



Gestão de Tecnologia e Inovação na Logística

Carlos Taboada

2009

© 2009 – IESDE Brasil S.A. É proibida a reprodução, mesmo parcial, por qualquer processo, sem autorização por escrito dos autores e do detentor dos direitos autorais.

T114 Taboada, Carlos. / Gestão de tecnologia e inovação na logística. / Carlos Taboada. — Curitiba : IESDE Brasil S.A. , 2009. 104 p.

ISBN: 978-85-387-0977-0

1. Administração de materiais. 2. Logística. 3. Gestão de Materiais. I. Título.

CDD 658.78

Capa: IESDE Brasil S.A.

Imagem da capa: Jupiter Images/DPI Images

Todos os direitos reservados.



At. Hora Sempre!

IESDE Brasil S.A.

Al. Dr. Carlos de Carvalho, 1.482. CEP: 80730-200

Batel – Curitiba – PR

0800 708 88 88 – www.iesde.com.br

Carlos Taboada

Doutor pela Universidade Técnica de Dresden – Alemanha. Graduado em Engenharia Industrial pela Universidade de Havana – Cuba. É professor de Logística no Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Atua como consultor em Logística de empresas dos ramos Metal-Mecânica, Farmacêutico e Atacadistas.

Sumário

Elementos de inovação tecnológica e de logística empresarial	9
Introdução	9
A inovação tecnológica: características e abrangência	9
O Planejamento da Inovação Tecnológica	12
A cadeia logística: etapas, processos básicos e evolução	14
A inovação tecnológica na cadeia logística	16
Inovação tecnológica na logística de suprimentos	21
Abrangência e atividades da logística de suprimentos	21
<i>Milk Run</i> como forma avançada de suprimentos	23
Inovação tecnológica na logística industrial	39
Inovação tecnológica na logística industrial (ou interna)	39
Inovação tecnológica na distribuição física de produtos	61
Introdução	61
Abrangência e atividades da distribuição física de produtos	61
Tecnologia de Identificação por Radiofrequência (RFID) aplicada na distribuição física de produtos	63
A inovação tecnológica nos aspectos ambientais da cadeia logística	77
Introdução	77
Exigências ambientais aos sistemas logísticos	78
O efeito estufa: gases e tratados	82
A emissão de gás carbônico e os créditos de carbono no tratamento de canais logísticos	84
Gabarito	95
Referências	99

Apresentação

A inovação tecnológica tem sido uma característica marcante no desenvolvimento empresarial nos últimos anos.

O tempo de criação de um processo tecnológico, até a sua transformação em um produto comercial, tem sido cada vez mais curto. Por exemplo, no caso da fotografia foi de 112 anos, bem menos que o caso da televisão, que só precisou de 12 anos. No entanto, para o circuito integrado foi apenas 3 anos.

Para que esse processo possa se realizar de forma eficiente precisa ser organizado e planejado dentro da empresa, o que tem sido preocupação constante por parte de técnicos e executivos empresariais.

Essa impressionante velocidade de surgimento de novos produtos exige uma estruturação de canais e mecanismos ágeis de distribuição para que os produtos possam ser consumidos. Essas soluções logísticas estão submetidas às exigências que impõem os processos de inovação tecnológica para organizar e gerenciar os processos na logística, o que constitui a razão do presente livro.

Este livro apresenta primeiramente o tratamento do processo de inovação tecnológica, a organização e o planejamento, seguido pela caracterização da cadeia logística; logo em seguida destaca-se as etapas e processos fundamentais da cadeia de suprimentos, cadeia industrial e distribuição física, concluindo-se com uma análise do tratamento ambiental nas soluções e gerenciamento de canais logísticos.

Elementos de inovação tecnológica e de logística empresarial

Introdução

Neste capítulo serão abordados aspectos elementares sobre o processo de inovação tecnológica, as suas características e o processo para o seu planejamento. De igual forma serão estudadas a cadeia logística e as suas principais etapas e processos, para finalmente caracterizar a concretização do processo de inovação tecnológica nas condições da cadeia logística.

A inovação tecnológica: características e abrangência

Origens do conceito de inovação tecnológica

Utiliza-se com frequência em meios empresariais a expressão *inovação tecnológica*, principalmente no ambiente de negócios contemporâneo, que é caracterizado por uma acirrada competição marcada por mudanças e por uma frenética aparição de novos produtos, processos e tecnologias. Mas o que significa essa expressão? Qual é o conteúdo da mesma? Para entender melhor será necessário partir das suas raízes.

O conceito *tecnologia* tem suas origens em duas palavras gregas: *tekhno* (habilidade ou técnica) e *logos* (conhecimento ou ciência). Por tal razão, a tecnologia pode ser identificada como o conhecimento de habilidades e/ou técnicas, ou como a ciência de habilidades e/ou técnicas.

A inovação está associada a algo novo ou renovado. A palavra tem suas raízes no termo latino *innovatio*, e se refere a uma ideia, objeto ou método criado que se difere dos padrões anteriores. Já o Dicionário Aurélio (2009) explica que inovar significa: “renovar, introduzir novidade”.

Pode-se dizer então que inovação tecnológica significa as competências que uma organização desenvolveu para introduzir novos produtos, processos ou métodos, de forma que seja percebido e aceito pelo mercado. O fato de poder introduzir uma novidade em um determinado mercado não caracteriza por si uma inovação, pois é necessário que os clientes percebam e aceitem essa novidade para que seja considerada como inovação. Justamente nesse aspecto é que está a diferença essencial entre invenções e inovações.

As características do ambiente de negócios e a acirrada concorrência tornam-se extremamente necessárias para os processos de inovação tecnológica nas empresas contemporâneas.

Características do ambiente de negócios

As empresas vivem hoje em dia num ambiente extremamente dinâmico, instável e em constante evolução. Aquela organização que se mantém passiva, aguardando para ver o que acontece, correrá grandes riscos. Adaptar-se a essas exigências resulta em uma questão de sobrevivência.

São três os elementos dinamizadores dessas novas exigências do ambiente de negócios: a globalização, o ciclo de vida dos produtos e uma maior consciência ecológica.

A *globalização* tem mudado radicalmente a forma de organizar e dirigir os negócios. As fronteiras de espaço e de tempo têm sido destruídas, e isso já não é uma limitante para que alguém que esteja do outro lado do mundo possa entrar no jogo e ser até mais competitivo, por exemplo, os produtores asiáticos têm demonstrado isso.

As melhoras significativas nas infraestruturas tanto viárias como de comunicações, bem como o papel da Tecnologia de Informação para sustentar a gestão dos negócios, têm permitido essa situação. Hoje uma empresa não compete apenas com a sua vizinha, mas com qualquer uma que esteja em qualquer canto do planeta. Com a internet o consumidor se acostumou a acessar produtos de diferentes lugares, e o fabricante, quando menos espera, percebe que apareceram produtos concorrentes, novos e competitivos que estão sendo aceitos pelo mercado. Tudo isso gera instabilidade e incerteza nos mercados, além da necessidade de ser dinâmico para atendê-los.

O *ciclo de vida dos produtos*, cada vez mais curto, está se constituindo como um diferencial competitivo. Todo produto tem um ciclo de vida no qual é desenvolvido, tem uma fase de crescimento comercial, atinge a sua maturidade e, depois de certo tempo, começa a fase de declínio. A chegada cada vez mais rápida de produtos substitutos – ou inovadores – exigidos pelo mercado, ao longo do tempo, tem reduzido esse ciclo. Existem situações nas quais antes de um produto concluir o seu ciclo de vida já aparece o substituto do mesmo, como são os casos da telefonia celular e da informática. Essa característica ocasiona a chamada volatilidade do mercado, o que também influencia na incerteza e instabilidade do mesmo, bem como na necessidade de dinamismo para atendê-lo.

A aparição de novos produtos e processos provenientes de diferentes lugares do mundo, de forma cada vez mais frequente, imprime ao mercado um perfil de constante mudança, o que impacta nas empresas que pretendem colocar os seus produtos e serviços no mercado.

A consolidação de uma maior *consciência ecológica* nos consumidores e na sociedade manifesta-se também nos produtos e serviços que as empresas tentam colocar nesses ambientes. O grau de exigência é tal que já começa a ser um requisito indispensável para a sobrevivência dos negócios.

Tipos de inovação

Existem vários critérios e formas para classificar os tipos de inovação. Neste livro será utilizada a abordagem da Organization for Economic Co-operation and Development (OECD), a qual estabelece quatro tipos de inovações (OECD, 2005):

- **inovações em produtos** – é a introdução de um produto ou um novo serviço com melhoras significativas de suas características, propriedades ou usos pretendidos;
- **inovações em processos** – consistem na implementação de um processo produtivo ou de entrega, com caráter inovador ou com melhoras substanciais. Essas inovações compreendem tanto técnicas, equipamentos ou *softwares* para produzir valores quanto aspectos relacionados à logística da empresa, tais como embalagens e elementos de unitização, *softwares* e procedimentos para realizar o suprimento na empresa ou na entrega de produtos acabados;
- **inovações organizacionais** – compreendem a adoção de novos métodos e procedimentos organizacionais, tais como mudanças no modelo de negócio, na organização do clima de trabalho ou nas práticas externas da empresa;

- **inovações em marketing** – referem-se à implementação de novos métodos, procedimentos e práticas de marketing, tais como campanhas para divulgação e distribuição de produtos, mudanças na aparência do produto e/ou na sua embalagem, e mecanismos para o conhecimento da percepção dos clientes com relação aos serviços e à agregação de valores.

Um complemento dessa classificação é oferecido pelo Harvard Business Essentials (*apud* CORAL; OGLIARI; ABREU, 2008, p. 3) e estabelece que as inovações podem ser consideradas como incrementais ou radicais:

- **inovação incremental** – significa a melhoria de um produto ou processo já existente, de forma que o seu desempenho melhore substancialmente. Pode consistir também na reconfiguração e adaptação de uma tecnologia que já existe e que está sendo utilizada para outros fins;
- **inovação radical** – é aquela onde se desenvolve um produto ou processo que por suas características, propriedades ou funções de uso, se diferencia de forma substancial dos produtos e processos já existentes. Esse tipo de inovação pode estar suportado em tecnologias totalmente novas ou na combinação de tecnologias existentes para novos usos.

O Planejamento da Inovação Tecnológica

Todo processo de gestão tem como um dos seus pilares fundamentais o planejamento. A gestão da inovação tecnológica não escapa dessa necessidade, sendo imprescindível realizar o planejamento deste importante processo.

A introdução de qualquer uma das inovações estudadas anteriormente não pode ser improvisada, pois elas precisam ser gerenciadas e planejadas. Esse planejamento deve se reportar ao planejamento corporativo, de forma que a gestão da inovação tecnológica constitua uma parte da gestão corporativa ou empresarial.

Coral, Ogliari e Abreu (2008, p. 87) oferecem uma visão estruturada do Planejamento da Inovação Tecnológica, cujas fases ou atividades podem ser resumidas da seguinte forma:

- análise do ambiente interno e externo;
- análise do planejamento estratégico corporativo;
- definição da visão da inovação;

- análise das tecnologias alternativas;
- definição da estratégia tecnológica, mercados-alvo e clientes;
- definição de objetivos, metas, iniciativas estratégicas;
- análise da aderência de objetivos *versus* competências;
- definição do plano de investimento;
- elaboração do plano de ação.

A seguir será feita uma breve descrição de cada uma dessas atividades.

Na *análise do ambiente interno e externo* tenta-se identificar novas oportunidades para um posicionamento mais competitivo da organização, detectam-se as deficiências internas que limitariam as pretensões da inovação, além de se estabelecer um conjunto de ações que erradicariam essas deficiências.

O Planejamento da Inovação Tecnológica deve estar alinhado com o *planejamento estratégico corporativo*, ao qual se subordina. Os resultados do alinhamento, tais como a missão, visão da empresa e os seus objetivos e direcionadores, devem ser utilizados como ponto de partida para realizar o planejamento do processo de inovação.

A *definição da visão da inovação* estabelece um cenário futuro de atuação da empresa, que corresponde às suas competências para desenvolver novos produtos e processos, e a sua introdução no mercado, o que ofereceria à empresa um novo e melhor posicionamento competitivo.

Uma vez estabelecida a visão da inovação, é preciso detalhar as ações e atividades para poder desenvolver as tecnologias inovadoras que serão utilizadas para obter os novos produtos e/ou processos. Isto seria a essência da *definição da estratégia tecnológica*.

Existe também a possibilidade da empresa *analisar tecnologias alternativas* para a realização do seu processo de inovação, pois não necessariamente a inovação tem que resultar da criação de produtos e processos próprios.

Uma vez realizados os passos anteriores, procede-se a *definição dos objetivos, metas e iniciativas estratégicas* do Planejamento da Inovação Tecnológica, o que deve corresponder com as diretrizes estabelecidas no planejamento estratégico corporativo e se basear nos resultados dos passos explicados anteriormente com relação às alternativas e à estratégia tecnológica. A elaboração de cada objetivo deve ser seguida do estabelecimento de metas a alcançar que permitam atingir esses objetivos.

A empresa também deve comparar esses resultados com os anteriores, para criar *aderência dos objetivos* traçados com as *competências* que possui e a *estrutura* que dispõe para estes fins. Com isso, a empresa consegue visualizar se tem as condições necessárias para poder colocar em prática o seu plano de inovação tecnológica.

Uma vez obtidos os resultados anteriores, a empresa deve definir um *plano de investimentos* onde sejam calculados os recursos necessários para poder implementar o plano de inovação tecnológica.

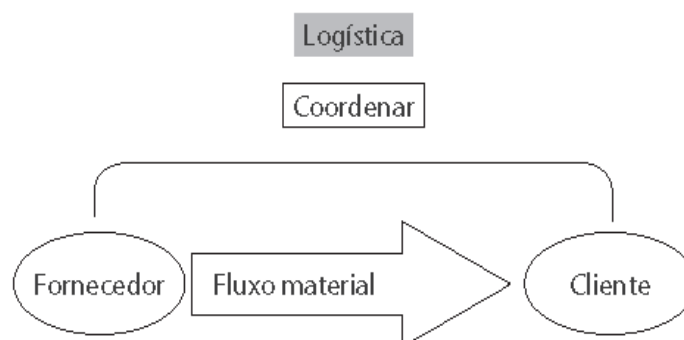
Por último, é necessário elaborar um *plano de ação* que compreenda os detalhes, ações e atividades a serem realizadas, bem como o seu cronograma de implementação e a construção de indicadores de desempenho que permitam acompanhar e medir o resultado final do processo de inovação.

A cadeia logística: etapas, processos básicos e evolução

Como o assunto central deste livro é a logística, é conveniente oferecer uma visão geral da cadeia logística e as suas partes componentes, o que será objeto deste item.

“A logística pode ser definida como a coordenação de um fluxo material e suas informações, que irão desde o fornecedor até o cliente, de forma eficiente e efetiva, e em correspondência com as necessidades do cliente” (TABOADA; GRANEMANN, 1997, p. 11).

Ou seja, a essência da logística é a coordenação de uma movimentação material única, integrada, que vai desde o fornecedor até o cliente, tal como mostra a figura 1.



O autor.

Figura 1 – Essência da logística.

Para que essa movimentação aconteça precisa-se da realização de algumas atividades consideradas como fundamentais, as quais se expressam na figura 2.

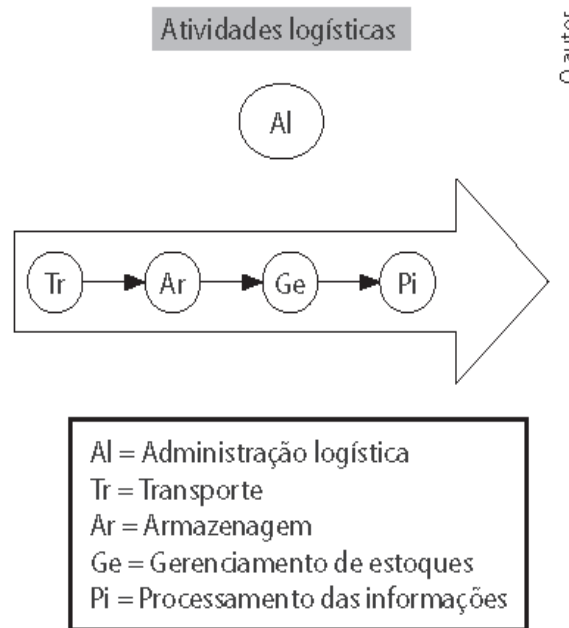


Figura 2 – Atividades fundamentais da logística.

A conexão da empresa com os seus fornecedores e com os seus clientes por meio do fluxo material dá corpo à cadeia logística. A figura 3 mostra uma cadeia logística resumida, com suas partes componentes que são: logística de suprimentos, logística industrial e distribuição física de produtos.

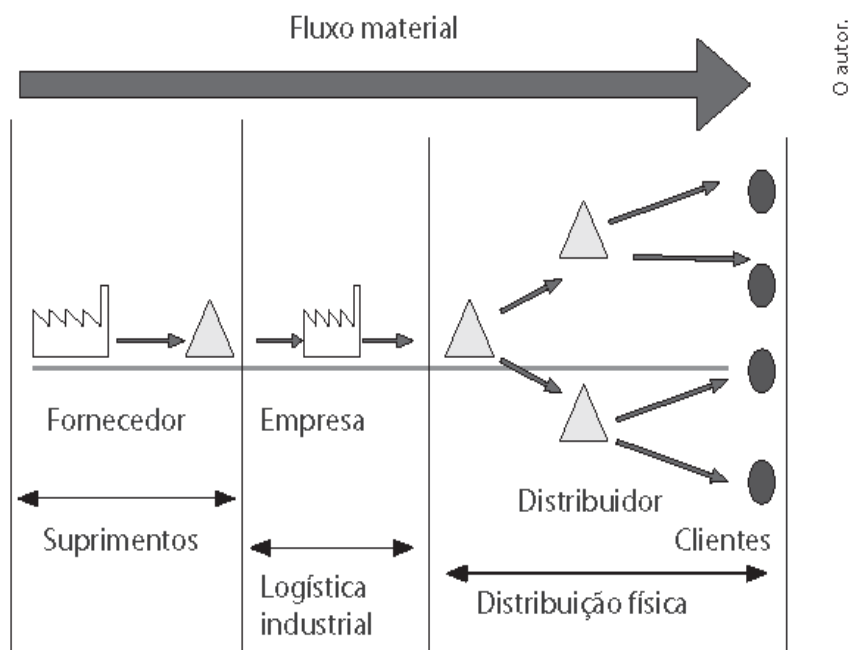


Figura 3 – A cadeia logística e as suas partes integrantes.

Na *logística de suprimentos*, o alvo da movimentação material são as matérias-primas, os componentes e as embalagens, que vão desde o fornecedor até que estejam disponíveis para a manufatura.

Na *logística industrial*, o alvo da movimentação muda, pois começa com a matéria-prima, continua com a movimentação dos produtos em processo e termina movi-

mentando os produtos acabados.

A *distribuição física de produtos* é talvez a mais complexa e importante etapa da cadeia logística, pois essa área encarrega-se de movimentar os produtos acabados desde o armazém de produtos finais até o cliente.

Essas atividades adquirem a dimensão de processos logísticos, já que estão presentes ao longo de toda a cadeia logística, como foi colocado anteriormente.

A inovação tecnológica na cadeia logística

Na logística também existe a necessidade de implementar inovações tecnológicas, nesse caso mais associadas a processos do que a produtos, não embora existam produtos desenvolvidos para a inovação de alguns processos logísticos, como é o caso dos transelevadores¹ e as etiquetas inteligentes.

As características já discutidas sobre o ambiente de negócios contemporâneo, ocasionadas pela globalização dos mercados e pela redução radical do ciclo de produtos, criaram uma enorme pressão nas empresas por parte do mercado para a redução do tempo de chegada ao mercado – *time to market* – e pela volatilidade antes apontada, o que leva a exigir mecanismos agilíssimos e flexíveis para o suprimento e a distribuição; isso fez com que se desenvolvessem soluções inovadoras na logística.

Quase sempre se associa a inovação tecnológica à logística, pois novas Tecnologias de Informação e comunicação impactam na realização dos processos logísticos. No entanto, existe a possibilidade de inovar em logística por meio de novos processos, métodos e procedimentos para a realização de atividades ou processos logísticos que adquiram uma dimensão inovadora, podendo chegar até a revolucionar, como foram os modelos de consórcio modular, condomínio industrial e cidade industrial desenvolvidos pela indústria automotiva e introduzidos no Brasil com caráter inédito. Tal inovação ocasionou uma grande mudança na forma de organizar e realizar a logística nesse setor.

Portanto, em cada uma das etapas da cadeia logística – suprimentos, industrial e distribuição física –, bem como em cada um dos processos ou atividades fundamentais da logística – transporte, armazém, gestão de estoques e processamento de informação –, existe a possibilidade de se desenvolver e introduzir inovações tecnológicas, tanto em produtos como em processos.

¹ Os transelevadores são sistemas de armazenagem automáticos, guiados por trilhos superiores e inferiores, para movimentação e armazenagem de cargas unitizadas em paletes que funcionam através de *softwares* de controle.

Motivação para a inovação

(CORAL; OGLIARI; ABREU, 2008)

De modo geral, é senso comum considerar que a maioria das empresas gostaria de ser inovadora, ser reconhecida como tal e obter resultados positivos a partir de seus investimentos em inovação. No entanto, empreender processos concretos de inovação, de tal forma que o tema seja incorporado ao planejamento estratégico da empresa, normalmente só acontece depois da identificação de ameaças prementes. Tal fato, em alguns casos, funciona como um gatilho e deflagra a decisão para investir em inovação.

Enquanto isso não acontece, na maioria dos casos, por maior que seja o desejo, mesmo que da direção da empresa, sempre haverá outros fatores considerados prioritários em função da possibilidade de um maior retorno financeiro de curto prazo.

Os principais impulsionadores da inovação mais comumente citados são:

- desejo de não competir somente no mercado de produtos *commodities*;
- busca de vantagem competitiva sustentável;
- busca de mudanças na direção de suas estratégias;
- procura por uma nova plataforma de crescimento para seu negócio;
- necessidade de gerar oportunidades de crescimento para atingir objetivos de receita de longo prazo;
- determinação por aumentar sua fatia de mercado;
- necessidade de redefinir missão e visão corporativa;
- valorização do gerenciamento colaborativo no desenvolvimento da estratégia;
- decisão por exportação.

Além destes, destaca-se a seguir uma série de condições apresentadas por Cooper (2001) que representam uma ameaça e que podem levar uma empresa a constatar a necessidade de inovar:

- a) **Mudanças das necessidades e desejos dos consumidores** – os mercados estão cada vez mais dinâmicos, pois as necessidades e desejos dos consumidores mudam constantemente. Uma empresa que parecia possuir total domínio de um determinado mercado pode, repentinamente, perder o domínio em função de mudanças nas necessidades e desejos dos consumidores.
- b) **Avanços tecnológicos** – a base tecnológica e conhecimentos aumentam em taxa exponencial, possibilitando soluções e produtos sequer sonhados décadas atrás. Isso torna cada vez mais rápida a obsolescência tecnológica de produtos e processos da organização.
- c) **Produtos em fase final de ciclo de vida** – em função do constante avanço tecnológico o ciclo de vida dos produtos vem se tornando mais curto. Em poucos anos, ou às vezes meses, ele pode ser superado pelo produto concorrente.
- d) **Aumento da competitividade** – da mesma forma que todos passaram a ter acesso aos mercados internacionais, os mercados antes considerados domésticos passaram a ser internacionais. A globalização dos mercados tem criado significativa oportunidade para produtos inovadores.

