

José Vicente Caixeta-Filho
Ricardo Silveira Martins

Gestão Logística do Transporte de Cargas

Adriane Monteiro Fontana
Ana Beatriz Figueiredo de Castro Monteiro
Antônio Galvão Novaes
Edson Martins Aguiar
Evandro Cardoso dos Santos
Fernando Howat Rodrigues
Gonçillo Corrêa Junior
José Vicente Caixeta-Filho
Marcelo Lacerda Rezende
Newton de Castro
Orlando Fontes Lima Jr.
Ricardo Silveira Martins
Wagner Colombini Martins

editora
atlas



EDITORA ATLAS S.A.
Rua Conselheiro Nébias, 1384 (Campos Elísios)
01203-904 São Paulo (SP)
Tel.: (0-11) 221-9144 (PABX)
www.atlasnet.com.br

**José Vicente Caixeta-Filho
Ricardo Silveira Martins
(Organizadores)**

Gestão Logística do Transporte de Cargas

**Adriane Monteiro Fontana
Ana Beatriz Figueiredo de Castro Monteiro
Antônio Galvão Novaes
Edson Martins Aguiar
Evandro Cardoso dos Santos
Fernando Howat Rodrigues
Goncílio Corrêa Junior
José Vicente Caixeta-Filho
Marcelo Lacerda Rezende
Newton de Castro
Orlando Fontes Lima Jr.
Ricardo Silveira Martins
Wagner Colombini Martins**

**SÃO PAULO
EDITORIA ATLAS S.A. – 2001**

Logística, Transportes e Adequação Ambiental

F6798

Adriane Monteiro Fontana
Edson Martins Aguiar

8.1 LOGÍSTICA EMPRESARIAL – UMA BREVE DEFINIÇÃO

Logística empresarial, um termo muito citado porém não bem definido, engloba diversos segmentos, como a distribuição física, a administração de materiais, os suprimentos, os transportes, as operações de movimentação de materiais e produtos, entre outros. Segundo Ballou (1995), a logística empresarial trata de todas as atividades de movimentação e armazenagem que facilitam o fluxo de produtos desde o ponto de aquisição da matéria-prima até o ponto de consumo final, assim como dos fluxos de informação que colocam os produtos em movimento, com o propósito de providenciar níveis de serviço adequados aos clientes a um custo razoável.

São consideradas atividades principais dessa cadeia o transporte, a manutenção de estoques e o processamento de pedidos, e como atividades secundárias a armazenagem, o manuseio de materiais, a embalagem de proteção, a obtenção, a programação de produtos e a manutenção de informações. Esse processo é de suma importância para a economia e para as empresas que têm como objetivo ofertar níveis de serviços eficientes e eficazes.

A administração de materiais e a distribuição física são as peças fundamentais da logística empresarial, sendo que ambas trabalham com o processamento de pedidos, transportes e controle de estoques, porém diferem entre si na origem dos fluxos analisados. A distribuição física opera com o produto final de uma empresa, e a administração de materiais opera com suas matérias-primas necessárias para a fabricação deste produto final.

1234576
230402

SYSNO 1234576
PROD 002998

ACERVO EESC

Podemos diferenciá-las da seguinte forma:

- a administração de materiais está voltada para o abastecimento da empresa, envolvendo todas as atividades que sejam necessárias para esta finalidade;
- a distribuição física tem como objetivo atender a demanda pelos produtos e/ou serviços oferecidos pela empresa, englobando todas as etapas exigidas para este processo.

A logística empresarial tem como meta garantir a disponibilidade de produtos e materiais nos mercados e pontos de consumo com a máxima eficiência, rapidez e qualidade, com custos controlados e conhecidos. Hoje, considera-se a logística como a última fronteira da Administração de Empresas em que é possível conseguir economias significativas e reforçar a competitividade.

Para atingir essa meta, a logística vem desenvolvendo-se em ritmo mais acelerado, para fazer frente à demanda de administrar e coordenar cadeias de suprimento e distribuição cada vez mais complexas. A crescente internacionalização da economia, por um lado, e o aumento de opções logísticas no Brasil (privatização de portos e ferrovias, investimentos em infra-estrutura, o aparecimento de operadores logísticos), por outro, tornam mais complicada a otimização das operações logísticas. O uso de metodologias de áreas de ponta, como Informática e Sistemas de Apoio à Decisão, é fator fundamental para o correto desempenho logístico.

A área de logística tem também como propósito instrumentalizar a comunidade empresarial para o emprego de modernas estratégias e técnicas logísticas, na forma de projetos de assessoria, consultoria, pesquisa e cursos de atualização ou reciclagem, além de treinamentos *in company*.

3.2 PAPEL E RELEVÂNCIA DA LOGÍSTICA NA INCORPORAÇÃO DE QUESTÕES AMBIENTAIS

A ecologia relata a relação entre os seres vivos, bem como o ambiente onde eles estão inseridos e atuantes. Essa relação é estudada como um ecossistema, onde os fatores são considerados como parte única no cenário. A interação entre esses fatores é muito complexa e profundamente inter-relacionada.

Atualmente, devido à falta de recursos, à disposição de resíduos, aos congestionamentos e aos índices de poluição, o governo e as empresas têm dado prioridade para resolução desses e de outros problemas de natureza similar. Com

o aumento dos efeitos ambientais decorrentes de operações logísticas, eis que surge um vasto campo para estudos e pesquisas, sejam estes no plano teórico ou em aplicações de pequeno ou grande porte.

