas populações estão mais expostas ao risco, principalmente aquelas que (1) não possuem coleta domiciliar e acabam se desfazendo dos resíduos nas cercanias de suas habitações, tornando o ambiente propício ao desenvolvimento de vetores transmissores de doenças, entre outros fatores degradantes; e (2) se localizam próximas aos aterros sanitários não controlados (Silva *et al.*, 2007).

Apesar disso, não se pode ignorar que o mundo está passando por um processo de globalização. Com os avanços tecnológicos, houve um crescimento da produção dos eletroeletrônicos. Computadores e celulares passam a ser substituídos com mais frequência, causando obsolescência dos eletroeletrônicos em tempos cada vez menores e, conseqüentemente, o descarte mais frequente desses produtos (Tavares *et al.*, 2009). Essa obsolescência programada pode ser considerada uma estratégia de mercado, pois visa a garantir um consumo constante através da insatisfação, de forma que os produtos que satisfazem às necessidades daqueles que os compram, parem de funcionar, tendo que ser substituídos, de tempos em tempos, por equipamentos mais modernos (Selps *et al.*, 2012). Uma pesquisa feita pelo IDEC (Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor) aponta que, dos eletroeletrônicos, o computador e o celular são os aparelhos que mais apresentam problemas de funcionamento. A mesma pesquisa também destaca que o celular é o eletroeletrônico de menor vida útil entre todos, possuindo um ciclo de vida de, em média, 3 a 5 anos (IDEC, 2013). Combinando o tempo de posse com o número de problemas relatados neste período, o resultado é que, em média, a cada cinco anos, 51,6% de todos os computadores e 42,3% de todos os celulares do país apresentarão algum defeito (IDEC, 2013).

O aumento dos REEE, no Brasil e no mundo, tem desafiado a sociedade pelos impactos gerados, tornando a LR extremamente essencial, no contexto do desenvolvimento sustentável, ao mercado de eletroeletrônicos, que prega a necessidade de se encontrar meios alternativos para alcançar o desenvolvimento econômico, preservando as condições ambientais adequadas às novas gerações.

### 3. MÉTODO DE PESQUISA

Esta pesquisa foi caracterizada como de natureza aplicada e de abordagem qualitativa, pois segundo Silva e Menezes (2005), a interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados desta pesquisa são básicas no processo de pesquisa qualitativa, não requerendo o uso de métodos e técnicas estatísticas. Em relação aos procedimentos técnicos, este trabalho é caracterizado por Pesquisa Bibliográfica, haja vista que a pesquisa foi elaborada a partir de material já publicado, constituído principalmente de livros, artigos, dissertações de mestrado e teses de doutorado.

De início, esta pesquisa considerou os conceitos básicos de logística reversa, adotando os benefícios de sua aplicação e as possíveis conseqüências à sociedade, caso esse assunto seja negligenciado pela mesma. Assim, o Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos Reversa (RSCM) também constitui-se um tópico imprescindível para que o artigo tivesse o embasamento teórico capaz de sustentar os resultados discutidos. Com base na revisão desse material, foi proposto um

modelo de cadeia de suprimentos reversa e o mapa de processos, considerando os elos diretamente envolvidos nas operações reversas de REEE.

Para o levantamento e tratamento dos dados foi utilizada a técnica de pesquisa bibliográfica, evidenciando o panorama da temática apresentada no referencial teórico, trabalhando conceitos de Logística Reversa, Gerenciamento da cadeia de suprimento reversa e resíduos de equipamentos eletroeletrônicos e impactos ao meio ambiente. O levantamento foi feito em anais de congressos nacionais (SIMPEP e ENEGEP) da área de Engenharia de Produção, no Google Acadêmico, periódicos Capes e em livros do acervo da biblioteca da Universidade do Estado do Pará.

Realizou-se a interpretação após a coleta de dados, desenvolve-se por meio de técnicas refinadas, e desta forma, esta metodologia vem se mostrando como uma das técnicas mais utilizada no Brasil, especialmente em pesquisas de revisão bibliográfica de caráter qualitativo.

#### **4. A CADEIA REVERSA DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS**

Os principais atores da LR são: os elos da cadeia de suprimentos direta, os especializados em cadeias reversas e as instituições governamentais. Os atores especializados na cadeia reversa são: coletores, especialistas em reciclagem, fundações ou organizações voltadas para o tema, cooperativas, entre outros (Leite *et al.*, 2009). Leite *et al.* (2009) acrescentam que na cadeia reversa dos REEE, em geral, é possível identificar como atores: os fornecedores, coletores e processadores. Dessa forma, neste trabalho, foram considerados elos atuantes na cadeia reversa de REEE: fornecedores, coletores, processadores, e instituições governamentais.

