

4 A Logística

4.1 Introdução

Nas empresas, a definição de um local para instalação de fábricas, filiais ou centros de distribuição, em geral, é missão do departamento de Logística, que pode ser assistido por outros setores, como por exemplo, o *Marketing*, responsável pelas informações sobre a concentração da demanda e, quando há planejamento tributário, o Departamento Jurídico e a Contabilidade, que detêm informações a respeito dos incentivos fiscais e dos tributos incidentes sobre a operação, podendo criar mecanismos capazes de garantir um menor impacto tributário sobre o resultado das operações comerciais.

Ballou (1993) afirma que a Logística teria menos importância se fosse viável produzir bens e serviços no mesmo ponto em que são consumidos, ou se, por outro lado, a demanda se concentrasse em locais onde se localizam os insumos e as plantas produtivas. Entretanto, segundo o autor, as regiões tendem a se especializar em produzir aquilo que lhes gera vantagem econômica, criando “*um hiato de tempo e espaço entre matérias-primas e produção e entre produção e consumo*”.

Dada a importância do tema Logística, torna-se relevante discorrer sobre alguns conceitos e definições, o que é feito a partir de agora.

De acordo com Carvalho (2004), a aplicação moderna do termo Logística difere, e muito, dos primeiros significados dados ao vocábulo pelos antigos filósofos gregos, nomeadamente os da escola aristotélica. Segundo o autor, os antigos gregos faziam distinção entre o raciocínio correto, determinado pela dedução e analogia, que utiliza como instrumento as palavras e frases, a que chamavam de Lógica, e o raciocínio, também correto, porém baseado em algoritmos e símbolos matemáticos, o qual eles denominavam de Logística.

Bowersox e Closs (2001) ratifica que a logística não é uma novidade e existe desde o início da civilização, tendo sua primeira definição dada pelos

filósofos gregos, que a chamavam de “ciência do raciocínio correto, que utiliza meios matemáticos”.

De acordo com Scavarda (2005)³⁵, o termo *Logistique* começou a ter um sentido mais próximo do conhecido atualmente, a partir da sua utilização em operações de guerra. Nesse contexto, foi difundido por Jomini, que em 1826 escreveu “*Precis de l’art de la guerre*”, em que dividia a arte da guerra em 5 estratégias: grandes táticas, táticas menores, engenharia e *logística*. Para Jomini, “*logística é a arte de movimentar exércitos*”.

Ainda segundo Scavarda (2005), o vocábulo Logística também dá nome ao posto de *maréchal des logis*, existente no exército francês dos séculos XVII e XVIII, e responsável pelas atividades administrativas relativas aos deslocamentos, ao acampamento e ao alojamento das tropas de campanha.

Em 1954, Paul Converse, um reconhecido professor de marketing, alertou que a distribuição física era muitas vezes subestimada e colocada de lado, como algo de pouca importância. Dois anos depois, um artigo publicado pela *Harvard Business School* trouxe para a Logística o conceito de análise de custo total, ou seja, a compensação de um determinado custo por outro. Esse foi um importante argumento para o agrupamento lógico de atividades dentro das empresas, justificando a reorganização em torno das atividades de distribuição, que já ocorria em algumas poucas empresas pioneiras. (Ballou,1993).

A partir de 1960, inclui-se no conceito de Logística os transportes sob todos os seus aspectos, assim como a obtenção, construção e operações de instalações militares, além de toda a gama de funções relativas a material, desde o planejamento e a aquisição até a distribuição e, finalmente, a utilização e prestação de alguns serviços, como evacuações e hospitalização de feridos (Scavarda, 2005).

Segundo Ballou (1993), no decorrer do século XX, vários fatores motivaram o crescimento da Logística nas empresas e sua notoriedade como objeto de estudo no meio acadêmico. Dentre esses fatores, o autor destaca as evoluções econômicas e tecnológicas, das quais o autor elegeu quatro condições-chave:

- Alterações nos padrões e atitudes da demanda dos consumidores:

³⁵ Conforme notas de aula do Mestrado Profissional em Logística. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2005.

mudanças populacionais com substancial impacto nos custos logísticos; migração das áreas rurais com direção aos centros urbanos e dos grandes centros para os subúrbios; demanda por maior variedade de mercadorias; surgimento de pontos de vendas adicionais (mais próximos à demanda); mudança nos padrões de distribuição: transferência da manutenção do estoque para os fornecedores ou para centrais de distribuição mais especializadas e maior frequência de entregas.

- Pressão por custos na indústria: crescimento econômico após a Segunda Guerra, seguido de recessão e um período de prolongada pressão sobre os lucros (o surgimento de períodos recessivos chama a atenção para a importância dos índices de produtividade); surgimento de novos conceitos logísticos que trazem oportunidade de ganhos produtivos.
- Avanço na tecnologia dos computadores: cresce o uso de computadores no mundo dos negócios; a modelagem matemática para resolução de problemas mais complexos torna-se cada vez mais usual; as empresas passam a lidar mais efetivamente com problemas como localizar depósitos, alocar clientes a depósitos, controlar estoques em múltiplos locais e roteirizar e programar veículos.
- A experiência militar: cerca de dez anos antes das empresas se interessarem pelo tema, os militares norte-americanos já haviam experimentado o sucesso das operações logísticas, quando invadiram a Europa. As operações logísticas de guerra incluíam atividades como aquisição de materiais, gerenciamento de estoques e transportes, entre outras. A experiência militar representava um excelente laboratório para as empresas.

Baseado na evolução do conceito e da aplicação de Logística ao longo dos últimos anos, Ballou (1993) propõe a seguinte definição como atual e completa:

“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” (Ballou, 1993).

Como complemento, Bowersox e Closs (2001) apresentam a missão da logística:

“Disponibilizar produtos e serviços no local onde são necessários e no momento em que são desejados, ajudando a agregar um maior valor do produto ao cliente, pelo menor custo total”. (Bowersox e Closs, 2001)

Para Ching (2001), as atividades da Logística podem ser divididas em primárias e secundárias. O autor define as atividades primárias como essenciais ao cumprimento da função logística, representando a parcela mais significativa do custo logístico total. São atividades primárias, segundo Ching (2001): o transporte, a gestão de estoques e o processamento de pedidos. O autor classifica as atividades de armazenagem, manuseio de materiais, embalagem de proteção, programação de produtos e manutenção de informação como secundárias. Para ele, essas atividades têm a função de apoiar as atividades primárias, contribuindo para que os níveis de bens e serviços requisitados pelos clientes sejam alcançados.

Ballou (1993) considera a armazenagem e o manuseio de mercadorias como itens essenciais do conjunto de atividades logísticas. Segundo o autor, a existência de espaço físico para armazenagem de produtos somente seria dispensável se a produção tivesse tempo de resposta instantâneo e se o transporte pudesse ser completamente confiável, com tempo de entrega igual a zero.

Como isso não é possível, Ballou (1993) elegeu quatro razões elementares para as empresas utilizarem espaços físicos para armazenagem:

- i. Reduzir o custo de transporte pela compensação nos custos produtivos e de armazenagem;
- ii. Coordenar oferta e demanda como, por exemplo, nos casos de vendas sazonais, em que as empresas produzem o ano inteiro, minimizando os custos de produção, e estocam seus produtos para vendê-los em ocasiões de grande procura;
- iii. Auxiliar o processo produtivo, quando o produto exige tempo de espera entre um elo e outro da cadeia produtiva, ou quando se tem a intenção de postergar o pagamento de impostos incidentes somente no momento da venda;
- iv. Auxiliar o processo de *marketing*, pois a disponibilidade de produtos em locais mais próximos à demanda diminui o tempo de entrega, gerando maior satisfação dos clientes e promovendo efeitos positivos no processo de venda.