As empresas estão buscando realizar suas operações logísticas da maneira mais amigável possível com o meio ambiente; não acreditam, porém, que suas medidas ambientais tenham resultados eficientes, e possuem uma grande preocupação com a questão de custos e de qualidade de serviços.

8.3 LOGÍSTICA REVERSA – CONCEITO E COMPONENTES DO SISTEMA

De acordo com Leite (2000), a logística reversa é uma nova área da logística empresarial que tem como preocupação o equacionamento da multiplicidade de aspectos logísticos do retorno ao ciclo produtivo dos diversos tipos de bens industriais, dos materiais constituintes dos mesmos e dos resíduos industriais, por meio da reutilização controlada do bem e de seus componentes ou da reciclagem dos materiais constituintes, dando origem a matérias-primas secundárias que se reintegrarão ao processo produtivo.

Outro conceito é que a logística reversa representa todos os assuntos relacionados com as atividades logísticas cumpridas com o objetivo de redução, reciclagem, substituição, reuso de materiais e a disposição final. Os aspectos ambientais têm um profundo impacto no trabalho logístico.

É sabido que esse será o maior assunto na área de logística dos próximos tempos, incorporando o gerenciamento ambiental.

Os canais de distribuição reversos representam o ciclo que vai desde a captação dos bens pós-consumo – resíduos, independente da forma que essa se der até sua reutilização.

Os bens de consumo apresentam uma vida útil determinada, sendo descartados após esse período. Com o aumento de produtos com uma vida útil menor, aumenta-se o número de resíduos gerados, e com isto chega-se ao esgotamento da capacidade dos sistemas tradicionais de disposição de resíduos, sendo necessário que surja uma alternativa para a destinação final dos bens de pós-consumo, a fim de minimizar o impacto ambiental gerado pelos mesmos. Esse é um elemento importante para o planejamento estratégico das empresas, estabelecendo dessa forma programas e regras de gestão de resíduos sólidos e propiciando a melhoria de seus canais reversos, minimizando assim os impactos negativos de seus produtos e processos no meio ambiente.

Para suprir esses objetivos, faz-se necessário o desenvolvimento da rede reversa, que pode ser feito pela própria empresa ou com parcerias de setores públicos ou cooperados. De acordo com Leite (2000), deve-se estabelecer uma distinção entre os diversos canais de distribuição reversa, que podem ser classificados da seguinte maneira:

- disponibilidade do bem;
- forma de reaproveitamento dos bens ou de seus materiais constituintes (canais de distribuição de bens duráveis, semiduráveis e descartáveis);
- quanto ao ciclo que representam: aberto – visa a reintegração do produto ao ciclo produtivo, substituindo o uso de matérias-primas – ou de ciclo fechado – os materiais servem para fabricação de produtos similares;
- quanto ao nível de integração da empresa – integrada, se ela for a responsável por todas as etapas do canal de distribuição reverso ou não integrada, se ela participar de algumas etapas do processo;
- quanto aos objetivos: econômicos (obter lucros pela atividade reversa), mercadológicos (diferenciação de produtos pós-vendas), legislativos (para poder contribuir com a elaboração de normas), prevenção de riscos (minimizar os impactos pós-consumo de seus produtos), ganhos de imagem corporativa, entre outros.

A logística reversa ganhou uma aceitação nas empresas; dentro dela, pode-se discutir a importância dos transportes, nas atividades de reciclagem e disposição de resíduos. Os assuntos relacionados aos transportes são: roteirização e programação horária de veículos, escolha do modo de transporte, a escolha entre transporte público e privado, planejamento de tráfego entre outros assuntos. Deve-se salientar que a discussão desses assuntos ocorre em função de que o custo de transportes representa 25% do custo de reciclagem. Além dos transportes, todos os elementos da logística são de suma importância para responder às questões ambientais.

Um ator que tem um papel relevante nessas questões é o governo, podendo padronizar alguns itens, como a emissão de poluentes pelos veículos, índices de ruídos e necessidade de reciclagem no âmbito municipal, estadual e federal. Pode também financiar pesquisas e dar incentivos a empresas que se adaptam a legislação ambiental em vigor. Sendo mais enfático na questão logística, o governo é responsável pela regulamentação e infra-estrutura de transportes, incluindo aí ferrovias de alta velocidade e combustíveis alternativos. E também o governo é o maior comprador de bens e serviços em muitos países, e pode usar este seu “poder” de comprar, para adquirir produtos “verdes”.

8.4 SISTEMAS LOGÍSTICOS COM ADEQUAÇÃO AMBIENTAL

As empresas que trabalham visando um desenvolvimento sustentável, pesquisando produtos e serviços que representem menores impactos ao meio ambiente, acabam criando um diferencial no mercado e, com isso, abrindo novos horizontes em seus lucros devido a implantação de um planejamento estratégico ligado a sua preocupação ambiental.