Uma empresa pode atuar em um ou mais elos da cadeia reversa de REEE. Por exemplo, uma empresa pode ser, ao mesmo tempo, responsável por realizar a coleta do material descartado e por realizar o processo de reciclagem deste. O material coletado pode ser encaminhado para manutenção e posterior reutilização, processo caracterizado como logística reversa de pós-venda; para descarte, ou para reciclagem, no caso de bens sem conserto e provenientes da logística reversa de pós-consumo (Lavez *et al.*, 2011; Leite *et al.*, 2009). Além disso, o processo de reciclagem pode ser feito por outras empresas, o que ramifica a cadeia reversa, gerando interdependência e, cada vez mais, necessidade de gestão do fluxo de informação entre os elos da cadeia. Lavez *et al.* (2011) destaca que uma empresa focada única e exclusivamente no processo de reciclagem de eletroeletrônicos se beneficia indiretamente das diretrizes mundiais que responsabilizam os fabricantes pelo retorno dos produtos, uma vez que, agora que os fabricantes precisam se preocupar em dar um destino correto aos materiais, passam a atuar também como fornecedores da cadeia e acabam por recorrer às empresas recicladoras, aumentando o mercado destas. A seguir, os elos

atuantes na cadeia reversa de eletroeletrônicos, considerados neste artigo, serão melhor caracterizados.

#### 4.1. Fornecedores ou Geradores

As fontes de geração de REEE são numerosas, diversas, dispersas e pouco específicas. Essas características, muitas vezes, dificultam a identificação destas fontes, que podem estar presentes ao longo de todo o ciclo de vida do produto. Contudo, identificá-las é fundamental para um efetivo gerenciamento dos resíduos, principalmente com o advento da PNRS e da Responsabilidade Compartilhada dos atores envolvidos em cada uma das etapas do ciclo de vida.

Além disso, mesmo após a identificação, existem dificuldades logísticas envolvidas no recolhimento e concentração desses resíduos (com conseqüente diminuição da entropia), devidas aos fatores citados anteriormente e ao grande número e dispersão dos agentes envolvidos. Esses resíduos que, sob a ótica da LR, se tornam insumos, podem estar junto aos consumidores, distribuidores, comerciantes, ou em seus próprios processos de dispersão, o que explica o alto grau de desorganização e a necessidade de tratamento particular para etapa de identificação destas fontes.

De acordo com Valle e Souza (2014), é possível desenhar dois cenários em relação às fontes geradoras. O primeiro é o dos produtos que possuem baixa dispersão, o que facilita a identificação das fontes geradoras. Este cenário pode ser considerado comum para as empresas que, através de controle sobre a logística direta, conseguem rastrear os seus clientes e, conseqüentemente, os resíduos gerados por estes. O segundo abrange os produtos com alta dispersão, aqueles que, em geral, estão nas mãos dos consumidores finais, representando o principal desafio para a LR, pois os resíduos possuem muitas fontes e estas, normalmente, são de difícil identificação (como saber quais clientes compraram o produto?).

É importante determinar o quanto a empresa está inserida em cada cenário, para definir o perfil das fontes geradoras e as estratégias que serão utilizadas para o recolhimento do material (embora muitas empresas precisem lidar com ambos) (Valle, Souza, 2014).

No estudo feito por Lavez *et al.* (2011), observou-se que as quantidades originadas nos fabricantes são, muitas vezes, maiores que as originadas em assistências técnicas. Isso se deve, principalmente, ao fato dos produtores se mostrarem, cada vez mais, preocupados com a destinação dos seus eletroeletrônicos, para que os equipamentos e seus componentes não voltem ao mercado paralelo. O estudo constatou, também, que o retorno de computadores, provenientes dos consumidores individuais, é muito pequeno e acontece devido a dificuldades logísticas de coleta e consolidação. Isso acontece, também, devido à falta de informação e conscientização, pois muitos

consumidores não sabem como proceder frente à necessidade de descarte de um REEE (Selpis *et al.*, 2012).

#### 4.1.1. Coletores

Neste elo, as empresas são responsáveis por coletar os REEE; separá-los, segundo características e destinos adequados, como uma espécie de separação seletiva; realizar procedimentos para atender às normas ou necessidades do mercado; e encaminhar o material às indústrias responsáveis pela reciclagem desses materiais, podendo estes até serem exportados. Estas características foram observadas a partir de estudos de caso, realizados por Lavez *et. al* (2011), especificamente, no ramo de computadores como REEE. Ressalta-se que uma empresa pode realizar uma ou algumas dessas funções, podendo haver necessidade de se terceirizar alguma etapa, aumentando ainda mais a rede de ramificações da cadeia reversa de REEE.

