

## 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Na presente seção encontra-se uma revisão bibliográfica de trabalhos relacionados ao tema da dissertação disponíveis na literatura acadêmica especializada. Primeiramente são definidos os conceitos de Logística e Supply Chain Management, já bem explorados no meio acadêmico, para depois serem definidos conceitos mais incipientes, tais como Logística Verde, Logística Reversa e Green Supply Chain Management.

### 2.1 INTRODUÇÃO À LOGÍSTICA E AO SUPPLY CHAIN MANAGEMENT

Enquanto o uso do termo “logística” já era conhecido no mundo militar há bastante tempo, somente recentemente passou a ser largamente utilizado nos mundos empresarial e acadêmico. Antes relegada ao segundo plano, grandes empresas passaram a perceber que a adoção de uma boa estratégia logística poderia render inúmeros ganhos, sobretudo econômicos. Entende-se o termo como sendo o processo de planejamento, implementação e controle eficiente e eficaz do fluxo de matérias-primas, produtos em processamento, produtos acabados e informações relacionadas do ponto de origem ao ponto de consumo (Roger & Tibben-Lembke, 1999; Lambert & Cooper, 2000).

Para Bowersox (2001), a logística tem como objetivo a disponibilização de produtos e serviços nos locais onde são necessários, e no momento em que são desejados. Para ele, a logística de uma empresa é um esforço integrado com o objetivo de criar valor para o cliente pelo menor custo total possível e existe para satisfazer às necessidades do cliente, facilitando as operações relevantes de produção e *marketing*. Do ponto de vista estratégico, os executivos de logística procuram atingir uma qualidade predefinida de serviço ao cliente por meio de uma competência operacional que represente o estado-da-arte. O desafio é equilibrar as expectativas de serviços e os gastos de modo a alcançar os objetivos do negócio.

Entretanto, a busca por melhores posições no mercado global fez com que as disputas entre empresas deixassem de ocorrer em nível individual. Em um cenário de globalização acentuada, tais corporações passaram a ter que concorrer usando as respectivas cadeias de suprimentos de seus produtos. Ou seja, a briga hoje não é entre a Empresa A *versus* a Empresa B, atualmente a disputa ocorre entre a cadeia de suprimentos do produto produzido pela Empresa A e a do produto fabricado pela Empresa B. Com este novo contexto de competição entre cadeias, a Gestão da Cadeia de Suprimento (em inglês Supply Chain Management - SCM) é essencial para definir os vencedores no mercado (Lambert & Cooper, 2000; Aragão et al., 2004; Pires, 2004).

Segundo Chopra & Meindl (2008), a cadeia de suprimentos consiste em todas as partes envolvidas, direta ou indiretamente, em atender ao pedido do consumidor e não inclui somente o fabricante e fornecedores, mas também transportadores, armazéns, varejistas, e até os próprios consumidores. Dentro de cada organização, a cadeia de suprimentos inclui todas as funções envolvidas em receber e atender uma requisição de um cliente. Essas funções incluem, mas não se limitam ao desenvolvimento de novos produtos, *marketing*, operações, distribuição, financeiro, e serviços ao cliente. O objetivo de toda cadeia de suprimentos deve ser maximizar o valor global gerado.

Fawcett et al. (2007) comparam o SCM à teoria econômica da vantagem comparativa aplicada ao nível das empresas. Segundo eles, Adam Smith argumentava que: (1) a saúde de uma nação é produto da sua força de trabalho e (2) os maiores avanços no produto dessa força resultaram da divisão desse trabalho. Por meio da especialização e do comércio, a saúde melhora e o resultado é um aumento do padrão de vida de consumidores mundo afora. Similarmente, SCM é especialização colaborativa. SCM permite a uma companhia fazer poucas coisas muito bem, devido a sua exclusiva habilidade, enquanto outras atividades são terceirizadas e providas por fornecedores ou clientes que possuem as habilidades demandadas.

O gerenciamento da cadeia de suprimentos vem cada vez mais sendo reconhecido como a integração de processos de negócios chave por entre essa cadeia (Croxtton et. al., 2001; Pires, 2004). Essa não é uma cadeia de negócios com relacionamentos do tipo one-to-one, mas sim uma rede de múltiplos negócios e relações, capaz de oferecer a oportunidade de capturar a sinergia da integração e do gerenciamento entre companhias (Lambert & Cooper, 2000). A gestão da cadeia de suprimentos é um conjunto de abordagens utilizadas para integrar eficientemente fornecedores, fabricantes, depósitos e armazéns, de forma que a mercadoria seja produzida e distribuída na quantidade certa, para a localização certa e no tempo certo, de forma a minimizar os custos globais do sistema, ao mesmo tempo em que atinge o nível de serviço desejado (Simchi-Levi et al., 2003).

Lambert & Cooper (2000) citam a definição para SCM desenvolvida pelo Global Supply Chain Forum (GSCF):

“O Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos é a integração de processos de negócios chave do usuário final através do fornecedor original, que provê produtos, serviços, e informação que adicionam valor para os clientes e outros atores envolvidos, os chamados stakeholders”.

Ainda segundo o GSCF, os oito principais processos envolvidos com o SCM são:

- Gerenciamento do relacionamento com clientes;
- Serviços ao cliente;
- Gerenciamento da demanda;
- Atendimento a pedidos;
- Gerenciamento do fluxo de produção;
- Compras;
- Desenvolvimento de produtos e comercialização;
- Retornos ou devoluções.