Lacerda (2000), apud Barros (2005), concorda que o tempo de atendimento e a disponibilidade de estoques são aspectos relevantes para garantir, de forma

econômica, níveis satisfatórios de atendimento ao cliente, nem sempre instalado próximo às plantas produtivas. Conclui o autor que, para promover a excelência no atendimento à demanda, deve-se considerar a implantação de instalações de armazenagem capazes de atender de forma eficiente às metas de nível de serviço estabelecidas.

Quanto aos locais para armazenagem, até meados do século XX, eram apenas depósitos com o único objetivo de encurtar as distâncias entre a origem e o destino dos insumos e produtos. Segundo Bowersox e Closs (2001), apesar de serem essenciais à sobrevivência das organizações produtivas, os locais de armazenagem não recebiam muita atenção da engenharia, que se voltava completamente para os problemas ligados à produção.

Da segunda metade do século XX para cá, segundo Rodrigues (2003), a adoção de novas tecnologias, entre elas a tecnologia da informação, viabilizou novos e melhores procedimentos e técnicas de armazenagem e manuseio de carga. Houve também aperfeiçoamento da configuração dos sistemas de armazenagem, que se tornaram mais flexíveis, visando a atender ao crescente grau de exigência dos clientes com relação aos produtos e às características das entregas.

Atualmente, diversas são as nomenclaturas e definições existentes para os locais para armazenagem. Entre eles, destacam-se os galpões, os almoxarifados, os depósitos ou armazéns e os Centros de Distribuição.

Calazans (2001), apud Rodrigues (2003), define os galpões como estruturas físicas sem relação com o processo logístico. Os almoxarifados, segundo o autor, localizam-se dentro das indústrias com o objetivo de armazenar itens não produtivos, como peças e materiais de escritório e limpeza, e também não estão ligados diretamente ao processo produtivo. Por outro lado, os depósitos são inseridos no contexto logístico e estocam matérias-primas e produtos acabados para suprir a cadeia logística.

Bowersox e Closs (2001) definem depósito ou armazém como um lugar onde são guardados estoques de materiais e produtos. Entretanto, os autores reconhecem que, em muitos projetos de sistemas logísticos, o depósito é uma instalação de processamento e não somente um local de guarda de mercadorias.

Quanto aos Centros de Distribuição (CD's), a Associação Brasileira de Logística (Aslog) os define como “um armazém que tem por objetivo realizar a gestão dos estoques de mercadorias na distribuição física”. Ainda segundo a

Aslog, em geral este armazém recebe cargas consolidadas de diversos fornecedores. Estas cargas são então fracionadas com intuito de consolidar os produtos em quantidade e variedade corretas, para depois serem encaminhadas aos pontos de vendas ou aos clientes finais.

Farah (2002) considera o CD como um instrumento capaz de viabilizar, de forma competitiva, o fluxo de mercadorias entre os fabricantes e os diversos graus de capilaridade distributiva. Para o autor, a adoção de CD's se justifica pela necessidade de obtenção de uma distribuição mais eficiente, flexível e dinâmica, o que se traduz em capacidade de resposta rápida às procuras cada vez mais freqüentes e específicas dos clientes, tendo como principais vantagens a redução de custos das entidades participantes da cadeia de suprimentos e a extinção de pontos de estrangulamento.

Para Pizzolato e Pinho (2003), as vantagens do uso de Centros de Distribuição se estendem aos diversos atores da Cadeia de Suprimentos. O fornecedor, por exemplo, passa a atender mais rapidamente o cliente a partir de origens mais próximas. Já o varejista ganha à medida que reduz a área de armazenagem nos pontos de venda, liberando espaços nobres na ponta da cadeia. Ainda como vantagem para as redes varejistas, os autores citam a redução do espaço para movimentação de mercadorias, uma vez que as atividades de recepção e controle, antes realizadas nas lojas, é transferida para um posto especializado. O objetivo dos CD's é assim colocado por Pizzolato e Pinho (2003):

“A sistemática do processo consiste em receber e armazenar volumes agregados recebidos dos fornecedores e abastecer as lojas com caminhões menores, quando necessário, nas exatas quantidades demandadas, com produtos conferidos e liberados”. (Pizzolato e Pinho, 2003)

Segundo Rodrigues (2003), os CD's se diferenciam dos depósitos por consolidarem cargas provenientes de diversas origens. E, conforme Alves (2000), apud Rodrigues (2003), os depósitos armazenam produtos que serão, posteriormente, ofertados aos clientes (sistema *push*), enquanto os CD's recebem produtos *just-in-time*, processando-os imediatamente, para atender à demanda já expressada pelos clientes (sistema *pull*). Na Figura 18, encontra-se esquematizada a diferença entre depósitos e CD's, proposta por Alves (2000), apud Rodrigues (2003).

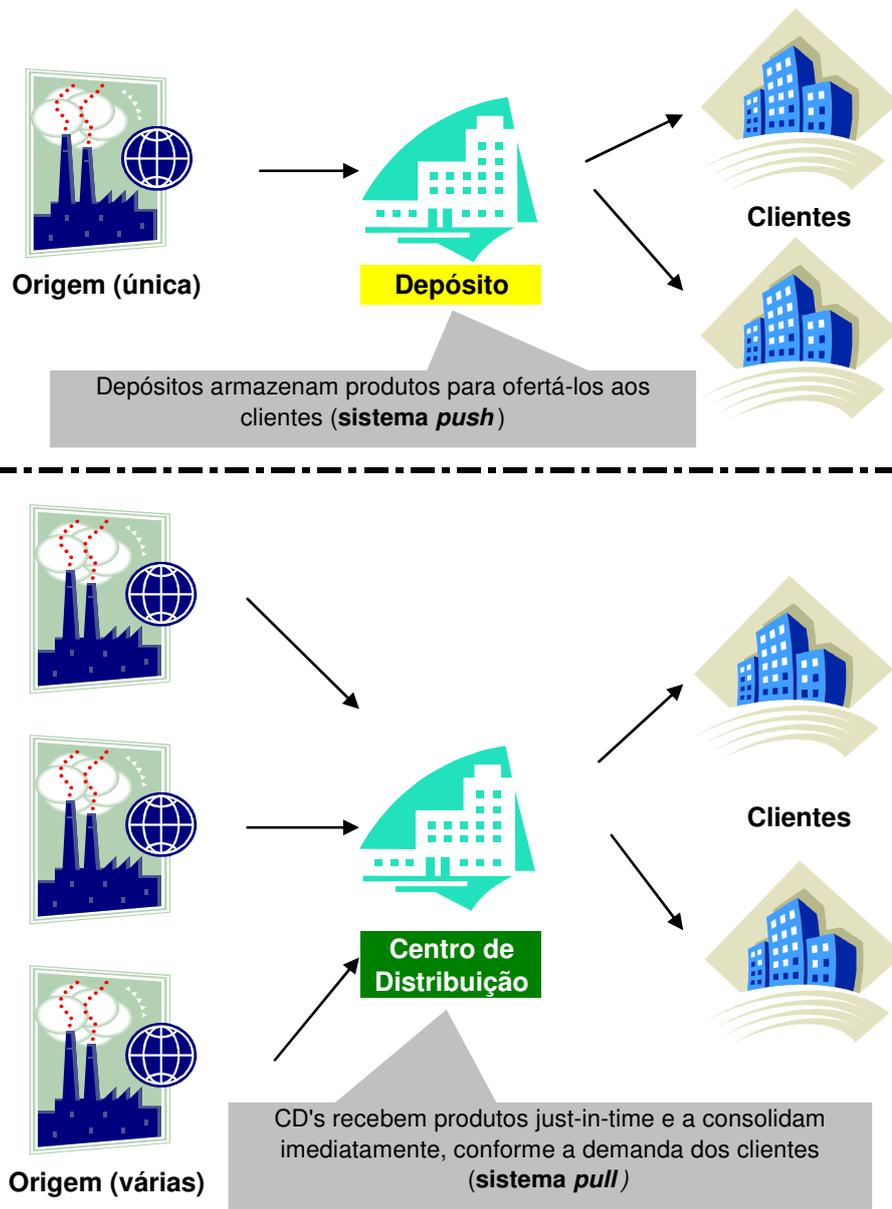


Figura 18 Diferença entre Depósitos e Centros de Distribuição (Fonte: Baseado em Rodrigues, 2003)

Alguns aspectos devem ser levados em consideração quando da definição de uma estratégia de armazenagem. Entre elas, na opinião de Farah (2002), estão:

- A quantidade de locais de armazenagem existentes e/ou necessários;
- A diversificação dos canais de distribuição;
- A dimensão da área a ser atendida e os requisitos mínimos necessários para efetuar um serviço com qualidade e eficiência;
- As características do produto a ser entregue;
- A estrutura operacional mínima necessária.