É comum que a empresa busque a inovação como uma ação reativa às ameaças de concorrentes e perda considerável de mercado. No entanto, o ideal é que a inovação seja parte da estratégia da empresa, como ação proativa e de longo prazo, e que as pessoas constituam-se no principal investimento a ser demandado. Em particular, o papel de um líder que inicie o processo e lidere uma equipe considerável de pessoas é empreender um processo para sensibilizar todos os participantes quanto à importância da inovação. Há que construir uma base de conhecimento para a inovação centrada na informação e na disponibilização de informação voltada para este fim. [...]

Com o propósito de criar uma visão comum do conceito de inovação, motivar as pessoas e buscar o comprometimento em todos os níveis, deve haver na empresa um processo de sensibilização. Nesta ocasião, devem ser apresentados, a um maior número de colaboradores possível, os conceitos e tipos de inovação e a importância deste processo para promover o crescimento com lucratividade.

1. Faça uma pesquisa sobre algumas inovações tecnológicas que sejam possíveis de se introduzir na cadeia logística.

2. Analise um produto onde se manifestem as características do atual ambiente de negócios.

3. Descreva um caso de inovação tecnológica de um processo de suprimento ou de entrega.

Inovação tecnológica na logística de suprimentos

As inovações na logística de suprimentos ou logística de entrada são do tipo de inovações em processos, podendo se manifestar em técnicas e equipamentos para realizar a descarga e o recebimento de matérias-primas, bem como nas embalagens e meios de unitização e transporte interno das mesmas, ou nas formas, técnicas e procedimentos para organizar e controlar o suprimento para a empresa.

Por questão de limitação de espaço, neste capítulo não poderão ser tratadas todas as inovações que poderiam se apresentar nessa importante etapa da logística, sendo que somente será estudada uma forma inovadora de se realizar o abastecimento de matérias-primas, que será o objeto deste capítulo: o suprimento *Milk Run*¹.

Abrangência e atividades da logística de suprimentos

É necessário conhecer as principais características do subsistema da logística de suprimentos para compreender melhor as possibilidades de implementação de processos inovadores de suprimentos.

Nessa etapa da logística movimentam-se matérias-primas, componentes, embalagens, desde o fornecedor até que estejam disponíveis para a produção. Em algumas ocasiões fala-se que essa movimentação até o armazém de matérias-primas é incompleta, já que a acomodação, manutenção, organização e entrega para a manufatura são ainda da alçada da logística de suprimentos.

Os processos logísticos fundamentais são: transportes, armazenagem, controle de estoques e processamento de informações – que são realizados como requisito para que aconteça uma movimentação do material. Justamente em cada uma dessas partes existe a possibilidade de introdução de processos inovadores.

¹ *Milk Run*: "a volta do leiteiro" ou também conhecido como "coleta programada".

Cabe salientar que existe uma interface entre logística de suprimentos e compras, pois a primeira não substitui a segunda, ou seja, cada uma tem o seu propósito e a sua abrangência. No modelo de gestão empresarial contemporâneo, a função de compras deve ser feita com uma abordagem logística, o que se resume na sentença seguinte: “comprar pelo menor custo e não pelo menor preço”.

As principais tarefas a serem solucionadas na configuração de um canal de suprimento são: inicialização e tramitação das ordens de compra, organização do transporte até a fábrica e o recebimento e manutenção de estoques na planta.

A *inicialização e a tramitação de ordens de compra* compreendem todas aquelas atividades que são necessárias para organizar, preparar, elaborar e tramitar as ordens de compra de matérias-primas a serem enviadas aos diferentes fornecedores. Considera-se como parte da logística, já que é o elemento que dispara a movimentação material.

A *organização do transporte até a fábrica* abrange as atividades como a escolha do modal de transporte, se a frota será própria ou terceirizada e qual será a entidade, bem como as eventuais rotas. Essa tarefa é necessária devido aos tipos de compra que a empresa irá realizar; caso a empresa esteja comprando a matéria-prima na modalidade *Free on Board*² (FOB), ela terá que garantir o transporte até a mesma. Se a modalidade de compra for *Cost, Insurance and Freight Paid*³ (CIF), significa que o preço da compra já considera o transporte da matéria-prima até a empresa – nesse caso é o fornecedor quem se encarrega de organizar e realizar o transporte até a empresa.

O *recebimento e a manutenção de estoques na planta* compreendem todas aquelas atividades realizadas para poder receber adequadamente as matérias-primas na empresa (conferência, documentação, alocação temporária etc.), bem como as atividades relacionadas à movimentação interna dentro do armazém como: o endereçamento, a rotatividade dos produtos, o cuidado e conservação, a preparação dos pedidos da manufatura e a entrega das quantidades de matéria-prima são solicitadas pela produção.

Existem várias formas de se realizar o suprimento de matérias-primas para uma empresa: direto, montagem e *Milk Run*, cujas essências aparecem na figura 1.

² FOB: livre a bordo.

³ CIF: custo, seguro e frete.

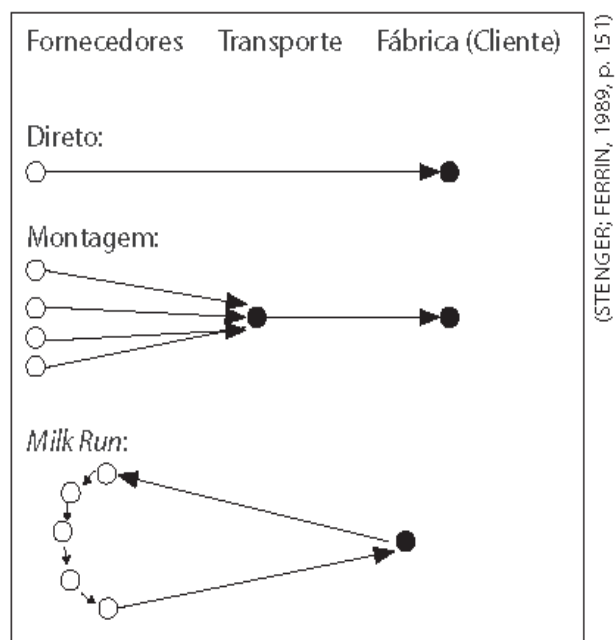


Figura 1 – Formas de se realizar o suprimento.

O *suprimento direto* acontece quando há um alto volume de matérias-primas a ser suprido. Nesse caso o fornecedor realiza a entrega diretamente ao cliente.

Já no *suprimento com montagem*, o volume de matérias-primas ou componentes a ser suprido não é elevado e os fornecedores estão distantes do cliente. No entanto, escolhe-se um fornecedor mais próximo ao cliente, e os restantes realizam a entrega a este, que é quem vai se encarregar de montar os componentes e realizar a entrega ao cliente.

Por último, o *suprimento Milk Run*, no qual os fornecedores estão próximos ao cliente, mas os volumes de matérias-primas e componentes a serem fornecidos é baixo. Nesse caso, é o cliente quem realiza a coleta das matérias-primas junto aos fornecedores, levando-as para a fábrica sem necessidade de manutenção de estoques.

Milk Run como forma avançada de suprimentos

As empresas enfrentam problemas relacionados com a movimentação de materiais entre fornecedores e clientes. Alguns desses problemas são os seguintes:

- elevados custos do estoque;
- desbalanceamentos nos suprimentos que ocasionam fretes extras;
- carência de espaço de armazenagem;
- necessidades de adequação do recebimento da produção etc.

A problemática mais acentuada acontece no conflito gerado entre os custos de estoque e os custos de transporte nas operações de suprimentos. Para poder ter o mínimo de estoques na planta, precisa-se ter transporte mais frequente, o que aumenta o custo desse processo. Por outro lado, para reduzir os custos de transporte, aumenta-se a quantidade a ser transportada e com isso eleva-se o nível de estoque na planta, aumentando os custos de capital imobilizado.

Para solucionar esses problemas existem várias formas e métodos de suprimentos, sendo um deles o suprimento *Milk Run*, que se estudará na sequência e que será tratado como um processo de inovação tecnológica a ser introduzido pela empresa.

Características do suprimento *Milk Run*

Origens do conceito *Milk Run*

As origens desse termo remontam-se ao século passado, nos Estados Unidos, através da prática do trabalho das cooperativas de leiteiros. Essas cooperativas tinham o intuito de economizar no transporte do leite que ia desde as fazendas até a planta pasteurizadora.

De um modelo descentralizado, onde o produtor levava o seu leite até a cooperativa, o que acabava impactando no preço do produto por causa dos custos de transporte, passou-se para um modelo centralizado. Nesse modelo centralizado a própria cooperativa se encarregava de coletar o produto, passando com um único veículo – na época uma carroça – por cada uma das fazendas coletando o leite produzido. Esse novo modelo trazia economias substanciais no transporte, com consequente impacto positivo no preço do produto.

Desse novo modelo criou-se uma padronização dos recipientes de leite, que permitia que no ato de recolher um recipiente cheio, deixava-se um vazio, o que agilizava todo o processo. Como era uma espécie de volta, tal procedimento foi denominado de “volta do leiteiro”. A figura 2 ilustra essa situação.

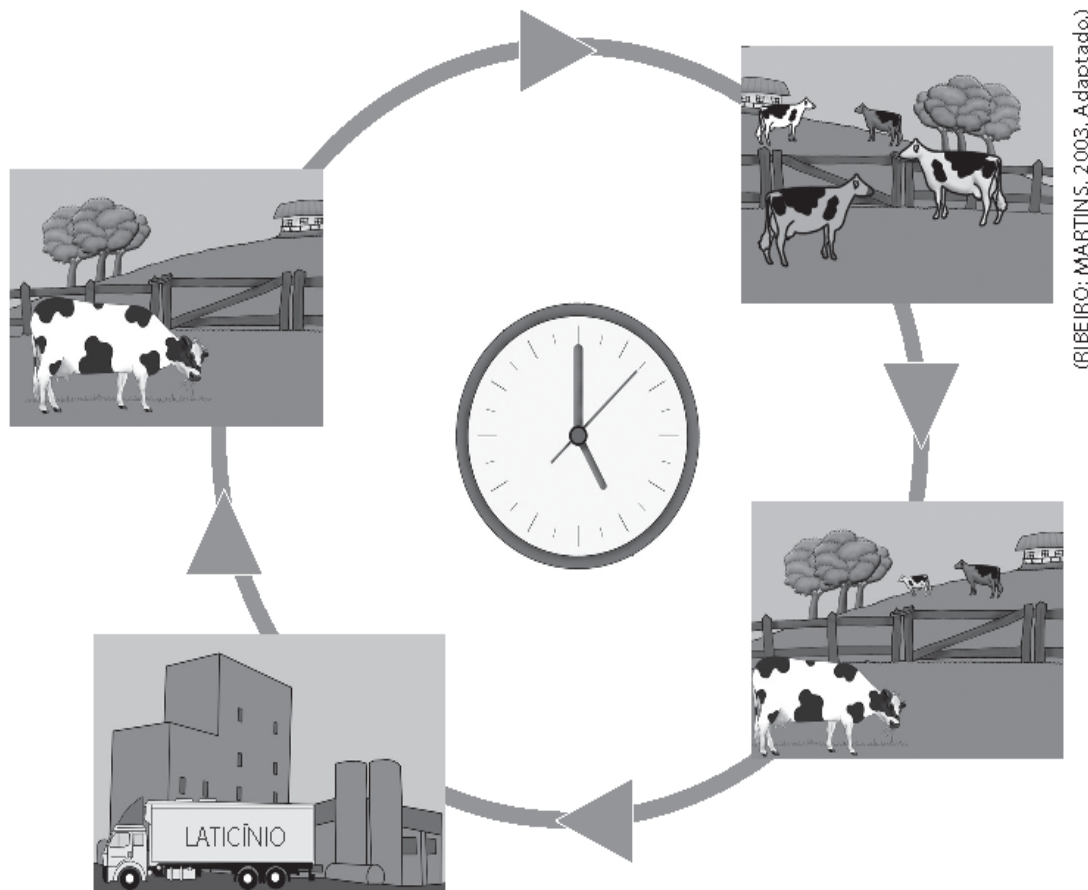


Figura 2 – A volta do leiteiro.

Posteriormente, os japoneses, através de um processo de inovação, levaram para a prática industrial a experiência dos leiteiros americanos, o que resultou no surgimento do sistema de suprimentos *Milk Run*. A partir desse conceito, a *Toyota Production System* (TPS) desenvolve um recebimento de peças na modalidade *Just-in-Time* (JIT) ou estoque zero.

Com o passar do tempo, essa experiência foi se expandindo para outras montadoras, e mais tarde se generalizando, por meio de implementações e adequações em outros setores como eletroeletrônico e automação comercial, deixando assim de ser exclusividade da indústria automotiva. Pode-se concluir que para chegar a esse grau de expansão do suprimento *Milk Run* em vários setores foi necessário dar-lhe um tratamento, como inovação tecnológica.

O conceito *Milk Run*

É um sistema de suprimento que consiste na realização de uma coleta entre os fornecedores de peças ou componentes de forma programada, percorrendo rotas que também foram definidas com antecedência, com o propósito de reduzir os custos de

estoques e, ao mesmo tempo, os custos de transporte, sem deixar de abastecer o cliente. Pela sua essência, é chamado também de sistema de coleta programada.

A sua característica principal consiste no cliente, que é quem vai procurar os produtos (matérias-primas, peças, componentes) diretamente nos fornecedores. Para isso, o próprio cliente define as datas, horários e quantidades a serem coletadas, bem como confecciona uma sequência de retiradas nos fornecedores, estabelecendo a rota a ser seguida.

A indústria automobilística, com a sua característica de constante inovação tanto em produtos como em processos, foi quem alavancou a prática industrial dessa forma de suprimento. Tentando reduzir a dependência da entrega do fornecedor, as indústrias automobilísticas decidiram inovar procurando elas mesmas as peças e componentes, baseando-se nas experiências positivas que tinham com a utilização de transportadoras e operadores logísticos que mostraram confiabilidade e competência.

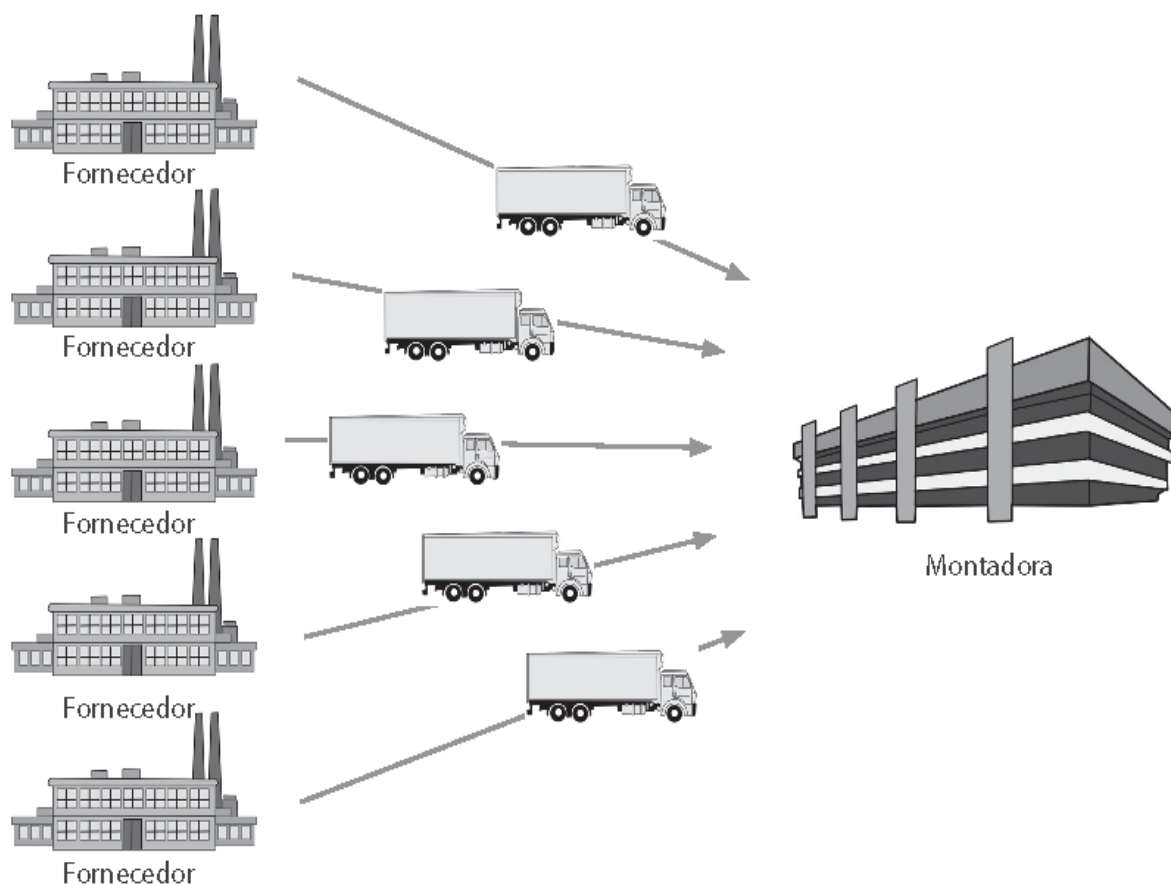
Se as peças não estão disponíveis no momento que foi acordado, o fornecedor pode receber uma multa, além de ter que realizar uma entrega emergencial dessas peças até o seu cliente. Esses são contratos rigorosos e exigentes no que está relacionado ao desempenho.

Comparação entre o suprimento convencional e o suprimento *Milk Run*

No sistema de suprimento convencional é de praxe que o cliente realize as compras na modalidade *Cost, Insurance and Freight (CIF)*, ou seja, ele paga para que o produto seja entregue na empresa, e é o fornecedor quem se encarrega de agenciar e oferecer o transporte, repassando no preço cobrado do cliente esse custo.

Cada fornecedor se esforça para entregar seus produtos aos clientes, o que eleva o custo total do transporte, pois não se consegue uma plena utilização da capacidade dos veículos. Além disso, não existe uma sincronização entre eles, ou seja, caso o cliente coincidentemente necessite de muitos componentes ao mesmo tempo, pode faltar espaço nos veículos. Essa carência pode gerar até a interrupção da produção do cliente, causando muitos prejuízos. Outro problema seria nas áreas de recebimento, onde

as filas de caminhões se aglomeram entre caminhões dos fornecedores contratados e de outros, o que gera perturbações e custos. A figura 3 mostra a essência dessa forma de suprimento.



(ANDRADE; BITTENCOURT, 2007. Adaptado.)

Figura 3 – Suprimento convencional.

No suprimento *Milk Run*, adota-se outra forma de compra: a modalidade *Free on Board* (FOB), na qual o cliente é responsável pelo agenciamento do serviço de transporte, ou seja, é o cliente que arca com os custos.

Isso permite a uniformidade e uma correta utilização dos veículos, sendo que o custo total de transporte para o suprimento acusa uma redução interessante quando comparado com o sistema convencional, pois evita-se o problema das grandes filas de caminhões de diferentes tipos na área de recebimento, e o conseqüentemente aumenta-se a produtividade. Além disso, como é o cliente que define o que vai ser carregado e transportado, não serão mais recebidas quantidades desnecessárias de produtos, tendo um impacto no nível de estoques a ser utilizado e, como conseqüência, uma redução dos custos de estoque. A figura 4 demonstra a essência dessa forma de suprimento.

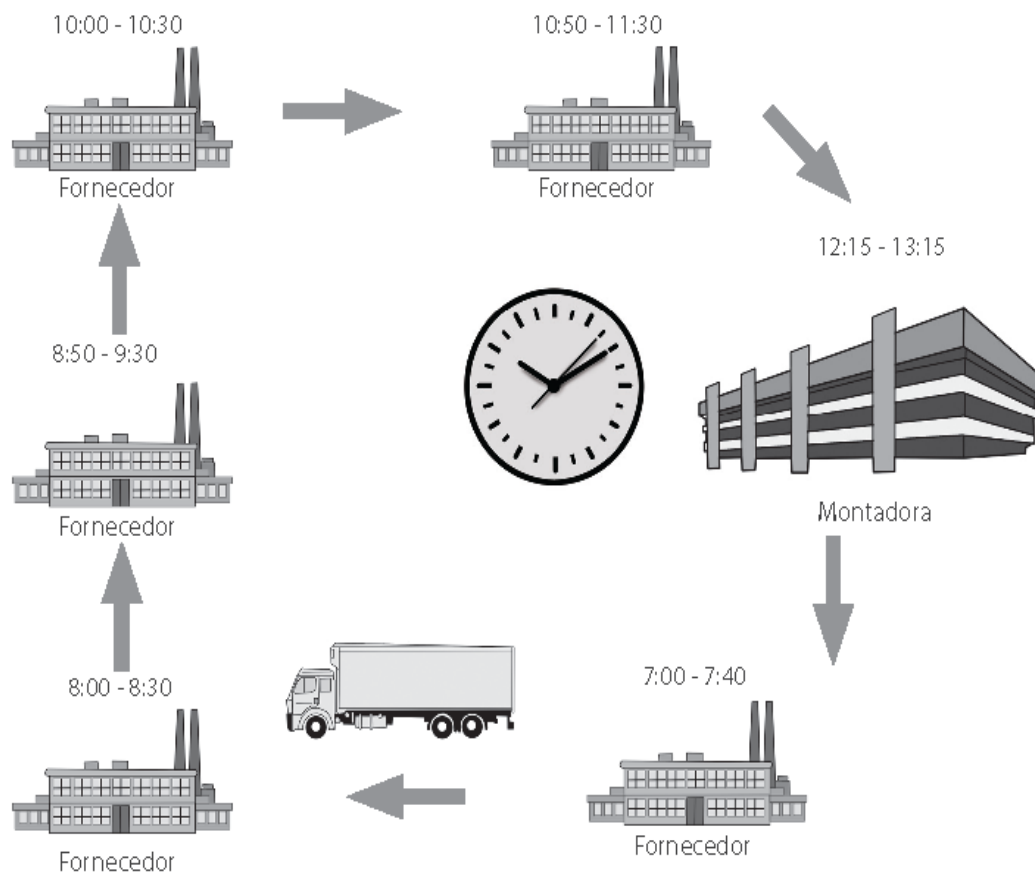


Figura 4 – Suprimento *Milk Run*.

(ANDRADE; BITTENCOURT, 2007. Adaptado.)

Benefícios do suprimento *Milk Run*

Segundo os autores Moura e Botter (2002), os principais benefícios que conseguem os participantes de um sistema de suprimentos *Milk Run* são:

- cria condições para um sistema *Just-in-Time*** – uma das características do sistema de suprimento *Milk Run* é reduzir o nível de estoque que o cliente precisa para a sua manufatura e também permitir a redução nos estoques do fornecedor. Por essa razão, constitui um processo para a implantação de um sistema *Just-in-Time* entre fornecedor e cliente;
- redução dos custos de transporte (entre os fornecedores e a fábrica)** – reduz a quantidade de veículos para realização do transporte, permitindo uma melhor utilização da capacidade de carga dos veículos. Utilizando embalagens padronizadas e projetadas, reduz-se também o tempo de parada dos veículos nos pontos de coleta permitindo a utilização de rotas mais apropriadas;
- redução dos custos de estoque** – com o aumento da frequência dos pedidos de suprimentos se reduz o nível de estoque necessário para o cliente; o

mesmo acontece com o fornecedor, que ao saber da quantidade que vai ser solicitada e o momento, envia apenas aquelas peças necessárias e com isso evita-se os excessos de estoque para ambos;

- **melhorias no recebimento de materiais** – o momento da descarga no cliente torna-se mais ágil, pois os produtos estão em embalagens padronizadas, e com a chegada programada do veículo eliminam-se filas de espera, evitando-se congestionamentos ou picos no recebimento que limitem a sua produtividade.