Usando como método o estudo de cadeias de suprimento de membros do GSCF e mais de noventa entrevistas em quinze diferentes companhias, Lambert & Cooper (2000), elaboraram um “framework” para a Gestão da Cadeia de

Suprimentos evidenciando que a estrutura da cadeia, os processos de negócios e o gerenciamento dos componentes dessa cadeia são os três principais elementos envolvidos. Segundo eles, para que a gestão da cadeia tenha sucesso é necessária a identificação e posterior integração com os membros chave dessa cadeia.

Finalmente, a definição de gerenciamento da cadeia de suprimento apresentada pelo Council of Supply Chain Management Professional (CSCMP, 2008) engloba o planejamento e gerenciamento de todas as atividades envolvidas com aquisição e suprimento, transformação e atividades logísticas, e inclui, também, a coordenação e colaboração com membros da cadeia, que podem ser fornecedores, intermediários, provedores de serviços e clientes.

## 2.2 LOGÍSTICA REVERSA E A LOGÍSTICA VERDE

### 2.2.1 Logística Reversa

Ao contrário da logística, o tema da logística reversa ainda é pouco explorado pelas empresas em geral. Entretanto, a crescente preocupação com o meio ambiente requer que mais companhias desenvolvam sistemas de logística reversa para disporem embalagens ou produtos usados (Coyle et al., 2003). Basicamente, pode-se dizer que logística reversa compreende todas as atividades ligadas à logística, porém com o fluxo de bens e mercadorias no sentido oposto. Corroborando essa linha, Rogers & Tibben-Lembke (1999) / *Reverse Logistics Executive Council* – *RLEC* definem o termo como:

“O processo de planejamento, implementação e controle do fluxo de matérias-primas, da produção e do produto acabado (e seu fluxo de informação), do ponto de consumo até a origem, com o fim de recapturar valor ou oferecer um destino ecologicamente adequado”.

Dias & Teodósio (2006), por sua vez, afirmam que o conceito de logística reversa ainda é bastante genérico e, em seu trabalho de mapeamento dos caminhos percorridos por embalagens PET, acabam por delimitá-lo a todas as operações relacionadas à reutilização de produtos e materiais. Os autores se concentram nas ações que visam agregar valor aos produtos descartados, de forma a reintegrar seus componentes ou materiais constituintes ao ciclo produtivo e, especificamente

nesse trabalho, não citam diretamente a preocupação ecológica como parte da logística reversa.

Embora ainda se esteja em um estado inicial de desenvolvimento de políticas de logística reversa, pressões externas da legislação ambiental e a procura por novos modos de redução de custo têm exigido a evolução das empresas nesse quesito. A partir do momento em que a companhia tem como uma das exigências para a obtenção da ISO 14001 ser a responsável pelo descarte de seus resíduos, ela decide desenvolver estudos para a adoção de práticas de logística reversa na reutilização dos resíduos gerados pelos seus clientes no processo produtivo (Gonçalves & Marins, 2006). Um exemplo do aumento da pressão governamental é explicitado pela recém-lançada Resolução Conama nº 416/09 que obriga os fabricantes e os importadores de pneus novos, com peso unitário superior a 2,0 kg (dois quilos), a coletar e dar destinação adequada aos pneus inservíveis existentes no território nacional, na proporção definida pela Resolução (MMA, 2009).

Como exemplo de outra situação em que o conceito de logística reversa é apresentado, Ballou (1998) descreve o caso de um consumidor que descobre um defeito em sua recém comprada torradeira: o consumidor retorna a loja que, amigavelmente, reembolsa o dinheiro da compra. O lojista agora tem uma torradeira defeituosa no seu estoque e a manda para um centro de devoluções. Após o recebimento, o UPC (código universal do produto) da torradeira é escaneado para identificação no banco de dados do centro de devoluções. Esse banco de dados credita uma torradeira para o estoque da loja e cria uma nota de devolução para o fabricante. Nessa hora, o lojista também recuperou o recurso empregado em um produto defeituoso. A torradeira é então recebida pelo centro de devoluções do fabricante que a enquadra em seu banco de dados, determinando que a mesma é passível de reforma. A torradeira é reparada e enviada para revenda no mercado secundário. Finalmente, o fabricante também obteve ganho de valor para seu produto defeituoso.

Em um estudo de caso sobre a implementação de um sistema de logística reversa em uma empresa de laminação de vidros, Gonçalves & Marins (2006),

explicitam a busca por definições do termo Logística Reversa e determinam que em seu trabalho o mesmo seja *“associado a todas as atividades relacionadas ao produto/serviço após a venda, sendo que o seu objetivo principal é otimizar ou tornar mais eficientes as atividades do pós-venda, resultando, portanto, em economia de recursos financeiros.”*

Em seu trabalho sobre “práticas verdes” na indústria de móveis, Handfield et al. (1997) afirmam que a logística reversa envolve a adoção de processos capazes de levar de volta ao fabricante os produtos, por eles produzidos, no final de sua vida útil. Srivastava (2008) descreve que a logística reversa, porém, não é uma representação simétrica da logística “forward”. Segundo ele, ela é muito mais reativa (“supply driven”) e é difícil estimar parâmetros de provisão, tais como a unidade de custo operacional direto, a partir de dados estatísticos reportados. Continuando, o autor diz que a literatura identifica coleta, inspeção/ordenamento, pré-processo e o design da rede de logística e distribuição como quatro importantes aspectos funcionais na logística reversa. As dimensões usadas para caracterizar a logística reversa são o volume, tempo e a qualidade das devoluções, a complexidade do produto, a complexidade de teste e avaliação, e a complexidade da remanufatura (Srivastava, 2008).