Bowersox e Closs (2001) também reconhecem as vantagens do que chamam de armazenagem estratégica, segundo a qual a inclusão de depósitos nos sistemas logísticos só se justifica após parecer favorável de uma análise de custo-benefício.

As vantagens da armazenagem estratégica, segundo Bowersox e Closs (2001) e Lacerda (2000), apud Barros (2005), são listadas abaixo:

- Vantagens Econômicas: advêm da redução direta de custos logísticos, em função da quantidade de instalações. A adição de um depósito a um sistema logístico, hipoteticamente, reduz o custo de transporte num montante maior que os custos fixos e variáveis do depósito. Isso significa que haverá redução do custo total. Sempre que houver possibilidade de redução de custo total, o depósito justifica-se economicamente;
- Consolidação de Cargas: o depósito recebe e consolida os produtos de várias fábricas para envio a um cliente específico. A vantagem reflete-se em valores de fretes menores e na eliminação de congestionamento em áreas de recebimento de mercadorias, em instalações de clientes;
- Break Bulk e Cross-docking: as operações de *break bulk* e *cross-docking* (Figura 19) são similares às operações de consolidação, exceto pelo fato de que não existe estoque de produto. Numa operação de *break bulk*, são recebidas de um único fabricante quantidades para atender a diversos clientes individuais. Viagens de longa distância, da fábrica para o depósito, são feitas sempre com grandes cargas, permitindo menores custos de transporte, armazenagem e demais custos ligados à atividade de gerenciamento de CD's (administrativos, pessoal, luz, aluguel, impostos e etc). O *cross-docking* é similar, exceto pelo fato de envolver mais de um fabricante;

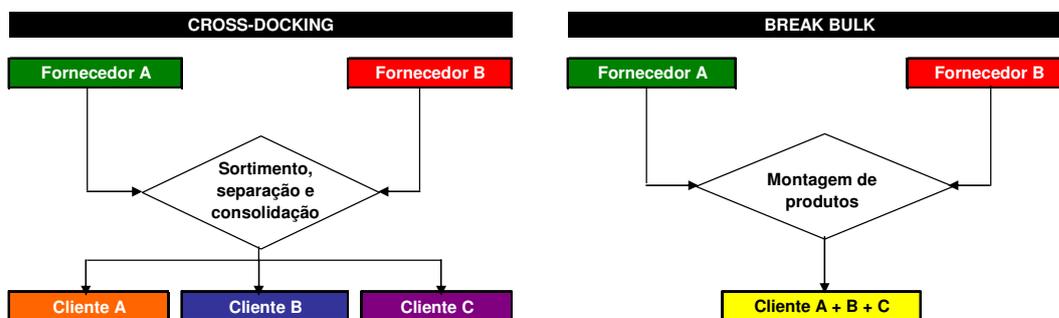


Figura 19 Conceitos de Cross-docking e Break Bulk (Adaptado de Barros, 2005)

- Transit Point e Merge in Transit: como demonstrado na Figura 20, são instalações que não possuem estoques. No *Transit Point* os produtos têm destinos certos e não aguardam a confecção de pedidos. Em geral, os *Transit Points* abastecem áreas geográficas de difícil acesso e distantes dos CD's. Já o *Merge in transit* é considerado uma extensão do *cross-docking*, com o diferencial de agregar valor ao produto, através da montagem de componentes, vindos de diversas partes do país ou do mundo. O *transit point* é comum na indústria de computadores e celulares.

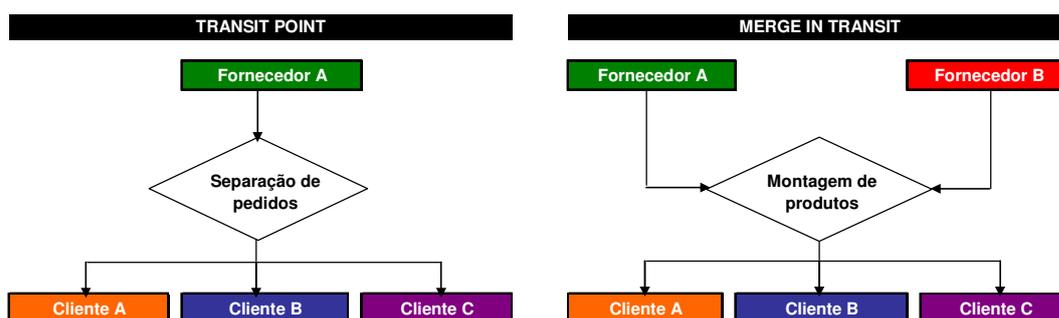


Figura 20 Conceitos de Transit Point e Merge in Transit (Adaptado de Barros, 2005)

- Vantagens de Serviço: nem sempre estão relacionadas com a redução de custos. Quando a existência de depósitos se justifica, principalmente pela prestação de serviço, as vantagens advêm de melhorias ligadas a tempo e localização. É difícil mensurar o retorno de investimento desses tipos de vantagens, porque se trata de analisar *trade-offs* entre custo e capacidade de prestação de serviço. Do ponto de vista conceitual, a lógica para a existência de depósitos, justificada pela prestação de serviço, estaria condicionada a sua contribuição positiva para o lucro. Do ponto de vista operacional, o problema está em avaliar o impacto direto sobre as receitas.

A maioria dos autores não cita o Planejamento Tributário como fator relevante na definição de locais para instalação de plantas produtivas ou Centros de Distribuição, porque o tema é relativamente novo e pouco explorado na literatura, além de muito complexo.

Por outro lado, sabe-se que muitas empresas se prevalecem de questões tributárias para minimizar seus custos logísticos, ora por meio da localização de CD's, ora se prevalecendo do turismo fiscal, onde mercadorias e notas fiscais passeiam pelo país em busca das menores incidências de tributos. Entretanto, ao serem procuradas para falar do assunto, alegam que o tema é repleto de

confidencialidade e que não gostariam de ver suas experiências apresentadas em estudos de casos ou artigos - essa foi também a alegação das duas empresas de grande porte convidadas a ilustrarem esse trabalho com suas experiências de definição de localização de Centros de Distribuição com base em incentivos fiscais.

4.2

As principais atividades de um centro de distribuição

“Um CD deve ser um meio de minimização de custos, melhoria no uso dos recursos e apoio ao processo de venda e pós-venda. Para tal, deve apresentar elevado grau de qualidade de serviços, custos operacionais competitivos em relação aos concorrentes e retorno adequado ao capital aplicado. Ao longo do tempo, os CDs vêm ampliando o seu espaço junto à atividade produtiva de uma infinidade de setores. Busca-se, nos CDs, uma ligação mais efetiva entre comprador/vendedor, que traga como resultado a qualidade de serviços representada pelos itens: entrega no prazo; cumprimento do tempo de entrega; precisão no atendimento; qualidade do produto entregue; e suporte no pós-venda, quando necessário” (Farah, 2002).

Basicamente, são três as atividades realizadas nos CD's: recepção, armazenagem e expedição de mercadorias. Porém, essas atividades se desdobram em outras tarefas menores, todas com um único objetivo: alcançar níveis de serviço satisfatórios com custos reduzidos.

