

Logística reversa: rede de recuperação de produtos eletroeletrônicos

Fabiano Martin Tiozzi (UNIMEP) fmartintiozzi@yahoo.com.br
Cláudia Scoton Antonio Marques (UNESP) clauscam@gmail.com
Gisele Ferreira Limonta (UNIMEP) dastrico@yahoo.com.br
Alexandre Tadeu Simon (UNIMEP) atsimon@unimep.br
Carlos Roberto Minussi (UNESP) minussi@dee.feis.unesp.br

Resumo:

Nas últimas décadas, o desenvolvimento de novas tecnologias e materiais, bem como a redução dos custos de embalagens, computadores, eletrodomésticos, carros entre outros, contribuíram para a redução do ciclo de vida dos produtos e uma tendência à descartabilidade, levando a um dos maiores problemas ambientais da atualidade: os resíduos sólidos. Os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) também fazem parte deste contexto pois, após esgotadas todas as possibilidades de reparo, atualização ou reuso, são considerados “lixo eletrônico” (*e-lixo*), um dos maiores problemas ambientais e com elevado índice de crescimento. Pesquisas bibliográficas destacam o tamanho e quantidade dos problemas ambientais. Adicionalmente, percebe-se que o retorno desses resíduos sólidos para seu ponto de origem podem ser otimizados por meio dos canais reversos diminuindo os impactos ambientais. O cenário econômico globalizado e competitivo fez com que as empresas aprimorassem suas práticas de gestão de forma estratégica, tendo como finalidade garantir sua perenidade e evolução no mercado, criando mecanismos para sua diferenciação entre as demais concorrentes. Este estudo tem como objetivo apresentar e discutir uma rede de logística reversa dos resíduos eletroeletrônicos proposta por Fleischmann. O modelo se mostra viável porque abrange diferentes situações de recuperação, incluindo estruturas abertas e fechadas. A rede proposta é similar a um modelo de localização de armazenagem multi-níveis, mas com a necessidade de coordenação entre suprimentos e demanda. O modelo apresenta um grau de liberdade importante nesse tipo de rede devido às possibilidades de diferentes tipos de disposições dos REEEs.

Palavras chave: Logística reversa, lixo-eletrônico, redes.

Reverse Logistics: e-waste product recovery network

Abstract

In recent decades, the development of new technologies and materials as well as the reduction of packaging costs, computers, appliances, cars among others, contributed to the reduction of life cycle of products and a tendency to disposability, leading to one of the largest environmental problems of our time: the solid waste. Waste electrical and electronic equipment (WEEE) are also part of this context because, after exhausting all repair possibilities, update or reuse, are considered "junk mail" (*e-waste*), one of the biggest environmental problems and high growth rate. Bibliographical studies highlight the size and amount of environmental problems. In addition, it is clear that the return of these solid waste to their point of origin can be optimized through the channels reverse decreasing environmental impacts. The global and competitive economic environment made companies hone their management practices strategically, with the aim to ensure its continuity and evolution in the market, creating mechanisms for differentiation among the other competitors. This study aims to present and discuss a reverse logistics network of waste electronics proposed by Fleischmann. The model proves feasible because it covers various situations of recovery, including open and closed structures. The proposed network is similar to a model of multi-level storage location, but with the need for coordination

between supply and demand. The model has a degree of freedom important in this type of network because of the possibilities of different types of provisions of REEEs.

Key-words: Reverse logistics, e-waste, networks.

1. Introdução

De acordo com Ballou (2009), a concepção logística do agrupamento de atividades associada ao fluxo de produtos e serviços foi resultado da evolução natural do pensamento administrativo. Na economia mundial, os sistemas logísticos são tidos como bases para o comércio, em especial nos países desenvolvidos como Estados Unidos e Japão que trocam mercadorias livremente devido ao alto nível de eficiência de seus sistemas logísticos.

Nas últimas décadas, o desenvolvimento de novas tecnologias e materiais, bem como a redução dos custos de embalagens, computadores, eletrodomésticos, carros entre outros, contribuíram para a geração de produtos com ciclos de vida útil cada vez mais curto e com forte tendência à descartabilidade, levando a um dos maiores problemas ambientais do planeta: os resíduos sólidos.

Confirma-se isso ao se analisar a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2008), que revelou que a produção diária de lixo era de 170.000 toneladas por dia. Em 2011 esse valor já havia crescido 7,6%, chegando a 183.000 toneladas por dia. Desse montante o país reaproveita apenas 13% - cinco vezes menos do que os países desenvolvidos. (CEMPRE, 2012) e o país perde cerca de R\$ 8 bilhões por ano por deixar de reciclar os resíduos urbanos (IPEA, 2011).

Os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) também fazem parte deste contexto, ao fim de sua vida útil, ou seja, após esgotadas todas as possibilidades de reparo, atualização ou reuso, serão considerados “lixo eletrônico” (e-lixo) e são atualmente um dos maiores problemas ambientais no mundo, com elevado nível de crescimento.

Segundo o relatório Reciclando - Do lixo eletrônico a recursos, divulgado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA, 2010), o mundo gera 40 milhões de toneladas de lixo eletrônico por ano e, até 2020, esse número deve crescer entre 200% a 400%. E segundo Estrada (2005), apenas 11% desse lixo é reciclado no mundo.