A inclusão da logística reversa na reflexão estratégica das organizações constitui-se em uma nova e diferenciada visão de operação empresarial, pois ao incluírem o conceito na reflexão estratégica das organizações, seus gestores explicitarão um modelo capaz de resultar em melhoria de competitividade, consideráveis retornos financeiros e consolidação de sua imagem corporativa (Roger & Tibben-Lembke, 1999; Dias & Teodósio, 2006a). Os benefícios potenciais da logística reversa são diversos e podem ser divididos em três níveis: o primeiro está ligado ao cumprimento de demandas ambientalistas; o segundo, à eficiência econômica, uma vez que a economia de recursos pode trazer ganhos financeiros; e o terceiro está ligado à imagem da empresa, que eleva o prestígio em torno de sua marca (Dias, 2006).

Como resultado, a aplicação do conceito de logística reversa deve se tornar vital como atividade de gerenciamento de serviço e retorno para produtos tais

como automóveis, refrigeradores, e outras “móveis brancas”, aparelhos celulares, baterias, televisões, computadores. Uma rede de logística reversa bem gerenciada pode não só prover importantes reduções de custo em compras, recuperação, disposição, estoque e transporte, mas também ajuda na retenção de consumidores (Srivastava, 2008).

Nesse sentido, a preocupação com o fluxo reverso já é comum a várias empresas, como as dos fabricantes de bebidas, que têm de gerenciar o retorno de embalagens dos pontos de vendas para os pontos de distribuição, dos fabricantes de pneus, dos fabricantes de baterias de celulares e as siderúrgicas - em que parte dos insumos de produção provém da sucata gerada pelos clientes (Rogers & Tibben-Lembke, 1999).

Como respaldo para a adoção da prática, uma análise mais aprofundada da pesquisa realizada por Gonçalves & Marins (2006), permite uma aproximação com uma das preocupações citadas em Srivastava (2008): avaliar quando a recuperação de produtos usados é mais atrativa do que a simples disposição. Segundo o trabalho desse autor, uma vez implementado o sistema de logística reversa na empresa estudada, foi possível constatar que tal medida pode levar a uma redução no custo do produto acabado, principalmente quando existe reuso do material.

Por outro lado, riscos e incertezas estão associados com a recuperação de um produto. Esses estão ligados ao tempo, qualidade, quantidade e a variedade das devoluções; estimativas de parâmetros de custo para redes de logística reversa; decisões sobre os produtos retornados e aos custos de coordenação ao longo da cadeia de suprimentos reversa. (Srivastava, 2008). A necessidade de coordenação de dois mercados (um para produtos feitos a partir de materiais virgens e outro para produtos feitos a partir de produtos recém-utilizados), a incerteza no suprimento de devoluções e a disposição final são identificadas como os maiores desafios na literatura relacionada à logística reversa (Fleischmann et al., 2000).

Como resposta a essas incertezas, e confirmando que a natureza dessas decisões, usualmente, é considerada multidimensional, interdisciplinar, complexa

e desestruturada devido à falta de certeza na informação ligada ao tempo, quantidade e qualidade das devoluções, Wadhwa (2009) desenvolveu um modelo de decisão para sistemas de logística reversa.

Em seu livro sobre a gestão da cadeia de suprimentos, Pires (2004) apresenta o tema da logística reversa como o fluxo de materiais (gestão dos estoques e movimentação física) ao longo de uma cadeia no seu sentido a montante. Aprofundando um pouco mais, define dois outros fluxos que também precisam ser gerenciados de maneira efetiva: (1) as embalagens e os recipientes utilizados nos transportes e (2) os produtos após o fim de suas vidas úteis. Tais fluxos ultrapassam o conceito da logística reversa e já adentram o contexto da logística verde e do “Green Supply Chain Management”.

### **2.2.2 Logística Verde**

O conceito de logística verde, ou logística ecológica, está diretamente ligado a todas as ações e medidas com o propósito de minimizar o impacto ambiental gerado pelas atividades de logística em geral. Podem incluir certificações ISO 1400 e reduções no consumo de combustíveis e materiais ligados ao transporte de determinados produtos. Algumas atividades ligadas à logística verde, como o uso de “pallets” reusáveis e a remanufatura podem ser classificadas também como logística reversa. Entretanto, atividades ligadas à redução no consumo de energia ou ao redesenho de embalagens com o objetivo de reduzir a poluição gerada com o transporte dos produtos, ambas logísticas verdes, não podem ser classificadas como logística reversa (Roger & Tibben-Lembke, 1999).

Nesse sentido, e apesar de não usar o termo “Green Logistics”, Handfield et al. (1997), ao comentar o uso de papelão reciclado colhido após o uso em uma indústria de móveis, transcendem o conceito de logística reversa e entram no universo da logística verde, uma vez que a preocupação com o fluxo reverso do produto traz retornos ecológicos. Nesse caso, a nova postura da companhia pode ser entendida como uma atividade de logística verde e reversa.

Quando colocadas lado a lado, as palavras logística e verde sugerem um sistema de transporte eficiente e ambientalmente adequado. Entretanto, ao se explorar o conceito e suas aplicações em detalhes, uma grande quantidade de inconsistências e paradoxos fica evidente, sugerindo que sua aplicação pode ser mais difícil do que o esperado (Rodrigues et al., 2001). Dessa forma, na Tabela 1 citam-se alguns exemplos de atividades e trabalhos publicados classificando-os como sendo de logística “forward”, logística reversa, logística verde ou uma combinação das duas.