Reis (1996), apud Guimarães (2007), detalha as funções de um CD, da seguinte maneira: interação com os veículos que entregam e retiram cargas, armazenagem e movimentação interna de produtos, sua identificação e localização no armazém, separação e embalagem, administração de informações e geração de documentos³⁶.

Frazelle e Goelzer (1999), apud Ventrini (2004), agrupam as atividades desenvolvidas em CD's em elementos operacionais, de controle e de apoio, como pode ser visto na Figura 21.

36 GUIMARÃES, Juarez Nonato. Centro de Distribuição: Investimento ou Sobrevivência. Revista de Gestão e Negócios - Set/Dez 2007, v. 5, n. 3. Página 70.

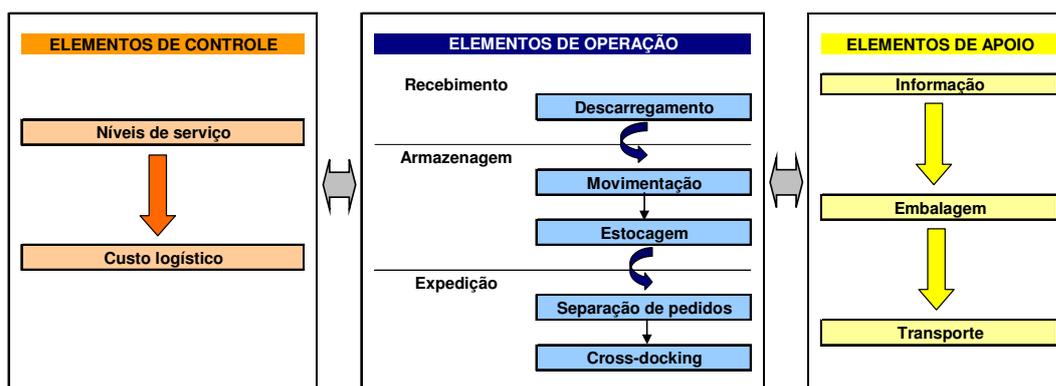


Figura 21 Atividades de um CD (Frazelle e Goelzer, 1999 apud Ventorini, 2004)

4.3 O custo logístico

“Diante de um contexto de intensa competição na maioria dos segmentos da economia, a gestão dos custos logísticos tem como objetivo principal estabelecer políticas que possibilitem às empresas, simultaneamente, uma redução nos custos e a melhoria do nível de serviço oferecido ao cliente. Para isso, é preciso conhecer quais são os custos inerentes a todo o processo logístico” (Faria e Costa, 2005).

A qualidade dos produtos está cada vez mais equivalente entre os seus fabricantes. A globalização e a velocidade com que as informações circulam ao redor do mundo permitem às empresas copiar novas tecnologias e boas práticas produtivas cada vez mais rapidamente.

Nesse contexto, a estrutura de custos de uma organização tornou-se uma variável importante na busca por vantagens competitivas, embora mensurar e atribuir de forma correta os diversos custos produtivos ao custo final de um produto não seja uma tarefa fácil.

As empresas, em sua maioria, não possuem ferramentas capazes de medir os gastos inerentes à cada etapa produtiva e atribuí-los corretamente aos diversos *SKUs*³⁷ produzidos.

Dentre os custos difíceis de mensurar, encontra-se o custo logístico que, segundo Ballou (1993), é composto pelos custos das atividades primárias da logística, ou seja, os custos de transportar, estocar e processar pedidos.

A análise isolada de cada um desses custos pode acarretar grandes prejuízos à tomada de decisões, permitindo a aprovação de projetos nada rentáveis ou

³⁷ Stock keeping units (Itens individuais produzidos pela organização).

descartando boas oportunidades de negócios, simplesmente por ignorar os *trade-offs*, ou seja, a compensação entre os custos, nos estudos de viabilidade.

“Os trade-offs de custos entre duas ou mais atividades do processo logístico, quando claramente identificados, enquadram-se na categoria de custos relevantes para a tomada de decisão. Afirma-se com frequência que um trade-off ocorre quando aumentos de custo numa determinada atividade são mais do que compensados por reduções de custos em outra atividade. Neste sentido os trade-offs de custo constituem um importante elemento auxiliar para tomada de decisão, planejamento e controle da cadeia de suprimentos” (Informe Logística, 2000).

Bio (2001) cita alguns exemplos de análise de *trade-offs*, ou custos conflitantes, nas tomadas de decisão baseadas em logística, como pode ser visto na Figura 22:

Ação	Aumento do Custo...	Redução do custo...
Alterações das embalagens	De embalagem	Do transporte (otimização da ocupação cúbica dos veículos)
Substituição do modal de transporte marítimo pelo aéreo	De transporte	Financeiro do inventário (redução do tempo de estoque)
Consolidação de cargas em um CD	De processamento	De transporte de distribuição

Figura 22 Exemplos de compensação (*Trade-off*) entre os custos logísticos (Adaptado de Bio, 2001)

Portanto, uma avaliação minuciosa de todos os elementos que compõem o custo logístico é imprescindível para o sucesso de projetos de localização de instalações, por exemplo, onde deve ser levado em consideração o impacto dos incentivos fiscais sobre o custo logístico total.

Inicialmente, toda análise de custo deve considerar a classificação dos mesmos em diretos ou indiretos e fixos, variáveis ou semivariáveis. A classificação correta permite que o impacto real dos custos sobre o resultado seja mensurado, uma vez que, segundo Bloomberg et al (2002), cada um desses custos revela uma importância única para a tomada de decisões em logística.

Faria e Costa (2005) classificam os custos em diretos e indiretos, em função do relacionamento desses custos com o seu objeto (fornecedores, clientes, produtos, regiões ou canais de distribuição). Nesse sentido, segundo os autores:

- Custos diretos: são aqueles que podem ser diretamente apropriados a cada tipo de objeto, pela sua fácil identificação e mensuração no

momento de sua ocorrência. São exemplos de custos diretos os custos de transportes na distribuição, identificados em função dos produtos faturados e entregues a cada cliente;

- Custos indiretos: são aqueles que não podem ser atribuídos diretamente a cada tipo de objeto no momento de sua ocorrência, pois não estão diretamente relacionados a eles. Por exemplo, os custos com TI (tecnologia de Informação) utilizada em um processo logístico não podem ser imputados às entregas por cliente, pois o recurso atende a diversos clientes ao mesmo tempo.

Ainda na opinião de Faria e Costa (2005), a classificação dos custos em fixos, variáveis ou semivariáveis, obedece às seguintes definições:

- Custos fixos: são custos que ocorrem com certa periodicidade, sem alterações, ou cujas alterações não ocorrem em função de variação no volume de atividade. Como exemplo de custos fixos, podem ser citados os custos de armazenagem própria, acompanhados da depreciação dos ativos logísticos, dos gastos com mão-de-obra mensalista e outros gastos gerais;
- Custos variáveis: são os custos que variam em função do volume da atividade. O frete, por exemplo, quando contratado por unidade, varia em função do volume a ser transportado e entregue aos clientes;
- Custos Semivariáveis ou Semifixos: são custos que têm uma parcela variável e outra fixa. Como exemplo, pode-se cotar a energia elétrica, quando a empresa negocia com o fornecedor um valor fixo para determinado nível de produção. Acima desse nível, a cobrança passa a variar em função da energia gasta.

Depois de classificados em diretos ou indiretos, fixos, variáveis ou semivariáveis, os custos devem ser atribuídos às principais atividades logísticas, quais sejam: armazenagem e movimentação, embalagem, transporte e oportunidade. Abaixo, uma breve descrição dos custos por atividade logística.

4.3.1 Custo de armazenagem e movimentação

São os custos considerados nas atividades de movimentação de materiais, embalagens e produtos e acondicionamento dos estoques (estocagem), e que estão

intimamente ligadas ao espaço físico, ao manuseio e à movimentação dos materiais e produtos (Faria e Costa, 2005).