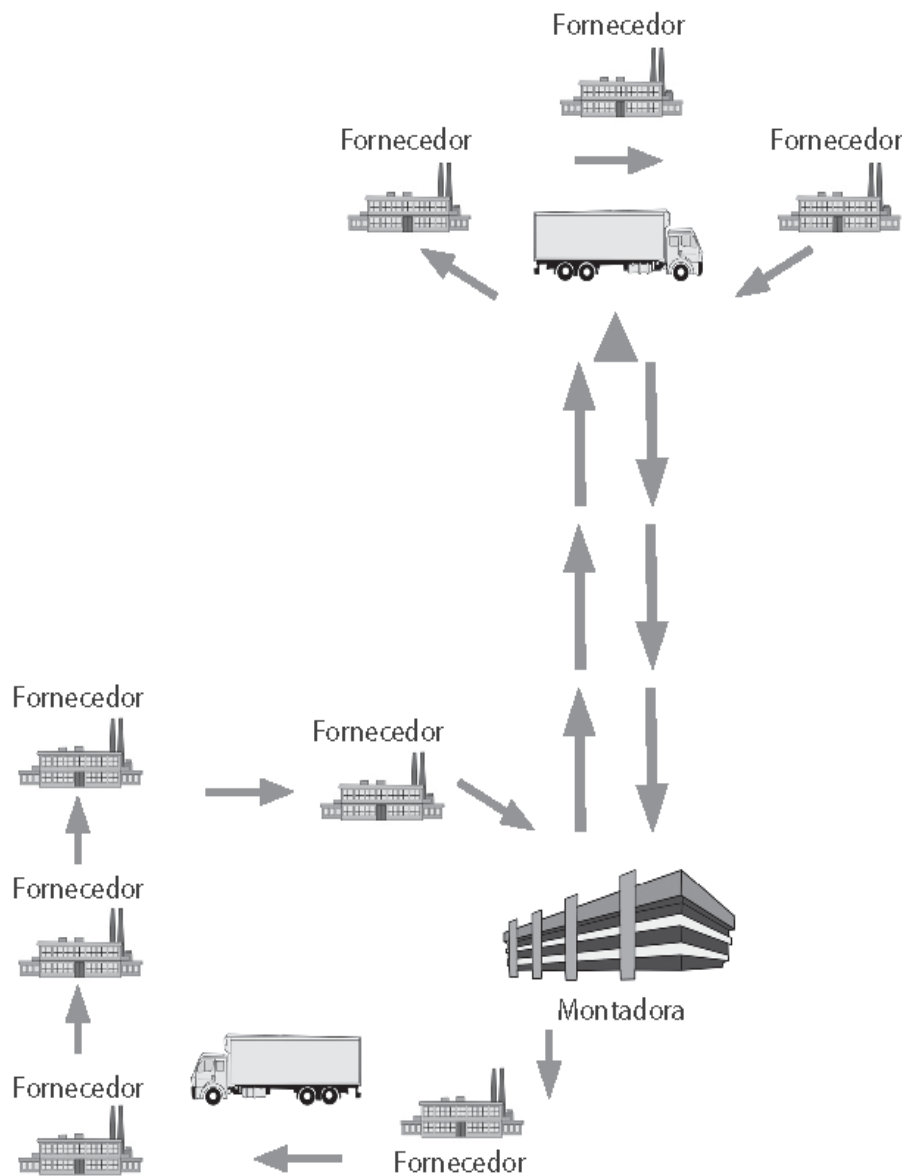
Formas de coleta do suprimento *Milk Run*

Moura e Botter (2002) estabelecem várias formas de se realizar esse tipo de suprimento:

- **coleta realizada pelo próprio cliente** – o cliente utiliza veículos próprios para realizar a coleta, estabelecendo a melhor rota, determinando a quantidade de peças necessárias para coletar em cada fornecedor, dentro de uma determinada rota, no intuito de aproveitar melhor a capacidade de seu veículo de transporte;
- **coleta realizada por terceiro (uma transportadora)** – nesse caso, é o cliente que define a quantidade de peças que devem ser coletadas em cada fornecedor, o tempo em que deve ser feita a coleta e traça as rotas que devem ser utilizadas. Já a execução do transporte, com base no que foi estabelecido pelo cliente, é realizada por uma transportadora;
- **coleta realizada por operador logístico** – nessa variante, o cliente estabelece só a quantidade de peças a serem coletadas em cada fornecedor e o momento em que precisa das mesmas na sua fábrica. Cabe à figura de um operador logístico determinar a melhor rota para a coleta das peças, em função do que foi estabelecido pelo cliente, de forma que a linha de manufatura deste não fique desabastecida de peças ou componentes. A realização do transporte cabe ao operador logístico, que é quem o realiza com sua própria frota de veículos ou através de uma transportadora subcontratada.

Outras formas para se realizar esse tipo de suprimento são comentadas por Andrade e Bittencourt (2007), como:

- **coleta com várias rotas** – nas situações em que existe distribuição geográfica dos fornecedores em mais de um mesmo território, a realização de uma única rota pode comprometer os custos de transporte, bem como alongar o ciclo de abastecimento e fragilizar a confiabilidade do sistema. Nesses casos pode se habilitar mais de uma rota, como mostra a figura 5.

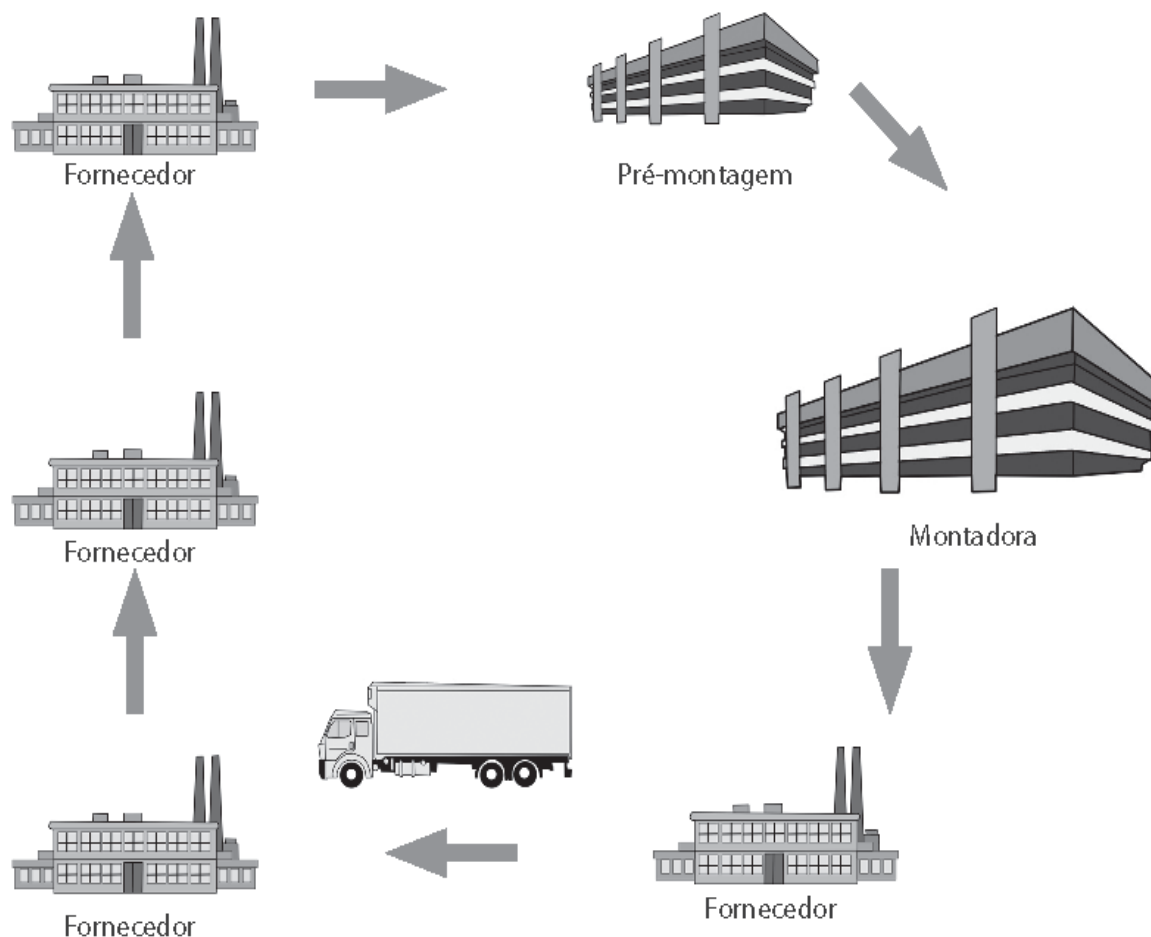


(ANDRADE; BITTENCOURT, 2007. Adaptado.)

Figura 5 – Coleta com diferentes rotas.

➤ **coleta com pré-montagem** – essa variante surge na situação em que um dos fornecedores tem a responsabilidade de oferecer um subconjunto que precisa de outras peças e componentes de outros fornecedores, e que por designação do cliente a montagem desse subconjunto seria de responsabilidade desse fornecedor que realizará a pré-montagem.

Um exemplo ilustrativo dessa situação acontece na indústria automotiva, onde o fornecedor de chicotes elétricos poderia também se dedicar, além de fabricar os chicotes, a montar o painel completo do veículo, entregando este subconjunto a montadora. Também pode ser o caso onde um grupo de fornecedores não está sediado próximo ao cliente, precisa-se de um local (que pode ser outro fornecedor) para realizar a pré-montagem, e para então enviar direto para o cliente. Na figura 6 aparece representada essa variante de *Milk Run* com pré-montagem.



(ANDRADE; BITTENCOURT, 2007. Adaptado.)

Figura 6 – Coleta com opção de pré-montagem.

Requisitos básicos para a introdução do suprimento *Milk Run*

Existe uma série de condicionantes que são necessárias no momento em que a empresa decide desenvolver e implementar um processo inovador de suprimentos *Milk Run*. Dentre elas, as mais importantes são:

- ▶ **quantidade e localização dos fornecedores** – os fornecedores envolvidos nesse processo devem ser poucos e estar sediados relativamente próximos do cliente. Com isso, criam-se condições para a realização de uma coleta programada que funcione de forma eficiente e eficaz, ou seja, receber lotes pequenos em tempos de reposição (*lead time*) curtos, o que permite reduzir os custos de estoques em ambas as pontas dessa cadeia, bem como os custos de transportes associados a essa operação. Fornecedores localizados distantes do cliente começam a dificultar esse sistema, pela aparição de perturbações próprias desta situação (problemas que interfiram no transporte, por exemplo), além dos custos de estoque em trânsito. Muitos fornecedores implicam com as demoras no ciclo de coleta devido as muitas paradas, o que alonga o tempo de reposição, impactando nos custos de estoque;

- **competências dos envolvidos** – todas as partes envolvidas, como cliente, fornecedores, transportadores ou operadores logísticos, devem ter competências suficientes para o propósito do trabalho integrado. Além dos conhecimentos e habilidades necessárias para essas operações, devem existir em todas as partes atitudes que permitam que esse trabalho seja em conjunto e integrado, e o compromisso de todos seja um fator indispensável;
- **qualidade da documentação** – os processos de embarque e recebimento de produtos ou componentes estão sujeitos a disponibilidade de documentação, por isso a precisão da documentação é uma condição indispensável;
- **confiabilidade de fornecedores e transporte** – a coleta programada funciona como janelas de tempo e devem ser respeitadas de forma rigorosa, pois é uma condição indispensável para a implantação dessa forma de suprimento. Tanto os fornecedores envolvidos como os prestadores do serviço de transporte (sejam empresas de transporte de carga ou operadores logísticos) têm que ser confiáveis, pois caso falhe a entrega de um fornecedor ou aconteça um problema na duração do transporte, ocasionará transtornos no resto do percurso, afetando o recebimento do cliente;
- **embalagens padronizadas** – é um requisito básico para conseguir uma adequada utilização do veículo de transporte. Com embalagens padronizadas pode ser feita a escolha do veículo mais apropriado, e com isso conseguir uma melhor utilização da capacidade do mesmo, bem como agilizar os processos de carga e descarga, o que reduz os custos com transporte. Caso seja necessário modificar alguma embalagem, pela evolução de algum componente ou peça, a entidade prestadora do serviço de transportes deve ser informada com antecedência, para que selecione o tipo de veículo mais apropriado para essas novas condições;
- **compartilhamento de informações** – as informações de demanda, tanto de produtos acabados como de peças ou componentes que o cliente necessita, deverão ser compartilhadas com os fornecedores. Isso é uma exigência para o funcionamento eficiente dos novos formatos de trabalho na cadeia de suprimentos. Sabendo com antecedência as quantidades de peças que o cliente precisa e o momento dessa entrada, é possível que os fornecedores se programem com tempo suficiente para cumprir com os seus compromissos produtivo e para que o agente transportador programe as suas frotas de veículos. Por isso é importante que o cliente tenha conhecimento preciso da demanda dos seus produtos, no intuito de evitar grandes flutuações dos pedidos de peças feitos aos fornecedores.

Principais *trade-off* no suprimento *Milk Run*

A decisão sobre o tamanho do lote de coleta gera um conflito entre dois tipos de custos logísticos: os custos de transporte e os custos de estoque (capital imobilizado); com isso terá que ser procurado um equilíbrio entre ambos, através de um *trade-off*⁴. A figura 7 apresenta essa tendência conflitante.

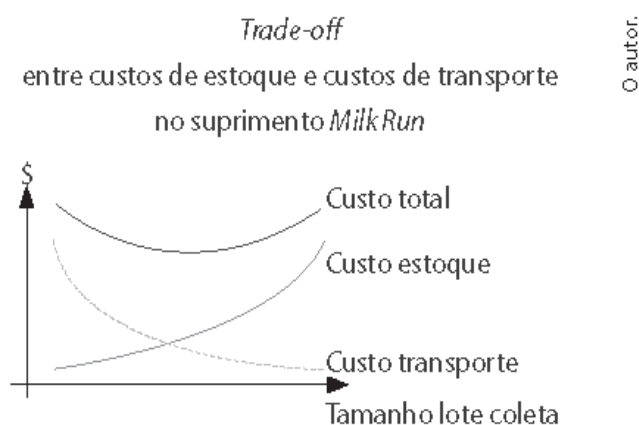


Figura 7 – Conflito de custos com relação ao tamanho do lote de coleta.

Na medida em que aumenta o lote de peças a serem coletadas, o custo unitário de transporte diminui, como consequência da economia de escala que se consegue. Em contrapartida, o custo de estoque (no fornecedor, em trânsito e no cliente) aumenta, ao ter envolvido um maior nível de estoque em processo; com isso o ciclo de entrega deve ser mais demorado, pois o tempo de parada nos pontos de coleta é maior. Como consequência direta deve-se aumentar o nível de estoque; no entanto, a rotatividade diminui.

Por outro lado, ao diminuir o lote de coleta o custo unitário de transporte aumenta, com isso gastos operacionais serão distribuídos em menor quantidade. Em contrapartida, o nível de estoque na cadeia (no fornecedor, em trânsito e no cliente) diminui, como consequência de ter ciclos de entrega mais curtos; no entanto a frequência de viagens é mais elevada, o que se traduz em uma redução dos custos de estoque (capital imobilizado). Atrelado a isso, a rotatividade desses suprimentos aumenta.

No momento de avaliar a introdução desse processo inovador, a empresa deve avaliar as duas tendências conflitantes de custos que foram apontadas anteriormente e procurar o ponto de equilíbrio entre ambos os tipos de custos.

Dificuldades na implantação do suprimento *Milk Run*

Para a implementação desse processo de suprimento inovador, será necessário superar algumas dificuldades que se apresentam, sendo as principais:

⁴ *Trade-off*: ponto de equilíbrio.

- **sincronização dos elementos envolvidos** – são várias as entidades que participam desse tipo de suprimento como: os fornecedores, o prestador do serviço de transporte (transportadora ou operador logístico) e o cliente. São organizações que tem uma cultura organizacional diferente, métodos e procedimentos de trabalho diferentes, e que devem trabalhar em conjunto como se fossem uma única unidade. A sincronização no tempo é de vital importância para um bom sistema *Milk Run*, o qual trabalha com janelas de tempo que devem ser rigorosamente cumpridas. Uma das vias para conseguir isso é realizar um dimensionamento adequado de capacidades produtivas e de transporte, bem como compartilhar informações entre os participantes no processo;
- **flexibilidade e capacidade de reação** – esse quesito é importante, pois é uma forma que permite aos envolvidos uma correta gestão perante os imprevistos, sendo capazes, diante de algum tipo de perturbação que se apresente no processo, de poder detectar a causa, eliminá-la e reduzir os efeitos de maneira que se estabeleça um acordo ao que foi previsto;
- **trabalho em parcerias** – como se trata de um processo que precisa do esforço conjunto, as partes envolvidas devem de se conscientizar sobre esse tipo de forma de trabalho onde o que prevalece é o todo. Por isso, é necessário desenvolver competências entre os participantes para poder adquirir essa mentalidade de parceria. Infelizmente, durante muitos anos as empresas têm utilizado formas de trabalho individuais.

Etapas do suprimento *Milk Run*

A introdução dessa inovação tecnológica deve ser feita atendendo as seguintes etapas:

- **informações sobre os fornecedores** – quais são os fornecedores que potencialmente teriam competências para participar, a sua localização, contato, identificação, o seu histórico de trabalho, entre outros;
- **plano de carga** – deve se definir antecipadamente o que carregar, o volume da carga e como carregar;
- **tipo de embalagem** – compreende a definição das dimensões da embalagem, as suas características para unitizar cargas e para utilizar equipamentos de movimentação de materiais como empilhadeiras, a definição da quantidade de peças por embalagem etc.
- **frequência das coletas** – essa etapa é muito importante, já que atende a uma questão temporal que é uma das essências dessa forma de suprimentos. Não

necessariamente tem que ser uma coleta de frequência diária, pode ser de dois em dois dias, semanas etc.;

- **equipamento de transporte** – essa etapa tem a ver com a definição do tipo de embalagem, o tamanho do lote de coleta (volume) e as capacidades volumétricas dos veículos de transporte, procedendo-se a escolha do mais apropriado. Nessa etapa também define-se a entidade que realizará o serviço de transporte.

Texto complementar

O impacto da decisão de controle de materiais na cadeia de suprimentos no sistema *Just-in-Time*

(MOURA; BOTTER, 2002)

Ford Motor Company (USA)

O sistema foi projetado para a planta de Wixom, de montagem de carros de luxo (Michigan Luxury Car). Foram projetados dois sistemas específicos. Quando o volume de peças solicitadas de um determinado componente era maior que a capacidade do veículo que executaria a operação de transporte, expedia-se este material diretamente para a planta de Wixom algumas vezes por turno. Todo o fornecimento de materiais que não exigia um caminhão totalmente cheio era abastecido por 57 rotas diferentes de coletas programadas de peças denominadas *Milk Runs*.

Os fornecedores do sistema *Milk Run* da empresa Ford Motor Company eram providos com 20 dias de previsão de consumo que eram diariamente atualizados. Os veículos de transporte *Milk Run* possuem uma janela de tempo específica, tanto para coletar as peças nos fornecedores, como para entregá-las na planta de montagem de veículos em Wixom.

A Ford, também, possui um canal de transporte JIT para os motores da sua planta em Rouge River, perto de Detroit, e para sua planta de montagem de caminhão em Wayne, Michigan. Com esse sistema, motores são entregues algumas vezes por dia. Por exemplo, a cada necessidade de motores para a linha de montagem de automóvel para o período da tarde, os motores são entregues para a planta de Wayne na mesma manhã em que serão usados pela produção. O tempo de trânsito

da fábrica de Rouge River para a fábrica de Wayne é de meia hora de caminhão. Esse sistema não requer estoque de segurança. Portanto, a linha de montagem só é abastecida com a quantidade necessária para a produção de um determinado período.

Um outro canal de transporte JIT da Ford está relacionado com o abastecimento do componente pneu, da fábrica da Firestone, em Dayton, Ohio, para a fábrica de caminhões pesados da Ford em Louisville, Kentucky. Os pneus são enviados (de Dayton) três dias antes de serem usados na fábrica de Louisville. Esse sistema é baseado na troca eletrônica de dados direta entre a Firestone e a Ford, que aponta para a empresa fabricante de pneus exatamente a quantidade a expedir por dia. Como resultado do transporte JIT, a Ford reduziu seus estoques de pneus na fábrica de Louisville em 50%.

A Ford descobriu que o sistema de transporte JIT baseado no *Milk Run* para uma fábrica específica não funciona bem em um ambiente de múltiplas fábricas com distâncias longas e um grande número de fornecedores. O maior problema é a baixa utilização dos equipamentos resultantes das coletas diárias dedicadas à fábrica. Outro problema é que os fornecedores, que servem mais de uma fábrica da Ford, devem preparar expedições separadas para cada uma delas.

A solução para a Ford tem sido estabelecer centros de consolidação regional, conhecidos como *Xpress Hubs*, ao redor do país (EUA). Estes centros de consolidação trabalham com transportadoras no sistema *Milk Run* para abastecer os materiais necessários para o sistema de produção da Ford. As localizações dos centros de consolidação são determinadas por um modelo ótimo que maximize a utilização do veículo (expedição por volume cúbico ou peso) e minimize o tempo necessário para coleta. Segundo Stenger e Ferrin (1989), todas as 17 plantas da Ford seriam convertidas para o sistema JIT, assim que as redes *Xpress Hubs* estivessem em funcionamento.

Atividades

1. Partindo da observação de um caso, tente realizar a descrição das atividades que se realizam em um canal de suprimentos.

2. O suprimento que uma rede de supermercados realiza, que vai desde o seu armazém central para as diferentes lojas da rede, caracteriza um suprimento *Milk Run*?

3. O fato de existirem fornecedores não próximos ao cliente descarta a possibilidade de se implantar um sistema de suprimentos *Milk Run*?

Inovação tecnológica na logística industrial

Inovação tecnológica na logística industrial (ou interna)¹

Na logística industrial, também chamada de logística interna, é possível introduzir inovações tecnológicas. Assim como na logística de suprimentos, os tipos de inovações são em processos, cujas manifestações podem estar nas técnicas e equipamentos para realização da movimentação interna, ou seja, dentro das áreas de manufatura.

Também por razões de espaço, no presente capítulo não será possível tratar de todos os tipos de inovações que poderiam se introduzir nessa etapa da logística, e por tal razão somente será estudada a introdução das restrições e gargalos no tratamento da logística interna.

Abrangência e atividades da logística industrial

A logística interna em empresas industriais é composta por três grupos de atividades principais que são: a gestão do abastecimento da manufatura com matérias-primas, a gestão da movimentação interna para abastecer cada processo subsequente do fluxo de produção e a gestão da movimentação para retirada dos produtos acabados do processo produtivo, seja para expedição ou para a armazenagem. O esquema a seguir ilustra esta situação.

¹ Este capítulo foi elaborado pelo MSc Neimar Follmann.