Tabela 1: Classificação de publicações e atividades ligadas à logística

<b>Exemplos</b>	<b>Logística <i>Forward</i></b>	<b>Logística Reversa</b>	<b>Logística Verde</b>
<b>Hesse et al. (2004)</b> desafiam a perspectiva tradicional, em que o transporte é considerado como uma demanda derivada, com a idéia que requisitos logísticos o ressaltam como componente de uma demanda integrada no sentido do cliente a jusante da cadeia.	X		
<b>Adlmaier &amp; Sellitto (2007)</b> descrevem um estudo de caso em logística reversa sobre embalagens retornáveis adequadas para transporte internacional de peças para motores a diesel.		X	X
<b>Dias &amp; Teodósio (2006)</b> propõem-se a discutir as possibilidades, limites e desafios da reciclagem de PET, recorrendo à discussão sobre logística reversa.		X	X
<b>Handfield et al. (1997)</b> desenvolvem uma taxonomia de práticas ambientalmente corretas dentro das operações de gerenciamento da cadeia de valor.		X	X
<b>Bala et al. (2008)</b> explicam a estratégia e os procedimentos para disseminar práticas de compras verdes através de sua administração e cadeia de suprimentos, ressaltando as barreiras encontradas e ações tomadas para superá-las.			X
<b>Amini et al. (2005)</b> discutem o valor competitivo de atividades de gerenciamento de serviços, assim como a importância do suporte dado pelas operações de logística reversa no sucesso e na rentabilidade destas atividades.		X	
<b>Gonçalves &amp; Marins (2006)</b> discutem a adoção de processos de Logística Reversa numa Empresa de Laminação de Vidros.		X	X
<b>Vanek &amp; Morlok (2000)</b> propõem o uso de uma alternativa de transporte baseada no tipo de recurso, na qual a energia utilizada em fretes é desagregada pela contribuição dos principais grupos de matérias-primas, a fim de apoiar a melhoria de eficiência ao nível das <i>commodities</i> .			X

Fonte: Autor desta dissertação

## 2.3 INTRODUÇÃO AO GREEN SUPPLY CHAIN MANAGEMENT - GrSCM

A questão ambiental na cadeia de suprimentos é cada vez mais uma preocupação para muitas empresas e um desafio para o gerenciamento logístico no século 21. Uma questão, em particular, é como despertar uma consciência ambiental organizacional e colocar em prática aspectos ambientais nas atividades logísticas de cadeias de suprimento (Qinghua et al., 2008a). Nesse contexto, surge o “Green Supply Chain Management”, conceito ainda em fase de amadurecimento, com diversos autores abordando o tema sobre óticas diferentes.

Dias (2006) extrapola os limites do conceito de logística reversa e sentencia que na fase de definição dos materiais a serem utilizados, Pesquisa e Desenvolvimento, deve ser considerada a possível reciclagem e reutilização dos materiais. Uma vez que a vida de um produto, do ponto de vista logístico, não termina com sua entrega ao cliente, por trás do conceito de logística reversa deve estar o ciclo de vida do produto. Porém, para que isso ocorra, as empresas devem considerar a gestão logística, em conjunto com a gestão do fim da vida, não como uma forma de disposição organizada do produto, mas como um “circuito fechado”, isto é, como estratégia de recuperação do valor econômico e ambiental.

Por sua vez, Qinghua et al. (2008a) dizem que o escopo da implementação de práticas em GrSCM vai desde “compras verdes” até o gerenciamento integrado do ciclo de vida das cadeias de suprimento, fluindo do fornecedor, passando pelo fabricante, consumidor, e fechando o ciclo com a logística reversa. Estes autores conceitualizam o termo a partir de cinco dimensões diferentes:

- Gerenciamento Ambiental Interno;
- Compra Verde;
- Cooperação com os clientes, incluindo questões ambientais;
- Eco design;
- Investimento na Recuperação.

Ainda segundo Qinghua et al. (2008b), o investimento na recuperação de um produto pode ser legitimamente visto como uma prática capaz de gerar benefícios econômicos e ambientais.

As práticas do gerenciamento “verde” da cadeia de suprimentos são entendidas como as atividades de gerenciamento que têm a intenção de melhorar o desempenho ambiental das matérias primas compradas, ou dos fornecedores que as vendem. Tais práticas podem envolver atividades de redução na fonte, como: (1) reciclagem, reuso, purificação do material de entrada, design de embalagens menos densas; (2) coleta de dados ambientais de vendedores, produtos ou processos; (3) esforços para eliminação de resíduos, como biodegradação e incineração não-tóxica. Exemplos de práticas de gerenciamento “verde” da cadeia de suprimentos podem incluir a redução de embalagens e resíduos, assessoramento de vendedores com relação ao seu desempenho ambiental, desenvolvimento de produtos ambientalmente amigáveis e redução da emissão de carbono associada ao transporte de mercadorias (Walker et al., 2008). Para Birou et al. (1998), GrSCM está ligada a todo o processo produtivo, desde o design do produto até a reciclagem ou destruição, ou do berço ao túmulo. Esse princípio é similar ao ciclo de vida do produto, uma idéia que diz que todo produto passa por um ciclo de vida, como os humanos, nascimento, maturidade, morte. O ciclo de vida do produto fornece estrutura à vida dos materiais e, conseqüentemente, dá uma direção para os diversos esforços funcionais necessários para produzir e oferecer bens e serviços.