O Gerenciamento Ambiental *"é aquele aspecto de estrutura administrativa global da organização que endereça o impacto imediato e a longo prazo de seus produtos, serviços e processos no meio ambiente. Fornece ordem e consistência nas metodologias organizacionais através da alocação de recursos, definição de responsabilidades e avaliação contínua de práticas, procedimentos e processos. É essencial para a habilidade da organização em prever e satisfazer as expectativas de desempenho ambiental crescente e assegurar conformidade contínua com as exigências nacionais e internacionais. Os motivos pelos quais muitas empresas estão adotando um SGA (Sistema de Gerenciamento Ambiental) são:*

- *maior conformidade com os requisitos legais e regulatórios, incluindo as exigências que determinadas informações concernentes ao desempenho ambiental sejam levadas ao público;*
- *redução de passivos/riscos;*
- *prevenção da poluição e redução de resíduos;*
- *desejo de lucrar em mercado para produtos verdes;*
- *melhorar métodos gerenciais internos;*
- *pressão dos acionistas;*
- *valoração pela comunidade;*
- *interesses em atrair uma força de trabalho de alta qualidade;*
- *a indisposição das companhias seguradoras de emitir cobertura para incidentes devido à poluição a menos que a empresa que solicite a cobertura tenha um SGA em ação"* (Hemenway e Gildersleeve, 1995).

As normas ISO 14000 fornecem à administração dos negócios uma estrutura para gerenciar os impactos ambientais. Elas incluem ampla variedade de disciplinas ambientais, tais como sistema de gestão básico, auditoria, avaliação de desempenho, selos, avaliação do ciclo de vida e aspectos ambientais de normas de produto. É um conjunto de normas técnicas referentes a métodos e análises que possibilitam certificar determinado produto quando de sua produção, sua distribuição e descarte, a organização que o produziu, utilizando um pro-

esso gerencial e técnico que não proporciona, ou reduz ao mínimo, os danos ambientais; e que estejam de acordo com a legislação ambiental. A instituição certificadoradora do país, ou outra por ela delegada, emite então o certificado sobre o processo de produção ou o rótulo sobre o produto.

Esse conjunto de normas tem abrangência internacional e, segundo os que propõem, permitirá saber no Brasil, por exemplo, quais as condições de análise que foram submetidos os produtos e processos, nos países em que foram emitidos os certificados de qualidade ambiental, como por exemplo nos EUA etc.

A norma ISO 9000 busca a Qualidade Total, em que o processo do produto acompanhado passo a passo até a entrega deste ao cliente. A ISO 14000 ajuda a empresa a não destruir o meio ambiente; assim, ecologia e produtividade andarão juntas, tornando o produto mais competitivo no mercado e permitindo verificar se a empresa agride ou não o meio ambiente. As normas ISO 14000 são na série de normas que fornecem à administração dos negócios uma estrutura para gerenciar os eventuais impactos ambientais que a empresa gera ou poderá gerar. São elas:

- NBR ISO 14001: Sistemas de Gestão Ambiental, especificação e diretrizes para uso;
- NBR ISO 14004: Sistemas de Gestão Ambiental, diretrizes gerais sobre princípios, sistemas e técnicas de apoio;
- NBR ISO 14010: Diretrizes para Auditoria Ambiental, princípios gerais;
- NBR ISO 14011: Diretrizes para Auditoria Ambiental, procedimentos de auditoria – auditorias de sistemas;
- NBR ISO 14012: Diretrizes para Auditoria Ambiental, critérios de qualificação para auditores ambientais.

As normas ISO 14000 são consideradas revolucionárias, pois a empresa consegue, por meio da chancela de um organismo certificador independente, melhorar tanto seu gerenciamento da qualidade quanto seu gerenciamento ambiental. Grande parte dos requisitos da ISO 14000 adapta-se perfeitamente à ISO 9000. A implementação da norma ISO 14000 mostra a atuação ambiental responsável de uma empresa. Essas normas são fruto da concepção de requisitos que conseguiram aliar a ISO 9000 e a BS 7750, sendo o grande objetivo da ISO 14000 a redução do impacto global dos resíduos de embalagem no meio ambiente; por meio de medidas como: diminuição da quantidade de materiais utilizados, incentivo à reciclagem das embalagens e minimização de volumes de resíduos que vão para os aterros. A norma abrangerá seis áreas: sistema de gerenciamento ambiental, auditorias ambientais, avaliação do desempenho

ambiental, rotulagem ambiental, análise do ciclo de vida e aspectos ambientais relacionados a produtos.

Como produto dessa preocupação pública pela deterioração ambiental, emergem e desenvolvem-se organizações governamentais e grupos comunitários que lutam pela proteção ambiental, alguns deles atuando em escala internacional.

Ainda existem, porém, empresários que encaram as questões ambientais como restritivas a seu crescimento econômico e acreditam que as influências públicas são contrárias às de sua empresa. Todavia, produtos e processos de produção responsáveis ambientalmente são uma estratégia competitiva utilizada por empresas vencedoras para interligar as questões ambientais às decisões de negócios.

Um princípio básico é evitar a poluição na fonte, ou seja, evitar a produção de resíduos perigosos. A produção limpa (PL) e a produção mais limpa (P + L) adotam esse princípio de prevenção, com uma visão global da produção e com economia de materiais e de recursos, como a água e a energia.

A maioria dos assuntos ambientais que hoje em dia são discutidos, como o aquecimento global, a poluição do ar e sonora, depleção da camada de ozônio e de recursos naturais, congestionamentos e resíduos, são importantes e merecem atenção. Organizações logísticas são baseadas no dia-a-dia, e devem traduzir esses anseios ambientais em iniciativas logísticas tangíveis e específicas para cada situação.