De acordo com Leite (2003), existem três tipos principais de coletas de pós-consumo: Coleta domiciliar do lixo, Coleta seletiva domiciliar e Coleta informal. Na Coleta domiciliar do lixo, os índices crescentes de descarte e geração de resíduos domiciliares, comerciais e industriais forçam os agentes públicos e a sociedade civil em geral, a adotarem medidas efetivas ao descarte, coleta, seleção e tratamento, destinação e disposição segura de bens de pós-consumo. Nesta coleta, como não há seleção e separação prévia por categorias de resíduos, as chances de reaproveitamento são muito remotas, já que, com a deposição de vários tipos de resíduos e rejeitos nos mesmos locais ou recipientes, há a conseqüente contaminação de uns aos outros, tornando os processos de revalorização muito caros e inviáveis economicamente. Desta forma, neste tipo, o volume de resíduos sólidos descartados tende ao máximo, reduzindo o tempo para a saturação dos locais de disposição final (lixões e aterros controlados).

A Coleta seletiva domiciliar é o tipo que contém prévia seleção do material descartado ou é realizada para um específico material descartado. Genericamente, compreende domicílios e empreendimentos comerciais onde são selecionados os produtos descartáveis não orgânicos. Tal atividade proporciona o aproveitamento econômico de materiais recicláveis, bem como contribui para qualidade e diminuição do volume de resíduos sólidos descartados (PEREIRA, 2012).

A Coleta informal constitui-se na coleta manual de bens de pós-consumo em pequenas quantidades, com o melhor valor de revenda, em geral, voltada para reuso ou reciclagem. Esta é feita por catadores, carroceiros e garrafeiros que, além da coleta, selecionam, separam, comprimem e comercializam o material que, muitas vezes, se encontra misturado ao lixo *in natura*. O material coletado é vendido a sucateiros, os quais o revendem para as indústrias de pré-beneficiamento, seguindo depois para as grandes indústrias de reciclagem (Santos *et al.*, 2011). Esse tipo de coleta é realizado em grandes escalas nas principais cidades do mundo, principalmente no Brasil. Este tipo

de coleta, se também realizada como seletiva, possibilita, em alguns municípios brasileiros, a organização de associações de catadores, patrocinados pelas prefeituras locais, que contribuem para geração de valor social e econômico para determinados grupos de recicladores (Pereira *et al.*, 2012).

Seja qual for a forma de coleta, os coletores contribuem apenas com a mão de obra e os insumos coletados, não exercendo qualquer governança sobre decisões técnicas (decisões acerca de novas tecnologias e produtos e da concepção produtiva) envolvidas na cadeia reversa, já que tais insumos, por sua vez, serão reprocessados em grandes empresas recicladoras, estas sim detentoras do controle sobre tais decisões. Por outro lado, a atividade realizada por esses trabalhadores nos processos de manejo dos resíduos sólidos urbanos é de grande importância na: colaboração ao processo de limpeza pública; diminuição do volume dos resíduos nas cidades; ampliação da vida dos produtos e dos materiais; redução dos custos de operação em aterros sanitários; reintrodução dos materiais nas cadeias produtivas; e na redução de consumo de matérias-primas do sistema natural, além de promover a inclusão social e a geração de renda para uma importante parcela, ainda informal, da sociedade, os catadores (Santos; Gonçalves-Dias, 2011; Melo *et al.*, 2014).

#### 4.1.2. Processadores

O elo seguinte da cadeia de suprimentos reversa constitui os processadores, caracterizados por funções de: reuso, reciclagem, desmanche e remanufatura. (Leite, 2003; Valle e Souza, 2014). Tais funções são definidas em detalhes, a seguir.

#### 4.1.3. Reuso

Segundo BRASIL (2010), reuso ou reutilização de REEE consiste no aproveitamento de resíduos sem transformação biológica, física ou físico-química, observadas condições e padrões estabelecidos por órgãos competentes do Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama) e, se couber, do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS) e do Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária (Suasa).

#### 4.1.4. Desmanche

O processo de desmanche consiste na desmontagem dos equipamentos, na qual seus componentes de uso ou de remanufatura são separados de partes ou materiais para os quais não existem condições de revalorização. Sendo que essas partes serão utilizadas para o mesmo uso original (Leite, 2003). Diversos materiais podem ser obtidos através da desmontagem de bens de pós-consumo.

#### 4.1.5. Remanufatura

O processo de remanufatura ocorre quando os componentes, provenientes do processo de desmanche industrial ou da substituição de peças durante a manutenção de bens duráveis, passam

por técnicas avançadas de engenharia de produção que promovem a sua reparação ou renovação, de modo que a qualidade dos produtos remanufaturados seja, pelo menos, igual à dos produtos novos. Assim, a remanufatura procura devolver o produto às suas especificações originais, a fim de viabilizar seu reenvio ao mercado secundário ou à própria indústria (Valle e Souza, 2014).

Esta etapa aplica-se aos casos em que a recuperação dos produtos usados, ou de seus componentes, é economicamente mais atrativa que a eliminação. A remanufatura de componentes de alto valor não é muito usual se não houver mercado para componentes recuperados e/ou remanufaturados. Os fabricantes têm que identificar e chegar a uma classe de clientes dispostos a comprar e operar máquinas com tecnologia não tão recente. O projeto dos produtos desempenha um papel importante, já que pode torná-los mais fáceis de desmontar/desmanchar. Isso reduz o tempo de desmontagem e aumenta a viabilidade do processo de remanufatura (Valle, Souza, 2014).