Não citando o termo “desempenho ambiental” descrito em Walker (et al., 2008), Srivastava (2008) define GrSCM como sendo a ação de integrar conceitos ambientais ao gerenciamento da cadeia de suprimentos, partindo desde a fase do *design* até o gerenciamento do produto após sua vida útil. Em outro trabalho, constatando a necessidade de uma classificação sucinta para ajudar acadêmicos e pesquisadores a entenderem GrSCM de uma perspectiva mais ampla, Srivastava, (2007), construiu um painel, conforme apresentado na Figura 1, em que chama de operações verdes, ações como coleta, reciclagem e remanufatura de tais produtos.

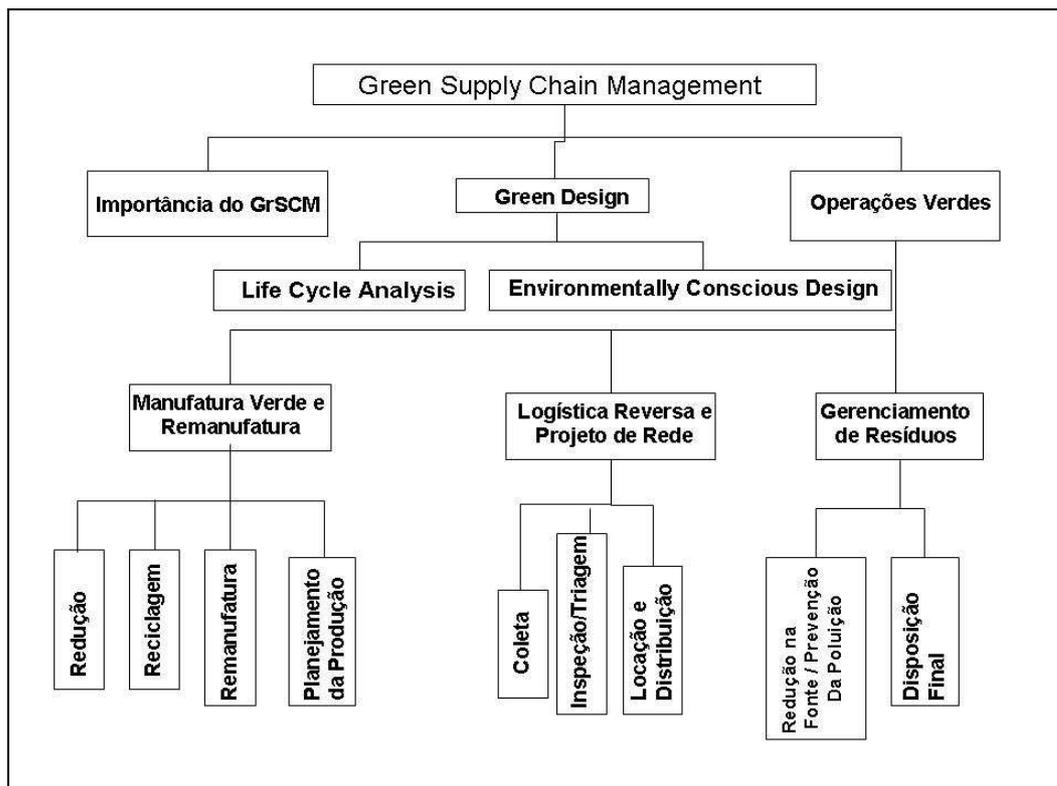


Figura 1: Framework para GrSCM (Fonte: Adaptado de Srivastava , 2007)

### 2.3.1 Importância do GrSCM

Atualmente, é claro que as melhores práticas chamam por integração entre gerenciamento ambiental e práticas contínuas. Nesse sentido, GrSCM representa um recente e importante inter e intra-organizacional conjunto de práticas de gerenciamento ambiental importantes para o gerenciamento logístico (Srivastava, 2007). GrSCM é desenhado para incorporar considerações ambientais em tomadas de decisões em cada fase do gerenciamento logístico de materiais, até o estágio de pós-consumo e disposição final usando, da logística reversa, o conceito de fechamento de círculo (Qinghua et al., 2008a).

A força motriz da preocupação ambiental corporativa é o crescente papel da regulamentação governamental (Handfield et al., 1997). Dessa forma, os novos paradigmas para o setor industrial em todo o mundo deverão ser: responsabilidade pelos seus produtos e embalagens, desde o projeto até a sua disposição final; e, nos projetos de produtos e embalagens, considerar não só a viabilidade da

manufatura, mas também facilitar a desmontagem, a sua manutenção e eventual reciclagem, além do uso eficiente de recursos naturais (Gonçalves & Marins, 2006). Segundo May et al. (2003), as corporações devem ser responsabilizadas independente de culpa por todo e qualquer dano advindo de quaisquer de suas atividades que causem danos ao meio ambiente, a propriedade ou pessoas, incluindo remediação do local atingido. As matrizes, bem como as subsidiárias e empresas locais afiliadas, devem ser responsáveis pela compensação e pela restituição. A responsabilidade das corporações por seus produtos deve se estender por todo o ciclo de vida do produto, desde a produção até a disposição final. Os Estados devem responsabilizar diretores e representantes das corporações como pessoa física pelas ações ou omissões das empresas que representam, incluindo as ocorridas nas subsidiárias (Greenpeace, apud May et al., 2003).

Regulação externa e legislação parecem ser fortes incentivadores para projetos de cunho ambiental em cadeias de suprimento, especialmente se as companhias são pró-ativas e inovadoras em atender às regulamentações. Competidores externos podem agir como motivadores para projetos em GrSCM, para firmas procurando vantagens competitivas e para aperfeiçoar suas performances. Finalmente, os motivadores externos incluem uma crescente preocupação da sociedade, consumidores demandando performances ambientais mais amigáveis e a influência de ONGs preocupadas com a “maquiagem verde” corporativa (Walker et al., 2008).