De acordo com o Faria e Costa (2005), diversos fatores que contribuem para a determinação dos custos de armazenagem. Entre eles:

- Características de recebimento (volumes por grupo de produto, modal de transporte, característica da carga etc.);
- Características de acondicionamento (unidades/*pallet*³⁸, empilhamento máximo de *pallets*, temperatura requerida etc.);
- Características de seleção de pedido/embarque (lote de pedido, taxa de atendimento de pedido etc.);
- Necessidades de identificação (etiquetagem);
- Necessidade de re-embalagem (bens danificados ou especiais);
- Necessidade de mão-de-obra direta e de equipamentos; e
- Necessidade de recursos indiretos (supervisão, manutenção de equipamentos, limpeza, segurança, suprimento etc.).

Pode-se apresentar como exemplo da integração entre os custos logísticos o fato dos custos de armazenagem serem diretamente impactados pelo custo de transporte, em função da localização dos CD's e das quantidades movimentadas, tanto no recebimento quanto na distribuição de mercadorias. O custo do transporte da fábrica para os armazéns aumenta em função da quantidade de depósitos, mas contribui para a redução dos custos do transporte de distribuição entre os armazéns e os clientes, porque diminui a distância entre eles (Peres, 2006).

Peres (2006) ensina que o custo de armazenagem também aumenta quando se tem muitos depósitos, se os níveis de estoque forem altos, já que aumenta o número de movimentações e, conseqüentemente, o custo da mão-de-obra e do uso de equipamentos para realização dessas movimentações.

Os custos fixos associados à atividade de armazenar e movimentar produtos, tais como energia elétrica e água, também aumentam em função do número de CD's.

Um importante trade-off do custo de armazenagem está entre o custo do excesso e o custo da falta. Nesse contexto, se o custo de excesso de determinado produto for maior que o custo da sua falta, deve-se adotar pequenos estoques de

³⁸ Um pallet é um estrado de madeira, metal ou plástico que é utilizado para movimentação de cargas (Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Pallet>).

segurança, somente para garantir atendimento às eventuais oscilações da demanda. Por outro lado, se o custo da falta for mais expressivo que o custo do excesso, é prudente manter estoques de segurança suficientes para satisfazer a demanda (Lima, 2003).

O custo de armazenagem e movimentação é diferente do custo de estoque, pois esse diz respeito ao custo financeiro de se manter o produto estocado, ou seja, quanto àquele montante, aplicado em produto estocado, renderia se fosse aplicado no mercado financeiro.

Inclui-se também no custo de armazenagem e movimentação a recepção e o tratamento de pedidos. Ballou (1993) considera como esse tipo de atividade a coleta, a verificação e a transmissão de informações de vendas realizadas, ou seja, todo o trabalho burocrático envolvido no processo de venda dos produtos ou serviços da empresa.

4.3.2 Custo de embalagem

“Um dos objetivos da logística é movimentar bens sem danificá-los. As embalagens e os dispositivos de movimentação (*pallets, racks* etc.) na logística têm como principais objetivos facilitar o manuseio e a movimentação, bem como a armazenagem, garantir a utilização adequada do equipamento/veículo de transporte, proteger o produto (reduzindo custos em perdas e danos) e prover o valor de reutilização para o usuário” (Faria e Costa, 2005).

Bowersox e Closs (2001) descrevem algumas influências da embalagem nas atividades logística, como pode ser visto a seguir:

- Controle de estoque: é feito pela identificação, que em geral é fixada na embalagem do produto;
- Separação de pedidos: pode ser agilizada pela identificação e pela facilidade no manuseio;
- Custo de manuseio e movimentação do produto: diretamente ligado à capacidade de unitização (consolidação) das embalagens adotadas;
- Custos de transporte e de armazenagem: podem ser otimizados ou prejudicados pelas dimensões e pela densidade das embalagens; e
- Qualidade do serviço ao cliente: o uso de embalagens adequadas ajuda a preservar as especificações de qualidade durante a distribuição, além de atender às legislações ambientais vigentes.

Quanto à alocação dos custos de embalagem, Faria e Costa (2005) sugerem que eles sejam incorporados ao custo da matéria-prima, quando associados ao

processo de abastecimento, ou adicionados ao custo da logística de distribuição, quando ligados aos produtos entregues aos clientes.

4.3.3 Custo de transporte

“No Brasil, os alimentos são transportados das zonas rurais até os centros urbanos e as mercadorias produzidas nas grandes cidades são levadas até o campo, em geral percorrendo grandes distâncias. Por ser capaz de promover essa integração, é que o transporte é a atividade logística mais importante. Transportar mercadorias garantindo a integridade da carga, no prazo combinado e a baixo custo exige o que se chama logística de transporte” (ANTT,)³⁹.

Segundo Ballou (2006), o transporte é responsável por cerca de 2/3 dos custos logísticos das empresas, considerando-se os gastos de transferências e distribuição física aos clientes imediatos.

O custo de transporte é diretamente impactado pelo turismo fiscal, estratégia adotada pelas empresas como forma de reduzir o impacto da tributação, principalmente do ICMS, sobre os seus custos logísticos. Uma vez que as alíquotas adotadas pelos estados brasileiros são diferentes entre si, as empresas criam verdadeiros passeios de suas cargas, beneficiando-se das menores alíquotas praticadas e aproveitando os incentivos fiscais ou financeiros oferecidos pelos diversos estados da federação.

Independente da questão tributária, os custos de transporte, segundo Bowersox e Closs (2001), sofrem influência dos seguintes fatores econômicos:

- Distância: é o que tem maior influência no custo total de transporte, porque afeta diretamente os custos variáveis - quanto maior a distância, maior o custo variável. Entretanto, aumentando a distância, o custo de frete por quilômetro rodado diminui, devido ao rateio dos custos fixos;
- Volume: o custo do transporte unitário diminui à medida que o volume da carga aumenta (economia de escala), isto é, com carga consolidada e plena ocupação do veículo, tem-se uma diluição dos custos por unidade transportada;
- Densidade: é a relação entre peso e volume, implica na relação entre o peso a ser transportado e o espaço a ser ocupado. Um veículo, normalmente, é mais restrito quanto ao espaço do que quanto ao peso.

³⁹ ANTT – Agência Nacional de Transporte Terrestre. Disponível em <http://www.antt.gov.br/faq/multimodal.asp> (acesso em 02/01/2006).

Então, para otimizar a capacidade do veículo, pode-se aumentar a densidade da carga.

- Facilidade de acondicionamento: refere-se às dimensões da carga e sua influência sobre o aproveitamento do veículo. Produtos com tamanho ou formas não padronizadas ocupam mais espaço, gerando custos desnecessários.
- Responsabilidade: refere-se ao risco e à incidência de reclamações, contemplando os aspectos da carga a ser transportada, como por exemplo, a suscetibilidade de avarias, de roubo, de combustão ou explosão espontânea, riscos de deterioração e produtos com alto valor agregado (seguro da carga);
- Mercado: os custos de frete são influenciados por fatores de mercado, tais como sazonalidade, intensidade e facilidade de tráfego, entre outros. A existência de carga em rotas de retorno (*back hauling*), por exemplo, pode otimizar o custo do frete, uma vez que o veículo não volta vazio à origem e a viagem inicial não paga o custo do retorno.

Dentre os modais de transporte existentes, quais sejam marítimo, rodoviário, ferroviário, aéreo e dutoviário, o transporte rodoviário é o mais utilizado no Brasil, sendo responsável pela movimentação de 2/3 de toda a carga transportada no país, fato que justifica uma abordagem mais detalhada dos custos desse modal, feita a seguir.

O custo de transporte rodoviário pode ser calculado com base no peso transportado, na cubagem da carga (m³) ou por viagem ou veículo (fretes de transferência, por exemplo). Neste último caso, deve o embarcador otimizar o uso da capacidade interna do veículo, objetivando diminuir o custo por unidade transportada.