#### 4.1.6. Indústria de Reciclagem

A indústria de reciclagem tem como objetivo aplicar tecnologia para transformar os resíduos, separados e encaminhados pelas coletoras, em novos produtos e, em seguida, inseri-los, novamente, na cadeia de suprimentos direta. Consiste no reaproveitamento de resíduos industriais, embalagens retornáveis e de materiais constituintes de bens em final de sua vida útil, para a fabricação de novos produtos, seja por seu produtor original ou por outras indústrias. Após passar pela etapa de preparação, onde o material a ser reciclado é separado dos demais elementos através de processos mecânicos, magnéticos, ópticos ou químicos, os resíduos são encaminhados ao processo de reciclagem industrial propriamente dito (Valle, Souza, 2014).

De acordo com Natume e Sant'Anna (2011), existem 29 recicladoras de resíduos eletroeletrônicos no Brasil: 1 (uma) no Rio Grande do Sul, 2 (duas) no Paraná, 4 (quatro) em Santa Catarina e as demais (22) em São Paulo. Segundo Selpis *et al.* (2012), as empresas que mais favorecem à reciclagem de REEE são TCG Recycling Brasil – Technology Conservation Group (Americana - SP), Suzaquim Indústrias Químicas LTDA (Suzano - SP) e Cimélia Reciclagem (Campinas – SP).

Para empresas que atuam como recicladoras, que consideram o lucro um aspecto fundamental, há uma preocupação e foco maior nos preços de compra e nas condições físicas do material eletrônico. Já os fabricantes concentram-se na obediência às normas internacionais e na facilidade de reaproveitamento, de forma sustentável. Os custos logísticos, como de estoques e transportes, não podem ser esquecidos, pois, dependendo da sua escala e da necessidade de utilização, podem influenciar, significativamente, os processos e a rentabilidade das operações nas cadeias reversas (Leite *et al.*, 2009).

#### 4.1.7. Destinação Final

Os REEE são mais complexos que o lixo comum, isso faz com que os processos de coleta e reciclagem, em muitos casos, sejam ineficientes, causando a destinação inadequada dos resíduos em aterros controlados e lixões. Este fato influi na contaminação do meio ambiente e do próprio ser humano, devido à alta concentração de metais pesados, presentes na composição desses resíduos (Aandrade-Lima, 2012).

Dada importância e responsabilidade que as empresas têm de promover um descarte adequado aos seus REEE, faz-se necessário dispor de destinações ambientalmente corretas e economicamente sustentáveis. Segundo BRASIL (2010), a destinação final ambientalmente adequada inclui a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sisnama, do SNVS e do Suasa, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, e a minimizar os impactos ambientais adversos.

## 4.2. Instituições Governamentais

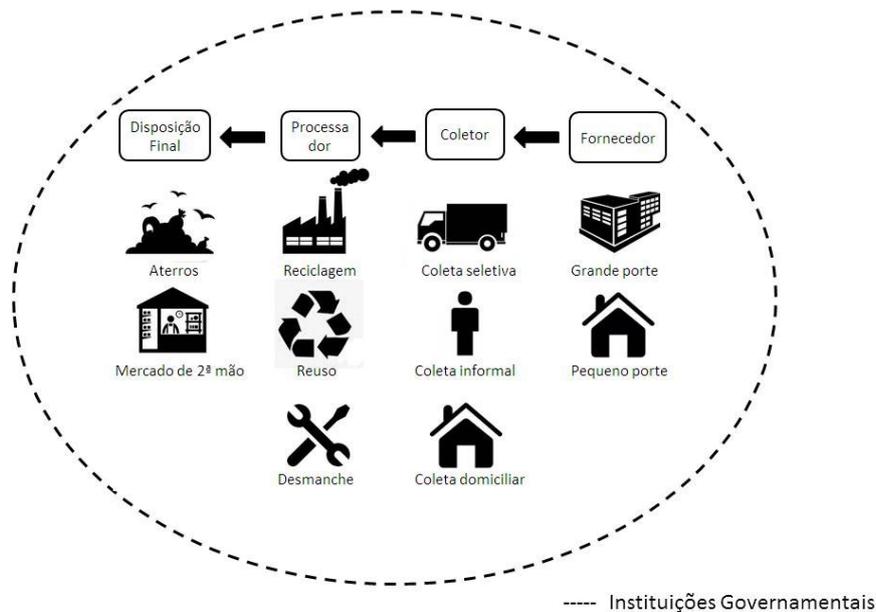
As instituições governamentais atuam na cadeia de suprimentos reversa, criando leis e normas responsáveis por adequar e regular o manuseio e o descarte de materiais nocivos ao meio ambiente. Com a crescente obsolescência de produtos eletroeletrônicos, cresce a necessidade de se criar canais reversos, relacionados a esses produtos, que sejam adequados às normas ambientais. Nesse contexto, aumenta cada vez mais a atuação de Instituições Governamentais, no que diz respeito à criação de diretrizes ambientais, por meio de leis e normas, as quais devem ser seguidas pelas empresas atuantes nas cadeias reversas, influenciando as operações e a gestão dos processos que as compõem (Selpis *et al.*, 2012; Carvalho, 2011).