Quando se fala em tornar a cadeia de suprimento ambientalmente adequada, pode se pensar em banir o uso de substâncias químicas tóxicas ou reduzir emissões ou resíduos para o meio ambiente. Entretanto, GrSCM é muito mais que uma simples redução de materiais e poluição. Conseqüentemente, os benefícios não são limitados a um menor consumo de substâncias ou a uma menor produção de resíduos. O princípio de GrSCM pode ser aplicado para todos os departamentos na organização e os efeitos podem ser expandidos para todas as áreas, tangíveis e intangíveis (Khiewnavawongsa, 2009).

### 2.3.2 Green Design

O conceito de “Green Design” tem sido exaustivamente usado na literatura para denominar produtos desenhados com algumas preocupações de caráter ambiental. Ele consiste em considerar sistematicamente questões ligadas à segurança ambiental e à saúde por todo o ciclo de vida do produto durante a produção nova e no processo de desenvolvimento (Fiksel, 1996). Seu escopo envolve várias disciplinas, incluindo gerenciamento de risco ambiental, segurança do produto, saúde e segurança ocupacional, prevenção da poluição, conservação de recursos e gerenciamento de resíduos (Srivastava, 2007). Este autor divide “Green Design” em LCA – Life Cycle Analysis – e em ECD – Environmentally Conscious Design.

A avaliação do ciclo de vida (LCA) é um método internacional capaz de considerar entradas e saídas, ao longo de toda a cadeia, ligadas ao ciclo de vida de um produto ou serviço. Ela é geralmente considerada a melhor ferramenta ambiental que pode ser usada para obtenção de uma quantificação objetiva de todos os impactos ambientais relacionados com diferentes cenários de gerenciamento de resíduos (Arena et al., 2003). O escopo de uma LCA envolve o mapeamento de todos os fluxos de material e energia de um produto, desde a retirada de suas matérias-primas até sua disposição final (Tibben-Lembke, 2002; Arena et al., 2003). Mais especificamente, Vanek & Morlok (2000) dizem que o objetivo da análise de ciclo de vida de uso de energia é estimar o consumo de energia em cada etapa do ciclo de vida de um determinado produto ou classe de produtos, visando à redução global de energia através do aumento da eficiência em cada estágio.

Durante o desenvolvimento de um produto, a equipe de *design* pode mudar as matérias-primas ou as substâncias utilizadas durante a produção por outras menos tóxicas, ou mais ambientalmente amigáveis. Algumas terminologias são ligadas ao verde, tais como *design* ambiental, EcoDesign ou Environmentally Conscious Design. Um exemplo de produto verde é o carro híbrido. Devido ao aumento da demanda por petróleo e à sua diminuição de oferta, fabricantes de automóveis precisaram redesenhar um motor para não consumir ou consumir

menos gasolina (Khiewnavawongsa, 2009). Em outro exemplo, McAuley (2003) discutiu o “Green Design” dos automóveis, que tendem a adotar uma menor quantidade de materiais mais avançados e de menor peso.

Uma medida comum é trocar um material ou processo potencialmente perigoso por outro que se mostre menos problemático. Entretanto, essa aparentemente razoável ação pode, algumas vezes, se tornar indesejável caso resulte numa rápida depreciação de um recurso escasso ou em um aumento de extração de outros materiais ambientalmente problemáticos (Srivastava, 2007).

### **2.3.3 Operações Verdes**

As Operações Verdes estão ligadas a todos os aspectos envolvidos na manufatura/remanufatura, uso, controle, logística e gerenciamento de resíduos uma vez que o design foi finalizado (Srivastava, 2007). Este autor agrupa tais operações em: Manufatura Verde e Remanufatura; Logística Reversa e Desenho de Rede e Gerenciamento de Resíduos. A presente subseção apresenta brevemente estes grupos.

#### **2.3.3.1 Manufatura Verde e Remanufatura**

A Manufatura Verde tem como objetivo a redução de impactos ecológicos através do uso de materiais e tecnologias apropriadas, enquanto a Remanufatura se refere ao processo industrial em que produtos inutilizados são restaurados para uma condição de quase-novo (Lund *apud* Srivastava, 2007). Dentro deste grupo deve-se considerar: Redução, Remanufatura, Reciclagem e Planejamento da Produção.

Segundo Srivastava (2007), a redução é uma área muito importante dentro das Operações Verdes. Entretanto, a grande dificuldade para a adoção de uma atitude precavida de buscar estabilizar o nível de consumo de recursos naturais está em que essa estabilização pressupõe uma mudança de atitude que contraria a lógica do processo de acumulação de capital em vigor desde a ascensão do capitalismo (May et al., 2003).

Citando como exemplo um dos maiores desafios da sociedade atual, a redução no nível de emissão de gases do efeito estufa na atmosfera, principalmente o gás carbônico, e sendo os meios de transporte um dos grandes contribuintes para o atual nível de emissão, Vanek & Morlok (2000) apresentaram uma nova maneira para reduzir a energia utilizada em fretes. Segundo estes autores, os esforços para redução do consumo energético em transportes de mercadorias normalmente focam no modo ou tipo, com a divulgação de um aperfeiçoamento do gasto energético através da substituição de veículos intensivos em energia, tais como caminhões, para modelos mais eficientes tais como trens. Entretanto, pesquisas recentes e previsões indicam que apesar das sensíveis melhorias na tecnologia envolvida com a eficiência energética destes meios de transporte e do robusto aumento do uso de trens intermodais desde 1980, o gasto energético total em todos os meios de transporte cresceu aproximadamente 33 %, com a mesma proporção no crescimento das emissões de carbono. Como alternativa, propõem o uso de uma alternativa baseada no tipo de recurso, na qual a energia utilizada em fretes é desagregada pela contribuição dos principais grupos de matérias-primas, a fim de apoiar a melhoria de eficiência ao nível das *commodities*.