A recuperação e eliminação de REEE é um grande desafio para a gestão de resíduos sólidos urbanos, pois é uma tarefa complexa, uma vez que é preciso gerir a quantidade e heterogeneidade dos materiais, bem como onde serão tratados e descartados. A escassez de locais e a elevação das distâncias percorridas para a destinação final dos resíduos são fatores também observados (WOLFER, SANDER E GOGOLL, 2011; OLIVEIRA, 2011).

A partir desse cenário pode-se perceber a dimensão dos inúmeros problemas ambientais relacionados aos resíduos eletroeletrônicos no mundo. Mas existem saídas para minimizar ou reduzir esses impactos. Entre elas encontra-se a logística reversa.

A logística reversa permite que produtos pós-consumo ou parte de seus componentes retornem ao ciclo produtivo por meio dos canais reversos de distribuição, ou seja, desmanche, reciclagem e reuso, agregando-se valores a esses produtos ou, ainda, sejam enviados a destinos finais adequados (aterro sanitário ou incineração com recuperação energia).

Este estudo tem como objetivo geral apresentar e discutir uma rede de logística reversa dos resíduos eletroeletrônicos proposta por Fleischmann e, metodologicamente, terá como base a pesquisa bibliográfica que, segundo Marconi e Lakatos (2006), abrange toda a bibliografia já

tornada pública em relação ao tema em estudo, com o propósito de colocar o pesquisador em contato direto com o que existe sobre determinado assunto.

2. Logística Reversa

As atividades da logística podem ser compreendidas como uma das mais antigas atividades humanas. Utilizada inicialmente no campo militar, a logística servia como estratégia para a vantagem competitiva durante as guerras, visando colocar os recursos certos no local certo e na hora certa, com apenas uma finalidade: vencer batalhas (MARTINS E ALT, 2009).

O cenário econômico globalizado e competitivo fez com que as empresas aprimorassem suas práticas de gestão de forma estratégica, tendo como finalidade garantir sua perenidade e evolução no mercado, criando mecanismos para sua diferenciação entre as demais concorrentes, agregando valores aos clientes e consumidores ao satisfazer suas necessidades.

Com o crescimento das operações e as constantes evoluções do cenário organizacional, questões ambientais foram inseridas na pauta administrativa em virtude dos impactos que os processos produtivos e a prestação de serviços causaram e ainda causam no meio ambiente, sendo as empresas apontadas como as principais vilãs desses impactos (LEMES JÚNIOR E PISA, 2010). Uma preocupação crescente foi a de atender às exigências governamentais que por meio de leis disciplinaram o descarte inadequado de resíduos decorrentes do processo produtivo, bem como a sensibilidade dos consumidores em contribuir com a diminuição desses impactos ambientais ao consumir e adquirir produtos de empresas engajados no trato ambiental.

É neste cenário que surge a logística reversa como uma área da logística que planeja, organiza, executa e controla os canais de retorno de bens pós-uso e pós-consumo a um ciclo produtivo.

Do ponto de vista logístico, a logística reversa tem suas próprias características, diferentes das de um sistema logístico. Em muitos casos, redes logísticas reversas não são criadas de forma independente, mas estão interligadas com as estruturas logísticas existentes.

Ao longo dos anos, diversas definições sobre o assunto foram surgindo. Para o C.L.M. (1993, p.323): “Logística reversa é um amplo termo relacionado às habilidades e atividades envolvidos no gerenciamento de redução, movimentação e disposição de resíduos de produtos e embalagens(...)”. Stock (1998, p.20) a define como: “ Logística Reversa: em uma perspectiva de logística de negócios, o termo refere-se ao papel da logística no retorno de produtos, redução na fonte, reciclagem, substituição de materiais, reuso de materiais, disposição de resíduos, reforma, reparação e remanufatura (...). ” Para Rogers e Tibben-Lembke (1999, p.2) a Logística Reversa é definida como: “Processo de planejamento, implementação e controle da eficiência, do custo efetivo do fluxo de matérias-primas, estoques de processo, produtos acabados e as respectivas informações, desde o ponto de consumo até o ponto de origem, com o propósito de recapturar valor ou adequar o seu destino”

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305, 2010) a logística reversa ainda é definida como: Instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada.

Fleischmann (2001) define logística reversa como um processo de planejamento, implementação e controle eficiente e efetivo dos diferentes estágios de retorno de produtos ao

seu ponto inicial. Ao final do seu ciclo de vida, diversas são as alternativas encontradas para um produto.

O gerenciamento das operações que compõem a logística reversa faz parte da Administração da Recuperação de Produtos – Product Recovery Management (PRM). Para Thierry et al. (1995, p.117) PRM é definido como: “o gerenciamento de todos os produtos, componentes e materiais usados e descartados pelo qual uma empresa fabricante é responsável legalmente, contratualmente ou por qualquer outra maneira”.

Ainda para Thierry et al. (1995, p.117) algumas das atividades da PRM são, em parte, similares àquelas que ocorrem no caso de devoluções internas de itens defeituosos devido a processos de produção não confiáveis. Assim, o objetivo da PRM é a recuperação de valor econômico e ecológico dos produtos, componentes e materiais.

No processo de recuperação, reparo significa que o produto é retornado ao estado funcional após seu conserto. O processo de *Refurbishing* (Renovação) é quando o produto é atualizado pelo fabricante original para que atinja padrões de qualidade e operação similares ao produto original. E no processo de remanufatura os produtos são completamente desmontados e todos os módulos e partes examinados em detalhe. A Figura 1 mostra o diagrama de fluxo básico de atividades de logística reversa.