No Brasil, uma das principais regulamentações, nesse sentido, é a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº 12.305 promulgada em 02 de agosto de 2010. Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2014), esta Lei se relaciona com a redução da geração de resíduos, propondo a prática de hábitos de consumo sustentáveis e um conjunto de instrumentos que influenciem ao aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos (bens que podem ser reciclados ou reaproveitados) e à destinação ambientalmente adequada dos rejeitos. Esta Lei, se realmente colocada em prática, levará o Brasil a um patamar de igualdade com os principais países desenvolvidos.

Outro órgão atuante no Brasil, que também se relaciona com operações sustentáveis de REEE, é o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Desde 1998, antes da criação da PNRS, o CONAMA vem atuando na elaboração de resoluções que orientam o manuseio de resíduos

em diversos setores, como os de fabricantes de pilhas e baterias (VIASEG, 2004). A resolução CONAMA nº 401/2008, que está em vigor atualmente, estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado (BRASIL, 2008).

Na Figura 4 é representada a cadeia de suprimentos reversa de bens de pós-consumo, considerando o relacionamento entre os elos (Fornecedor, Coletor e Processador) e a destinação final dos REEE.



**Figura 4** - Fluxograma da Cadeia de Suprimentos Reversa de REEE.

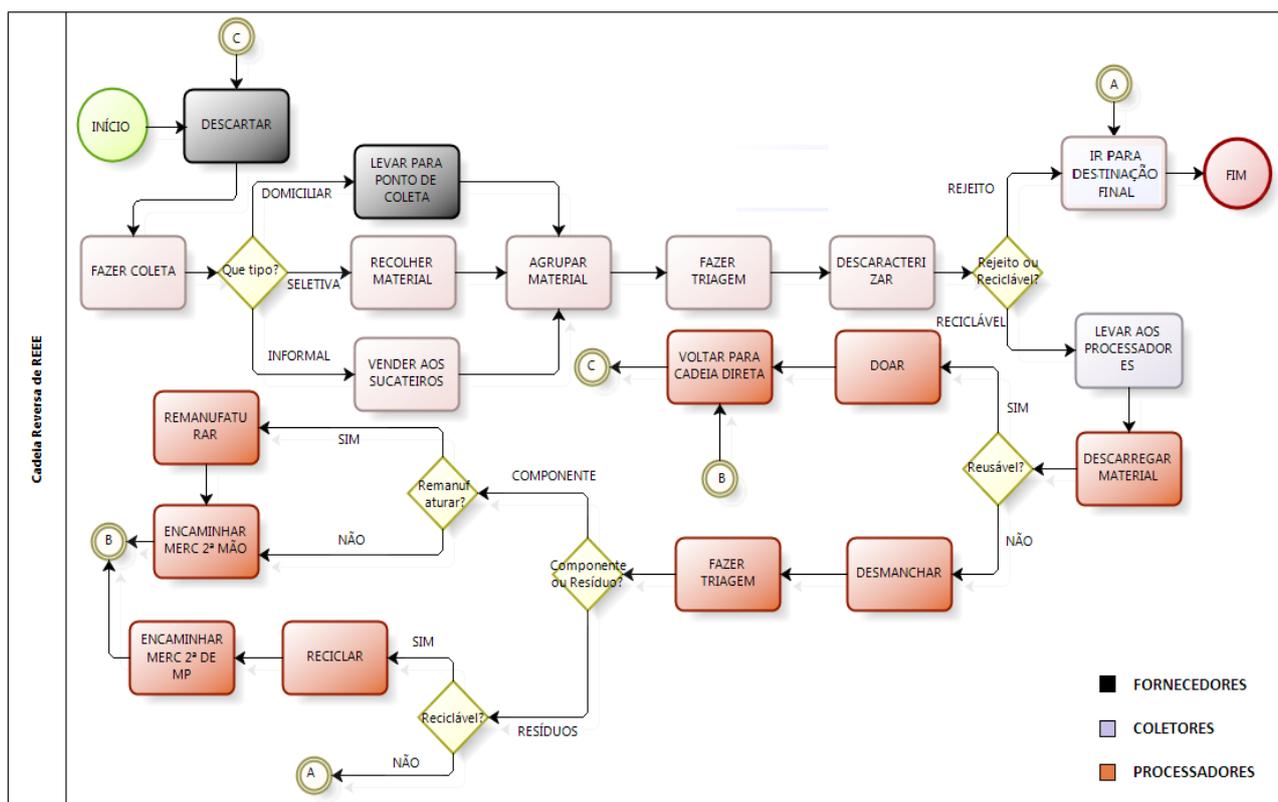
Fonte: Os autores

Vale ressaltar que o elo que participa indiretamente da cadeia de suprimentos reversa de REEE é caracterizado pelas Instituições Governamentais. De acordo com tópico anterior, este elo é responsável por regular as atividades da cadeia por meio de leis e normas, porém as práticas que ocorrem desde o descarte do material até a sua destinação final não são efetivamente realizadas pelos órgãos responsáveis por tal regulação e sim pelos elos que atuam diretamente na cadeia reversa (Fornecedores, Coletores e Processadores).

## 5. MAPEAMENTO DE PROCESSOS REVERSOS ASSOCIADOS AOS REEE

De acordo com o exposto no tópico anterior, foi proposto um fluxograma dos processos da cadeia reversa de REEE, apresentado na Figura 5. Dividiu-se o fluxograma em três grandes elos que serviram como base para a elaboração do mapa de processos proposto: Fornecedores, Coletores e Processadores. Cada elo foi composto pelas várias atividades desenvolvidas segundo suas funções de agregação de valor, com a finalidade de propor um mapa de processo com uma visão mais

panorâmica e, ao mesmo tempo, detalhada das atribuições e responsabilidades de cada elo considerado.



**Figura 5 -** Proposta de Fluxograma de Processos Reversos dos REEE.  
 Fonte: Os Autores.