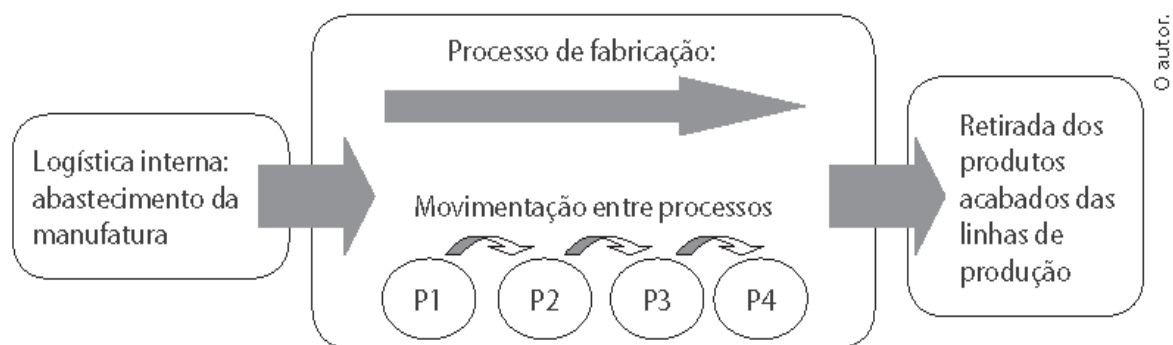


Figura 1 – Ilustração da logística interna.

A essência da logística interna ou industrial (LI) é coordenar a movimentação do material que acontece dentro da empresa, desde o início do primeiro setor de processamento da manufatura até a entrada no armazém de produtos acabados. Às vezes, esse processo se estende até dentro do armazém de produtos acabados, isso nos casos em que a distribuição física começa justamente na expedição dos produtos.

A LI tem relação direta com a gestão de produção, pois esse setor é o responsável pelo abastecimento dos processos de transformação. Caso essa atividade seja mal executada é possível que falte matéria-prima para ser transformada, o que causará atrasos para os clientes ou até acumulará produtos entre os processos, o que significa dinheiro parado na forma de estoques. Por isso é fundamental que o responsável por essa etapa da logística tenha conhecimento das necessidades da indústria, bem como saiba identificar sua logística interna. O que se deseja mostrar é que a logística interna é um processo que dá suporte à produção, o que torna difícil de separá-los.

O abastecimento da manufatura ocorre mediante a liberação de informações (requisições) da área de Planejamento e Controle da Produção (PCP). A *organização das requisições de materiais* é a primeira atividade da LI, e é composta pela organização, preparação e emissão das ordens de solicitação de materiais.

A *gestão do transporte interno* também faz parte da LI, pois para que aconteça a movimentação do material precisa-se de um processo de transporte, e nesse caso esse transporte interno é feito através de carrinhos, empilhadeiras etc.

A *organização dos armazéns intermediários* é outra atividade que faz parte da LI. Essa atividade compreende a determinação das áreas para o tipo de armazém, a localização estratégica dentro e/ou entre as áreas de manufatura.

Também faz parte desse subsistema logístico o *controle dos estoques de produtos semiacabados*. Esse controle é composto pela determinação dos níveis de estoques médios, mínimos e máximos nos diferentes armazéns intermediários, estoques estes que servem para manter o equilíbrio entre os setores de manufatura.

Uma importante evolução, no que se refere à gestão da produção e da logística interna, foi realizada há cerca de duas décadas, quando foi proposto um método para ver

com mais clareza os impactos gerados pelos gargalos. Esse método é hoje uma forma inovadora de gestão industrial, baseada na premissa de que toda indústria sempre terá em seu sistema algum processo que cause gargalo – aquele processo com a menor capacidade que acaba impedindo o fluxo dos materiais. Isso tem impacto direto sobre toda a empresa e nos resultados finais, principalmente nos lucros.

O fato de que toda indústria tem um gargalo altera significativamente a forma como a LI se relaciona com o processo produtivo. O primeiro grande impacto é o fato de que não adianta liberar material para as máquinas somente para que elas não fiquem paradas, pois quando seguirem o fluxo eles terão que passar pelo gargalo, onde será necessário aguardar. Essa espera acaba causando um aumento dos estoques de produtos em processo, além de tornar mais demorada a transformação de matéria-prima em produto acabado.

Dessa forma, as atividades da LI, como a liberação dos materiais, a movimentação interna e o controle dos pedidos a serem atendidos pela indústria, precisam estar sincronizados com o gargalo para alcançar o objetivo que é maximizar o lucro através da diminuição do capital investido em estoques e de uma produção mais ágil.

A seguir será apresentada a base para a gestão dos gargalos, mas antes será dado um embasamento sobre a visão sistêmica, que servirá para a compreensão da relação entre os processos, tanto logístico-industriais como industriais por si só. É importante notar que, apesar desse material focar a logística interna, é necessário considerar a empresa como um todo, até porque não há processo empresarial que gere lucros individualmente. E isso se aplica principalmente aos processos industriais.

Visão sistêmica da logística industrial

Um sistema é um conjunto de elementos independentes em interação, com vistas a atingir um objetivo. Uma empresa é um sistema, por exemplo, uma indústria possui máquinas organizadas para que os materiais passem em cada uma delas e se transformem em produtos acabados. Esse fluxo, desde a matéria-prima até o produto acabado, é um sistema.

Para Beer (1979, p. 7, *apud* MARTINELLI *et al.*, 2006, p. 17): “Um sistema consiste de um grupo de elementos dinamicamente relacionados no tempo de acordo com algum padrão coerente [...]”. Analisando-se sistemicamente uma empresa, é possível enxergar melhor como as partes se complementam. É com essa visão que será possível identificar os limitadores da organização e, portanto, promover ações de melhorias consistentes.

A visão sistêmica contrapõe a visão do ótimo local, por exemplo, em muitos casos as empresas tentam otimizar o uso de uma máquina através do lote econômico

de produção. Isso exige que sempre a mesma quantidade de produtos seja liberada para a produção, o que significa que algumas vezes essa quantidade será maior do que a demanda, causando aumento nos estoques sem causar um aumento do desempenho do sistema.

A gestão com base nos gargalos evita exatamente essa armadilha, buscando sempre a melhoria do sistema em detrimento dos processos isolados. A forma como isso acontece será vista a seguir.

Restrições e gargalos do sistema

Restrições e gargalos podem muitas vezes ser utilizados como sinônimos, como é o caso quando se trata de processos industriais. A base para o gerenciamento baseado nos gargalos foi lançada por Goldratt na década de 1980 e é atualmente conhecida como Teoria das Restrições (*Theory of Constraints* – TOC). Trata-se de um método de gestão que se baseia na restrição (gargalo) da indústria para programar o funcionamento de toda a fábrica e aumentar a velocidade com que as matérias-primas são transformadas em produtos acabados, ao mesmo tempo em que os estoques são reduzidos, sem deixar de atender bem o cliente.

A redução dos estoques e o bom atendimento ao cliente estão alinhados com os objetivos principais da logística, que são aumentar o nível de serviço ao cliente e reduzir os custos totais. A logística industrial influencia diretamente esses pontos, pois pode tanto aumentar os estoques de produtos acabados como influenciar o setor de suprimentos a comprar mais do que o necessário para cumprir a programação do período.

Ao gerenciar a indústria com base no gargalo, faz-se com que todos os processos – desde os suprimentos até a distribuição – estejam sincronizados, trabalhando no mesmo ritmo do gargalo. Isso evita que estoques desnecessários sejam formados e, portanto, o dinheiro não será investido em algo que não viria gerar lucro.

A figura a seguir ilustra uma das principais diferenças entre a produção normal com alimentação contínua, e uma produção baseada no gargalo. No primeiro caso, a matéria-prima (MP) é liberada constantemente, conforme ela vai sendo consumida pela primeira etapa de produção, isto é, assim que a primeira máquina, por exemplo, termina de produzir um lote de materiais, imediatamente ela é alimentada. Mas, mesmo assim, o resultado não pode ser maior do que a capacidade do processo restritivo, por exemplo, oito unidades/hora. Isso significa que a cada hora três itens a mais ficam parados para serem processados, sem poderem ser vendidos.

Quando a programação da produção é feita com base no gargalo, é possível conter a liberação de materiais, trabalhando-se de acordo com o ritmo da restrição – oito uni-

dades/hora. Dessa forma não se formará um estoque excessivo antes do processo, o que permite que o dinheiro da empresa permaneça no caixa e não no processo da empresa.

Então, observando a figura 2, é possível perceber que na parte dois o estoque foi eliminado e a produção continuou a mesma.

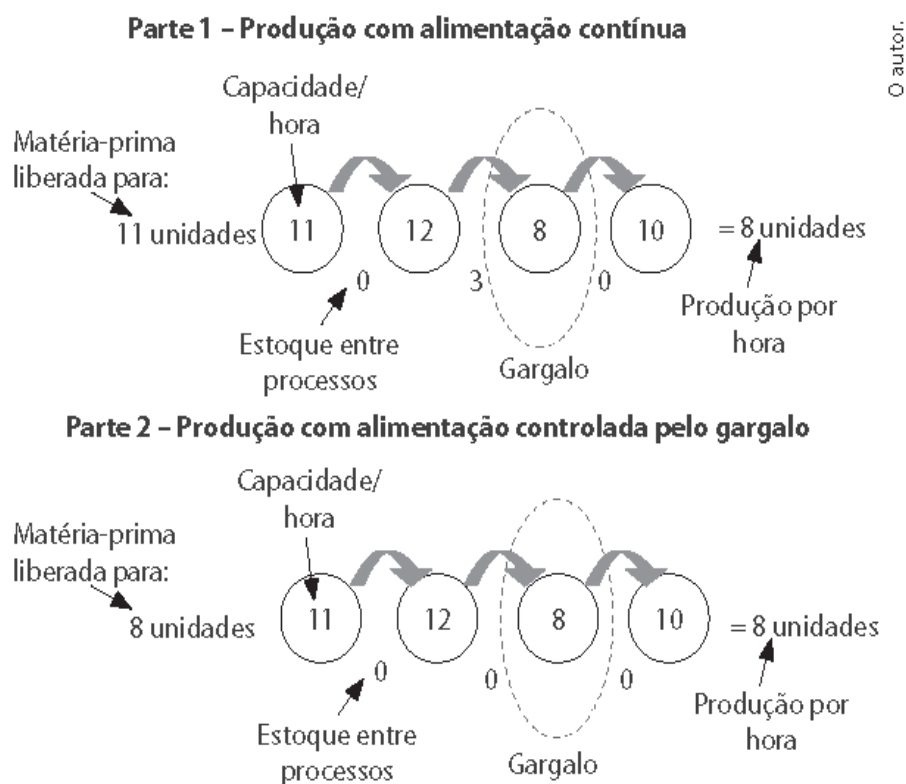


Figura 2 – Comparativo entre a produção convencional e a produção com base no gargalo.

O que é a Teoria das Restrições (TOC)

O APICS *Dictionary* (apud COX III; SPENCER, 2002, p. 38) define a teoria das restrições como uma:

Filosofia de administração desenvolvida pelo Dr. Eliyahu. M. Goldratt que pode ser vista como três áreas diferentes inter-relacionadas: logística, indicadores de desempenho e pensamento lógico. Na logística inclui a programação tambor-pulmão-corda, o gerenciamento de pulmões e a análise V-A-T. Os indicadores de desempenho incluem o ganho, o inventário e despesas operacionais, e as cinco etapas de focalização. As ferramentas do processo de pensamento são importantes para a identificação do problema raiz (árvore da realidade atual), para a identificação e criação de soluções ganha-ganha (diagrama de dispersão de nuvens e a árvore da realidade futura) e para desenvolver planos de implementação (árvore de prerrequisitos e árvore de transição).

A restrição, ainda segundo o APICS *Dictionary* (apud COX III; SPENCER, 2002, p. 38), é definida como:

Qualquer elemento ou fator que impede que um sistema conquiste um nível melhor de desempenho no que diz respeito a sua meta. As restrições podem ser físicas, como por exemplo, um equipamento ou falta de material, mas elas podem ser também de ordem gerencial, como procedimentos, políticas e normas.

A TOC é a principal teoria relacionada ao gerenciamento das restrições. Seu foco é claramente dedicado à necessidade de uma empresa ganhar dinheiro, considerando que para isso é necessário que toda a empresa esteja sincronizada. Entenda-se por isto, principalmente, a integração entre as máquinas de um sistema produtivo e a logística relacionada – a logística industrial.

Existem três indicadores que medem se a empresa está ou não alcançando sua meta financeira:

- Lucro;
- Retorno sobre Investimento (RSI);
- Fluxo de Caixa.

Para possibilitar a sustentabilidade do “ganhar dinheiro”, é necessário que esses três indicadores sejam melhorados em conjunto, ou seja, não se deve melhorar um em detrimento do outro. Por exemplo, seria possível melhorar o Lucro comprando itens mais baratos em grande volume, mas isso acabaria comprometendo o Fluxo de Caixa, pois é necessário pagar pela compra.

O Lucro é resultado de dois indicadores, chamados de indicadores de desempenho local – Ganho e Despesa Operacional. O Ganho “é a taxa na qual o sistema gera dinheiro através das vendas”. E a Despesa Operacional (DO) “é todo o dinheiro que o sistema gasta para transformar Inventário em Ganho”. Esta definição faz referência ao Inventário, que é o outro indicador denominado como de desempenho local. Este é “todo o dinheiro que o sistema investiu na compra de coisas que tem a intenção de vender” (GOLDRATT, 2002, p. 69).

A partir do que foi visto pode-se traçar uma relação entre os indicadores. O Lucro é resultado da soma dos Ganhos menos as Despesas Operacionais, conforme a expressão a seguir.

$$L = \sum G - \sum DO$$

Onde:

L = Lucro

G = Ganho

DO = Despesa Operacional

Ou seja, o Ganho será a soma de tudo o que a empresa faturou menos o que foi pago a terceiros, como matéria-prima e comissão sobre vendas, por exemplo. Já o Lucro será o Ganho menos as despesas como aluguel, combustível, funcionários (tanto operacionais como administrativos) etc.

O Retorno sobre o Investimento é o Lucro dividido pelo capital investido (o Inventário), que é composto pelas máquinas, prédios, equipamentos de movimentação, caminhões, equipamentos de informática etc. Ou seja, tem-se:

$$RSI = \frac{L}{\Sigma I}$$

Onde:

RSI = Retorno sobre Investimento

L = Lucro

I = Inventário

O Fluxo de Caixa é influenciado positivamente pelo Lucro e negativamente pelo Inventário e pelas Despesas Operacionais. É necessário também estar atento aos prazos de pagamento das compras e das vendas. Em muitos negócios esse é um fator determinante para o sucesso, e em todos eles é fundamental para a sustentabilidade da empresa.

O quadro a seguir apresenta o sentido do impacto de cada uma das medidas de desempenho local – Ganho, Inventário e Despesas Operacionais – sobre as medidas de desempenho global – Lucro, RSI e Fluxo de Caixa. As flechas para cima significam um impacto positivo, isto é, fazem a empresa ganhar mais dinheiro. Já as flechas para baixo diminuem o ganho.

Quadro 1 – Impactos dos indicadores de desempenho local nos indicadores de desempenho global

	Lucro	Retorno sobre Investimento	Fluxo de Caixa
Ganho	↑	↑	↑
Inventário		↓	↓
Despesa Operacional	↓	↓	↓

(GOLDRATT, 2002. Adaptado.)

Processos de gestão dos gargalos

Para gerenciar a logística interna e a produção em função de suas restrições pode-se utilizar basicamente dois grupos de ferramentas, que são os cinco passos para focalização e o gerenciamento de pulmões através do método chamado de Tambor-Pulmão-Corda (TPC).

As etapas para a focalização são a base de tudo, pois elas formam a lógica que possibilita melhorar uma empresa de forma contínua, sem que esforços sejam aplicados em situações pouco vantajosas. Os cinco passos são:

1. Identificar a restrição do sistema.
2. Explorar a restrição do sistema.
3. Subordinar tudo à decisão anterior.
4. Elevar a restrição do sistema.
5. Se na etapa anterior uma restrição foi quebrada, é preciso não deixar que a inércia seja a nova restrição, e iniciar o processo novamente.

O método Tambor-Pulmão-Corda (TPC) é uma ferramenta logística que tem o propósito de garantir que o processo restritivo não pare, gerenciando a liberação de materiais.

Como identificar a restrição

Ao identificar a restrição, que é o passo 1, localiza-se o processo do sistema que está impedindo toda a empresa de ganhar mais dinheiro. Isso quer dizer que pode estar faltando capacidade produtiva, ou a empresa está tendo oferta maior que a demanda, ou ainda existe alguma política restringindo o aumento das vendas, entre outros. Estudos relatam que na grande maioria das indústrias não há falta de capacidade, mas sim situações em que as políticas gerenciais prejudicam o desempenho de seus processos.

Para o caso de uma restrição física, qualquer tempo desperdiçado no processo estará desperdiçando o sistema inteiro (GOLDRATT, 2002). Nas indústrias, pode-se visualizar o processo ou atividade restritiva através da análise da carga-máquina e, também, olhando qual processo possui mais estoque esperando para ser processado em uma determinada máquina.

Métodos para potencializar a capacidade do processo de gargalo

Após ter sido identificada a restrição, é necessário decidir como utilizar o recurso da melhor forma possível – esse é o passo 2 – e garantir que toda a empresa saiba e

trabalhe em função disso – passo 3. A decisão para uma melhor utilização dos recursos de produção pode, muitas vezes, levar a mudanças na forma como o processo é gerenciado, ou seja, uma mudança política. Na maioria das vezes, as empresas possuem capacidade suficiente para atender a todos os pedidos sem que seja necessário fazer investimentos em novas estruturas; isso é resultado de uma mudança na forma de como as coisas estão sendo realizadas.

Como subordinar os outros processos ao gargalo

Foi visto anteriormente que o objetivo de uma empresa é ganhar mais dinheiro e que para isto são necessários o controle e a redução dos estoques. O terceiro passo para a focalização diz respeito à sincronização dos processos de produção com a logística industrial, permitindo que isso ocorra sem prejudicar o atendimento dos pedidos dos clientes. Dessa forma, esse passo diz respeito à organização de todos os processos anteriores ao gargalo, subordinando-os ao ritmo de trabalho do gargalo. Ou seja, o ritmo no qual a empresa trabalha e ganha dinheiro é ditado pelo ritmo da restrição. Em outras palavras, é o gargalo da empresa que governa seu ganho.

Se a restrição governa o ganho, então é preciso protegê-la para que nenhum minuto seja desperdiçado. Sem uma proteção, é muito provável que em algum momento o gargalo pare, fazendo com que os processos seguintes fiquem ociosos e toda a empresa deixe de ganhar. Assim, como forma de proteger a restrição contra possíveis paradas decorrentes da dependência dos processos e das flutuações estatísticas, deve-se criar o que Goldratt chama de *pulmão*, que é uma reserva de materiais ou produtos, no caso de indústrias, ou de tempo, em casos de serviços ou projetos, que servem de garantia para possíveis atrasos ocorridos nos processos anteriores (GOLDRATT, 2002).

A capacidade desse pulmão deve ser contada em tempo, ou seja, o tempo necessário para que ele seja reabastecido quando utilizado. Isso quer dizer também que os recursos anteriores ao pulmão deverão ter capacidade maior que a restrição, para que o tempo seja suficiente para fazer o reabastecimento. Goldratt (2002) confirma isso através de uma de suas nove regras, que é balancear o fluxo do sistema, e não sua capacidade.

Elevar a capacidade do gargalo: uma forma para aumentar a capacidade e justificar investimentos na logística industrial

O quarto passo é a eliminação da restrição para que todo o desempenho do sistema seja elevado a um próximo nível. Nível este que será determinado pela próxima restrição, isto é, caso as melhorias promovidas no gargalo não sejam suficientes para transformá-lo em um recurso não gargalo, senão será necessário contratar mais capacidade.

Nesse ponto tem-se a possibilidade de se fazer um investimento altamente justificado, ou seja, ao invés de comprar maquinário, instalar novos sistemas de automação

ou de sistemas de informação simplesmente pelo desejo de tentar melhorar algo, é possível, através da gestão pelas restrições, ter uma clara justificativa de que o investimento é realmente necessário.

O quinto e último passo do processo aponta para o primeiro novamente. É preciso melhorar o sistema continuamente. A figura 3 ilustra esse ciclo.

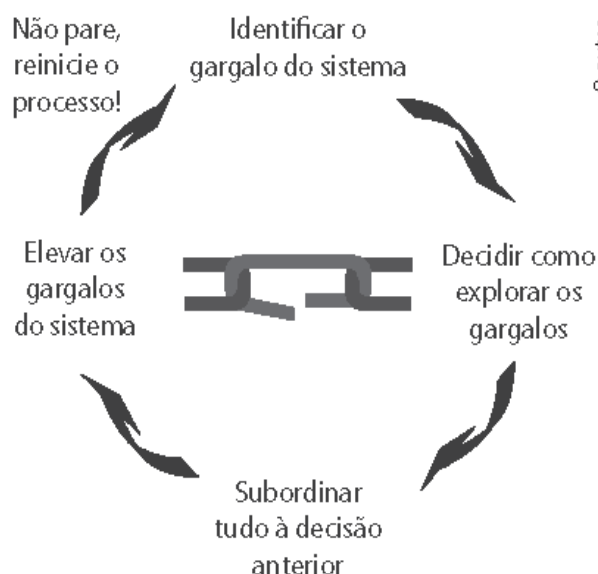


Figura 3 – Os cinco passos para a focalização.

A característica de melhoria contínua presente no método é capaz de levar a empresa a melhorar significativamente seus ganhos. Porém, como foi abordado anteriormente, é preciso controlar esse processo de melhoria, para que seja possível acompanhar as mudanças executadas. A quantificação desse controle é muito importante, mas não em números isolados que nada tem a ver com as medidas de desempenho globais, e sim através do uso de indicadores que intuitivamente levem as pessoas a fazer o que é o melhor para a empresa.

O método Tambor-Pulmão-Corda e o gerenciamento de pulmões

Após a identificação da restrição são procurados meios para que se consiga atender o maior número de pedidos disponíveis, isto é, está se fazendo a exploração do gargalo. Nesse ponto é preciso garantir que não tenha seu tempo desperdiçado com paradas ou fazendo coisas que não serão aproveitadas na sequência, para geração de ganho. Cabe aqui uma das principais conclusões de Goldratt (2002), uma hora perdida em um recurso de restrição é uma hora perdida no sistema inteiro, mas uma hora economizada num recurso não restrição é uma miragem.

Toda vez que um recurso gargalo para por algum motivo, toda a empresa deixou de ir em direção à meta, ou seja, é a restrição que comanda o sistema. Na linguagem, sob forma de analogia, a restrição faz o papel de um tambor que dá o ritmo através de suas batidas.

Uma vez identificada a importância que tem um recurso restritivo para um sistema, é preciso garantir que ele não pare. Porém, sabe-se que antes que o gargalo possa processar uma determinada peça, é necessário que ela tenha passado por outros processos. A isso se dá o nome de *eventos dependentes*.

Ao mesmo tempo em que o sistema possui eventos dependentes, também se manifestam *flutuações estatísticas*. Essas ocorrem por diversos motivos, como por exemplo, máquinas que quebram, falta de funcionários e seus diferentes ritmos de trabalho, matéria-prima com diferentes características etc., podem ser causas das flutuações estatísticas. Todas as coisas que têm capacidade de alterar a velocidade que o processo tem por padrão operar podem ser consideradas causas das flutuações estatísticas. Além disso, não é possível saber exatamente quando vão ocorrer, apenas sabe-se que irão se manifestar.