Quando se fala em gerenciamento ambiental integrado, significa afirmar que todo elemento da cadeia corporativa deve estar envolvido para minimização do impacto ambiental da empresa desde o começo, que é no final da *supply chain*, até o final do ciclo de vida do produto. A logística tradicional não agrega valores ambientais e tem sua preocupação voltada para minimizar o custo e maximizar ganhos no setor privado.

Algumas ações podem ser tomadas visando a essa minimização de impactos ambientais em diversos setores da cadeia logística; estas ações seriam:

- canal de entrada – atividades envolvidas: recebimento, estocagem e movimentação de matérias-primas – atitudes: consolidação de cargas, análise do melhor modo de transporte a ser utilizado, utilização de contêineres reutilizáveis padronizados, *layout* dos depósitos;
- transformação – atividade envolvida: transformar a matéria-prima em um bem acabado – atitudes: tipo de embalagem a ser utilizado;
- canal de saída – atividades envolvidas: distribuição física – atitudes: localização estratégica do depósito, consolidação dos depósitos em um centro de distribuição.

Outros aspectos de responsabilidade logística envolvem a logística reversa e transportes:

Os transportes são os contribuidores mais danosos em termos ambientais da logística e representam valores significantes dentro do sistema. Algumas ações podem ser tomadas para minimizar os impactos gerados por este, como por exemplo a roteirização destes veículos, a operação dos veículos e disposição final dos veículos e suas partes.

Um uso eficiente dos meios de transportes pode aliviar muitos problemas ambientais; pode-se verificar a possibilidade de utilizar combustíveis menos poluentes, por exemplo.

A pesquisa por materiais mais amigáveis para o meio ambiente faz parte da logística reversa. As embalagens *one-way*, largamente utilizadas, são um bom exemplo de reutilização de matérias, porém, para funcionarem eficientemente, preciso analisar um frete de duas vias, a fim de reduzir o impacto dos meios de transportes.

Existe uma pressão para que se reduzam as embalagens, ou que estas sejam reutilizáveis ou recicláveis, o que terá um grande impacto na estrutura logística. Haverá grandes custos para aquisição de tecnologias que possibilitem o trabalho que busca a preservação do meio ambiente.

5 COLETA, TRANSPORTE E TRANSBORDO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E ASPECTOS RELACIONADOS

As estratégias mais utilizadas na logística para responder aos assuntos ambientais são a reciclagem de materiais, a redução de consumo e o reuso de materiais, os famosos 3 R's – Reduzir, Reciclar e Reutilizar.

5.1 Resíduos sólidos

Os resíduos sólidos estão transformando-se em um problema crucial para as aglomerações urbanas. As cidades que ainda não tenham encaminhado uma solução de longo prazo certamente enfrentarão problemas de sujeira, proliferação de insetos, riscos de contaminação de águas, plantas e animais e, por consequência, estarão sujeitas ao aparecimento freqüente de doenças.

De modo geral, os problemas dependem da consciência da população a seu respeito, para que soluções sejam encaminhadas. No caso do resíduo, a variada

oferta de soluções está antecipando o reconhecimento do problema, o que, inicialmente, é muito positivo.

A preocupação sobre os resíduos, no entanto, é que as ofertas de soluções não sejam precedidas de estudos sobre as necessidades específicas das cidades para as quais são dirigidas. Os resíduos sólidos urbanos são um campo em que os investimentos são altos em relação aos orçamentos municipais, cada dia mais escassos. Meias soluções podem acarretar custos de manutenção elevados no presente e reparações vultosas por danos ambientais no futuro.

Dados recentes mostram que o tratamento e a disposição final dos resíduos domiciliares estão sendo feitos de forma inadequada em 78% dos municípios paulistas. Água, solo e ar do Estado estão sendo afetados diariamente, com possibilidades dramáticas de comprometimento ambiental, cuja reparação, quando possível, é lenta e muito onerosa. Portanto, não há falta de conhecimento sobre a situação, e está mais do que na hora de Prefeitos, Câmaras Municipais e Comunidades buscarem soluções integradas e consistentes para seus problemas de lixo (resíduos sólidos).

A logística pode ter uma grande importância no processo de destinação de resíduos, em combinação com recursos como a reciclagem, podendo minimizar significativamente o uso dos aterros e incineradores de resíduos, representando um grande impacto ambiental.

Os custos de eliminação de resíduos sólidos estão começando a elevar-se. A Agência de Proteção Ambiental dos EUA estima que até 2010 80% dos aterros localizados no território norte-americano estarão com sua capacidade de armazenamento esgotada. Para o Japão a expectativa é mais próxima (2005), e nos Países Baixos esse fenômeno já ocorreu. A Comunidade Comum Européia (CCE) elaborou uma norma que eleva os custos de aterro após sua lotação e aumenta a quantidade de documentos de registro dos materiais depositados neles. Isso incide de maneira direta no custo de remoção de resíduos. Estudos realizados na Europa trazem resultados surpreendentes, pois 62% dos aterros não possuem proteção adequada para o solo onde estão dispostos, ou seja, é elevada a possibilidade de percolação de líquidos provenientes da decomposição dos resíduos para o lençol freático. Outro dado interessante é que 63% não apresentavam chaminés para eliminação de gases perigosos, e 80% não tomavam sequer cuidados com os odores indesejáveis que eram produzidos na área (Cairncross, 1992).