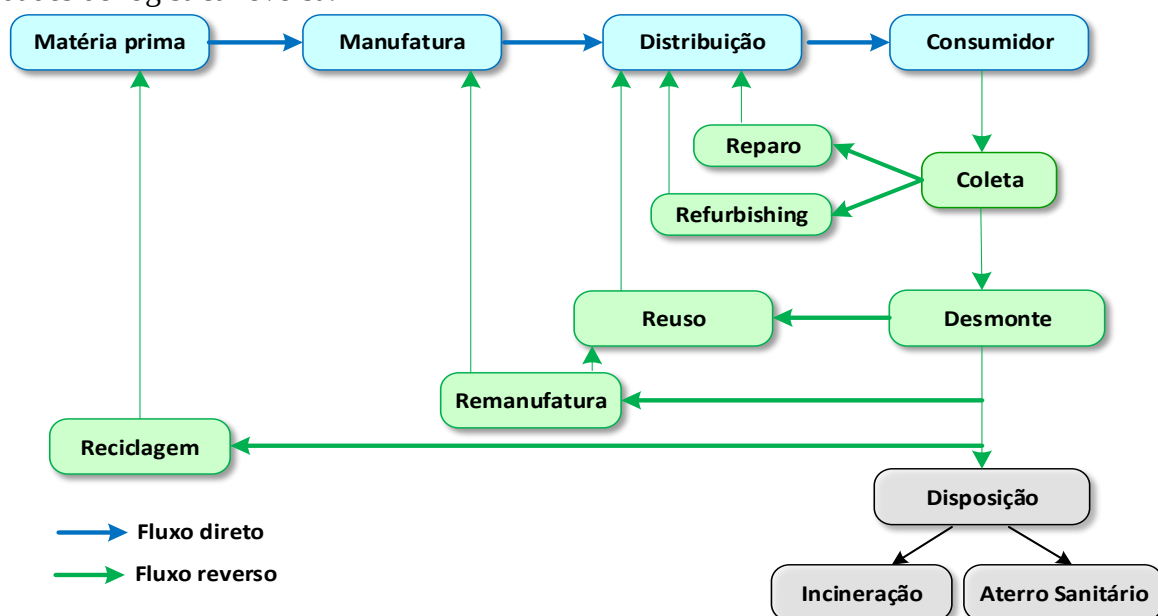


Figura 1 - Diagrama do Fluxo Básico da Logística Reversa. Fonte: Adaptado de Wang, Yin, Ma, (2008)

No ambiente economicamente globalizado, o desempenho ambiental, a competitividade nos negócios e a busca por resultados financeiros são preocupações crescentes no dia-a-dia das empresas.

Dentre os impactos causados pelos processos da logística reversa no contexto organizacional, destacam-se a proteção ao meio ambiente; a diminuição dos custos; a melhora na imagem da empresa perante o mercado; aumento da competitividade e consequentemente o aumento dos lucros, retenção e fidelização de clientes; e o atendimento às questões legais impostas pelo governo e sociedade (LEITE, 2009).

O objetivo principal da Logística Reversa é agregar valores econômicos, ecológicos e legais ao produto retornado, ou seja, tornar possível o retorno de bens ou de seus componentes ao ciclo produtivo. Tem como finalidade também planejar redes reversas e operar o fluxo reverso

desde a coleta dos bens até a sua disposição final, seja para a reintegração do bem ao ciclo produtivo ou o descarte.

2.1 Rede Logística para Recuperação de Produtos

A Logística Reversa é uma área em construção e, em muitos casos, novas redes precisam ser definidas. A infraestrutura das redes reversas precisam coletar os produtos usados, transportá-los para triagem e eventualmente encaminhá-los para outro uso. Algumas questões a respeito disto precisam ficar claras como: qual o número de camadas na rede; o número e a localização de depósitos ou pontos intermediários; pontos de coleta; enfim a estrutura da rede reversa pode ser vista como o elo da integração entre a Logística Empresarial e Logística Reversa.

Fleischmann (2001, p. 46) afirma que:

A etapa de retorno ou coleta caracteriza-se pela participação dos canais de retorno e passou a chamar a Logística Reversa de “Rede de Recuperação de Produtos”. A partir de então, o valor é adicionado ao produto e este se move do produtor (que recuperou o produto) para o usuário como na cadeia tradicional.

A necessidade de implantar uma rede de recuperação de produtos pode surgir devido à necessidade de se substituir, parcialmente ou integralmente, no processo de produção, materiais que eram normalmente extraídos da natureza. Esses materiais ou recursos secundários são resíduos, produtos usados ou componentes de produtos usados, que não são dispostos em aterros, mas são retornados para o mesmo processo ou para outro processo de produção.

As operações de retorno bem geridas são capazes de reduzir a taxa de esgotamento de recursos naturais assim como permite recuperar materiais que podem ser usados para produzir novas peças e produtos e reduzir a taxa de poluição terrestre.

As redes de recuperação apresentam alguns fatores discriminantes como a complexidade da rede e a incerteza quanto à quantidade e qualidade do material para recuperação na entrada do processo de recuperação. Portanto, percebe-se que para uma organização compor a sua rede de recuperação é fundamental que ela conheça o tipo de produto a ser recuperado, sem esquecer de definir os envolvidos e principalmente verificar se há mercado para o produto recuperado (THIERRY,1995).