Após o descarte do material, ou a geração de resíduos por parte dos fornecedores, os coletores irão realizar a coleta. De acordo com Souza (2006), quando a coleta é domiciliar, os geradores de pequeno porte irão transportar esses resíduos para os pontos de coleta, para que as grandes associações de coleta possam recolher esses resíduos. Quando a coleta é seletiva, a empresa especializada recolhe os resíduos no próprio estabelecimento de origem. Segundo Leite (2003), se a coleta for informal, após a coleta, os coletores vendem os resíduos coletados para sucateiros, como já mencionados no texto, e estes vendem para as indústrias da reciclagem. Porém esses resíduos precisam passar por um processo de triagem, para identificar o tipo de material recolhido – eletrodoméstico, informática e telefonia – depois efetuar um processo de descaracterização, no qual irá se verificar se eles apresentam propriedades recicláveis pois, se não apresentarem, devem ser direcionados para uma destinação final adequada, explicada melhor anteriormente. Caso o material seja reciclável, deverá ser direcionado ao transporte para os processadores.

Ainda de acordo com Leite (2003), nos processadores irá ocorrer o descarregamento desses materiais. Caso apresentem condições de reutilização, tais materiais serão inseridos para o mercado de 2ª mão, ou serão destinados para doação, adentrando no canal reverso de reuso até atingir o *status* de bens sem condições de uso. No caso dos materiais que não serem considerados

reutilizáveis, estes são destinados ao processo de desmanche e, após desmontados, seus componentes deverão passar por uma triagem, para verificar se, com ou sem remanufatura, ainda poderão ser reaproveitados como componentes ou se serão considerados resíduos e, por isso, encaminhados para reciclagem. Os componentes reutilizáveis e remanufaturados serão, então, encaminhados para o mercado de 2ª mão, e os que passarem pelo processo de reciclagem, serão encaminhados para o mercado secundário de matérias-primas (MP), para serem comercializados como matérias-primas que podem ser utilizados em objetos e equipamentos semelhantes ou não à sua origem.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo abordou a identificação dos elos envolvidos no processo de revalorização de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE), sob o contexto da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Dentre os objetivos alcançados, foi proposto um fluxograma processos que permitiu a visualização integrada e mais detalhada das principais atividades desenvolvidas pelos elos diretamente envolvidos nas operações reversas, referentes aos REEE, haja vista que os processos possuem certas especificidades e, portanto, complexidades para proposição de melhorias e soluções aos problemas que, por ventura, surgirem. Entender melhor quem são esses elos, e suas funções, em termos de agregação de valor, pode ser de grande ajuda para reduzir a complexidade quanto à destinação mais adequada dos REEE, já que estes, por serem resíduos que, se mal gerenciados, podem causar grandes impactos ambientais, necessitam de maior suporte à decisão quanto à definição dos destinos mais adequados. Por outro lado, se bem gerenciados, tais resíduos podem se converter em ganhos econômicos, ambientais e sociais.