O processo de reciclagem consiste no reuso de materiais já utilizados, através de vários processos de separação, na produção de um novo original ou de outros produtos (Lenz, 1995). Entende-se o termo como sendo uma transformação (artesanal ou industrial) do material para formar o mesmo ou outro(s) produto(s) para uso posterior. Tal processo encontra maior viabilidade econômica nas indústrias automobilísticas e de produtos eletrônicos (Srivastava, 2007).

Entre os processos que envolvem a reciclagem com segregação na fonte geradora podem ser destacados a coleta seletiva “porta a porta”, os Pontos de Entrega Voluntária – PEVs - e a cooperativa de catadores (Monteiro & Zveibil, 2001). A coleta seletiva porta a porta é o modelo mais empregado atualmente e, basicamente, consiste em coletar com veículo específico, o lixo previamente triado pela população. Os PEVs são locais públicos onde estão dispostos containeres e recipientes específicos para que a população possa dispor voluntariamente o lixo previamente triado em suas residências. Finalmente, as

cooperativas de catadores se formaram com o objetivo de dar um cunho social aos programas de reciclagem dos municípios, uma vez que grande parcela dos trabalhadores envolvidos no processo de catação dos materiais potencialmente recicláveis vive à margem da sociedade.

Jasem (2005) e Monteiro & Zveibil (2001) citam os três principais benefícios da adoção de processos de reciclagem como sendo:

1. Prolongamento do tempo de vida útil dos aterros sanitários através da redução da quantidade de lixo que chega aos mesmos;
2. Encorajamento da expansão e do desenvolvimento da utilização de resíduos pelas indústrias, o que irá afetá-las positivamente;
3. Minimização do uso de matérias virgens que são normalmente importadas, o que pode ajudar a proteger e salvar o meio ambiente global e seus recursos, e a reduzir a dura troca de moedas.

A despeito destes benefícios, segundo pesquisa do IBGE (2004), apesar de o Brasil ser recordista mundial em reciclagem de latas de alumínio (89% em 2003, contra 50% em 1993) e a reciclagem de papel ter subido de 38,8% em 1993 para 43,9% em 2002, o indicador Coleta seletiva de lixo mostra números incipientes no País. Somente 2% do lixo produzido no país são coletados seletivamente e apenas 6% das residências são atendidas por serviços de coleta seletiva, que existem em apenas 8,2% dos municípios brasileiros.

A remanufatura envolve a maior quantidade de esforço para se renovar um produto (Roger & Tibben-Lembke, 1999). Segundo Andreu (1997), o termo significa trazer produtos usados para padrões de qualidade rigorosamente iguais aos de produtos novos através da completa desmontagem até o nível dos componentes, extensiva inspeção e troca de peças quebradas ou ultrapassadas.

Diversas são as empresas que utilizam a reforma e a remanufatura para redução de custos. Além das tradicionais indústrias de automóveis, eletrônicos, até as espaçonaves da NASA estão sendo construídas com ferramentas remanufaturadas ou reformadas (Roger & Tibben-Lembke, 1999; Srivastava,

2007). Nesse sentido, centros de remanufatura requerem um alto investimento em capital e tecnologia e produzem bens atualizados (Srivastava, 2008).

Segundo Roger & Tibben-Lembke (1999), reforma é o segundo nível de recondição e recuperação de um produto e também pode envolver uma atualização tecnológica através da troca de módulos ou componentes ultrapassados para outros novos com tecnologia superior. Reformar é trazer a qualidade de um produto usado para um nível determinado através da desmontagem, inspeção e troca de componentes quebrados (Andreu, 1997; Srivastava, 2007). Finalizando, o conserto consiste em trazer produtos usados para a condição de funcionamento adequado. A qualidade destes produtos pode ser menor do que a de um produto novo. (Andreu, 1997; Srivastava, 2007). Roger & Tibben-Lembke, (1999) dizem que conserto envolve a menor quantidade de esforço para se renovar um produto, o que está em sintonia com o escrito em Srivastava (2008); centros de conserto e reforma requerem um menor investimento de capital, menos qualificação e consertam/reformam mercadorias com o intuito de deixá-las quase tão boas como se fossem novas.

No que concerne ao Planejamento da Produção, os métodos tradicionais de planejamento e programação têm aplicação limitada em sistemas de remanufatura (Srivastava, 2007).

### **2.3.3.2 Logística Reversa e Projeto de Rede**

O conceito de logística reversa já foi apresentado anteriormente e, como visto, pode ser entendido como:

“Todas as atividades relacionadas ao produto/serviço após a venda, sendo que o seu objetivo principal é otimizar ou tornar mais eficientes as atividades do pós-venda, resultando, portanto, em economia de recursos financeiros.”

Por outro lado, redes de logística reversa têm algumas características genéricas ligadas à coordenação requerida para dois mercados, à incerteza de fornecimento, à escolha do local de disposição para os retornos, a adiamentos e a

especulações (Fleischmann *et al.* 2000). Como resultado, tais características afetam consideravelmente o projeto de rede (Srivastava, 2007).

As principais etapas apresentadas por Srivastava (2007) são: coleta, inspeção / triagem / pré-processamento e locação e distribuição.