A sociedade precisa compreender a necessidade de reduzir e reciclar seus resíduos, pois dessa maneira reduz-se a utilização de matérias-primas virgens, que em alguns casos começarão a apresentar uma situação de escassez no próximo século, e também a capacidade finita dos aterros e incineradores, que em muitos casos apresentam inconvenientes.

A maior categoria individual de resíduos é, sem dúvida, a embalagem dos produtos que consumimos. Outros grandes geradores de resíduos são os produtos que há alguns anos eram considerados bens duráveis e hoje são descartáveis. Um exemplo é o das fraldas descartáveis, que compõem aproximadamente 4% dos resíduos americanos. Esse é um dado alarmante, pois há três décadas atrás esses produtos não eram utilizados. O crescimento demográfico e a atual conjuntura econômica praticamente obrigam os consumidores a utilizarem esses produtos, devido à pouca disponibilidade de tempo das pessoas, porque produtos antes utilizados necessitavam de outros tratamentos em sua utilização (Cairncross, 1992).

Campanhas de Marketing devem promover produtos que sejam menos poluentes, como aqueles que não utilizem embalagens de papel, exemplo dos tubos de pasta de dentes, em que o invólucro de papel é dispensável. Além de promover um comportamento de preservação, implicaria uma redução de custo do produto, visto que não existiria mais um componente a encarecê-lo.

Algumas outras alternativas devem ser adotadas além da reciclagem e utilização de produtos. Deve-se observar se é melhor um sistema de coleta dos produtos ou de entrega em locais previamente estabelecidos. A partir de campanhas educativas, é possível implantar sistemas de entrega de resíduos, reduzindo dessa maneira o custo de transporte. Em comunidades onde o sistema de reciclagem esteja em fase de implantação, e que ainda não estejam suficientemente esclarecidas a respeito da importância desse processo, surge a necessidade da coleta nos domicílios. A coleta seletiva pode, então, ser otimizada com modelos de roteirização, encontrando o trajeto ideal para os veículos e a rota mínima, o que minimiza os custos e também reduz a poluição ambiental, visto que será feita a utilização de uma quantidade menor de combustíveis.

Deve-se ter bem claro qual será o destino final desse material, recebido ou descartado, pois, se não existir um sistema de reciclagem e esses resíduos forem destinados a aterros ou incineradores, se incorrerá num gasto totalmente desnecessário com campanhas e coletas, sendo também um fator negativo no que se refere à educação e ao estímulo à parceria com a população, que estava cumprindo sua parte no processo.

As campanhas educativas devem ser constantes, pois com o grande avanço tecnológico, surgem novos produtos rapidamente, que nem sempre têm como base os materiais difundidos para melhoria da qualidade ambiental. Com isso, urge a importância desse vigilante processo de integração entre população e o órgão responsável pela destinação dos resíduos.

Estudos mostram as vantagens da utilização de produtos reciclados, como por exemplo:

- o vidro produzido inteiramente de sucata economiza cerca de 15 a 20% da energia necessária para produção do mesmo material proveniente de matéria-prima virgem;
- o plástico, quando produzido a partir de material reciclado, economiza de 92 a 98% de energia.

Na Alemanha, a BMW aumentou o uso de componentes reciclados nos veículos de 70% para 80%, mediante parcerias com companhias recicladoras. Essa iniciativa ajuda na questão de disposição de resíduos. Por exemplo, 80% de todo ácido de baterias utilizadas em equipamentos de armazenagem e transporte agora é reciclado.

Atualmente, para o transporte de resíduos perigosos, existe uma certificação necessária para que ele possa ser embalado, transportado e disposto de maneira adequada. Essa certificação tem influência em todo o processo logístico dos resíduos citados. Algumas alternativas para minimizar o armazenamento de resíduos são:

- utilizar contêineres e paletes reciclados ou retornáveis;
- determinar o melhor método para o manuseio e guarda de resíduos recicláveis e os que estão para disposição dentro da área de estocagem;
- utilizar métodos de controle de níveis de inventário e, com isso, reduzir os níveis de resíduos dentro da armazenagem, um método simples pode ser o Fito (*first in, first out*), primeiro a tornar-se resíduo, será o primeiro a ser destinado ou para disposição em aterro ou para a reciclagem;
- determinar quando estoques inválidos devem retornar ao produtor.

A logística do processo de coleta, armazenagem e disposição de resíduos é enorme (Robeson et al., 1994). Todos os setores da economia criaram algum tipo de resíduo, seja tóxico ou não, e cada tipo de resíduo tem algumas características individuais de tratamento. Existem três grandes áreas de gerenciamento de resíduos, que são:

- controle dos resíduos perigosos desde sua geração até sua última disposição;
- controle de resíduos sólidos, como os resíduos domiciliares;
- regulamentação de substâncias tóxicas e produtos petrolíferos estocados em tanques subterrâneos.

Formas de coleta de resíduos sólidos – O esquema de coleta pode passar por diversas fases, que não são obrigatórias, dependendo da análise feita por quem labora a cadeia reversa. Essas fases são:

- consumidor: gerador dos resíduos;
- definição dos pontos de coleta, que pode ser a própria residência do consumidor, ou um ponto estratégico;
- transferência: onde ocorre a seleção e o rearranjo da carga;
- processamento: MRF (*material recovery facility*) – separa o material recebido e o prepara para o reprocessamento;
- ponto final: reprocessamento ou reciclagem do material.