No decorrer da realização deste trabalho, notou-se como limitação a dificuldade de encontrar fontes que abordassem temas relacionados à gestão dos REEE, sobretudo, dentro do contexto de LR e PNRS. Essa visão proposta, apesar de mais detalhada, ainda apresenta grandes desafios que podem se converter em diretrizes para o desenvolvimento de trabalhos futuros, servindo de base teórica, na busca de melhorias como um todo para a Cadeia Reversa dos REEE. Como propostas de pesquisas futuras, sugere-se: a) realizar uma revisão bibliográfica do tema apontando de forma quantitativa as pesquisas realizadas no Brasil e Exterior; b) Aplicar, utilizar e mensurar os resultados com o uso do fluxograma proposto nesta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Logística Reversa de Equipamentos Eletroeletrônicos**: Análise de Viabilidade Técnica e Econômica. 2013. Disponível em: <[http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl\\_1367253180.pdf](http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl_1367253180.pdf)>. Acesso em: 29 out. 2014.
- Andrade-Lima, H. (2012) *Gestão dos recursos e impactos socioambientais no ciclo de vida dos equipamentos eletroeletrônicos (EEE)*, 2012, f. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Andrade, M. Logística reversa dos produtos eletrônicos (2014) *CLBR – Conselho de Logística Reversa do Brasil*. Disponível em: <http://www.clrb.com.br/site/publicacoes.asp?id=202>. Acesso em: 13 de outubro de 2014.
- Ballou, Ronald H. (2001) *Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial*. 4ª ed. Porto Alegre: Bookmann.
- Brasil. Resolução CONAMA nº401, de 04 de novembro de 2008. *Diário Oficial da União Federativa do Brasil* nº 215, seção p 108-109. Poder Executivo, Brasília, DF, 05 nov. 1999.
- Brasil. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. *Diário Oficial da União Federativa do Brasil*, seção 1 p 3. Poder Executivo, Brasília, DF.
- Carvalho, A. P. (2011) *Gestão sustentável de cadeias de suprimento: análise da indução e implementação de práticas socioambientais por uma empresa brasileira do setor de cosméticos*. Fundação Getúlio Vargas. Tese de Doutorado. Escola de administração de empresas de São Paulo. São Paulo.
- Carvalho, C. M. B. de; Xavier. L. H. (2014) *Gestão de resíduos eletroeletrônicos: uma abordagem prática para a sustentabilidade*. Rio de Janeiro: Elsevier.
- Castro, F. C.; Santos, I. M.; Aguiar, K. N. (2008) **Gestão da Logística Reversa**: um estudo de caso da empresa Morepan Alimentos. 2008. 82 f. Monografia (Especialização) - Curso de Administração, Faculdade Atenas Maranhense, São Luís.
- Chopra, S.; Meindl, P. (2003) *Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos – Estratégia, Planejamento e Operação*. São Paulo. Prentice Hall.

Daher, C. E.; Silva, E. P. S.; Fonseca, A. P. Logística reversa: oportunidade para redução de custos através do gerenciamento da cadeia integrada de valor. *BBR Brazilian Business Review*, Vitória, v. 3, n. 1, jan./jun. 2006. Disponível em: <[http://www.bbbronline.com.br/artigos.asp?sessao=ready&cod\\_artigo=281](http://www.bbbronline.com.br/artigos.asp?sessao=ready&cod_artigo=281)>. Acesso em: 15 mar. 2013.

Ferreira D. C., Silva J. B., Galdino J. C. S., *Reciclagem do e-lixo* (ou lixo eletrônico). Disponível em: <<http://connepi.ifal.edu.br/ocs/index.php/connepi/CONNepI2010/paper/view/1191>>. Acesso em: 10/11/2014,

Georges, M. R. R.; Lhama, G.; Amorim, R.M.; Gonçalves, D.A. A (2009) Coleta e Seleção de Recicláveis como uma Cadeia de Suprimentos Reversa: o Caso do CRCA. *Anais do VI ENEDS – Encontro Nacional de Engenharia para o Desenvolvimento Sustentável*. Campinas.

IDEC. Em cinco anos, metade dos computadores apresentará algum defeito. 2013. Disponível em: <<http://www.idec.org.br/consultas/teste-e-pesquisa/em-cinco-anos-metade-dos-computadores-apresentara-algum-defeito>>. Acesso em: 14/11/2014. LACERDA, L. *Logística Reversa: Uma visão sobre os conceitos básicos e as práticas operacionais*. Disponível em: <[http://www.paulorodrigues.pro.br/arquivos/Logistica\\_Reversa\\_LGC.pdf](http://www.paulorodrigues.pro.br/arquivos/Logistica_Reversa_LGC.pdf)>. Acesso em: 09/11/2014.

Laves, N. *et al.* (2011). O papel da logística reversa no reaproveitamento do “lixo eletrônico” – um estudo no setor de computadores. *Revista de Gestão Social e Ambiental*. São Paulo. v.5, n.1, p. 15-32, jan./abr.

Leite, P. R. *et al.* (2009) Fatores da logística reversa que influem no reaproveitamento do “lixo eletrônico” – um estudo no setor de informática. *XII SIMPOI*. FGV-EAESP. Ago, 2009.