Fleischmann (2001, p.52), baseado na forma de reprocessamento propôs os seguintes tipos de redes de recuperação:

- a) Redes para itens reutilizáveis: Embalagens, contêineres e PETs são itens típicos para reuso, pois podem ser reutilizados sem muito trabalho;
- b) Redes para remanufatura de produtos: a remanufatura geralmente é aplicada a equipamentos complexos ou maquinário com muitas partes;
- c) Redes para reciclagem de produtos: o tipo de material a ser reciclado, resíduos, embalagem e produtos usados definem o tipo de rede de reciclagem.

A necessidade de implantar uma rede de recuperação de produtos pode surgir devido à necessidade de se substituir, parcialmente ou integralmente, no processo de produção, materiais que eram normalmente extraídos da natureza. Esses materiais ou recursos secundários são resíduos, produtos usados ou componentes de produtos usados, que não são dispostos em aterros, mas são retornados para o mesmo processo ou para outro processo de produção.

Realizar planejamento de coleta e recuperação de produtos pode ser uma tarefa de grandes esforços, pois a forma de recuperação e a sequência do processo geralmente dependem da quantidade e da qualidade em que se encontra o produto no momento da entrada para o processo de recuperação.

Para Fleischmann (2001) as redes de recuperação de produtos podem ser estruturadas do seguinte modo: fase de coleta e aquisição; fase de redistribuição; tipo de estrutura. A Figura 2 descreve o processo.

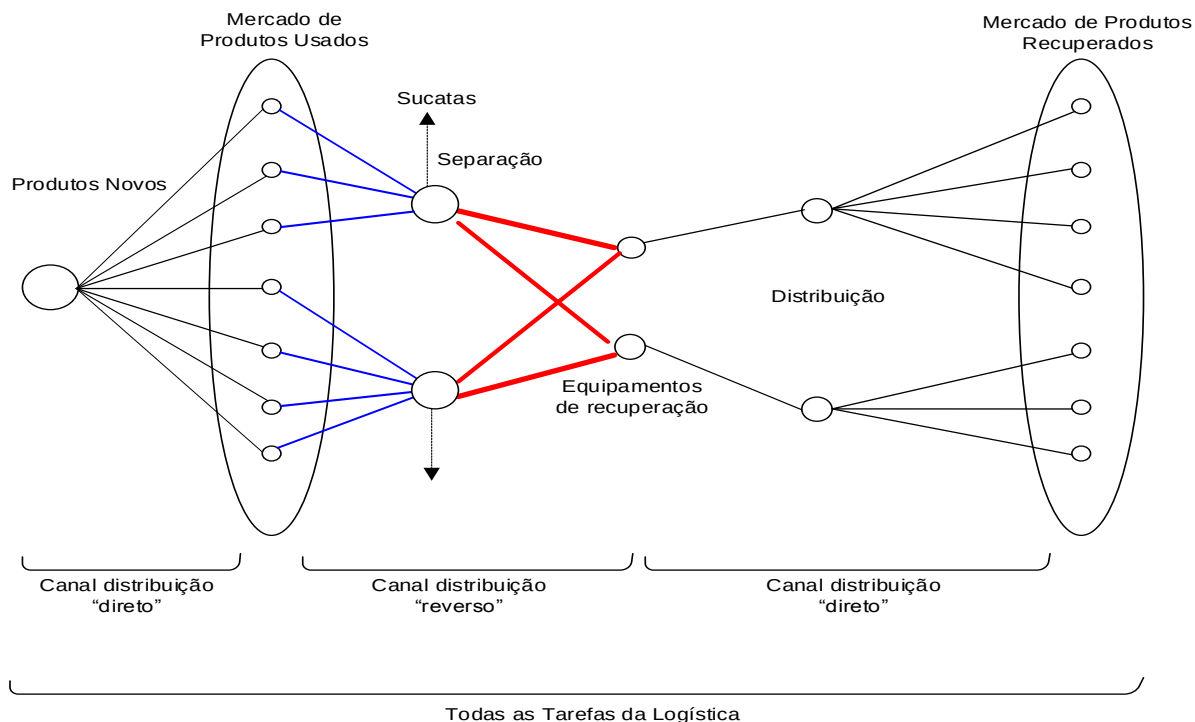


Figura 2 – Estrutura da Rede de Logística Reversa. Fonte: Adaptado de Fleischmann et al. (2004, p. 68)

Para Thierry *et al* (1995) e Fleischmann (2001, p. 51), “as redes de recuperação de produtos envolvem centros de triagem, reprocessamento e empresas de gerenciamento de resíduos”. As informações para o gerenciamento dessas redes podem ser classificadas em 4 categorias:

- Informação sobre a característica do produto: as características físicas e econômicas do produto são interessantes tanto para descarte quanto para escolha da opção de recuperação;
- Informação sobre a magnitude e incerteza dos fluxos de retorno: o retorno de produtos usados pelo fabricante pode ter várias motivações, como cumprimento de legislação ambiental, produtos com falha técnica dentro da garantia etc. A disposição de um produto geralmente apresenta dúvidas, portanto, o fabricante deve avaliar as expectativas de quantidades esperadas, qualidade, localização e tempo de retorno para cada rede de recuperação;
- Informações sobre mercados para produtos, componentes, e materiais recuperados: deve-se avaliar os mercados potenciais para cada produto e as opções de recuperação. Produtos e materiais podem ser reusados pela própria empresa ou por outras empresas. Verifica-se o comportamento dos fornecedores de serviços, política de mercado e clientes. Essas responsabilidades podem definir diferentes locais para a rede reversa. A incerteza aqui causa pesados danos no sistema da Logística Reversa;

d) Informação sobre equipamentos de recuperação de produto e operações de gerenciamento de resíduos: envolvem equipamentos de recuperação e recursos humanos. Deve considerar quais as organizações envolvidas, os obstáculos, as quantidades de produtos processados (para cada recuperação de produto e opção de gerenciamento de resíduo), custos, rendimentos e impactos ambientais de todo o processo. Os aspectos relevantes são flexibilidade e custos.