O tipo de coleta pode ser classificado de diversas maneiras; a coleta pode ser feita nas residências ou o material pode ser trazido pelos consumidores até um ponto predeterminado, o que pode reduzir os custos do sistema. A seleção dos materiais é diretamente ligada à maneira como eles foram separados, se eles foram separados pelos consumidores ou em um processador de materiais. Quanto mais separados os materiais, mais simples se torna sua seleção, porém o custo de transportes aumenta na mesma proporção. Quanto maior o número de frações a serem coletadas, mais complexo torna-se o sistema.

Baseado nesses dados, foram propostos dois esquemas de coleta, a coleta conjunta dos resíduos separados na fonte e a segregada, onde as diversas frações são coletadas em veículos separados. A coleta conjunta pode ser realizada de algumas formas, em veículos compartimentados, embalando as diversas frações separadamente e em veículos isolados.

O planejamento do sistema logístico e dos canais de distribuição é baseado em alguns princípios, que permitem analisar decisões como de quem, como e quando serão executadas as atividades. Um desses princípios é o do adiamento, que permite verificar o grau em que cada atividade numa escala de valores da cadeia é adiada. Existem dois tipos de adiamento, o de tempo e o de lugar.

Quando se trata de canais reversos, o adiamento pode ser de tempo e de espaço, e na atividade reversa, onde é mais indicado o adiamento, é a de separação. Se esta ocorrer na fonte, considera-se especulação; se ocorrer num MRF, poderá representar um adiamento.

O adiamento pode ser definido como um baixo nível de separação na fonte, isto é, pequenas frações separadas no nível de coleta em relação ao número de materiais recicláveis que saem do sistema. Se o adiamento for escolhido, os materiais são coletados conjuntamente e transportados para uma instalação processadora onde os materiais recicláveis misturados serão separados em par-

celas de acordo com as especificações de mercado. Uma grande separação na fonte, isto é, o processamento adiantado de materiais, é o contrário do adiamento, e é definida como especulação.

Mesmo que os esquemas de coleta com adiamento representem altos custos de separação, é esperado que os custos de processamento dos materiais em uma instalação de recuperação de materiais decresçam relativamente aos custos de transportes primeiramente como um resultado de maiores aprimoramentos na tecnologia dos MRF.

8.5.2 Reciclagem

“Na Natureza, nada se perde, tudo se recicla...”

A Natureza está sempre se transformando em harmonia. Quem destrói isso é o homem, jogando seus resíduos em locais inapropriados. Como podemos ajudar a natureza? Reciclando todo material que pudermos. Separando-os e transformando-os em matéria-prima reutilizável.

As indústrias geram quantidades significativas de resíduos que podem ser recicladas. Exemplos incluem caixas de papelão, paletes e uma gama de produtos utilizados para embalar e transportar materiais. Esse processo de reciclar materiais evita sua deposição final em aterros e ainda representa uma receita para a indústria. Uma vez que os materiais são reciclados, eles podem ser utilizados para várias finalidades.

8.5.2.1 O processo de reciclagem

Separação, processamento e transformação de resíduos sólidos

Materiais separados dos resíduos domiciliares podem ser utilizados como material virgem para refabricação e reprocessamento, como base para produção de compostos e outros produtos obtidos por conversão química e biológica.

O processo de separação na fonte (residência) e deposição em local apropriado tem sido incentivado, mas encontrou uma barreira na capacidade de armazenagem de cada residência (os locais para coleta nem sempre são próximos destas, o que obriga os moradores a acumular uma quantidade significativa para depois conduzi-la a local apropriado). Uma iniciativa para facilitar esse deslocamento foi a colocação de “coletores de resíduos” em locais de grande demanda, como *shoppings* e supermercados.

Opções para separação de resíduos

A separação é uma operação necessária para reaver materiais reutilizáveis cicláveis dos resíduos domiciliares. As oportunidades de reutilização e embalagem e avaliação de opções para separação de materiais afetarão o tipo de rama de gerenciamento de resíduos a ser implantado.

A separação pode ocorrer na fonte geradora ou numa instalação de separação. A separação na fonte geradora é um método manual. O número e variedade de componentes depende das metas do programa. É provável a necessidade de novas separações para a reutilização ou a reciclagem dos materiais. A separação em um MRF pode ser de algumas maneiras:

- processo de separação na fonte dos resíduos obtidos nos programas de coleta e em centros de processamento;
- separação e reaproveitamento de materiais reciclados e reaproveitados da mistura dos resíduos domiciliares;
- melhoria na especificação de resíduo reaproveitado, simplificando o MRF, que poderá funcionar como um centralizador da separação, limpeza, embalagem e envio de grandes volumes de material reaproveitado dos resíduos domiciliares.

A separação é feita tanto manual quanto mecanicamente; esta é a tendência quando se projeta um MRF.

Os materiais separados na fonte são novamente separados nos MRF's. Todo o resíduo pode ser separado, mesmo quando os resíduos domiciliares estão misturados. A sofisticação do MRF dependerá da quantidade e variedade dos componentes a serem separados, das metas estabelecidas pelo programa de reaproveitamento de resíduos e das especificações para as quais o material separado deverá ser submetido.

Na separação e no processamento de resíduos em MRF's, são utilizadas operações unitárias e instalações com o objetivo de:

- modificar características físicas dos resíduos para removê-los com maior facilidade;
- remover componentes específicos e contaminadores da água residual;
- processar e preparar o material separado para uso futuro.