O procedimento de coleta é a ação de recolher o lixo acondicionado pelo gerador para encaminhá-lo, com uso de transporte adequado, a uma possível estação de transferência, a um eventual tratamento ou para disposição final. Tal ação visa evitar problemas de saúde, ambientais e/ou estéticos (Monteiro *et al.*, 2001; Pereira, 2007).

O planejamento da coleta deve ser efetuado por profissional habilitado e qualificado para a função. Para a elaboração do projeto devem ser definidos dados básicos (Pereira, 2007):

- *Características do lixo* – quantidade gerada, peso específico dos constituintes, volume e composição gravimétrica;
- *Características do sistema viário* – informações sobre avenidas, ruas, declividades, tipo de pavimentação, extensão, sentido, intensidade do tráfego, áreas de difícil acesso;
- *Levantamento das zonas de geração de lixo* – zonas residenciais (classes alta, média e baixa), com respectivas densidades populacionais (habitantes/km<sup>2</sup>) zonas comerciais, setores de concentração de lixo público;
- *Dados populacionais* – população fixa e flutuante, contribuição *per capita* e número médio de moradores por residência;
- *Hábitos e costumes da população* – dados relativos aos locais onde há mercados, feiras livres, festas religiosas, ocupação sazonal de determinadas áreas de lazer;
- *Tratamento e destinação final* – determinar a destinação do lixo coletado e a distância desse local ao centro geométrico da área de coleta;

- *Frequência de coleta* – poderá ser diária, ou três a duas vezes por semana. Decisão que deve ser tomada em função do tipo de lixo, dos recursos econômicos e do tipo de clima da região analisada.

A inspeção/triagem pode ser realizada tanto na hora da coleta ou após - em uma central de coleta ou na própria unidade de remanufatura (Srivastava, 2007). Cairncross (1992) sugere que esquemas de coleta podem ser classificados quando a separação é feita pelos consumidores (separação na fonte) ou quando é centralizada (processamento de lixo misturado). Entretanto, independente de o lixo ter sido previamente triado pela população, é necessário o encaminhamento destes resíduos para uma estação de triagem. Aí é feita a escolha do material reciclável a ser separado, dependendo, sobretudo, da demanda da indústria em um processo com as seguintes fases: recepção, alimentação e triagem (Monteiro et al., 2001).

Pereira (2007) apresenta as Unidades de Triagem e Compostagem – UTC, instalações dotadas de equipamentos eletromecânicos destinados a separar da massa de resíduos os materiais recicláveis (inertes e orgânicos) e os rejeitos. Segundo ele, tais instalações podem aumentar a flexibilidade operacional se receberem o lixo de uma coleta diferenciada, dividida em resíduos secos e resíduos úmidos. Entretanto, dada as dificuldades relativas à implantação de programas de coleta seletiva, as UTCs assumem um papel importante na separação dos resíduos não triados pela população em geral.

O redesenho de redes de logística de forma a acomodar produtos retornados e remanufaturados e o reuso de suas partes ou componentes pode, frequentemente, ser lucrativo e está assumindo um papel de destaque nos negócios, assim como nas pesquisas em geral (Tibben-Lembke, 2002). Nesse sentido, Srivastava & Srivastava (2005) desenvolveram um modelo hierárquico de tomada de decisão para descobrir a viabilidade de redes de logística reversas voltadas para um ganho de lucratividade. Segundo os autores, atividades de logística reversa foram lucrativas para a categoria de produtos por eles selecionados, ressaltando que os locais das instalações e das ligações de transporte devem ser escolhidos de forma

a levar os produtos usados de seus usuários originais para um produtor e, finalmente, para outros mercados.

Citando diversos autores que relatam problemas com a integração de atividades de logística reversa dentro de uma organização, Srivastava (2007) comenta que hoje em dia tecnologias da informação e comunicação têm um papel fundamental na coordenação e na integração de atividades ligadas ao GrSCM.

### **2.3.3.3 Gerenciamento de Resíduos**

As principais etapas listadas em Srivastava (2007) para o gerenciamento de resíduos são:

- Redução na Fonte / Prevenção da Poluição;
- Disposição Final.

O termo prevenção da poluição foi criado em 1976 pela 3M e sua estratégia foca em prevenir a poluição na fonte, tanto em produtos, como em processos de manufatura, ao invés de ter que removê-la após a fabricação dos mesmos (Srivastava, 2007).

O processo de disposição final dos resíduos em geral recomendado são os aterros, sanitários e industriais. Todos os demais processos ditos como de destinação final (usinas de reciclagem, compostagem e incineração) são, na realidade, processos de tratamento ou beneficiamento do lixo, e não prescindem de um aterro para a disposição dos seus rejeitos (Monteiro & Zveibil, 2001).

Basicamente, um aterro (sanitário ou industrial), inclui a drenagem da água pluvial, a drenagem e o tratamento do chorume, a drenagem e o tratamento dos gases gerados pelo processo de decomposição e um constante processo de controle e monitoramento. Entretanto, devido ao constante crescimento populacional e dos seus núcleos urbanos, que reduz as opções de áreas para a construção de aterros, somado ao aumento das restrições ambientais, é necessário racionalizar o uso dos aterros no sentido de aumentar sua vida útil. Logo, dentro

de uma visão moderna, tem-se como principal objetivo diminuir a quantidade de resíduo destinado a esse sistema. Procurando reduzir, reutilizar e reciclar a produção de lixo deve-se destinar aos aterros somente os resíduos tóxicos e os rejeitos sem valor econômico (Pereira, 2007).