De acordo com Fleischmann (2001) a principal característica das redes de recuperação é a incerteza. A questão era apenas se os modelos são flexíveis o bastante para incluir os aspectos de recuperação dos produtos. Por isso ao analisar a literatura sobre o assunto, o autor (*op.cit.*) fez uma análise quantitativa das redes de recuperação e formulou um modelo genérico de acordo com características e modelos encontrados na literatura. O autor cita que as redes de recuperação formam um elo entre dois mercados: um mercado onde o recuperador recolhe produtos utilizados e um mercado de reutilização onde se vendem produtos recuperados.

Na estrutura da rede desenvolvida foram considerados três níveis intermediários de instalações: centros de separação, local em que as atividades de separação e inspeção são executadas; fábricas para o reprocessamento de bens e armazéns de distribuição. No entanto, Fleischmann (2001) distinguiu dois tipos de disposição final – recuperação e disposição – pois a recuperação pode não ser possível para todos os produtos coletados, o que é relevado durante a inspeção nos centros de triagem.

O modelo da estrutura da rede de recuperação é mostrado na Figura 3.

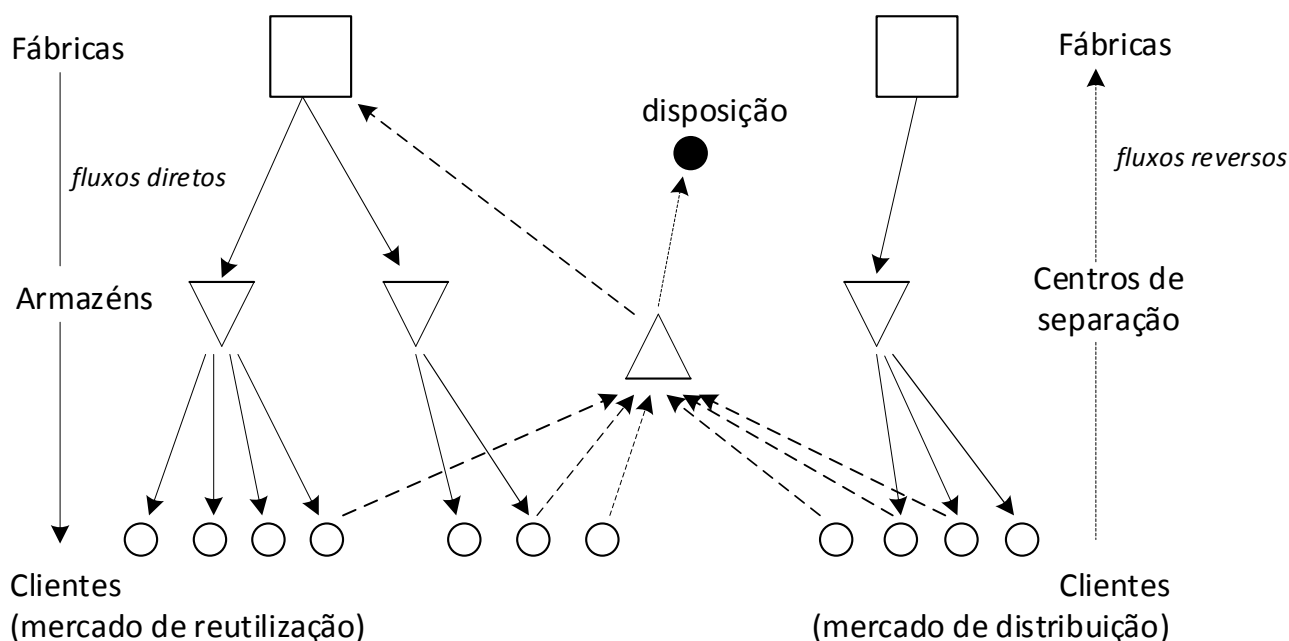


Figura 3 – Estrutura de um modelo genérico de rede de recuperação. Fonte: Fleischmann (2001, p. 64)

Para Fleischmann (2001, p. 69), “as estruturas das redes de recuperação incluem a escolha de métodos de coleta, localização e capacidade de armazenamento, operações de recuperação e distribuição”. Comparando estas tarefas com as redes convencionais de produção-distribuição, a maior diferença surge no fornecimento. Em um sistema tradicional de produção-distribuição, o suprimento é uma variável controlada na qual o tempo, quantidade e qualidade da distribuição podem ser controlados de acordo com a necessidade do sistema. Em contraste com o sistema de recuperação onde os suprimentos apresentam incertezas quanto à qualidade, quantidade e tempo de retorno do produto e por isso podem ser difíceis de

controlar. Desse modo, os suprimentos aparecem como sendo a maior distinção entre a rede para recuperação de produtos e a tradicional.