A ação lógica, para proteger o ganho da empresa, é fazer uma reserva de materiais antes do processo restritivo. Em muitos casos ela é feita sem o caráter estratégico, sendo simplesmente um excesso que eleva os estoques em locais onde não são necessários. Essa reserva é chamada de pulmão e é contada em tempo, da mesma forma como as empresas formam o estoque convencional, por exemplo, x horas ou dias de matéria-prima. Nesse caso, o que efetivamente muda é a localização, que agora passa a ser estratégica, com a finalidade de proteger o que realmente é importante nessa situação. Esta é, provavelmente, a mais importante contribuição à logística industrial, pois permite a redução dos estoques, sem que a produtividade da empresa seja prejudicada.

Porém, é necessário acumular tempo de segurança no pulmão de forma organizada, pois é preciso que o início do processo seja informado para saber qual é o momento de liberar mais matéria-prima. Nesse caso entra a figura da *corda*, que tem por objetivo “amarrar” os processos. Caso não seja planejada a liberação de material, cada vez que uma peça é colocada no pulmão ou fica parada no processo, além do que é consumido na restrição, o início para um novo processamento demora mais para acontecer. É como se o início do processo e o processo restritivo ficassem mais distantes, o que prejudica a flexibilidade da linha de produção, além de aumentar o Inventário.

Para isso foi desenvolvido o método chamado Tambor-Pulmão-Corda (TPC). O tambor refere-se ao ritmo ditado pela restrição, a corda é a comunicação necessária entre os pontos críticos (por exemplo, o início da linha de produção e o pulmão) e o pulmão é um estoque estrategicamente localizado para proteger o ganho do sistema de eventuais variações ocorridas no próprio sistema. O TPC sincroniza os recursos e a utilização de materiais dentro de uma organização. Dessa forma, os recursos são usados exatamente no nível em que contribuem para a geração de ganho e não será necessário “correr atrás” de todos os recursos não gargalos.

O TPC pode ser representado por um grupo de pessoas em fila, tendo que percorrer determinado caminho para chegar a algum lugar previamente estabelecido, ou seja,

atingir um objetivo. O caminho é a matéria-prima, e quando o último componente tiver passado ela terá sido processada. A figura 4 representa esse exemplo; a distância entre a primeira pessoa da fila e a última é o estoque em processo. Quanto maior a distância entre os componentes, maior será o estoque e, por consequência, o capital investido.

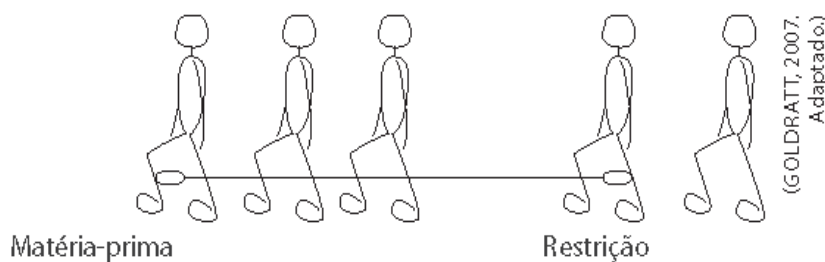


Figura 4 – Esquema ilustrativo da ferramenta Tambor-Pulmão-Corda.

Para que o grupo não se disperse e aumente o inventário é preciso encontrar um meio de fazer com que todos se mantenham andando no mesmo ritmo. Isso é feito protegendo-se a restrição (nesse caso, a penúltima pessoa da fila). Assim, o espaço entre a restrição e a primeira pessoa à sua frente é o estoque produzido pelo sistema para que o processo restritivo não perca tempo e processe, nesse exemplo, o maior número de metros possíveis, caso algum imprevisto ocorra.

Essa proteção para o ganho é feita através de um mecanismo chamado *Pulmão de Tempo*. Segundo Lockamy e Cox (1991), existem três tipos diferentes de pulmão de tempo, que são: pulmão de restrições, pulmão de convergência e pulmão de expedição.

O uso desses pulmões de tempo, como um sistema de informação para melhorar o ganho, é chamado de *gerenciamento de pulmões* (RAHMAN, 1998). Assim, o gerenciamento de pulmões é um conjunto de atividades que visa levar o sistema a gerar o maior ganho possível, através da melhor utilização dos recursos disponíveis. Porém, essa ferramenta não atua só, pois ela está sempre alinhada aos cinco passos para a focalização.

O *pulmão de restrição* é um estoque de peças em frente ao processo restritivo que protege capacidade. Esse recurso protegido é aquele com menor capacidade no sistema. Por exemplo, em uma situação em que a empresa possui capacidade suficiente para atender o mercado, o processo protegido pelo pulmão de restrição não seria um gargalo, mas qualquer ingerência poderia transformá-lo em um. Isso é representado pelos atrasos nas entregas, mesmo com capacidade suficiente.

O *pulmão de montagem* contém peças e sub-montagens que não são processadas por um recurso restritivo, que é alimentado por um pulmão de restrição. Ele existe porque é preciso garantir que o tempo gasto pelo recurso restritivo não seja desperdiçado nos processos seguintes.

O *pulmão de expedição* contém produtos acabados, prontos para serem enviados para os clientes. Da mesma forma como são protegidos os recursos é preciso proteger o mercado. A figura 5 facilita o entendimento sobre a localização dos pulmões.

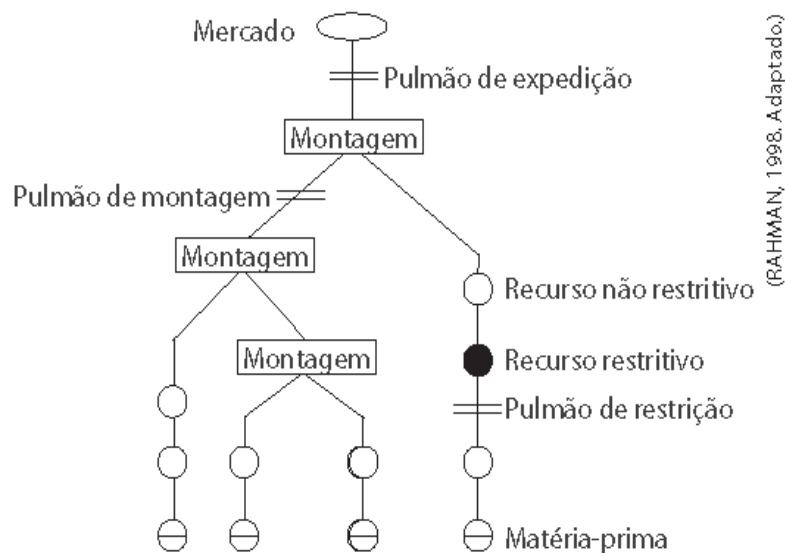


Figura 5 – Localização dos pulmões.

Goldratt e Fox (1986) apresentam nove regras para o gerenciamento eficiente dos pulmões. Esses preceitos, juntamente com os cinco passos para a focalização, são os pilares da TOC.

- **Balancar o fluxo do sistema e não sua capacidade:** a capacidade é o resultado dos recursos instalados. Não é objetivo de uma empresa comprar, constantemente, novas máquinas. Assim, para aumentar a produtividade de um sistema é preciso identificar o processo restritivo e fazer com que todas as outras etapas trabalhem em função do gargalo.
- **O nível de utilização de um recurso não gargalo não é determinado por seu próprio potencial, e sim por outra restrição do sistema:** é comum a tentativa de produzir o máximo em cada processo, porém essa atitude leva à formação de gargalos. Portanto, todo o sistema deve trabalhar no ritmo da restrição.
- **A utilização e a ativação de um recurso não são sinônimas:** ativar um recurso é simplesmente fazê-lo produzir, isoladamente, o máximo que puder. Entretanto, utilizá-lo quer dizer que ele está sincronizado com o restante dos processos, principalmente com o restritivo.
- **Uma hora perdida no gargalo é uma hora perdida no sistema inteiro:** perder uma hora no recurso mais escasso do sistema é fazer todo o sistema deixar de ganhar dinheiro. Se não há capacidade sobrando, então não há como recuperar o tempo perdido, e, nesse caso, tempo foi o dinheiro que deixou de ser recebido.
- **Uma hora economizada em um recurso não gargalo é uma miragem:** um exemplo prático nesses casos é o uso de lotes econômicos de produção. Se o processo não for restritivo, é preciso que ele trabalhe em função do gargalo, e

não na sua própria otimização. É preciso otimizar o sistema, e não processos isolados. E isso passa pela identificação da restrição que, conforme apresenta o item 4, é quem determina o ganho da empresa.

- **Os gargalos governam o ganho e o inventário.**
- **O lote de transferência não pode e, muitas vezes, não deve ser igual ao lote de processamento:** é preciso agilizar a transferência dos produtos e, por isso, não se deve esperar até que o lote esteja pronto.
- **O lote de processo deve ser variável, e não fixo:** isto é verdadeiro, uma vez que o objetivo deixa de ser a otimização local para a otimização do sistema, que é totalmente influenciado por fatores como a demanda.
- **Os programas devem ser estabelecidos considerando todas as restrições simultaneamente.**

Algumas dessas regras não se aplicam diretamente na logística industrial. No entanto, de alguma forma sempre sofrerá alguma influência.

Além do conhecimento relacionado à inovação da gestão da logística industrial, é importante que seja percebido que é necessário abrir o campo de visão, para que seja possível enxergar como outras áreas, muitas vezes não levadas em consideração, podem influenciar no desempenho final da empresa.

Texto complementar

Logística TOC

(CORBETT NETO, 2009)

Todas as soluções logísticas da TOC estão baseadas nos cinco passos de melhoria contínua.

1. *Identificar* a(s) restrição(s) do sistema.
2. Decidir como *explorar* a(s) restrição(s) do sistema.
3. *Subordinar* tudo o mais à decisão acima.
4. *Elevar* a(s) restrição(ões) do sistema.
5. Se num passo anterior uma restrição foi quebrada, volte à primeira etapa, mas não deixe que a inércia cause uma restrição no sistema.

Para explicar a aplicação destes cinco passos em logística, vamos usar uma tropa de soldados como exemplo (no livro *A Meta* Goldratt usou uma tropa de escoteiros para exemplificar alguns dos seus conceitos). Para facilitar a explicação estamos assumindo que a demanda pelos produtos da empresa é infinita, assim, qualquer coisa que for produzida será vendida.



Figura 1 – Tropa de soldados.

A tropa é análoga como uma fábrica. As diferenças são que os recursos (soldados) estão caminhando, enquanto na fábrica os recursos (máquinas) estão parados, e que o material processado (trilha) não se move, enquanto na fábrica o material se move. Logo, a trilha que ainda não foi pisada pelo primeiro soldado é o estoque de matéria-prima. A trilha que está entre o primeiro soldado e o último é o estoque em processo. E a trilha que já foi pisada por todos é o estoque de produtos acabados.

Uma boa administração da tropa quer dizer que os soldados estão juntos (baixo estoque em processo) e que estão andando rápido (alta produção e vendas). De qualquer maneira, sabemos que a velocidade da tropa é determinada pela velocidade do soldado mais lento, da mesma forma que a resistência de uma corrente é determinada pela resistência do seu elo mais fraco.

A questão aqui é como administrar esse sistema. Para ver como podemos administrar esse sistema vamos ver quatro formas diferentes de administrar. Vamos ver como o exército, a administração tradicional, o *kanban* e a TOC administram essa tropa.

Exército: o exército primeiro treina os soldados, para que todos consigam acompanhar um ritmo mínimo. E quando a tropa está marchando, existe algo que está estabelecendo o ritmo de todos, uma música ou um tambor, e há alguém (ex.: sargento) que está ficando de olho na tropa para ver se há lacunas (muito espaço entre um soldado e outro) sendo criadas, isto é, se alguém não está acompanhando

o ritmo estabelecido. Se há lacunas o sargento tem que eliminá-las, ou fazendo com que os retardatários aumentem o passo ou diminuindo o ritmo estabelecido para que todos possam acompanhar.

Administração Tradicional: o que é que a administração tradicional pede para que cada soldado faça? Em qualquer empresa que é administrada com o paradigma tradicional existe uma busca por alta eficiência em todos os lugares. Ninguém pode ficar sem fazer nada. Na tropa de soldados isto quer dizer que mandamos cada soldado caminhar o mais rápido que puder!

Qual a consequência disso no desempenho da tropa como um todo? Pense nisso, o que irá ocorrer com as lacunas entre os soldados e o que irá ocorrer com a velocidade da tropa como um todo?

Quando cada soldado tenta andar o mais rápido que pode o estoque em processo vai subir muito! Na verdade essa é uma das piores maneiras de se administrar um sistema. É o mesmo que dizer que para ter um ótimo desempenho do sistema como um todo é preciso que todas as partes do sistema trabalhem ao máximo. Isso ignora a inter-relação entre as variáveis de um sistema. Isto é, ignora o fato de que a contribuição de um recurso para o desempenho do sistema como um todo não depende somente da capacidade individual do recurso, depende também da interação que cada recurso tem com os outros recursos. Exemplo: se um soldado pode caminhar a 7km/h, mas outros soldados só conseguem caminhar menos do que isso, por que vamos pedir para o soldado rápido caminhar a 7km/h? O que é que isso vai contribuir para o desempenho do sistema como um todo? Na verdade esta ação vai prejudicar o desempenho do sistema já que vai aumentar o estoque em processo (para manter o soldado rápido ocupado) sem aumentar a produção do sistema como um todo (que é determinada pelo soldado mais lento).

Esse sistema é o que chamamos de um sistema de produção empurrada. Nós empurramos os produtos no mercado. Abaixo veremos o oposto desse sistema, que é o sistema de produção puxada, no qual a produção é determinada pela demanda.

Kanban: o *kanban* é um método de produção criado na Toyota. Existe toda uma cultura associada ao Sistema Toyota de Produção, mas aqui vou focar apenas no método de administrar os estoques em processo e a produção de uma linha.

O que o *Kanban* faz é determinar qual o máximo de estoque em processo entre cada operação. Na nossa tropa, é como se amarrássemos um soldado ao outro, conforme figura a seguir:



Figura 2 – Tropa Kanban.

Quando fazemos isso estamos limitando a dispersão entre os soldados, logo, controlamos o tamanho do estoque em processo.

Veja que nesta situação, como todos os soldados estão interligados, o que sai da empresa é o que entra. Se a empresa parar de vender, os recursos param de produzir. Esse tipo de sistema é chamado de puxar, isto é, as vendas (o cliente) puxam a produção, a demanda determina o que será produzido, e só se produz o que foi vendido.

O que acontece quando o estoque em processo entre uma operação e outra atinge o máximo permitido? O recurso que abastece esse estoque para de produzir. Isso mesmo, o recurso não tenta ter eficiência máxima, ele só produz o que está sendo vendido. Por que ele faz isso? Porque quer que o sistema como um todo seja mais eficiente. O que adianta produzir mais se o que for produzido não será vendido?

Portanto, podemos concluir que esse método é mais eficaz no controle do estoque, na dispersão entre os soldados. Mas ele tem uma desvantagem, o sistema fica muito frágil. O que acontece quando qualquer soldado da tropa parar, por qualquer motivo (quebra, problemas de qualidade etc.)? Como há pouco estoque em processo entre cada operação, se um soldado parar logo todos terão de parar. Isso quer dizer que até o soldado mais lento vai parar, e se ele para, nós vamos perder vendas (já que o pressuposto é que a demanda é muito maior que a capacidade).

Esse é um dos motivos pelos quais os japoneses (que inventaram esse sistema) são tão focados em ter ótima qualidade no processo. Isso quer dizer que eles fazem o que for possível (ferramentas de qualidade, TPM, SMED etc.) para que não haja interrupções no fluxo. Os soldados não podem parar, a não ser por motivos de excesso de estoque.

Então, esse método é muito mais eficiente na administração do sistema como um todo. Mas para poder usufruir os seus benefícios é necessário ter uma ótima qualidade do processo.

TOC: o princípio básico da TOC é de que devemos colocar o soldado mais lento na frente, e depois o segundo mais lento, e assim por diante, conforme mostra figura abaixo.



Figura 3 – Soldado mais lento na frente.

Nessa situação, como os soldados mais rápidos estão no final da fila, o estoque em processo natural do sistema será o mais baixo possível. Não só isso, se um soldado quebrar (que não o mais lento), qual o impacto na velocidade média da tropa?

Se um soldado que não o mais lento parar, os soldados atrás dele também irão parar e o estoque em processo irá aumentar. Mas assim que os soldados voltarem a andar, como eles são mais rápidos que o primeiro soldado (que é o mais lento), consumirão o estoque em processo e o sistema voltará ao equilíbrio. Nessa situação, como o soldado mais lento não parou, as vendas do sistema não foram prejudicadas.

Porém, essa configuração não é muito viável na maioria dos casos, isto é, não é viável colocar o soldado mais lento em primeiro lugar.

Mas isso não inviabiliza o conceito. O que queremos atingir colocando o soldado mais lento na frente é:

1. Que ele determine a velocidade de entrada do material (já que é ele quem determina a saída).

2. Que ele esteja protegido das flutuações estatísticas dos outros soldados.

Podemos atingir esses dois objetivos fazendo com que o soldado mais lento determine a velocidade de entrada de trabalho ao processo. Como se amarrássemos o soldado mais lento ao primeiro soldado; veja figura a seguir:

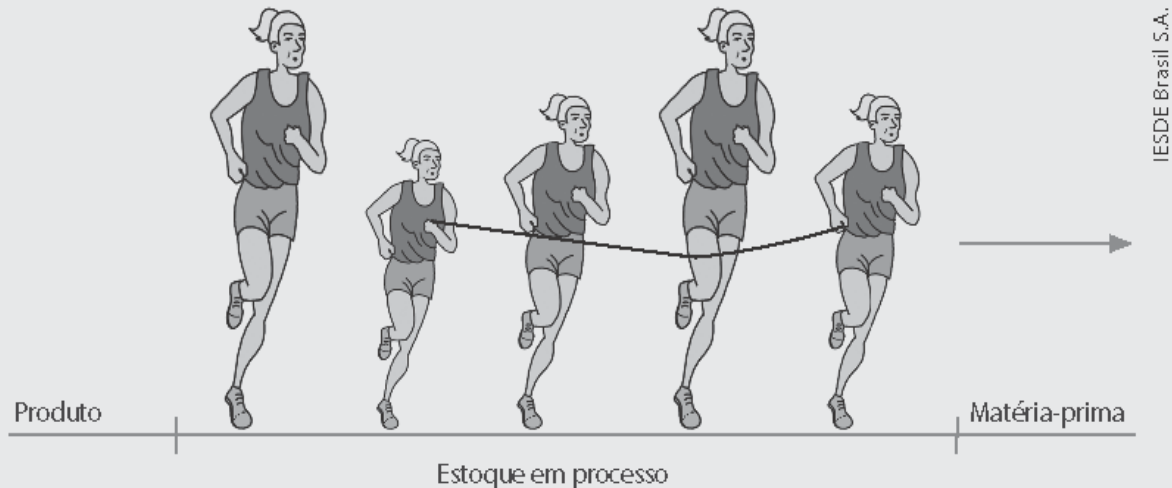


Figura 4 – Soldado mais lento amarrado ao primeiro.

Veja que existe uma distância entre o soldado mais lento e o grupo de soldados à sua frente. Isso serve para proteger o soldado mais lento de paradas nos soldados que o alimentam. A distância entre ele e os outros deve ser o suficiente para que na grande maioria dos casos, quando houver algum problema nos processos que alimentam o soldado mais lento, o estoque em processo na sua frente seja suficiente para que ele não pare. Isto é, o estoque em processo na sua frente oferece tempo suficiente para que se arrume o problema e que os soldados voltem a caminhar antes de terminar o estoque na frente do mais lento. Se o primeiro soldado anda na velocidade do mais lento, e o mais lento determina quanto será produzido e vendido, o estoque em processo será controlado. E como o único local que queremos que acumule estoque em processo é na frente do soldado mais lento, o estoque em processo será muito baixo.

Portanto, podemos concluir que essa configuração gera um estoque muito baixo, mais baixo que no *kanban*, e faz isso sem gerar fragilidades no sistema. Essa é a base da logística da TOC; identificar a restrição (o soldado mais lento), decidir como explorá-la e subordinar os outros recursos (não queremos 100% de eficiência em todo lugar). Seguindo essa abordagem a empresa consegue resultados significativos em pouco tempo.

Atividades

1. Partindo da observação de um caso, tente realizar a descrição das atividades que se realizam em um processo de logística interna.

2. A logística interna exerce influência no sistema produtivo, assim como influencia a logística interna. Explique como o gerenciamento com base nos gargalos melhora o processo logístico.

Inovação tecnológica na distribuição física de produtos

Introdução

As inovações que podem ser introduzidas na distribuição física de produtos ou da logística de saída também são do tipo de inovações em processos, que se manifestam nas técnicas e equipamentos para realizar a expedição, no carregamento dos produtos acabados, nas embalagens, nos meios de unitização, na armazenagem, no transporte, nas formas e técnicas de procedimentos para organizar e controlar os canais de distribuição e na entrega dos produtos aos clientes.

Por questões de limitação de espaço, neste capítulo não poderão ser tratadas todas as inovações que poderiam se apresentar nessa importante etapa da logística, sendo que somente será estudado um elemento extremamente inovador, que está alavancando o desempenho dos processos de distribuição, o qual será o objeto deste capítulo: a tecnologia *Radio Frequency Identification* (RFID).

O uso dessa inovadora tecnologia justifica-se principalmente pela necessidade de rastrear e reduzir o tempo para capturar as informações dos produtos que se encontram em movimento. Por exemplo, produtos, matérias-primas ou componentes entram e saem de armazéns, ou mesmo artigos colocados nas prateleiras do varejo, e precisam de controle em tempo real para garantir que estejam no lugar certo no momento certo. Outra razão que justifica o uso do RFID está na possibilidade de identificação em meios insalubres ou de difícil acesso para outros sistemas, como o código de barras.

Abrangência e atividades da distribuição física de produtos

Nessa etapa da logística, movimentam-se produtos acabados, que vão desde o armazém até o cliente. Considera-se que essa movimentação começa na expedição,

deixando todos os demais processos de armazenagem como parte da logística interna ou industrial.

Para que essa movimentação de material aconteça é necessário também a execução dos processos logísticos fundamentais já discutidos, como transportes, armazéns, gerenciamento de estoques e processamento de informações (que nesse caso trata-se de pedidos dos clientes). Em cada um desses processos é possível a introdução de inovações tecnológicas.

A distribuição física de produtos é considerada, na maior parte das situações, como o principal subsistema logístico, já que acarreta os maiores custos e é o processo onde se concretiza a entrega de valores aos clientes. Cabe salientar que existe uma estreita interface entre a distribuição física dos produtos e o marketing.

O marketing dedica-se principalmente à captação de clientes, no entanto, também deve estar baseado nas possibilidades de distribuição física da empresa. A maioria dos autores e especialistas de marketing chama essa distribuição física de canais de distribuição.

Do ponto de vista da logística pode-se definir que um canal de distribuição é o conjunto de organizações, entidades, infraestruturas e equipamentos que uma empresa decide utilizar para poder entregar os seus produtos aos seus clientes. Dessa forma entende-se que o canal não precisa necessariamente pertencer à empresa, pois ele pode estar alinhado a outras entidades; com isso, a empresa pode escolher os integrantes dos seus canais de distribuição. Por exemplo, uma empresa brasileira de pisos e revestimentos cerâmicos poderia trabalhar com três tipos canais de distribuição, como: o canal de revenda (por meio das lojas de materiais de construção), um canal de exportação (onde a empresa entrega direto no porto) e um canal para lojas próprias.