Algumas sugestões de processos a serem adotados são:

- redução – visa reduzir o tamanho e dar uniformidade ao material – nem sempre implica uma redução de volume. São utilizadas para

essa finalidade fragmentadoras, compressora (vidro), trituradora (madeira);

- peneiramento – separa misturas de diferentes dimensões em duas ou mais frações de tamanho. Utiliza uma ou mais superfícies de peneiramento, a seco ou umedecido. Aplicado para remover materiais muito grandes, remover materiais muito pequenos, separar em leves combustíveis e pesados não combustíveis, separar vidro, cascalho e areia do material combustível, separar pedras e outros detritos grandes do solo escavado da construção local e remover materiais maiores de cinza combustível;
- separação por densidade – separa o material orgânico do inorgânico;
- separação magnética – separa os materiais ferrosos do restante;
- compactação – aumenta a densidade dos resíduos para que possam ser armazenados e transportados eficientemente.

8.5.3 Congestionamento

Com a circulação de veículos nas áreas urbanas, seja para o transporte privado, seja para o coletivo, de pessoas ou de cargas, é necessário discutir seu impacto no meio ambiente.

Uma preocupação que tem um paralelo muito próximo ao congestionamento é a questão da emissão de poluentes pelos veículos, pois sabe-se que quando caminhões trafegam em velocidades muito baixas, a emissão de poluentes aumenta.

No Japão, com o advento dos programas JIT (*just in time*), contribuem significativamente para o aumento do congestionamento, pois a adoção desse tipo de sistema de distribuição de mercadorias resulta num grande número de caminhões em rodovias no horário de pico, e, em conjunto com os automóveis, resulta em congestionamento.

A utilização de sistemas de comunicação aliados com sensores de rastreamento nos caminhões, ligados a uma central, pode trazer benefícios, pois a partir do momento em que a central tem informações referentes ao tráfego nas vias onde seus veículos encontram-se, ela tem como preveni-los, solicitando que alterem sua rota, a fim de evitar trechos congestionados, e também já fornece o melhor e mínimo caminho que poderá ser adotado.

A estipulação de peso máximo para veículos de carga também contribui de maneira significativa na redução de congestionamentos, visto que, quanto mais pesado é o veículo, menor a velocidade que ele desenvolve, e leva-se também em consideração a questão do desgaste viário.

Desde o século passado, a temperatura média do planeta tem subido. A emissão de dióxido de carbono, junto com metano, óxido nítrico e ozônio, gases classificados como causadores do efeito estufa, sobe até a baixa atmosfera, retendo ali o calor do sol. O transporte rodoviário é responsável pela emissão de 18% do CO₂ na Inglaterra. Este assunto está intimamente relacionado com a poluição do ar, porque, mesmo que a emissão de CO₂ fosse extinguida, a temperatura da Terra ainda estaria cometida de um aumento de 0,5 a 1,5° C.

Como solução para a redução da emissão de monóxido de carbono, tornou-se, a partir de 1992, na Inglaterra, obrigatório o uso de catalisadores em automóveis. O transporte rodoviário na Inglaterra é o maior gerador de óxidos de nitrogênio, o maior causador da chuva ácida. A gasolina e o óleo *diesel* contribuem com aproximadamente 22% de toda a emissão deste composto. Quanto à fumaça, o transporte rodoviário produz 34% de partículas em suspensão, 30% dos compostos voláteis (como exemplo, o Benzeno). Alterações feitas na legislação deste país pretendem reduzir esses índices. O dióxido de enxofre é emitido durante a queima de combustíveis que contêm enxofre (processo combustível), como o carvão vegetal e o óleo *diesel*. Como solução, apesar do transporte rodoviário ser um pequeno contribuidor, pretende-se reduzir a quantidade de enxofre no *diesel*.

Embora o transporte rodoviário seja o maior causador da poluição do ar, a maioria dos poluentes é proveniente dos automóveis.

Em áreas metropolitanas, algumas cidades têm proibido a circulação de carros e caminhões em algumas horas do dia. Temos como exemplo, no Brasil, o caso da cidade de São Paulo, onde os carros com determinado número no final da placa ficam proibidos de circular na cidade, visando dessa maneira reduzir o congestionamento e os índices de poluição. No caso ilustrado anteriormente, cada número final de placa corresponde a um dia da semana.

Os setores industriais, ligados ao mercado de automóveis, já estão trabalhando em seus produtos alternativos para reduzir a poluição em motores a *diesel*. Aditivos para combustível podem ser benéficos para a redução do consumo e emissão de poluentes.

A responsabilidade do operador logístico deveria assegurar que todo automóvel utilizado pela companhia em que trabalha usasse combustível sem chumbo e tivesse catalisador.

8.6 PESQUISA OPERACIONAL APLICADA À LOGÍSTICA REVERSA

A reutilização e reciclagem de produtos e materiais não é um fenômeno novo; é sabido que os refrigerantes, anos atrás, eram envasados em garrafas retornáveis, o que caracterizava perfeitamente um sistema de reutilização de produtos. Neste e em muitos outros casos, o retorno dos produtos é mais atrativo do que a disposição. A idéia da redução da geração de resíduos nos traz a eliminação de produtos do tipo *one-way*, ou descartáveis. Nas situações em que essas medidas para reutilização são adotadas, existe o envolvimento de uma série de aspectos, como por exemplo:

- motivação do reuso, se é ecológica ou econômica;
- tipo de itens a serem retornados, se são embalagens, bens de consumo ou peças de substituição;
- forma de reuso, se será um reuso direto, uma reparação, uma reciclagem ou ainda uma remanufatura, entre outros;
- atores envolvidos.