Lima (2001) sugere que o processo de custeio seja dividido em quatro etapas, a saber:

- Definição dos itens de custos;
- Classificação dos itens de custos em fixos e variáveis;
- Cálculo do custo de cada item;
- Custeio das rotas de entrega/ coleta;

Faria e Costa (2005) lembram que, em caso de frota própria, ou seja, quando o serviço de transporte não é terceirizado, há alguns custos fixos, associados ao

fator tempo, e alguns custos variáveis, relacionados ao fator distância, a serem considerados no custo total de transporte.

Segundo os autores, os custos fixos são os seguintes:

- Salários: dos motoristas e ajudantes, inclusive benefícios e encargos sociais;
- Depreciação dos veículos: corresponde à perda do valor do ativo;
- Depreciação dos equipamentos: carroceria ou carreta atrelada ao veículo;
- Licenciamento, IPVA, seguro do veículo, dos equipamentos e de responsabilidade civil facultativa. Como essas despesas geralmente são anuais, devem ser consideradas mensalmente, à razão de 1/12;
- Custo de oportunidade sobre os ativos investidos: corresponde ao ganho obtido no mercado financeiro, caso o capital empregado em veículos e equipamentos de transporte fosse aplicado no mercado financeiro.

Ainda de acordo com Faria e Costa (2005), os custos variáveis do transporte rodoviário, calculados em função da quilometragem percorrida, são:

- Peças, acessórios e material de manutenção;
- Combustível;
- Óleos lubrificantes;
- Pedágios;
- Lavagens e graxas;
- Pneus

No caso de transporte terceirizado, o custo da prestação de serviço contempla todos os custos citados anteriormente, além dos custos indiretos, ou seja, todas as despesas necessárias à viabilização do serviço, entre elas as de infra-estrutura do prestador de serviço, normalmente atribuídas ao serviço em função da relação entre o peso da carga e a distância percorrida ou a densidade da carga (peso x volume), dependendo do tipo de produto transportado.

Quanto ao custo total a ser atribuído a cada rota de entrega ou coleta, Lima (2001) explica que, depois de calculados todos os itens de custos fixos, eles devem ser somados e o montante dividido pelas horas trabalhadas no mês, obtendo-se assim o custo fixo/hora. Com relação aos custos variáveis, ensina o autor, o montante final deve ser dividido pela quilometragem percorrida no mês.

Desse modo, obtém-se o custo total de uma rota, que pode ser demonstrado pela seguinte equação:

$$C_{\text{rota}} = \text{tempo (h)} \times \text{CF (\$/h)} + \text{distância (km)} \times \text{CV (\$/km)}$$

Onde:

h = horas;

CF = custos fixos;

Km = quilometragem percorrida;

CV = custos variáveis.

4.3.4 Custo de oportunidade

O custo de oportunidade indica o custo de uma alternativa renunciada, assim como todos os benefícios que poderiam ser obtidos a partir dessa alternativa. É o valor do maior benefício não obtido dentre as possibilidades não escolhidas⁴⁰.

Segundo Martins (1998), o custo de oportunidade reflete o quanto a empresa sacrificou em termos de remuneração por ter aplicado seus recursos numa alternativa ao invés de em outra. Um exemplo do custo de oportunidade, na visão de Martins (1998), seria o quanto uma empresa deixou de ganhar ao adquirir máquinas ao invés de aplicar o mesmo valor em outros investimentos igualmente viáveis.

Na Logística, o custo de oportunidade pode ser o de possuir uma frota própria ao invés de terceirizar o transporte, construir depósitos em vez de alugar espaços de terceiros, ou ainda, o custo de manter estoques e o custo da falta ou excesso.

4.4

A Logística Tributária

“Cada vez mais as atividades tributárias estão intrinsecamente ligadas à Logística. Não se faz uma operação ou implantação de centrais de distribuição, armazéns, filiais e transportadoras sem estudo prévio do impacto da carga tributária em todo o processo. Sem este planejamento, corre-se o risco de haver prejuízos financeiros

⁴⁰ Wikipédia. Disponível em http://pt.wikipedia.org/wiki/Custo_de_oportunidade (Acesso em 19/06/08).

por recolhimento a maior de impostos ou por exposição da empresa ao risco fiscal”. (Moraes, 2006).

Para Figueiredo e Arkader (1999), apud Santos (2003), a gestão da cadeia produtiva como um todo poderá proporcionar uma série de maneiras pelas quais é possível aumentar a produtividade e, por conseqüência, contribuir significativamente para a redução de custos, assim como identificar formas de agregar valor aos produtos.

E uma das estratégias de redução de custos, e conseqüente aumento da competitividade, adotadas pelas empresas, diz respeito à Logística Tributária, ou Planejamento Tributário, que vislumbra as oportunidades de redução dos impostos cumulativos, e daqueles que incidem sobre o valor agregado, através da decisão de localizar centros de distribuição onde haja incentivos fiscais ou financeiros, e da adoção de canais de distribuição otimizados.

Borges (1999) define planejamento tributário como *“técnica gerencial que visa projetar as operações industriais, os negócios mercantis e as prestações de serviços, visando conhecer as obrigações e os encargos tributários inseridos em cada uma das respectivas alternativas legais pertinentes para, mediante meios e instrumentos legítimos, adotar aquela que possibilita a anulação, redução ou adiamento do ônus fiscal”*.

De acordo com Santos (2003), as fases do planejamento tributário são:

- Pesquisa do fato objeto;
- Articulação das questões fiscais;
- Estudo dos aspectos jurídico-fiscais;
- Conclusão, e;
- Formalização técnico-funcional.

O custo dos investimentos em modernização e ampliação dos serviços logísticos no Brasil são onerados em até 50% pela tributação. Depois da inflação, a infra-estrutura é o principal obstáculo para a evolução dessa atividade econômica. Para ajudar a remover os gargalos que impedem o Brasil de crescer mais rapidamente, empresários do setor pressionam o governo para obter isenção de impostos nos investimentos em bens de capital nos terminais portuários, ferroviários e dutoviários. Pedem ainda que a desoneração tributária dos investimentos em Logística seja tratada o mais rápido possível, por meio de

medida provisória, sendo, portanto, desvinculada da reforma tributária ou qualquer política industrial, sem data prevista para acontecerem (O Estado de S. Paulo⁴¹).

Segundo Ribeiro (1999), apud Silva (2007), os tributos incidentes sobre as operações logísticas são classificados como tributos sobre transações, ou transacionais, porque incidem sobre todas as operações realizadas entre a organização e seus fornecedores e clientes, e também sobre as transferências entre unidades da mesma empresa, quando ocorre a exteriorização do fato gerador do imposto.

Ribeiro (1999), apud Silva (2007), elaborou um quadro de operações logísticas sujeitas à tributação de ICMS, PIS, COFINS, IPI, II e IOF, donde concluiu-se que o ICMS incide sobre todas as operações logísticas, sendo, portanto, o tributo que mais impacta o custo logístico (Silva, 2007).

As alíquotas de ICMS, diferentes entre os 26 estados brasileiros e o Distrito Federal, para suas operações intra e interestaduais, e ainda distintas para diversas categorias de produtos, gera um panorama complexo, com grandes possibilidades de resultados tributários, levando, muitas vezes, as empresas a se instalarem em locais distantes dos seus centros consumidores (Isaac, 2006).

Issac (2006) comenta o caso de uma multinacional do setor químico que realizou um estudo em toda a cadeia de distribuição das suas unidades brasileiras, a fim de identificar potenciais maneiras de reduzir o custo logístico. Dois cenários foram montados: o primeiro geraria uma redução de 2% do custo logístico, com um aumento de 0,6% de ICMS. A redução no custo total de distribuição seria da ordem de 1,3%. O segundo cenário, que contemplava um planejamento tributário mais arrojado, resultaria num aumento do custo logístico em 4%. Por outro lado, haveria uma redução de 37% nos custos de ICMS. Essa alternativa geraria economia de 11% no custo total de distribuição.