Outro ponto importante é que fluxos reversos estão envoltos em um nível de incerteza considerável. Ao se definir um sistema de Logística Reversa, a incerteza sobre quantidade e qualidade se torna bastante relevante (THIERRY *et al.*, 1995).

A diferença na distribuição entre a rede tradicional e a reversa é pequena. A incerteza na demanda para produtos recuperados produz essa situação. Possivelmente quando o mercado para produtos recuperados se estabelecerem e a rede para recuperação de produtos se tornarem padrão na cadeia de suprimentos esta diferença tenderá a desaparecer.

Todos estes fatores levam a concluir que um sistema de Logística Reversa, embora envolva os mesmos elementos básicos de um sistema logístico tradicional, deve ser planejado e executado em separado e como atividade independente.

2.2 Rede Reversa para REEE's

2.2.1 Resíduos Eletroeletrônicos (REEE's)

O lixo eletrônico é considerado resíduo ou resto de produto eletroeletrônico. Pode ser divididos em quatro categorias amplas (FEAM, 2009):

- a) Linha Branca: refrigeradores e congeladores, fogões, lavadoras de roupa e louça, secadoras, condicionadores de ar;
- b) Linha Marrom: monitores e televisores de tubo, plasma, LCD e LED, aparelhos de DVD e VHS, equipamentos de áudio, filmadoras;
- c) Linha Azul: batedeiras, liquidificadores, ferros elétricos, furadeiras, secadores de cabelo, espremedores de frutas, aspiradores de pó, cafeteiras;
- d) Linha Verde: computadores desktop e laptops, acessórios de informática, tablets e telefones celulares.

Ao fim de sua vida útil, esses produtos passam a ser considerados resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE), ou simplesmente lixo eletrônico (*e-lixo*). Mas só chegam a esse ponto uma vez esgotadas todas as possibilidades de reparo, atualização ou reuso.

A indústria de eletrônicos é a que mais cresce no mundo. A busca por novas tecnologias que atendam às necessidades dos clientes faz com que os produtos tenham um ciclo de vida reduzido. Segundo o PNUMA (2010), entre 20 e 50 milhões de toneladas de “lixo eletrônico” são gerados por ano.

Sob o ponto de vista ambiental, o lixo eletrônico se configura em um grave problema, desde a sua produção até o seu descarte. Para serem produzidos, os computadores e outros aparelhos consomem uma enorme quantidade de recursos naturais, água e energia. Segundo Kuehr e Willians (2003 *apud* Miguez, 2010) para fazer um computador pessoal (PC) usa-se: 240kg de combustível fóssil (cerca de 9 vezes o peso do computador), 22 kg de produtos químicos e 1.500kg de água, 80% do consumo de energia está na sua fabricação, enquanto apenas 20% da energia são gastos durante o uso.

Segundo Miguez (2010), o relatório apresentado pelo Grupo de Ação Basel (*The Basel Action Network – BAN*) em 2005, 75% dos equipamentos de informática exportados para os países africanos eram lixo, ou seja, não era economicamente viável seu reaproveitamento.

Existem marcos regulatórios em relação ao *e-lixo*, entre eles a: WEEE (*Waste Electrical and Electronic Equipment*) desenvolvido pela União Européia em 2003 com a finalidade de reduzir os níveis de lixo eletrônico descartado nos aterros, e fornece diretrizes para a

recuperação e a reciclagem de produtos eletroeletrônicos; e RoHS (*Restriciton on the use of Hazardous Substances*) promulgada em 2004 e aplicada a partir de 2006 para a substituição de algumas substâncias nos produtos eletroeletrônicos visando reduzir o impacto ambiental durante a disposição e a reciclagem (LEITE, 2009; MIGUEZ, 2010).

Já no Brasil a PNRS, sancionada em agosto de 2010, direciona as ações dos Municípios quanto aos resíduos sólidos gerados em seu território. Introduz a responsabilidade compartilhada (fabricantes, revendedores, governo, consumidores e recicladores) e dá destaque a logística reversa, mas deixou uma lacuna para o tratamento dos resíduos sólidos especialmente do lixo eletrônico. Todas as medidas previstas na PNRS visam à prevenção ambiental e estão em consonância com os objetivos do desenvolvimento sustentável.

A recuperação do valor desses bens de consumo, após o uso, está se tornando uma necessidade. A logística reversa apresenta-se como uma estratégia para reduzir e reutilizar os resíduos, agregando valor aos bens pós-consumo. Não pode ser vista apenas como a ferramenta para auxiliar a coleta de produtos pós-consumo, mas sim como uma estratégia de gerenciamento de todo o caminho percorrido pelo produto após o uso até o seu descarte final (LEITE, 2009).

2.2.2 Atividades de logística reversa para redes de REEE's

Devido à redução dos ciclos de vida dos produtos eletrônicos e o crescente consumo, a recuperação do valor destes bens, após o uso, tornou-se essencial. A preocupação com o meio ambiente e a busca por um desenvolvimento sustentável surgiu como um paradigma importante na concepção de todas as políticas sociais e econômicas, sejam públicas ou privadas. Logo, a logística reversa se apresenta como uma estratégia para reduzir e reutilizar resíduos estando em consonância com os princípios de um desenvolvimento sustentável.

É importante reconhecer que a logística reversa só começa quando um consumidor de fato descarta o seu equipamento eletroeletrônico, conforme descrito na figura 4.