A maior questão sobre canais reversos é a de como são feitas a integração entre canais reversos e canais diretos. Para tal, devem ser feitas algumas considerações, como:

- os atores envolvidos: podem ser atuantes nos canais diretos ou partes especializadas dos processos reversos;
- as funções do canal reverso são: coleta, separação, transporte e processamento;
- a relação entre o canal reverso e o direto pode ser escassa em função de diferentes atores participarem dos canais.

Para solucionar alguns problemas quanto à rede reversa, são sugeridas algumas metodologias a seguir:

- modelagem separada para o fluxo reverso: o fato de o canal reverso possuir uma estrutura baseada em muitas fontes para poucos pontos de demanda e a incerteza da quantidade e da qualidade dos materiais obtidos são determinantes na escolha de uma rede adequada de distribuição;
- para resíduos sólidos domésticos, um modelo de alocação-localização multiobjetivo pode ser utilizado para planejar o sistema de gerenciamento de resíduos;

- para dimensionar um processo de reciclagem de areia dos resíduos de construção civil, Barros et al. (1996) mostraram que dois tipos de instalações intermediárias são necessárias, num modelo de locação de depósitos capacitados para vários níveis.

A integração dos canais envolve uma metodologia mais detalhada e o uso de *softwares* para simular a operação, devido à complexidade desta.

O inventário do sistema de retorno de fluxos requer que sejam assumidas algumas proposições a respeito dos processos e das demandas retornantes e do processo de recuperação de materiais. Para a utilização de modelos determinísticos nesta análise, faz-se necessário que esses dados sejam conhecidos com determinada certeza, em algum instante no sistema; se tratarmos esse sistema com uma análise estocástica, é possível trabalharmos com probabilidades, o que facilitaria a análise dos fatores envolvidos; esses modelos são utilizados em algumas ocasiões, como por exemplo: nos sistemas de reposição de peças, nos sistemas de recuperação de produtos, em modelos que sofrem revisões periódicas ou contínuas.

Essa discussão é de suma importância, devido ao grande número de questões em aberto que existem ainda. Quando tratamos de assuntos referentes ao planejamento na produção na logística reversa, sempre existem questões referentes à mais atrativa opção de reuso, mas nos deparamos com algumas incertezas, como por exemplo o intervalo, a quantidade e a qualidade do fluxo de retorno, ou seja, os materiais que retornaram à indústria.

Muito pouco tem-se pesquisado a respeito dos MRF. Sabe-se que eles são um sistema falho, mas poucas alternativas têm sido propostas quanto a isso. O campo científico da logística reversa é muito novo; Conseqüentemente, poucas pesquisas são feitas na área, e quando o são, são isoladas dentro de um contexto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALLOU, R. H. *Logística empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física*. Tradução de Hugo T. Y. Yoshizaki. São Paulo: Atlas, 1995.

BARROS, A. I.; DEKKER, R.; SCHOLTEN, V. A two-level network for recycling sand: a case study. *Econometric Institute Report Series 9673/A*. Erasmus University, Roterdã, 1996.

CAIRNCROSS, F. *Meio ambiente: custos e benefícios*. São Paulo: Nobel, 1992.

FLEISCHMANN, M.; BLOEMHOF-RUWAARD, J. M.; DEKKER, R.; LAAN, E.; NUNEN, J. A. E. E.; WASSENHOVE, L. N. V. Quantitative models for reverse logistics: a review. *European Journal of Operational Research* 103, p. 1-17, 1997.

HEMENWAY, C. G.; GILDESLEEVE, J. P. *ISO 14000. O Que é?* São Paulo: IMAM, 1995.

JAHRE, M. Household waste collection as a reverse channel – a theoretical perspective. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, MCB: University Press, v. 5, nº 2, p. 39-55, 1995.

KAWAMOTO, E. *Análise de sistemas de transportes*. São Carlos, 1999.

LEITE, P R. Canais de distribuição reversos. *Revista Tecnológica*, p. 60-67, dez. 2000.

MURPHY, P R.; POIST, R. F. Role and relevance of logistics to corporate environmentalism. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, MCB: University Press, v. 25, nº 2, p. 20-37, 1995.

RHYNER, C.; SCHWARTZ, L. J.; WENGER, R. B.; KOHRELL, M. G. *Waste management and resource recovery*. CRC Press, 1995.

ROBESON, J.; COPACENO, W. *The logistic handbook*. New York: The Free Press, 1994.

ROBINSON, W. *The solid waste handbook: a practical guide*. New York: John Wiley, 1986.

TCHOBANOGLIOUS, G.; THEISEN, H. E.; VIGIL, S. A. *Integrated solid waste management*. New York: McGraw Hill, 1993.

VALLE, CYRO. *Como se preparar para as normas ISO 14000*. São Paulo: Pioneira, 1995.

WU, H.; DUNN, S. D. Environmentally responsible logistics systems. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, MCB: University Press, v. 25, nº 2, p. 20-37, 1995.