As principais tarefas a serem solucionadas na configuração de um canal de distribuição são: a escolha do modal de transporte, a determinação de necessidade de depósitos e, por último, o sistema de processamento de pedidos.

A *escolha do modal de transporte* é uma atividade que deve ser realizada nos casos em que a empresa esteja vendendo os seus produtos na modalidade *Cost, Insurance and Freight Paid* (CIF). Esse tipo de tarefa pode ser realizada com o apoio de modelos matemáticos e com argumentações de custos e nível de serviço ao cliente.

A *determinação de necessidades de depósitos* analisa primeiramente se é necessário dispor ou não de um depósito no canal de distribuição. Uma vez determinada esta necessidade, deve-se definir o tipo que será o depósito (centro de distribuição avançado, *transit point*, *cross-docking* etc.), bem como o seu dimensionamento. E por último, deve-se calcular a quantidade necessária desses armazéns, bem como a sua localização dentro do canal. Para a realização dessa tarefa, é necessária a utilização de modelos matemáticos.

A organização do *sistema de processamento de pedidos* é outra das tarefas a serem realizadas na configuração de um canal de distribuição. Embora não seja uma atividade que esteja alocada diretamente na área de logística, pois faz parte da diretoria e da gerência, é a atividade que dá início à movimentação do material. Essa atividade contempla tudo o que é relacionado com os pedidos dos clientes, ou seja, levantar os pedidos nos clientes, processar os pedidos pela empresa, registrar os pedidos e alimentar o sistema de planejamento etc.

Na operacionalização do canal de distribuição são outras tarefas a serem realizadas, como: utilização dos meios de transporte e de movimentação interna, utilização do armazém e dos meios de armazenagem, e, por último, o gerenciamento de estoques.

Na *utilização dos meios de transporte e de movimentação de materiais*, realizam-se atividades, tais como roteirização de veículos, formas de carregamento dos mesmos e marcação de horários, que permitam que o modal de transportes (já escolhido) seja utilizado corretamente. Também compreende outras atividades que tendem a melhorar a utilização dos meios de movimentação interna de materiais, tais como organização do trabalho das empilhadeiras, unitização das cargas, entre outras. A tecnologia RFID encontra nessa parte da logística grandes possibilidades de utilização.

Para uma correta *utilização dos armazéns*, deve ser definido o tipo de endereçamento dos produtos (endereçamento fixo ou variável) e também a organização da expedição. Muito atrelado a essa atividade está a *utilização dos meios de armazenagem* (estantes, prateleiras etc.). Para esses propósitos, a tecnologia RFID oferece grandes vantagens.

O *gerenciamento de estoques* de produtos acabados é uma das principais atividades do canal de distribuição, pois determina os níveis de estoque médio e de segurança, que são talvez as atividades de maior importância nessa tarefa. Justamente na gestão de estoques é que a tecnologia inovadora de RFID tem uma das suas maiores aplicações.

Tecnologia de Identificação por Radiofrequência (RFID) aplicada na distribuição física de produtos

A RFID pode ser considerada como uma tecnologia inovadora de identificação, que se baseia na radiofrequência – e não nos feixes de luz – para capturar e enviar dados, sem a necessidade de fios nem da presença de um raio de visão ou contato de uma pessoa. Essa tecnologia é também conhecida como “etiquetas inteligentes”.

A RFID tem múltiplas aplicações em muitas esferas do cotidiano, como prevenir roubo de veículos ou de mercadorias, controlar entrada e saída de estacionamentos,

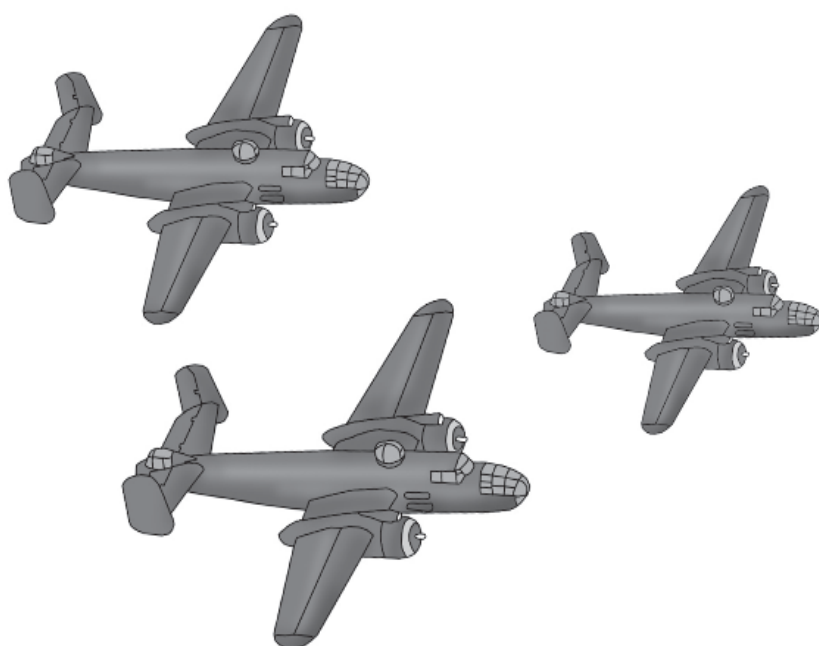
pedágio sem parar, nos aeroportos etc. No campo empresarial também começam a se difundir aplicações, e em específico na logística a RFID está adquirindo uma grande utilidade, pois permite armazenar uma quantidade significativa de informações e repassá-las através de radiofrequência, possibilitando assim a aceleração de recebimentos e saídas de produtos em armazéns e de controle de estoque em tempo real.

Este capítulo tratará de algumas das aplicações dessa inovadora tecnologia na distribuição física de produtos. Para isso, é necessário analisar a história e a evolução da mesma, bem como as suas características de operação.

Surgimento da tecnologia RFID

A história da RFID tem associada em suas origens o radar, que foi tão necessário durante a Segunda Guerra Mundial. Devido às intensas pesquisas houve o aperfeiçoamento do radar, o qual criou condições para o surgimento do RFID, que possibilitou, por meio da emissão de ondas de rádio, detectar e localizar um objeto. Com isso era possível estabelecer a posição exata e a velocidade desse objeto.

Na medida em que avançavam as ações da Segunda Guerra Mundial, a utilização dos radares foi sendo mais intensa. No entanto, apresentava-se um sério problema com essa técnica, pois não havia possibilidade de diferenciar se uma esquadra de aviões que se aproximava era amiga ou inimiga; mas esse problema foi contornado pela aviação nazista de uma forma simples, fazendo com que os seus aviões ao retornarem e chegarem próximos ao sinal do radar, girassem em torno do seu próprio eixo – este tipo de manobra refletia um sinal diferente, que era interpretado como a presença de avião amigo. A figura 1 ilustra esta situação.



O autor.

Figura 1 – Soluções para a identificação da aviação.

No entanto, os ingleses procuraram outra solução para esse problema, baseando-se na intensificação de pesquisas lideradas por Sir Robert Alexander Watson-Watt, o inventor dos radares. Ele desenvolveu um dispositivo de identificação que foi chamado na época de *Identify Friend or Foe* (IFF); esse dispositivo era colocado nos aviões ingleses que possuíam um transmissor, que ao receber sinais de estações de radar do solo emitiam outro sinal de resposta, com o qual se identificava como amigo. A figura 2 ilustra esta situação.

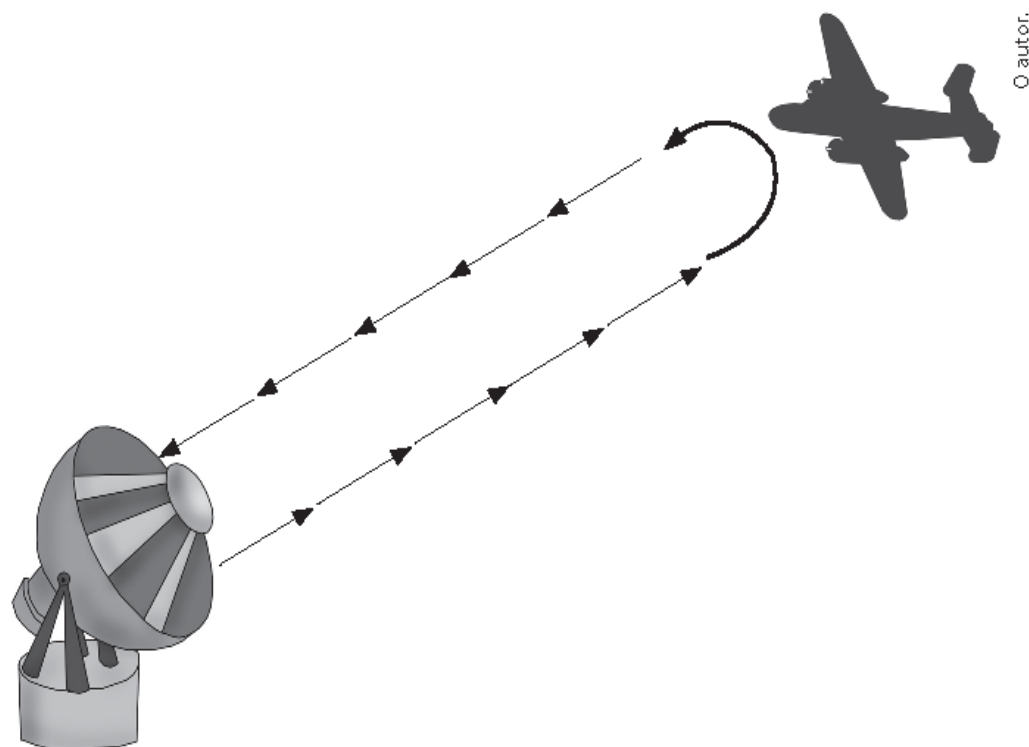


Figura 2 – Soluções para a identificação da aviação.

Os RFID funcionam com o mesmo princípio básico, através de um sinal que é enviado a um *transponder*, o qual é ativado e reflete de volta o sinal (sistema passivo) ou transmite seu próprio sinal (sistemas ativos).

Continuaram-se as pesquisas em torno desse aspecto, que se expandiram também para a vida civil, obtendo-se aplicações como as etiquetas antifurto, que são amplamente utilizadas no grande varejo e conhecidas como “etiquetas de vigilância eletrônica”, que se baseiam em ondas de rádio, as quais ainda são utilizadas até hoje. Essas etiquetas possuem um *bit* que contém informações e funcionam assim: quando o *bit* encontra-se como 1, ele aciona um alarme ao passar o produto pelos sensores; quando o consumidor efetua o pagamento do produto, esse *bit* é colocado em 0 ou a etiqueta é retirada do produto, o que faz com que os alarmes não sejam disparados ao passar o produto pelos sensores.

Segundo Pinheiro (2004), nos anos posteriores à Segunda Guerra Mundial, intensificaram-se as pesquisas nesse campo. Foi na década de 1980 que o Massachusetts

Institute of Technology (MIT), em associação com outros parceiros, iniciou uma pesquisa sobre a possibilidade de transformar tecnologias de radiofrequência em novas formas de rastrear e localizar produtos. Com o resultado, foi criado o *Electronic Product Code* (EPC), que utilizava os recursos próprios dos sinais de radiofrequência, o qual, posteriormente, com o seu aperfeiçoamento foi chamado de RFID. A figura 3 apresenta um modelo de *microchip* típico de RFID.

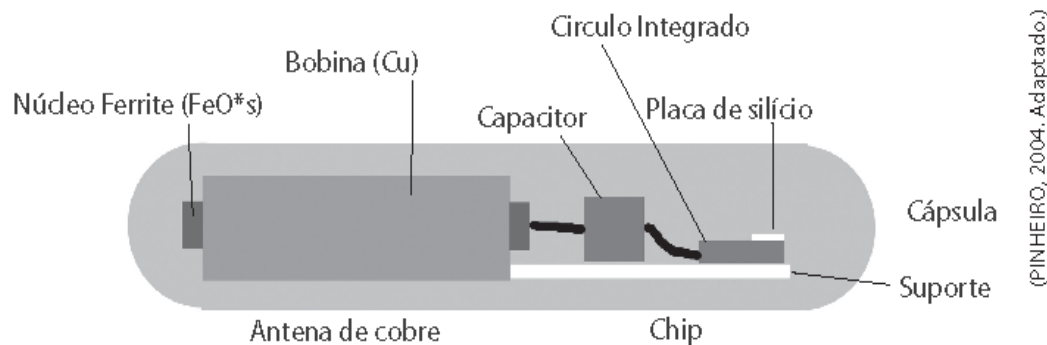


Figura 3 – Modelo de *chip* de RFID.

Esse *microchip* é colocado, em forma de etiqueta, num determinado objeto, com isso um transmissor de rádio emite sinais que são captados pelo *microchip*, como mostra a figura 4A, que envia de retorno dados referentes à sua localização e identificação, como mostra a figura 4B.

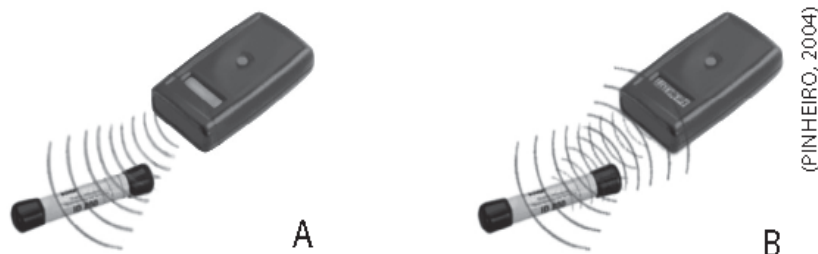


Figura 4 – Comunicação com dispositivo RFID.

O propósito inicial do EPC era utilizar as estruturas como internet para modificar a forma de transmissão e difusão de informações, permitindo assim a disponibilidade de informações de forma ágil em toda a cadeia de suprimentos.

Funcionamento do RFID: as etiquetas inteligentes e a transferência de dados

Segundo Pinheiro (2004) e Rosa (2006), os *elementos integrantes* do RFID são: a antena, o *transceiver* (leitor, com decodificador) e o *transponder*, que é chamado de *tag* e é composto por um *microchip* e uma antena.

A *antena* é utilizada para estabelecer a comunicação com o *transponder*, enviando e/ou recebendo as informações. Ao receber o sinal enviado pelo leitor, ela carrega o capacitor e então ativa o *transponder*. As antenas podem ser construídas em diferentes formatos.

O *transceiver*, conhecido como leitor, é um decodificador composto por um conversor (digital ou analógico) e um oscilador, que emitem ondas eletromagnéticas na frequência de ativação da respectiva etiqueta eletrônica e recebem os dados enviados pela mesma após esta ativação.

O *transponder*, que em geral é chamado de etiqueta ou simplesmente *tag*, é composto por uma bobina (antena), um capacitor e o *microchip* antes mencionado. Pode ser programado com informações exclusivas do objeto e fixado a este para poder assim rastreá-lo. Também podem ser colocados em embalagens ou elementos de unitização, como *pallets*, caixas etc. (ROSA, 2006). A figura 5 mostra algumas imagens dessas *tags* ou etiquetas inteligentes.

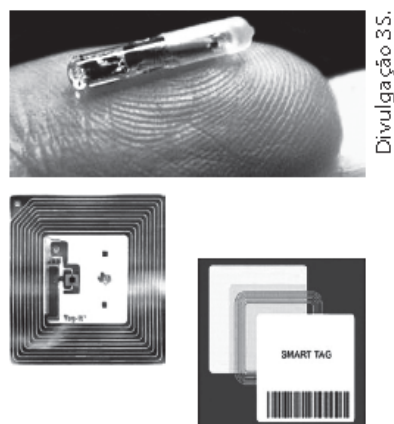




Figura 5 – Etiquetas com antena e o *microchip*.

Segundo IBM (2009), essas *tags* ou etiquetas inteligentes podem ser de três tipos: passivas, ativas e sensores de condição.

Quadro 1 – Etiquetas inteligentes

Etiqueta passiva	
 <p>Divulgação UFRJ.</p>	<p>Uma etiqueta passiva não contém uma bateria; a energia é fornecida pelo leitor. Quando as ondas de rádio do leitor são encontradas por uma etiqueta passiva, a antena em espiral dentro da etiqueta forma um campo magnético. A etiqueta retira a energia do leitor, transmitindo energia aos seus circuitos. A etiqueta então envia as informações codificadas na memória da etiqueta.</p>
Etiqueta ativa	
 <p>Divulgação IBM.</p>	<p>Uma etiqueta RFID ativa é equipada com uma bateria que pode ser utilizada como uma fonte de energia parcial ou completa para o circuito e a antena da etiqueta. Algumas etiquetas ativas contêm baterias substituíveis para anos de uso; outras são unidades seladas.</p>

Sensores de condição



Divulgação IBM.

Etiquetas com sensores de condição não apenas têm uma bateria, mas também incluem circuitos que leem e transmitem diagnósticos de volta para o seu sistema de sensores. As etiquetas monitoram as condições ambientais, comunicam-se com outros itens e colaboram para coletar dados que nenhum sensor único seria capaz de detectar. As informações então são alimentadas utilizando o *software* de rede.

A transferência de dados acontece da seguinte forma: um produto (ou elemento de unitização de cargas) que contém uma etiqueta inteligente entra numa área coberta por um leitor que está emitindo ondas de maneira constante; esse sinal eletromagnético do leitor é recebido pela antena da etiqueta, a qual transmite o retorno a outro sinal modulado com as informações nela armazenadas. Esses dados chegam a sensores onde são decodificados, sendo então repassados para o sistema de informações da empresa (ROSA, 2006; PEDRAZZA, 2007).

A figura 6 representa o funcionamento dessa transferência de dados.

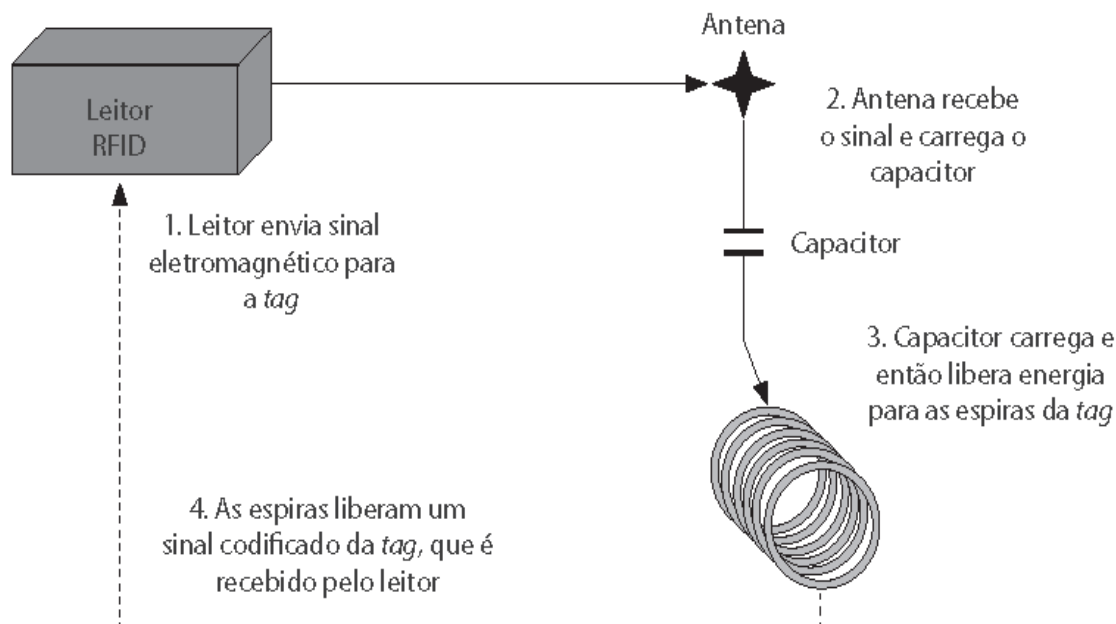


Figura 6 – Funcionamento do sistema RFID.

Os sistemas RFID também são identificados pelas *faixas de frequência* com que operam. Cada sistema RFID pode operar em uma determinada frequência, mas existem faixas preferenciais para isso, devido à necessária padronização que a globalização exige. As faixas de frequência mais utilizadas se dividem em duas categorias: a baixa e a alta frequência.

Os sistemas de *baixa frequência* são mais utilizados com etiquetas passivas, e vão desde 30kHz até 500kHz, mais adequadas para distâncias de leitura curtas de até três metros. O seu custo tem resultado mais baixo, como também o consumo de energia, e são comumente utilizados em controles de entrada, na identificação e no rastreamento de produtos.

Já os de *alta frequência* funcionam nas faixas de 850MHz a 950MHz e de 2,4GHz a 2,5GHz, sendo mais adequada a sua aplicação em sistemas de média e longa distância, respectivamente, podendo alcançar 100 metros ou até mais em alguns sistemas especiais. Esses sistemas também possuem alta velocidade de transmissão de informação e podem ser de grande utilidade para a leitura de etiquetas (*tags*) em veículos, bem como na coleta automática de dados (PINHEIRO, 2004; PEDRAZZA, 2007).

Vantagens e desvantagens do RFID

A tecnologia RFID, como já comentado, tem fundamentado o seu sucesso de aplicação em uma série de *vantagens* que oferece, sendo as principais:

- eliminação de erros tanto na leitura como na gravação de dados;
- a possibilidade de realizar leitura de dados sem precisar de visualização, contato ou de proximidade do leitor;
- grande capacidade de armazenar dados, sendo possível em alguns casos até serem regravados;
- controle com precisão dos produtos ao longo da cadeia logística, permitindo a sua localização em tempo real;
- a redução significativa do tempo para a identificação e recontagem de produtos;
- possibilidades de funcionar em ambientes severos (loais com unidade, insalubres, com altas temperaturas, como fornos, com baixas temperaturas, como câmaras frias etc.);
- alta durabilidade da etiqueta, com possibilidades de reutilização;
- leitura de múltiplos itens ao mesmo tempo, com altíssima velocidade;
- precisão nas atividades de armazenamento (contagens de itens, expedição etc.);
- controle da validade dos produtos;
- capacidade de prevenir furtos e falsificação de produtos;

Ao mesmo tempo o RFID oferece algumas *desvantagens*:

- a mais significativa das desvantagens é a do custo, tanto das etiquetas (*tags*) como dos sistemas de leitura e modulação de dados e a sua implantação. Isso representa o maior obstáculo para uma ampla disseminação comercial dessa

tecnologia. Em comparação com o sistema de código de barras, a etiqueta inteligente custa aproximadamente 10 vezes mais;

- ❏ carência de padronização das frequências, o que dificulta a utilização de uma mesma etiqueta ao longo de uma cadeia logística onde participam vários agentes (fornecedor, cliente, transportador etc.);
- ❏ limitações no alcance das antenas de transmissão na presença de materiais metálicos, que podem funcionar como barreiras (automóveis, vagões, contêineres etc.);
- ❏ rejeições por parte de segmentos do mercado, devido à possibilidade de invasão de privacidade do consumidor, no caso dos produtos de uso ou consumo individual.

Aplicações do RFID

O RFID, como comentado anteriormente, está oferecendo múltiplas aplicações, e encontrou na logística grandes possibilidades de conhecimento, em tempo real, através dos estoques (de matérias-primas, produtos em processo e produtos acabados), informações sobre o preço dos produtos, o seu prazo de validade, no caso dos perecíveis, o número do lote de fabricação (de muita importância em remédios e alimentos). Oferece também a vantagem de poder criptografar todas essas informações, o que lhe outorga segurança.