O exemplo acima deixa claro que a logística tributária, quando bem empregada, representa um excelente recurso de competitividade para empresas instaladas no Brasil.

⁴¹ Disponível em <http://www.aslog.org.br> (acesso em 30/05/08).

A complexidade tributária é tanta que boa parte das empresas brasileiras não conhece detalhadamente as vantagens e desvantagens a que esta sujeita. Daí a importância de um planejamento adequado (Dallari, 2006).

4.5

Localização de instalações

“A seleção do local para a implantação de uma empresa, fábrica ou depósito de produtos é uma decisão ligada à estratégia empresarial. Por exemplo, por que, na década de 60, a indústria automobilística foi implantada no ABC Paulista? Por que, no limiar do século XXI, essa mesma indústria está deixando o ABC e sendo implantada em diferentes localidades do país, de maneira pulverizada, e não mais concentrada em uma única região? Que razões estão levando a indústria têxtil a deixar os estados de Santa Catarina e São Paulo e ir para o estado do Ceará?” (Martins e Laugeni, 2000).

De acordo com Ballou (2006), em tempos remotos, as mercadorias não eram produzidas perto dos seus consumidores, nem tampouco estavam disponíveis para atender à sazonalidade da demanda. Devido à inexistência de sistemas desenvolvidos de transporte e armazenagem, o movimento das mercadorias limitava-se àquilo que se conseguia transportar, e os bens perecíveis somente podiam permanecer armazenados por períodos muito curtos. Era necessário um aperfeiçoamento do sistema logístico, evoluindo as práticas de transporte, armazenagem e localização de facilidades, para melhorar a vida da população.

Segundo Pizzolato (2006)⁴², o problema de localizar instalações é popularmente conhecido com *Facility Location Problem* e consiste em escolher uma posição geográfica para sua operação tal que seja maximizada uma medida de utilidade, satisfazendo diversas restrições, em particular aquelas relativas à demanda.

Segundo Bowersox e Closs (2001), a importância da análise de localização é reconhecida pelo menos desde meados do século XIX, quando o economista alemão Johann Heinrich Von Thünen publicou *The Isolated State*, onde afirmava que os principais fatores determinantes do desenvolvimento econômico eram o preço da terra e o custo de transporte entre a produção e o mercado, considerados como fatores determinantes para tornar um produto competitivo, isto é, com preço

⁴² Conforme notas de aula do Mestrado Profissional em Logística. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2006.

adequado e custos reduzidos, sinônimo de operações lucrativas. Thünen reconheceu que o arrendamento, ou lucro máximo, que qualquer empreendimento econômico poderia pagar pela terra equivaleria à diferença entre o preço das mercadorias no mercado e o custo de transportar esses bens até o mercado (origem e destino).

Em 1909, o também economista alemão, Alfred Weber, aplicou o princípio de Thünen, até então voltado para uma economia agrícola, à uma sociedade industrial. O objetivo de Weber é definir onde localizar uma planta produtiva, levando em conta as condições econômicas de produção e de distribuição (Simões, 2003).

Para isso, Weber considera o papel da matéria-prima no processo produtivo e a sua influência no problema de localização. O autor leva em conta que os processos industriais sofrem perda ou ganho de peso após a produção e que as matérias-primas não são ubíquas⁴³, ou seja, não se encontram distribuídas uniformemente em todo lugar. Com base nisso, Weber sugere que as indústrias se instalem em pontos estratégicos, capazes de otimizar o custo de transporte de insumos e de produtos acabados.

Isard (1956), apud Simões (2003), relaciona as hipóteses básicas à aplicação da teoria de Weber, que são:

- Concorrência perfeita;
- Inexistência de vantagens monopolistas decorrentes da localização;
- Coeficientes fixos de produção;
- Oferta ilimitada de mão-de-obra a uma dada taxa de salários;
- Conhecimento prévio da localização e do tamanho das fontes de recursos naturais e dos centros de consumo;
- Preço homogêneo no espaço, se retirado o custo de transporte (este é determinado pela própria localização).

Em resumo, segundo Weber, para minimizar os custos de transporte, deve-se fazer uma análise do *trade-off* entre a localização dos fornecedores e dos clientes, de forma que os processos produtivos que perdem peso sejam localizados próximo às fontes de matéria-prima, enquanto que processos produtivos que

⁴³ Ubiquidade - sf (lat ubique+i+dade) 1 Qualidade do que está ou pode estar em muitos lugares ao mesmo tempo ou quase ao mesmo tempo. Disponível em <http://michaelis.uol.com.br> (Acesso em 05/07/2008).

ganham peso se desenvolvam nas proximidades dos pontos de consumo. Por outro lado, se os processos de produção não sofrem perda ou ganho de peso, as empresas podem optar por localizar suas instalações em um ponto intermediário mais conveniente.

Segundo Bowersox e Closs (2001), a partir das conclusões de Thünen e Weber, outros estudiosos deram sua contribuição à questão de Localização, sendo mais notáveis as pesquisas de August Lösch (1940), Edgar Hoover (1938), Melvin Greenhut (1956) e Michael Webber (1972), que destacaram a importância da especialização geográfica na localização industrial e o papel fundamental do transporte nesse contexto.

4.5.1 Principais métodos de localização

O termo “análise de localização” refere-se à modelagem, formulação e solução de uma classe de problemas que pode ser mais bem descrita como localização de facilidades num dado espaço (Revelle e Eiselt, 2005 apud Dubke, 2006).

Para Dubke (2006), o estudo de localização de instalações é um dos aspectos mais importantes dentro do planejamento estratégico aplicado a áreas tanto públicas como privadas, sejam elas localizadas no âmbito doméstico ou no âmbito internacional. Antes de uma instalação ser construída, deve ser realizado um estudo para determinar a localização e a capacidade adequadas, bem como o capital necessário para a sua alocação, ensina a autora.

A partir de uma necessidade, como instalar um hospital ou um centro de distribuição, por exemplo, começa-se um estudo de localização, com o objetivo de definir o melhor lugar para instalar tal facilidade e atender àquela necessidade inicial, de maneira otimizada, ou seja, ao menor custo e no menor tempo possíveis.

Pizzolato (2006) lembra que o objetivo da localização de facilidades varia quando se compara o prestador de serviço público e o privado. Segundo o autor, o setor privado tem como objetivo principal a redução dos custos e a maximização dos lucros. Em contra-partida, o setor público visa a maximização dos serviços prestados à população e a minimização dos custos, sem necessariamente buscar o aumento os lucros, já que, em geral, os serviços públicos não têm fins lucrativos.

Os serviços essenciais, prestados pelo setor público à sociedade, podem ser classificados em ordinários e extraordinários. Os ordinários são, entre outros, as

escolas, as estradas e a limpeza urbana. Para localizá-los, considera-se a distância média percorrida pelos usuários para chegar até eles, pois o percurso será feito de forma sistemática, muitas vezes diariamente. Já os bombeiros, a polícia e os hospitais são exemplos de serviços extraordinários, para os quais o tempo de atendimento é fundamental para a qualidade do serviço, tornando-se necessário minimizar a distância média eventualmente percorrida (Pizzolato, 2006).

A distância entre dois pontos pode ser traçada por uma linha reta ou por algum caminho obrigatório, quando há imposição de se respeitar estradas, com suas restrições e regras de trânsito. Sem dúvida, a distância reta entre dois pontos é a mais curta, mas nem sempre a factível.

Com base nas restrições de caminhos entre a origem e o destino, o problema de localização de facilidades é classificado em: localização em um plano e localização em uma rede.

A localização em um plano é empregada quando não há restrições de percurso, podendo ser adotada a distância mais curta. As decisões de localizar plataformas de petróleo no mar ou instalar facilidades em locais sem nenhuma benfeitoria são adequadas às técnicas de localização em planos. Os métodos mais utilizados são a métrica euclidiana e a métrica metropolitana.