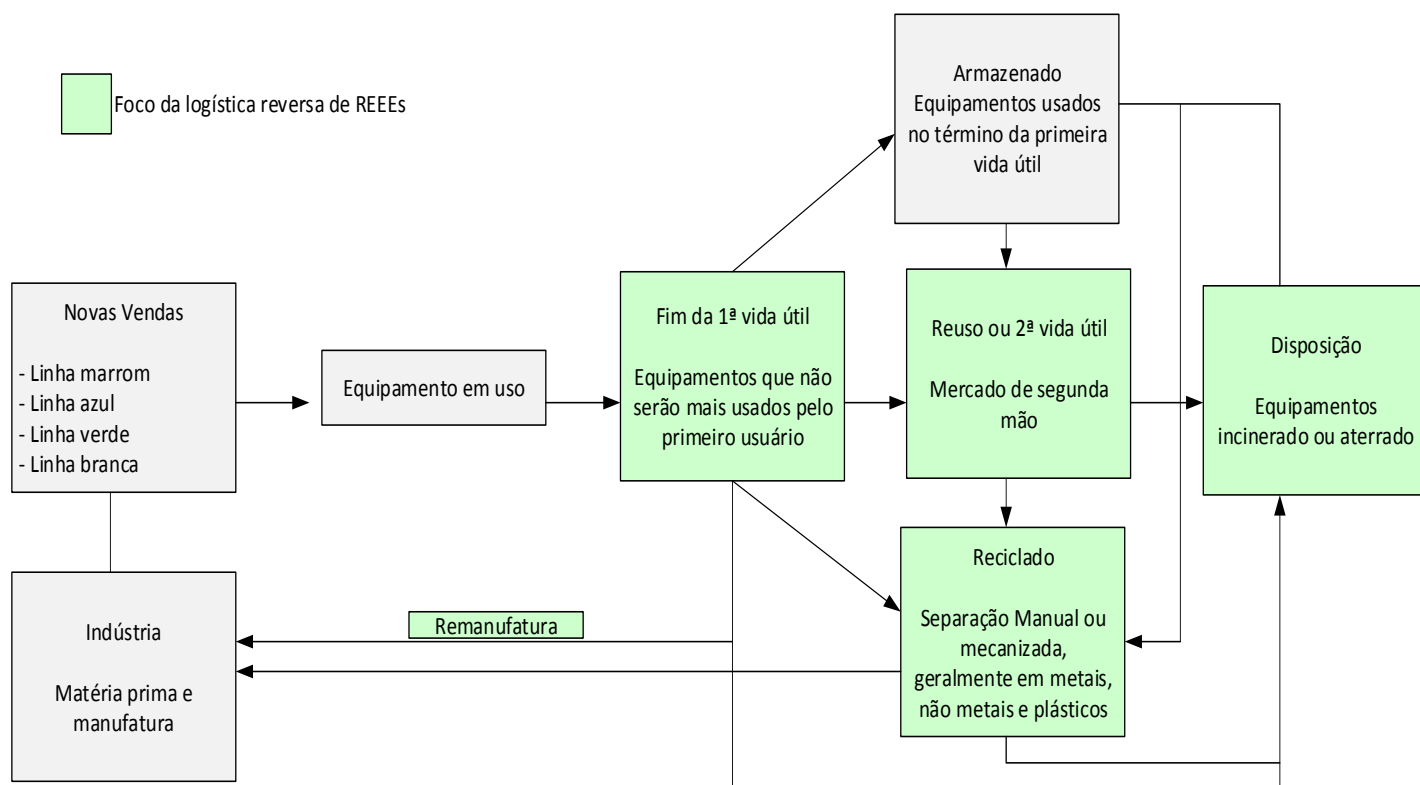


Figura 4 - Atividades da Logística Reversa de REE's. Fonte: Adaptado de ABID, (2012, p.26)

3. Considerações finais

A redução da geração, o descarte correto de resíduos eletroeletrônicos e o reaproveitamento dos principais elementos recicláveis como insumo industrial presentes neste tipo de resíduos deve ser prioridade de qualquer sistema de gestão seja público ou privado, para a preservação do meio ambiente e da saúde pública. A partir da coleta seletiva de materiais e dos primeiros processamentos, os materiais seguem etapas com objetivos semelhantes, todavia com peculiaridades e tecnologias diferentes em função de suas naturezas. Essas diferenciações definirão as redes reversas que cada material deverá seguir.

Assim, é importante ressaltar que reusar partes de produtos e matérias-primas pode ser economicamente viável devido à recuperação de valores dos materiais dispostos e aos benefícios ao meio ambiente. Desse modo a logística reversa torna possível tanto a redução dos impactos ambientais causados por produtos elétricos e eletrônicos, quanto o ganho de eficiência e sustentabilidade das operações nas organizações.

Verificou-se que as atividades da logística reversa aumentam o fluxo de bens dos consumidores para os produtores. No gerenciamento deste fluxo, oposto ao fluxo convencional está a importância do campo da logística reversa.

A rede de recuperação genérica proposta por Fleischmann e apresentado neste trabalho foi baseado na análise de dez casos de companhias que estavam preocupadas com a infraestrutura de suas redes de recuperação de produtos. Esse tipo de rede de recuperação abrange tanto o fluxo direto quanto o reverso e pode ser um subconjunto das atividades da logística empresarial.