No caso da distribuição física de produtos, as etiquetas inteligentes podem ser utilizadas para o registro das entradas dos produtos no armazém de produtos acabados e na localização dos mesmos. Possibilita controlar a situação da data de validade dos produtos acabados que são perecíveis. No processo de expedição tem um campo de aplicação enorme, já que permite que essa atividade seja feita com total precisão, evitando erros nos carregamentos dos veículos de entrega aos clientes. De igual forma, se agiliza a entrada desses veículos em Centros de Distribuição do Canal ou nos destinos, possibilitando leituras instantâneas e precisas do carregamento.

Aplicação do RFID na cadeia logística

(ROSA, 2006)

Comparação do RFID (*Radio Frequency Identification*) com o código de barras

Segundo Hodges (2005), a tecnologia mais óbvia que é comparável a RFID para muitas áreas de aplicação é o código de barras. Ambas as tecnologias envolvem a adição de uma identificação através de etiquetas a um artigo, que contém informações que permitem serem indentificadas por um sistema de computador.

Um sistema projetado para identificar objetos baseados em etiqueta de RFID (*Radio Frequency Identification*) tem inúmeras vantagens sobre o sistema de código de barras convencionais, conforme relata Hodges (2005):

- Diferentemente da etiqueta de RFID que podem ser reaproveitadas, a etiqueta de código de barras, uma vez definida, é impressa e fixada uma única vez no objeto ou produto que se deseja identificar;
- A amplitude da leitura é maior que a do código de barras;
- Com a etiqueta do RFID, é possível rastrear o item no estoque para verificar o tempo de armazenagem, ou associar a informação ao processo de fabricação. Isto não é possível com a utilização do código de barras;
- A etiqueta de RFID permite atualizar informações no armazém com os artigos em movimento, mantendo informações importantes na etiqueta, e nos sistemas de informações, disponibilizando-as a qualquer ponto de consulta eletrônica;
- Códigos de barras têm que ser “lidos” através de “scanners” deliberadamente por uma pessoa, sendo difícil automatizar esta ação. Por outro lado, a utilização de RFID permite a leitura através dos “scanners”, sem envolvimento humano, com a obtenção dos dados continuamente, o que significa leituras menos caras e precisas;

- A etiqueta RFID pode ser lida em grande quantidade, simultaneamente, enviando os dados para um computador, ao invés de leitura individual como exige o código de barras;
- Etiqueta de código de barras exige uma linha de visão, enquanto uma etiqueta de RFID pode ser lida desde que esteja dentro da amplitude da radiofrequência dos leitores em qualquer direção;
- Os leitores de RFID podem se comunicar simultaneamente com múltiplas etiquetas inteligentes, em razão da capacidade do leitor para capturar o conteúdo de uma remessa inteira, identificando a localização no armazém ou nos recipientes de transportes, com capacidade de selecionar detalhes das informações em uma passagem, sem necessidade de interromper o fluxo da movimentação dos produtos;
- Etiqueta de código de barras não trabalha quando exposta a elementos líquidos, corrosivos, sujos, que danificam ou interferem de qualquer forma o material da etiqueta;
- Etiqueta de RFID recebe as informações que deve conter a etiqueta, e podem ser alteradas e modificadas, permitindo inúmeros controles, tais como o tempo de armazenamento, leitura clara fora da linha de visão, inclusive em ambientes severos;
- A etiqueta inteligente pode armazenar mais dados que o código de barras, significando grande vantagem no processo de armazenamento e movimentação de produtos na cadeia logística.

Além da tecnologia de RFID (*Radio Frequency Identification*), e sistemas de controle através de etiquetas com código de barras, há também inúmeras outras tecnologias que podem ser utilizadas de modos semelhantes para armazenar informações ou identificar objetos.

Essas tecnologias incluem faixas magnéticas e sistemas de contato, para armazenamento das informações em sistemas computacionais, relata Hodges (2005).

Na figura, Hodges demonstra resumidamente as principais características de algumas tecnologias de etiquetas de identificação.

Características	Tecnologia de etiquetas			
	RFID passivo	Código de barras	Faixa magnética	Memória de contato
Capacidade de dados	Alta	Média	Baixa	Alta
Visibilidade humana	Invisível	Visível	Visível	Visível
Identificação simultânea	Sim	Não	Não	Não
Robustez	Alta	Baixa	Média	Média
Distância para operação	Alta	Média	Baixa	Baixa
Exige contato direto?	Não	Sim	Não	Sim
Problemas com objetos metálicos	Sim	Não	Sim	Sim
Custo do leitor	Alto	Médio	Baixo	Baixo

(HODGES, 2005)

Figura¹ – Características das diversas tecnologias de etiquetas.

Considerando a utilização da tecnologia etiqueta inteligente na cadeia logística, Hodges (2005) apresenta no quadro comparativo da figura as vantagens claras da tecnologia de RFID sobre as demais que foram comparadas.

A leitura sem a visibilidade humana, bem como a identificação simultânea de diversos produtos, são características disponíveis na tecnologia de RFID, conforme demonstra Hodges (2005), e de vital importância na movimentação de produtos.

Portanto, apesar dos investimentos exigidos para a implantação da tecnologia de RFID, os resultados e as vantagens evidenciadas justificam o projeto que assegura melhorias consideráveis nos processos, precisão nos inventários, e consequentemente a redução da mão de obra e dos custos inerentes à automatização da cadeia logística.

Weinstein(2005), juntamente com Robert X. Gal, Ph.D. da Technical University of Berlin, Alemanha, e outros colegas do IEEE Computer Society não citados no artigo, admitem que a identificação de etiqueta por radiofrequência na cadeia de logística por aproximação, é superior ao código de barras no fluxo de inventários pelo menos em quatro pontos:

¹ No original figura 4.

2. Em quais atividades de um canal de distribuição poderia se aplicar a tecnologia de Identificação por Radiofrequência (RFID)?

3. Pode-se afirmar que a tecnologia RFID, ou de etiquetas inteligentes, é sempre mais conveniente de se aplicar do que a tecnologia de etiquetas com código de barras?

A inovação tecnológica nos aspectos ambientais da cadeia logística

Introdução

Uma das características marcantes do novo ambiente de negócios é o aumento da consciência ambiental. Segundo Silveira (2002), existem diferentes causas que motivam as empresas a executarem atividades que contribuam com a preservação ambiental. Essas causas estão de uma forma associadas:

- à imagem da organização;
- às exigências e controles legais;
- à necessidade de uma certificação ambiental;
- à diferenciação (da concorrência).

Segundo Heemskerk, Pistorio e Scicluna (2004), a maioria das organizações orientam sua atenção para a redução e prevenção da poluição, pois isso pode impactar tanto na eficiência (redução de custos por consequência da redução de resíduos) quanto na eficácia (melhora da reputação), além da questão da sustentabilidade, o que torna a empresa mais competitiva.

As inovações tecnológicas direcionadas aos aspectos ambientais são classificadas por Rohrich e Cunha (2004) como a *origem da tecnologia*, vinculada aos *fatores produtos e processos*. Na conjunção desses três elementos, definem que dentro do processo essa interação pode ser dada como alterações no processo ou na composição dos produtos finais.

Outra questão que tem adquirido uma relevância extraordinária é a preocupação com o aquecimento global, perante as marcantes alterações nos fenômenos climáticos, ocasionadas principalmente pelo chamado efeito estufa. Um dos fatores de maior impacto nesse efeito estufa é a emissão de gás carbônico, tanto na manufatura dos produtos como nos processos logísticos.

Por tal razão, a incorporação dos cálculos na emissão de gás carbônico no tratamento dos canais logísticos está resultando em um fator que agrega valor aos produtos e serviços oferecidos no mercado. Essa incorporação se apresenta como algo de caráter inovador, já que não tem sido tratado anteriormente, e a organização precisa introduzi-lo, seguindo os mesmos critérios utilizados para a implantação de uma inovação tecnológica do tipo processos. É justamente nessa questão que está a essência deste capítulo.

Exigências ambientais aos sistemas logísticos

Cada vez mais os mercados estão tendo respeito com o meio ambiente. Essa conduta está surgindo como força de exigência do ambiente de negócios, cujas manifestações devem ser consideradas para que os produtos e serviços oferecidos pela empresa sejam aceitos pelo mercado.

Existem diferentes vias que as empresas podem utilizar para responder as tais exigências, como: a estratégia de seleção do fornecedor, a compra de matérias-primas e embalagens, visando que o seu produto tenha uma origem ecologicamente correta. Em outras empresas o empenho principal está na manufatura, zelando para que nos diferentes processos produtivos não exista nenhum tipo de impacto negativo ao meio ambiente. Já em outras empresas a preocupação principal está no destino dos seus produtos, uma vez que tenham sido utilizados pelo cliente. Em todas essas situações a logística tem uma participação muito importante.

A essência de todas essas manifestações comentadas está justamente na agregação de valor.

Elementos de análise de valor

O valor é a força que vincula a empresa ao mercado. Hoje em dia, o cliente está realizando suas escolhas não apenas pelo preço ou pela qualidade do produto, mas também pelo valor que lhe são oferecidos. A figura 1 expressa essa manifestação.

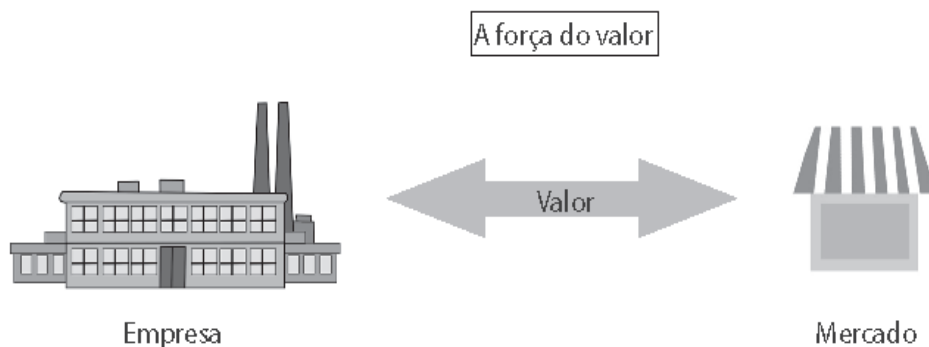


Figura 1 – O valor como elemento de competitividade empresarial.

O conceito de valor tem sido tratado desde épocas remotas, e tem origens na filosofia que estabeleceu a existência de diferentes formas de valor, como valor moral, religioso, social, político e econômico. Neste livro, nos ocuparemos apenas com o último tipo de valor, e trataremos apenas do valor presente¹.

Segundo Possamai (2001), o valor presente está composto pelos seguintes tipos de valor:

- ▶ valor de uso;
- ▶ valor de estima;
- ▶ valor de troca;
- ▶ valor de custo.

O *valor de uso (Vu)* é composto pelo conjunto de funções associadas ao uso do produto. Por exemplo, um veículo com direção hidráulica apresenta maiores facilidades na manobra e condução em comparação com um veículo sem esse tipo de atributo.

Já o *valor de estima (Ve)* é constituído por aquelas funções que concedem ao produto beleza, *status* e estima. Por exemplo, uma pessoa está disposta a pagar bem mais por uma camiseta polo que tenha estampada uma figura de grife, em comparação a outra comum, pelo *status* que oferece.

O *valor de troca (Vt)* é o conjunto de funções que outorgam uma capacidade de troca do produto, uma vez terminada a sua utilização. Um exemplo típico é o automóvel, onde alguns tipos de veículos adquirem mais valor para o consumidor, devido à facilidade de revender depois.

Por último, o *valor de custo (Vc)* associa-se ao esforço econômico que o cliente tem que realizar para poder se apropriar do produto. De novo o caso de um automóvel pode exemplificar esse aspecto: existem diferentes marcas ou tipos de veículos que podem ocasionar maior ou menor custo de aquisição (comprar, receber) e de manutenção. Fica mais visível no caso dos veículos importados, onde esse custo em geral resulta maior.

Ainda, segundo Possamai (2001) para a determinação do valor de um determinado produto ou serviço, o cliente realiza uma comparação, que se sintetiza na seguinte equação:

¹ Existem mais valores, que são o valor futuro e o valor potencial, mas não serão objetos deste livro.

$$V = \frac{Vu + Ve + Vt}{Vc}$$

Esta equação do valor sintetiza-se da seguinte forma:

$$V = \frac{\text{BENEFÍCIOS}}{\text{ESFORÇOS}}$$

Sendo:

- **Benefícios:** grau de utilidade, prestígio e possibilidade de troca.
- **Esforços:** custo da aquisição e gastos para efetuar a compra.

A equação do valor pode ser simplificada da seguinte forma:

$$V = \frac{B}{E}$$

Em toda situação existe um determinado valor que é agregado a um produto ou serviço. A questão da agregação de valor é o resultado da evolução de uma avaliação, de uma determinada forma de operar para outra. Por exemplo, um posto de gasolina que oferece o produto no preço do mercado e verifica os níveis de óleo e água dos veículos dos clientes está oferecendo um determinado valor – essa seria a situação (1). Agora, se o posto decide ir para outra forma de operar, oferecendo além do anterior, uma ducha de graça ao carro – situação (2) – o cliente recebe também um determinado valor. Só que o valor recebido em (2) é maior que o recebido em (1) e por isso acontece uma agregação de valor, ou seja, um valor a mais do que aquele que já estava sendo oferecido.

$$V1 = \frac{B1}{E1} \quad V2 = \frac{B2}{E2}$$

Agrega-se valor se $V2 > V1$, e isso aconteceria em alguma das seguintes situações:

- a) $B2 > B1$ e $E2 = E1$ (aumenta o numerador e o denominador permanece igual).
- b) $B2 = B1$ e $E2 < E1$ (o numerador permanece igual e diminui o denominador).

- c) $E2 > E1$ e $B2 > B1$ (aumenta o denominador, mas o numerador aumenta em maior proporção).

O aspecto ambiental na consideração do valor

A utilização da dimensão ambiental na criação de vantagem competitiva começa a aparecer na elaboração de estratégias empresariais. Daroit e Nascimento (2002) expõem como tem sido utilizado esse aspecto ambiental na estratégia de diferenciação.

Essa característica do comportamento ambiental nas organizações está sendo considerado como um incremento de mercado para aquisição dos seus produtos, o que cria uma nova característica ao conceito antes explicado de valor, resultando na incorporação de uma nova dimensão ou tipo de valor: o valor ecológico ou ambiental.

Dessa forma, a equação de valor discutida anteriormente amplifica-se para o aspecto ambiental, incorporando-se como uma importante variável nos benefícios que o mercado recebe. A equação do valor resulta então da seguinte forma:

$$V = \frac{Vu + Ve + Vt + Vec}{Vc}$$

Sendo Vec o valor ecológico ou ambiental.

A empresa deve procurar todas as vias que podem agregar valor para o mercado, uma delas é a logística, que consegue agregar utilidades, principalmente de espaço e de tempo ao cliente. A figura 2 destaca esse papel da logística.

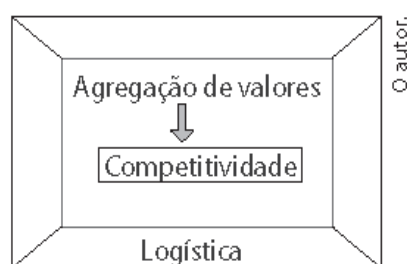


Figura 2 – A logística como via de agregação de valor.

O tratamento antes explicado da dimensão do valor permeia também a abordagem logística da organização, como aparece na figura 3. Significa que os diferentes canais logísticos projetados devem incorporar critérios e soluções corretamente ecológicas.

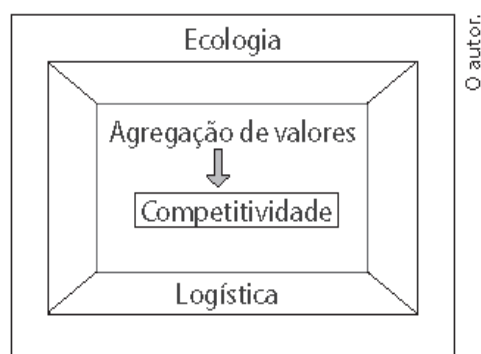


Figura 3 – Valor ecológico nas soluções logísticas.

O efeito estufa: gases e tratados

O clima do nosso planeta está experimentando mudanças assustadoras, cujos efeitos se traduzem em calamidades que se apresentam com maior frequência nos tempos atuais. Segundo Lopes (2002), nos últimos 100 anos a temperatura média da terra aumentou em 1 grau centígrado, que foi ocasionado pela intensificação do efeito estufa. Esse fenômeno está relacionado ao aumento de concentração na atmosfera terrestre de um conjunto de gases tais como o Dióxido de Carbono (CO_2), Metano (CH_4), Óxido Nitroso (N_2O) e o Hexafluoreto de Enxofre (SF_6) dentre os mais influentes. São os chamados gases do efeito estufa (PROTOCOLO DE KYOTO, 1999).

O clima do planeta manifesta uma mudança natural, que tem acontecido de forma gradativa, mas que nas últimas décadas tem sido de forma muito acelerada, não dando tempo para a adaptação natural dos ecossistemas e da biodiversidade necessária para um adequado equilíbrio da natureza.

Esses gases, afirma Leódido (*apud* BIN, 2008), são os que regulam a temperatura da terra. A energia solar atinge a superfície terrestre e é remitida para a atmosfera, onde é absorvida por gases que bloqueiam a saída do calor. Dessa forma, o efeito estufa é necessário para poder manter aquecida a terra. Quando aumenta a concentração desses gases, em particular o Dióxido de Carbono (CO_2), a energia absorvida por eles altera o balanço energético global, então o sistema climático se ajusta a essa situação, elevando a temperatura média da terra e da baixa atmosfera (REIS, 2002), tendo como consequência o aquecimento global.

Embora exista uma relação estreita entre efeito estufa e aquecimento global, eles são fenômenos com diferenças radicais. Se bem que o primeiro é imprescindível para a vida no planeta e o segundo expressa um desequilíbrio do sistema climático, como resultado de uma elevada concentração dos gases de efeito estufa na atmosfera.

Lopes (2002) expressa ainda que a emissão desses gases ocorre principalmente pela combustão de elementos fósseis (carvão, petróleo e gás natural) que acontecem nas atividades das indústrias, de usinas termelétricas e na circulação de veículos, ou seja, atividades derivadas do homem e que recebem o nome de *antropogênicas*.

O aumento da concentração desses gases na atmosfera gerou uma grande preocupação na comunidade internacional, que decidiu realizar um encontro no Rio de Janeiro, em 1992, dirigido pela Organização das Nações Unidas (ONU), surgindo assim a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima (CQNUMC), que foi aceita formalmente por 185 países e a União Europeia. Essa comissão, tendo como aspecto central o estabelecimento de um regime jurídico, de caráter internacional, quer permitir estabilizar a concentração de gases do efeito estufa na atmosfera, a níveis tais que não seja colocado em perigo o sistema climático do planeta. Embora não definida a forma de poder atingir esse objetivo central, estabeleceu-se um princípio de atuação entre os países que assinaram o acordo, baseado no compartilhamento do ônus na luta contra o aquecimento do planeta.

Dando continuidade a essas tentativas, em 1997 foi firmado o Protocolo de Kyoto, onde são estabelecidas metas e prazos para que as emissões antropogênicas desses gases sejam limitadas ou reduzidas em 5,2% em média, com relação aos níveis que foram verificados em 1990. Essa meta deverá ser alcançada no período de 2008 a 2012.

Reis (2002), comentando os principais aspectos do Protocolo de Kyoto, afirma que também foi estabelecido um acordo para a comercialização das emissões, através de três mecanismos criados para os efeitos, sendo que os países em desenvolvimento podem participar somente de um deles, que é o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL).

O MDL estabelece que aqueles projetos que reduzam as emissões de gases de efeito estufa podem ser certificados e, por esse meio, receber benefícios com créditos de emissões reduzidas. Para a certificação de um determinado projeto é necessário estabelecer uma referência. Devido a essa certificação surge o conceito de *adicionalidade*, que se entende como o nível de emissões que se geraria caso o projeto em questão não existisse.

Esse critério de adicionalidade gera um problema que, segundo Jank (2009), acaba punindo alguns países e setores que implementem inovações. No entanto, com a legislação ambiental avançada, já existem iniciativas que estão sendo regulamentadas pela legislação dos próprios países, o que não os torna elegíveis, ou seja, não oferecem adicionalidade, pois já são uma solução. Por exemplo, o programa do etanol no Brasil surgiu por uma política governamental, e por tal razão não recebe créditos de carbono.

Um dos aspectos estabelecidos no mecanismo MDL do Protocolo de Kyoto permite que países desenvolvidos possam comprar créditos de carbono dos projetos de redução de emissões que são realizados em países em desenvolvimento e, com isso, continuar atuando e cumprir a parte da meta que lhes corresponde.

O Protocolo de Kyoto ainda não conta com o número suficiente de países que o assinou – entre eles os Estados Unidos e a Rússia, que são grandes poluentes – mas por enquanto é o único mecanismo que a humanidade possui para tentar que todos contribuam com a redução das emissões antrópicas de gases de efeito estufa e, com isso, preservar o planeta.

A emissão de gás carbônico e os créditos de carbono no tratamento de canais logísticos

Para levar em consideração a questão da emissão de gás carbônico nas soluções logísticas, precisa-se conhecer primeiro como realizar o cálculo dessas emissões, o que será tratado no subitem a seguir.

Medição da emissão de CO₂

O Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 2007 expressa que o Potencial de Aquecimento Global (Global Warming Potential ou GWM) é um indicador utilizado para medir a quantidade de CO₂ que deve ser reduzida, quantificando todos os demais gases do efeito estufa, em termos de Dióxido de Carbono Equivalente (Carbon Dioxide Equivalent ou CDE) ou CO₂*eq*. Ou seja, serve para medir como é que um determinado gás estufa contribui para o aquecimento global.

Os CO₂*eq* são expressos em milhões de toneladas métricas, e para calcular a emissão de um determinado gás multiplica-se a massa emitida por esse gás pelo CDE ou CO₂*eq* do referido gás. Ou seja:

$$\text{MMTCDE} = (\text{Toneladas do gás}) \times (\text{GWM})$$

Sendo:

MMTCDE = Milhões de Toneladas de Dióxido de Carbono Equivalente

Por exemplo, o CDE do Óxido Nitroso é de 296. A emissão de uma tonelada desse gás equivale a 296 toneladas de CO₂. O IPCC (2001) estabeleceu a equivalência (CDE) de alguns dos principais gases, sendo alguns deles os que aparecem na tabela 1:

Tabela 1 – Índice de Potencial de Aquecimento Global

Gás	GWM
Dióxido de Carbono (CO ₂)	1
Metano (CH ₄)	23
Óxido Nitroso (N ₂ O)	296
Perfluormetano (CF ₄)	5700
Perfluoretano (C ₂ F ₆)	11900

(IPCC, 2001)

Logística e a consideração ambiental com relação à emissão de gás carbônico

Dentro do setor de energia, um dos grandes emissores de gases do efeito estufa é o combustível utilizado no transporte, que ocupa, segundo Bin (2008), o quarto lugar na emissão de poluentes. No caso brasileiro, em 2005 esse poluente já superava a média mundial ao atingir 42%. Na projeção até o ano 2030, continuará sendo o setor de maior participação, atingindo pouco mais de 38% e, junto com o setor industrial, chegaria a 68% do total de emissões.