Leite, P. R.; Brito, E. P. Z. (2005) Logística Reversa de Produtos não Consumidos: Práticas de Empresas no Brasil. *Revista Eletrônica de Gestão Organizacional*, Pernambuco, v. 2, n. 3, p.215-229, dez. 2005.

Liva, P. B. G.; Pontelo, V. S. L.; Oliveira, W. S. (2003) *Logística Reversa*. 2003. Disponível em: <[http://limpezapublica.com.br/textos/logistica\\_reversa\\_01.pdf](http://limpezapublica.com.br/textos/logistica_reversa_01.pdf)>. Acesso em: 10/11 2014.

Miguez, E. C. Logística Reversa como Solução para o Problema do Lixo Eletrônico: Benefícios Ambientais e Financeiros.

Ministério do Meio Ambiente. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/pol%C3%ADtica-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos>>. Acesso em: 14 de Nov. de 2014.

Natume, R. Y.; Sant`Anna F. S. P. (2011) Resíduos Eletroeletrônicos: Um Desafio Para o Desenvolvimento Sustentável e a Nova Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos. 3rd International Workshop Advances in Cleaner Production. São Paulo, 2011.

Oliveira, R. S.; Gomes, E. S.; Afonso, J. C. (2010) O Lixo Eletroeletrônico: Uma Abordagem para o Ensino Fundamental e Médio. *Química Nova na Escola*, São Paulo, v. 32, n. 4, p.240-248, nov. 2010.

Pereira, A. L.; Boechat, C. B.; Tadeu H. F.; Ssilva, J. T. M.; Ccampos, P. M. S. (2012) *Logística Reversa e sustentabilidade*. Cengage Learning Edições Ltda. São Paulo – SP.

Picelli, V. C., Georges, M. R. R. (2008) Cadeia de suprimentos reversa e logística verde: teoria e prática. *XVI Encontro de Iniciação Científica*. PUC-Campinas, set., 2008.

Pires, S. R. I. (1998) Gestão da cadeia de suprimentos e o modelo de consórcio modular. *Revista de Administração da Universidade de São Paulo*, São Paulo, v. 3, n. 33, p.5-15, set. 1998.

Rezende, H. G *et al.* (2014) *Museu da Computação: O Resíduo Eletrônico e a Responsabilidade Social e Ambiental*. 2011. Disponível em: <[http://www.uepg.br/proex/conex/9/anais/9conex\\_anais/103.pdf](http://www.uepg.br/proex/conex/9/anais/9conex_anais/103.pdf)>. Acesso em: 14 nov. 2014.

Rodrigues, A. C. (2007) *Impactos Socioambientais dos Resíduos de Equipamentos Elétricos: Estudos da Cadeia Pós-consumo no Brasil*. Santa Bárbara D'Oeste; 2007. 303p. (Dissertação de Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo da UNIMEP.

Rodrigues D. F *et al.* (2002). Logística Reversa: Conceitos e Componentes do Sistema. In: *Anais do XXII ENEGEP* – Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Curitiba, Outubro, 2002.

Selpis, A. N; Castilho, R. O; Araujo, J. A. B. Logística Reversa de Resíduos Eletroeletrônicos. *Tekhne e Logos*, Botucatu-SP, v. 3, n. 2, p.1-18, jul. 2012.

Silva, B. D; Martins, D. L; Oliveira, F. C. *Resíduos Eletroeletrônicos no Brasil*. Santo André: Creative Commons, 2007. 59 p.

Sodhi, M. S.; Reimer, B. (2001) Models for recycling electronics end-of-life products. *OR Spektrum*. 23: p.97–11 Industrial and Manufacturing Engineering, University of Rhode Island, Kingston, USA.

Tavares, A S; Ferreira, F.P.A; Torres, P M A. (2009) *Design e lixo eletrônico: possibilidade de reaproveitamento de componentes eletrônicos*. Anais do II Simpósio Brasileiro de Design Sustentável. São Paulo.

Souza, E. M. (2006). *Coleta de Resíduos Sólidos Domiciliares em Local de Entrega Obrigatória: Aspectos de custos e opinião do usuário*. São Carlos, 2006. (Dissertação de Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos.

Valle, R; Souza, R. G. (2004). *Logística Reversa: Processo a processo*.

VIASEG. Meio ambiente – MMA elabora política nacional para resíduos sólidos. 2004. Disponível em: <[http://www.viaseg.com.br/noticia/2319-meio\\_ambiente\\_\\_mma\\_elabora\\_politica\\_nacionalpara\\_residuos\\_solidos.html](http://www.viaseg.com.br/noticia/2319-meio_ambiente__mma_elabora_politica_nacionalpara_residuos_solidos.html)>. Acesso em: 30 jan. 2014.

Wei, Y. *Reverse Supply Chain Management*. 62 p. Master of Science in Logistics and Transport Management, University Of Gothenburg, Göteborg, 2011.