A falta de controle de suprimentos tanto quanto a quantidade e qualidade no fluxo reverso apresenta-se como limitador no modelo dessa rede de recuperação. Enquanto na logística direta os suprimentos são definidos em função da demanda, na rede reversa são exagerados na entrada da rede. Como consequência apresentam, por um lado, certo nível de incerteza, e por outro, a necessidade de balancear suprimentos e demanda. As abordagens de modelagem determinísticas parecem ser apropriadas para esse tipo de rede de recuperação.

Verificou-se também que a rede de recuperação de produtos pode ser implementada na rede de produção-distribuição existente, mas implantá-la separadamente da rede direta pode ser mais fácil para controlar seus fluxos.

O modelo se mostra viável porque abrange diferentes situações de recuperação, incluindo estruturas abertas e fechadas. A rede proposta é similar a modelo de localização de armazenagem multi-níveis, mas com a necessidade de coordenação entre suprimentos e demanda. O modelo apresenta um grau de liberdade importante nesse tipo de rede devido às possibilidades de diferentes tipos de disposições dos REEEs.

Basicamente, os REEEs são recolhidos e transferidos para unidades de reciclagem. A distribuição espacial dos pontos de coleta, dos locais de processamento e o transporte desses resíduos devem ser igualmente considerados no modelo lógico adotado, buscando minimizar os custos e permitindo a viabilidade da rede.

Referências

- BALLOU, R. H. *Logística empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física*. Tradução: Hugo T. Y. Yoshizaki. São Paulo: Atlas, 1993.
- _____. *Logística empresarial. Transportes, administração de materiais, distribuição física*. Tradução de Hugo T. Y. Yoshizaki, professor da Escola Politécnica da USP. São Paulo: Atlas, 2009.

BRASIL. 2010. Lei nº 12.305/10 de 2 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. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em 12 ago. 2010.

CAXITO, F. (Coord.). *Logística: um enfoque prático*. São Paulo: Saraiva, 2011.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM (CEMPRE), INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA (IPT). Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado. Coordenação: Maria Luiza Otero D'Almeida, André Vilhena – 2.ed. São Paulo: CEMPRE. 2000.

ESTRADA, D. (colaboradora do IPS). O segredo do modelo nórdico: Os riscos do lixo eletrônico. 2005. Terramérica (Pnuma) (Pnud), Inter Press Service (IPS). Disponível em: <<http://www.ips.org/ipsbrasil.net/nota.php?idnews=25>> Acesso em 15 jun.2010.

FLEISCHMANN, M. *Quantitative Models for Reverse Logistics*. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2001.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (FEAM). *Diagnóstico da Geração de Resíduos Eletroeletrônicos no Estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte, 2009. 85p.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA –IPEA. *Diagnóstico dos Resíduos Sólidos de Logística Reversa Obrigatória: Relatório de Pesquisa*. Brasília, DF, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Diretoria de Pesquisas, Departamento de População e Indicadores Sociais, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 10 mai. 2011.**KUEHR,R.; WILLIAMS,E.** Computers and environment – understanding and managing their impacts. Kluwer. Holanda: Academic Publishers. United Nations University, 2003.

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

LEMES JÚNIOR, A. B.; PISA, B. J. *Administrando micro e pequenas empresas*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MARCONI, M.A.; LAKATOS, E.M. *Fundamentos de metodologia científica*. 6. edição. São Paulo, Atlas, 2006.

MARTINS, P. G.; ALT, P. R. C. *Administração de materiais e recursos patrimoniais*. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2009.

MIGUEZ, C. E. Logística Reversa como solução para o problema do lixo eletrônico: benefícios ambientais e financeiros. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2010.

OLIVEIRA G. C. de; CAMARGO, S. A. F. de. O paradoxo do tratamento dos resíduos de equipamentos Elétricos e Eletrônicos. Anais do XVIII Congresso Nacional do CONPEDI, realizado em São Paulo –SP. 04, 05, 06 e 07 de novembro de 2009.

PNUMA, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Sustainable Innovation and Technology Transfer Industrial Sector Studies: Recycling – from E-Waste to Resources. 2010. Disponível em:<http://www.unep.org/PDF/PressReleases/E-Waste_publication_screen_FINALVERSION-sml.pdf>. Acesso em 20 jun.2010.

ROGERS,D.S.; TIBBEN-LEMBKE, R.S. *Going backwards: reverse logistics trends and practices*. University of Nevada, Reno - Center of Logistics Management, 1999. Disponível em <http://rlec.org/reverse.pdf>.

STOCK, J. R. Reverse Logistics. Oak Brook, IL: Council of Logistics Management.1992.

THIERRY, M.; SALOMON, M.; NUNEN, J. V.; WASSENHOVE, L. V. Strategic Issues in Product Recovery Management. California Management Review, v.37, n.2, p.114-135. 1995.

WANG, Z.; YIN, J.H.; MA, W. *A Fuzzy Modeling and Solution Algorithm for Optimization on E-Waste Reverse Logistics*. In: Proceedings of the Seventh International Conference on Machine Learning and Cybernetics. IEEE. Kunming, jul, 2008. p. 472-478.

WOLFER, S.; SANDER, H., GOGOLL, F. Reverse Logistics for waste Electrical and Eletronic Equipament (WEEE) in China: Application of Linear Programming to Eco-Innovation in Industry. Institute of Global Business and Society – Cologne University of Applied Sciences. Globus Working Paper, nº 4, 2011.