A métrica euclidiana calcula distâncias em linha reta, com base na premissa de que a menor distância entre dois pontos é uma reta. Um pouco diferente, a métrica metropolitana calcula distâncias em um plano cartesiano, em que a distância entre eles é igual a soma das diferenças das suas ordenadas. As fórmulas para se calcular as distâncias pelas métricas euclidiana e metropolitana podem ser vistas na Figura 23.

<p>Métrica euclidiana</p> $d_{ij}^2 = (x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2$
<p>Métrica metropolitana</p> $d_{ij} = x_i - x_j + y_i - y_j $

Figura 23 Métodos de localização em um plano (Pizzolato, 2006)

A localização em rede é mais complexa, por apresentar percursos pré-estabelecidos, dos quais não se tem muito como escapar, não sendo possível “encurtar o caminho”. É largamente empregada para a definição de rotas de distribuição rodoviária, ferroviária, aquaviária, dutoviária e aeroaviária, onde as vias, físicas ou imaginárias, são interligadas, formando uma rede.

De acordo com Crainic e Laporte (1997), apud Dubke (2006), os principais modelos de localização em rede estão divididos em:

- Modelo de cobertura: visa atingir o nível máximo de cobertura de determinada facilidade, minimizando o custo de localização. Pode ser problema de cobertura de conjunto (*Location set covering problem*) ou problema de máxima cobertura (*Maximal covering problem*);
- Modelo central: conhecido como *p-center* ou *problema de minimax*, tem por objetivo localizar p instalações em uma rede, minimizando a máxima distância entre os vértices e a instalação ou entre um nó de origem e a instalação mais próxima (aplicável à localização de serviços públicos extraordinários, como ambulâncias, polícia e bombeiros);
- Modelo mediano: também conhecido por *median model*, são os problemas clássicos de localização de instalações. Tem como objetivo localizar p instalações, minimizando a demanda multiplicada pela distância entre os pontos de demanda e as instalações. Se a instalação é não capacitada e o número de instalações é fixo, tem-se um problema de *p-mediana*. Se o número de instalações é variável e as instalações não têm restrição de capacidade, tem-se um problema denominado *Uncapacitated Plant Location Model* (UPLM) ou modelo de localização de plantas não capacitadas. Se o número de localizações é variável e sua instalação é capacitada, tem-se então um problema denominado *Capacitated Plant Location Problem* (CPLP) ou problema de localização de plantas capacitadas;
- Problema capacitado e não capacitado: dizem respeito à capacidade de atendimento à demanda. No capacitado, as instalações têm uma capacidade máxima de atendimento. No problema não capacitado, ou com capacidade ilimitada, não há limites quanto ao tamanho da demanda (aqui se enquadram os modelos de cobertura, medianos e centrais);
- Modelos contínuos: quando o modelo permite que as facilidades sejam localizadas em qualquer lugar dentro de um particular espaço de soluções (no plano), dá-se a denominação de modelo contínuo. Segundo Dubke

(2006), modelos de localização contínua apresentam dificuldades de ordem computacional e prática, por vezes resultando em formulações não-lineares difíceis de serem solucionadas para mais de uma localização ou por apresentar soluções inviáveis na prática;

- Modelos discretos: Os modelos são classificados como discretos quando se assume que a demanda e as instalações estão localizadas nos nós (conjunto de vértices) de uma rede, em um conjunto finito de localizações;
- Modelos estáticos x dinâmicos: A maioria dos modelos de localização conhecida é estática, ou seja, não considera a variável tempo. Entretanto, a maioria dos problemas de localização tem o tempo como um fator condicionante. Os modelos dinâmicos calculam onde e quando localizar uma facilidade considerando a condição “tempo”;
- Modelos probabilísticos ou estocásticos e determinísticos: Modelos probabilísticos são sujeitos a incertezas, enquanto que os determinísticos são não-sujeitos a incertezas;
- Modelos *Single-product* ou *Multi-products*: levam em consideração a quantidade de produtos: um único (single product) ou vários (*Multi-products* ou *Multi-commodities*);
- Modelos com objetivo único ou vários objetivos: pode-se apenas determinar a localização de menor custo ou minimizar o custo e maximizar a demanda coberta, por exemplo.

Pizzolato (2006) classifica os estudos de localização em práticos, aplicados ou acadêmicos, de acordo com as seguintes características:

- Estudos práticos: são rotineiramente desenvolvidos pelas empresas e geralmente influenciados pela disponibilidade de insumos, mão-de-obra, terrenos, serviços públicos, pela facilidade de transporte, a distância e a dimensão de mercado, pelos incentivos fiscais etc. Normalmente, seguem um *check list*, ou seja, um roteiro de solução pré-determinado;
- Estudos aplicados: buscam solucionar problemas reais complexos utilizando a pesquisa operacional, isto é, através da elaboração de um modelo, aplicação de metodologia adequada a cada caso, validação do resultado e implantação da solução encontrada;

- Estudos acadêmicos: contribuem para o desenvolvimento dos métodos exatos, das heurísticas e de novos *softwares*, motivados pela busca de soluções para problemas teóricos.

Alguns autores destacam algumas variáveis de cunho qualitativo na tomada de decisão locacional, além do custo e da distância. Martins e Laugeni (2000) e Dubke (2006) descrevem os principais fatores qualitativos que influenciam a localização e instalações:

- Proximidade dos fornecedores, consumidores;
- Disponibilidade de mão-de-obra, serviços de comunicação, saúde, energia e segurança;
- Taxa de câmbio e barreiras comerciais;
- Regulamentação ambiental;
- Grau de organização sindical;
- Disponibilidade de serviços públicos;
- Facilidades para o sistema de transporte;
- Localização dos concorrentes;
- Clima e temperatura da região;
- Aspectos culturais: escolas, hospitais, bancos etc;
- Incentivos governamentais.

Dubke (2006) destaca, dentre os fatores acima, os incentivos oferecidos pelos governos, com o objetivo de desenvolver a economia local, gerar mais empregos e aumentar a arrecadação tributária. Alberto (2000) comenta que os incentivos fiscais são hoje um dos cinco principais fatores de decisão locacional entre os executivos.

Quanto aos custos envolvidos num processo de localização estão o custo da mão-de-obra, do terreno e da construção, dos equipamentos, dos transportes, dos serviços públicos, as taxas e os impostos (Martins e Laugeni, 2000).

Algumas variáveis qualitativas são mais difíceis de se mensurar na decisão de localização. Esses fatores devem ser listados e pesos subjetivos devem ser atribuídos a cada um deles, de acordo com o seu grau de importância, que pode variar entre empresas diferentes. Uma análise de cada local candidato a receber a

nova instalação, como notas atribuídas a cada quesito, determinará o local mais apropriado. A Figura 24 é um exemplo desta avaliação que, segundo Martins e Laugeni (2000), deve ser um complemento aos modelos quantificáveis, que consideram os custos, as condições de mercado, as distâncias etc.

Peso	Fator	Notas médias por fator			
		A*	B*	C*	D*
10	Disponibilidade de pessoal	7,5	8,0	6,5	5,0
15	Aspectos sindicais	10,0	5,0	7,0	9,5
20	Restrições ambientais	5,0	7,5	9,0	6,5
15	Qualidade de vida	9,0	8,0	9,5	8,5
15	Suprimento de materiais	6,5	6,0	7,5	8,5
15	Isenção de Impostos	5,0	8,0	8,0	8,5
10	Desenvolvimento regional	5,0	6,0	8,0	6,5
Total		682,5	695,0	805,0	770,0

* Cidades candidatas

Figura 24 Avaliação de fatores qualitativos na decisão de localização: neste exemplo, a cidade C seria a melhor candidata (Fonte: Martins e Laugeni, 2000)