Paradoxalmente, Bin (2008) ainda comenta que o Brasil apresenta um índice reduzido de emissão em comparação ao resto do mundo, ocasionado pela participação crescente de fontes renováveis de energia dentro da matriz energética do país. Não embora, o setor de transportes brasileiro caracteriza-se por uma elevada intensidade energética, ou seja, que consome altos níveis de energia. Como consequência, em determinadas situações precisa-se de maior gasto de energia para transportar os produtos do que para produzi-los. Esta situação acontece principalmente devido à matriz de transportes brasileiro, apresentar uma distorção, se for baseada no modal rodoviário, que responde por 62% do total de cargas movimentadas no país. É um modal pouco econômico e altamente poluente em comparação aos demais, por exemplo, com a energia despendida por 1kg de carvão mineral, poder-se-ia transportar uma tonelada por uma distância de 6,5km com um caminhão. Mas se for utilizado um trem, a distância que poderia ser percorrida é de 20km. Já se utilizasse um navio (para cabotagem, por exemplo), o percurso total poderia chegar a 40km (NEUBAUER; ZANIOL, 2006).

No tratamento de soluções logísticas, decisões sobre os modais de transporte a serem utilizados nos diferentes canais podem levar a uma contribuição para a redução

das emissões de gases do efeito estufa, o que melhoraria a imagem competitiva da empresa, tanto pelo seu tratamento ambiental como por economias que pode obter. Por exemplo, a eficiência de diferentes modais de transporte pode ser apreciada na figura 4.

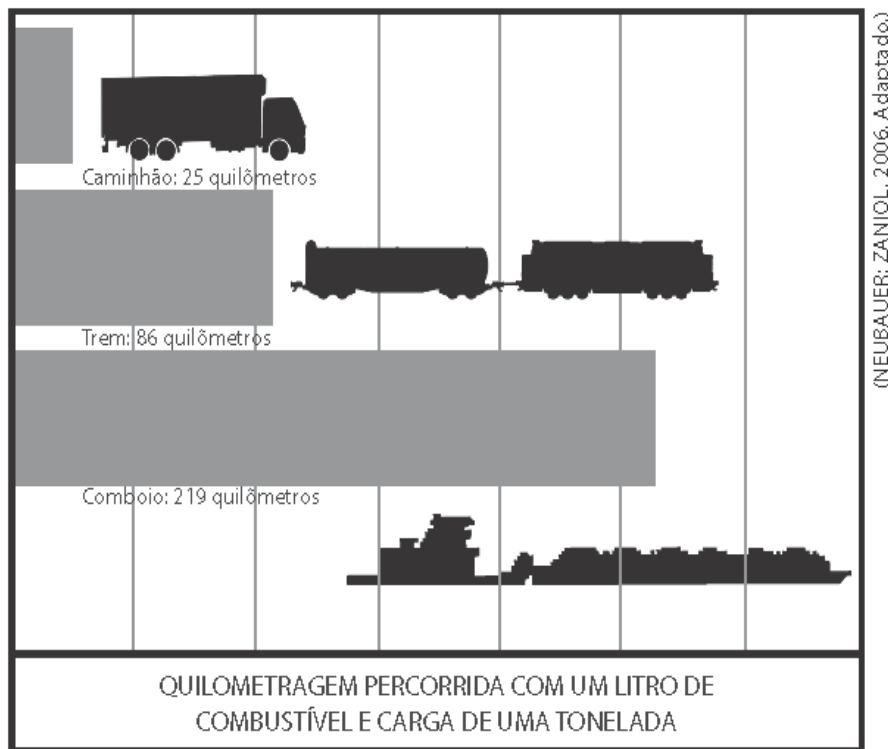


Figura 4 – Eficiência dos modais de transporte.

Para transportar 1000 toneladas, precisar-se-ia de um empurrador e uma balsa, se for utilizado o modal aquaviário (fluvial). Mas se fosse utilizado o trem, necessitar-se-ia de uma locomotiva e 50 vagões. Por último, se a decisão for pelo modal rodoviário, seriam necessárias 50 carretas (cavalos mecânicos e os seus reboques) (NEUBAUER; ZANIOL, 2006).

Para ilustrar mais essa questão da eficiência, Neubauer e Zaniol (2006) traçam o seguinte cenário: para transportar carga com um comboio de 10 000 toneladas seria necessário um empurrador e uma balsa e, percorrendo 500km, seriam consumidas 21 toneladas de combustível e seriam necessárias 12 pessoas para a sua operação. Para movimentar todo esse volume pelo modal rodoviário, seriam necessários 278 caminhões de 36 toneladas de capacidade cada um, consumindo 54 toneladas de combustível e utilizando 556 pessoas (entre motoristas e ajudantes). Se optasse pelo trem, seriam necessários 100 vagões do tipo Jumbo Hopper.

Sobre a intensidade de emissão de gases de efeito estufa gerados com o uso dos diferentes modais, Neubauer e Zaniol (2006) comentam as relações que são mostradas na figura 5.

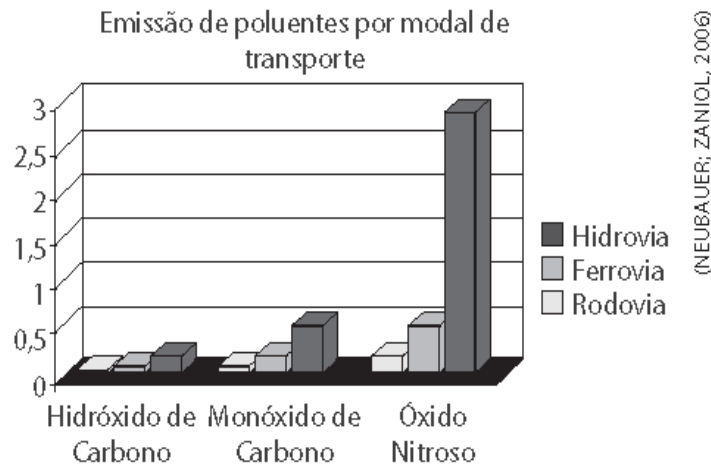


Figura 5 – Emissão de gases de efeito estufa pelos diferentes modais de transporte.

Nem sempre o problema precisa ser encarado utilizando um único modal; pode-se utilizar a intermodalidade, onde é possível utilizar uma combinação de vários modais de transportes para uma mesma carga. As combinações mais conhecidas são: rodoferroviário, rodofluvial e ferrofluvial. Essas combinações podem resultar de grande impacto na operação do canal logístico, reduzindo emissões de gases do efeito estufa e reduzindo custo e tempo.

No cenário anterior, representa-se o caso típico de produtos de baixo valor agregado e de alta densidade (grãos, bobinas de papel, pisos e revestimentos etc.) que poderiam utilizar outros modais de transporte, que não o rodoviário, conseguindo maior eficiência tanto energética como econômica.

Outra via para a incorporação da redução da emissão de gás carbônico nos processos logísticos seria a utilização de veículos híbridos, que permitam uma operação mais limpa desde o ponto de vista energético. Um exemplo dessa situação está no caminhão desenvolvido pela Volvo, que combina a motorização diesel convencional com um motor elétrico que trabalha desde a partida até a aceleração a 20km/h.

Ou seja, na logística existem grandes oportunidades de se contribuir para a redução do aquecimento global, atuando principalmente no processo de transportes e procurando soluções de maior eficiência tanto econômica como ambiental.

O caso do escoamento da soja

(BIN, 2008)

Atualmente, 81% do transporte de soja no Brasil é feito por rodovias, apenas 15% por ferrovias e 4% por hidrovias, tendência que deve se manter nos próximos anos se o transporte ferroviário e hidroviário não for desenvolvido (GEIPOT, 2001).

Este capítulo é um estudo de caso que tem o objetivo de analisar comparativamente as emissões de gases de efeito estufa pelo escoamento de uma safra de soja do município de Sorriso, centro-norte do Mato Grosso, maior produtor de soja do Brasil, com aproximadamente 2 milhões de toneladas produzidas em 2007 para Rotterdam, na Holanda, maior entreposto comercial de soja no mundo, onde 80% da soja brasileira é comercializada.

Dessa forma, este trabalho também possui suas fronteiras. Os limites estão na qualidade dos dados adotados junto à ANP, Petrobrás, IPCC, MT, MCT e MME relativos aos consumos dos meios de transportes, fatores de emissão e cargas transportadas. As fronteiras foram pensadas de modo a refletir a produção de soja, por safra, de um grande produtor na região de Mato Grosso que tenta escoar sua safra por 3 diferentes rotas (canais logísticos) até o entreposto internacional de soja, Rotterdam. A esse produtor interessa saber qual dessas rotas é o que menos emite GEE, pois essa informação é importante no inventário anual de emissões da corporação. A safra a ser escoada foi estipulada em 180 mil toneladas (produtor de grande porte) e é compatível com a carga máxima (60 mil toneladas) de um tipo de navio graneleiro que comumente se desloca de Itacoatiara (AM) para Rotterdam. Assim, fixou-se como limite o navio Panamax graneleiro – que é a embarcação que possui o maior calado possível para navegar carregado pelo Rio Amazonas, o que facilita os cálculos.

A quantificação das toneladas de Dióxido de Carbono emitidas se resumem, neste trabalho, as emissões provenientes da queima do combustível óleo diesel desde a saída das terras do produtor até o porto de Rotterdam – trecho internacional (marítimo) utiliza óleo combustível (bunker). Emissões carbônicas advindas de aditivos, óleo lubrificante, pneus, colheitadeiras, energia para bombeamento do grão com intuito de mudança de modal etc., não serão contabilizadas.

Estudo das rotas

Abaixo se descreve o estudo das rotas escolhidas para comparação de emissões de GEE. Todas partem do mesmo ponto inicial, Sorriso, no Mato Grosso, e convergem para Rotterdam, na Holanda, o maior entreposto comercial de soja no mundo. (...) A saber, Sorriso é o maior município produtor de soja do Brasil com 1 milhão de toneladas produzidas em 2000 e projeções de 2,63 milhões de toneladas em 2015. Rota 1: A safra sai de Sorriso, por modal rodoviário, até Porto Velho (RO) e percorre uma distância de 1450km. Lá é embarcada em um comboio de chatas 12 e desce a Hidrovia do Rio Madeira até o porto de Itacoatiara (AM), num total de 1056km. No porto, a soja é transferida para navios de grande porte que terminam a viagem até Rotterdam, 1100km até a foz do Rio Amazonas e outros 8 549km até Rotterdam. Rota 2: A safra deixa Sorriso, por modal rodoviário, até a cidade de Alto Araguaia (sul de MT) onde há o transbordo para modal ferroviário, percorrendo 756km. Esta segue até o porto de Santos (SP), utilizando-se da Ferronorte e Ferrobán pelos próximos 1 400km e, de lá, é embarcada para Rotterdam, 10 123km. Rota 3: A safra deixa Sorriso e segue até o porto de Paranaguá (PR), exclusivamente por modal rodoviário nos 2 107km, e posteriormente é embarcada para Rotterdam, à 10 429km.

Especificações para cada modal aplicado às rotas analisadas

Modal rodoviário: para o consumo de combustível por quilômetro foi tomada a média de 2,7km/litro, considerando um caminhão bitrem com carga máxima permitida por lei de 37 toneladas – dados adotados após entrevistas com caminhoneiros da região.

Modal ferroviário: as locomotivas brasileiras que transportam *commodities* utilizam óleo diesel em seus motores diesel-elétrico. No presente trabalho será considerado o consumo da locomotiva e tipo de vagão que normalmente é carregado nas ferrovias em questão – Ferronorte S.A. e Ferrobán S.A. Ambas são ferrovias de bitola larga 13, as composições graneleiras possuem, normalmente, 2 locomotivas e 80 vagões que carregam 100 toneladas cada. O consumo de combustível da composição ferroviária foi estimado em 3,3l/1000t x km (toneladas úteis) (MCT, 2008). Ou seja, para se transportar 8 000t por 1 400km tem-se que multiplicar $3,3 \times 8 \times 1400 = 36\,900$ l por viagem. O consumo total das 23 viagens, neste caso, ficará em $36\,900 \times 23 = 850\,080$ l.

Modal aquaviário hidroviário: cada comboio tipo contém 16 chatas, com 2 mil toneladas de capacidade cada. Portanto, 32 mil toneladas por comboio. O consumo foi estimado em $2,8l/1000t \times km$, através de pesquisas em concessionárias hidroviárias. Portanto, $2,8 \times 32\ 000 \times 1\ 056 = 94\ 618,6l$ por viagem e $567\ 712l$ no total. Marítimo é o navio tipo utilizado será o Panamax graneleiro, com capacidade para 60 mil toneladas. O consumo sugerido pelo IPCC de combustível para grandes navios graneleiros é de 33,8 toneladas/dia e o consumo à carga total (em tonelada/dia) em função de tonelada carregada (GRT) é de $20,186 + 0,00049 \times GRT$. Portanto, $20,186 + 0,00049 \times 60\ 000 = 49,586$ ton/dia. Valor que pode ser aproximado a $49,586m^3$ /dia de óleo combustível. O GEIPOT, em pesquisa sobre corredores estratégicos de escoamento de soja do ano de 2000, contabilizou 16 dias de viagem para todas as rotas (...) desde sua fonte até Rotterdam. Fazendo uso de uma visão pessimista de que o trajeto marítimo levaria por si só 16 dias, pode-se estimar a média de consumo total em $793,38 m^3$ de bunker para todas as rotas estudadas.

Comparações com rotas alternativas

Na pesquisa do GEIPOT 2000 (Ministério dos Transportes), da situação atual e futura de escoamento de soja, há o estudo de previsão de rotas. Isto é, qual a tendência do escoamento – dadas as projeções de produção. Esta referida pesquisa coloca como ponto central o canal logístico Sorriso – Santarém – Rotterdam, tanto em sua vertente rodoviária como multimodal. Com o objetivo de simular resultados e propostas mais próximos possíveis da realidade, dado que essas novas rotas fazem parte de um futuro breve, apresenta-se, através das Tabelas 8 e 9, os cálculos de emissões para essas rotas alternativas. Em contraponto às rotas anteriores, estas possuem o mesmo sentido (norte) e o mesmo porto (Santarém), diferenciando-se apenas pelo modal logístico. Rota 4: A safra segue por modal rodoviário de Sorriso até o porto de Santarém, pela BR163, a 1 48km de distância. Lá, é embarcada para Rotterdam num percurso de 7 991km. Rota 5: A safra percorre 713km, em rodovia, até o terminal hidroviário de Cachoeira Rasteira, no Rio Teles Pires, que formará o Rio Tapajós. Segue pelos próximos 1 043km até Santarém, onde é transbordada para os navios de longo curso com destino a Rotterdam, 7 991km distante. Têm-se que o comboio-tipo da hidrovía Tapajós-Teles Pires é um empurrador com 4 chatas. Dessa forma, a mesma possui a capacidade de carregar 16 mil toneladas por comboio.

A alternativa de maior consumo energético é a totalmente rodoviária, tanto entre as rotas atuais quanto entre as alternativas, comparativamente. São, portanto, as que mais contribuem com emissões atmosféricas de CO_2 . A plena utilização dos corredores hidro e ferroviários asseguram uma vantagem competitiva que só não é maior devido às grandes extensões rodoviárias percorridas, que são sempre superio-

res a 700km, o que reduz a vantagem do menor consumo energético, embora seja favorecida pela contribuição dada pelas pernas hidro e ferroviária, superiores a 1 000km – Rotas 1 e 2, respectivamente. Considera-se a Rota 2 a mais eficiente, tanto ambiental quanto economicamente. Pesquisas do GEIPOT orçaram em U\$74/ton o custo da Rota 2. E, respectivamente, U\$77/ton e U\$79/ton, Rotas 1 e 3. Vê-se claramente a ligação entre valores de emissões e despesas com fretes. Quanto menor as emissões, menor o gasto energético, conseqüentemente, menor o custo. A Rota 5, via Santarém hidroviário, é a que efetivamente emite menos CO₂. Porém, ainda não está em uso por conta dos licenciamentos ambientais de suas obras de infraestrutura. Só não emite ainda menos porque os comboios têm a metade da capacidade dos comboios do Rio Madeira (devido ao traçado natural do rio) e seu custo estimado é de US\$59/ton. Cabe ressaltar, novamente, que ambas as opções alternativas não são, ainda, comumente utilizadas. Isso ocorre devido a obras de infraestrutura não finalizadas, mas que são pontos do atual Plano de Aceleração do Crescimento (PAC). Essas obras já são discutidas desde 1997 e, por diversas vezes, foram descontinua- das, seja por falta de investimentos financeiros ou por impactos ambientais e sociais. Tanto a Hidrovia Tapajós-Teles Pires quanto a BR163 (Cuiabá-Santarém) situam-se em terras indígenas na região amazônica. Esse trabalho foca o impacto da poluição atmosférica na atividade de escoamento da produção da soja mato-grossense. Debates a respeito do impacto ambiental das obras em si são imprescindíveis, mas não serão aqui abordados.

Atividades

1. Por que a incorporação dos cálculos de emissão de gás carbônico no tratamento de canais logísticos tem adquirido importância e se tornado inovadora?

Gabarito

Elementos de inovação tecnológica e de logística empresarial

1. O aluno deve buscar essas informações em livros, na internet ou pesquisar em alguma empresa quais são os programas que auxiliam na tomada de decisão do gestor.
2. O aluno deve selecionar um produto onde esteja presente, de forma direta ou indireta, a influência dos elementos dinamizadores das novas exigências do ambiente de negócios, e descrevê-las como: *globalização*, se o produto ou algum dos seus componentes ou matérias-primas passou por alguma fronteira, calcular o *ciclo de vida* do produto, que deve ser curto, e, por último, a manifestação de alguma característica *ambiental* no produto ou em algum dos processos para a sua fabricação e distribuição.
3. O aluno deve selecionar uma situação de uma empresa que conheça, onde se manifestou uma inovação tecnológica de um processo de suprimentos ou de um processo de distribuição, procedendo a sua descrição e justificando por que é uma inovação. Pode ser feito também procurando o caso na internet, em livros ou revistas, e realizando a descrição e justificativas solicitadas.

Inovação tecnológica na logística de suprimentos

1. O aluno deve procurar realizar um mapeamento da logística de suprimentos em uma empresa real ou em um estudo de caso obtido através de um livro ou na internet, definindo como acontece esse suprimento, quais são as principais decisões que são tomadas e descrever os principais processos logísticos que intervêm nesse canal.

2. Não, porque embora existam roteiros preestabelecidos, não existem janelas de tempo a serem cumpridas e também não existe padronização das embalagens.
3. Não, pois pode-se criar um centro de pré-montagem para aqueles fornecedores mais distantes.

Inovação tecnológica na logística industrial

1. O aluno deve procurar realizar um mapeamento da logística interna em uma empresa real ou em um estudo de caso obtido através de um livro ou pela internet, definindo como acontece essa movimentação interna, desde o armazém de matérias-primas, ao longo da manufatura, até o armazém de produtos acabados, meios ou recursos que se utilizam, e quais são as principais decisões que são tomadas. Deve também descrever os principais processos logísticos que intervêm nessa movimentação.
2. Ao utilizar o gargalo como base para organizar a indústria e os processos relacionados ficará mais claro o que deve ser produzido. No caso da logística interna, será possível identificar quais são os produtos que devem ser movimentados e qual matéria-prima deve ser liberada. Com isto espera-se que se reduzam os estoques e o lucro da empresa aumente.
3. O primeiro passo é a identificação da restrição – o tambor. Após, deve-se proteger a produtividade do processo com estoque – o pulmão. Uma vez identificados o tambor e o pulmão, deve-se decidir como controlar a liberação de material. Isto é, decide-se a corda. Ao colocar em prática o funcionamento do sistema, a restrição ditará o ritmo enquanto o pulmão será gerenciado de acordo com as variações, e isto ativará a liberação através da figura da corda – a informação que é enviada ao início da linha com os itens a serem produzidos. Com os resultados será possível fazer uma redução do nível dos estoques, porque ele será colocado apenas atrás da restrição e será possível aumentar a produção da empresa, pois os estoques protegerão o processo com menor capacidade contra as paradas de falta de materiais.

Inovação tecnológica na distribuição física de produtos

1. O aluno deve procurar realizar um mapeamento da logística de distribuição em uma empresa real ou em um estudo de caso obtido através de um livro ou na internet, definindo como acontece essa distribuição, quais são as principais decisões que são tomadas, e descrever os principais processos logísticos que intervêm nesse canal.
2. Nas atividades próprias da operacionalização do canal, ou seja, na utilização do modal de transporte e dos meios de movimentação interna, na operacionalização do armazém e dos meios de armazenagem e no gerenciamento de estoques de produtos acabados.
3. Nem sempre, pois a utilização da tecnologia RFID precisa de elevados custos de implantação, principalmente pelo valor das etiquetas inteligentes e dos equipamentos e *softwares* para o seu funcionamento, o que pode ser inviável para pequenas e médias empresas que não conseguem uma escala de negócios para justificar tais investimentos. A tecnologia de etiquetas com código de barras resulta mais barata e com menos valores de investimentos, o que justifica a sua disseminação em todo tipo de empresa.

A inovação tecnológica nos aspectos ambientais da cadeia logística

1. Porque é um fator que agrega valor aos produtos e serviços oferecidos ao mercado; com isso, a empresa consegue uma maior eficiência tanto econômica como ambiental, o que coloca a organização em uma melhor posição competitiva. Resulta também em uma inovação de processo, já que não existe experiência nem tratamento anterior a respeito.

2. O aquecimento global é o aumento da temperatura da terra, como consequência de uma maior concentração de gases gerados principalmente por ações antropogênicas e que impedem o equilíbrio do intercâmbio de calor da terra com o espaço. Já o efeito estufa é necessário para a existência do planeta, permitindo que este se mantenha aquecido para os níveis necessários de vida.
3. Não, porque se trata de uma iniciativa que já está regulamentada pelo país e em funcionamento pleno, e por tal razão não é elegível, ou seja, não oferece adicionalidade.

Referências

ANDRADE, Lançaná; BITTENCOURT, Raphael. **Sistema Milk Run**. Seminário EPS 7004, 2007. Disponível em: <www.webensino.ufsc.br/index.php?modo=itensCategoriaAmbiente&codCategoria=18&dsCategoria=Artigos+complementares&totalCategoria=24>. Acesso em: 6 jul. 2009.

BATISTUS, D.; FERREIRA, D. **RFID e Etiquetas Inteligentes**. Seminário da Disciplina EPS 6411, 2007/2. Disponível em: <<http://webensino.ufsc.br>>. Acesso em: 30 ago. 2009.

BIN, V. M. **Logística e Meio Ambiente** – o caso do escoamento da soja de Mato Grosso a Rotterdam. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

CORAL, Eliza; OGLIARI, André; ABREU, Aline F. **Gestão Integrada da Inovação** – estratégia, organização e desenvolvimento de produtos. São Paulo: Atlas, 2008.

CORBETT NETO, T. **Logística TOC**. Disponível em: <www.goldratt-toc.com.br/s/index.php?option=com_content&task=view&id=11&Itemid=11>. Acesso em: 24 ago. 2009.

COX III, James F.; SPENCER, Michael S. **Manual da Teoria das Restrições**. Porto Alegre: Bookman, 2002.

DAROIT, Dorian; NASCIMENTO, Luiz F. A busca da qualidade ambiental como incentivo à produção de inovações. *In*: Encontro Nacional da Associação Nacional dos Programas de Pós-Graduação em Administração (ANPAD). **Anais...** Salvador: 2002.

DICIONÁRIO eletrônico Aurélio. Disponível em: <www.dicionariodoaurelio.com/>. Acesso em: 30 jul. 2009.

FOLLMANN, Neimar. **Adaptação da Teoria das Restrições à Operação de Empresas de Transporte de Cargas Fracionadas**. 139 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia de Produção, Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

GOLDRATT, Eliyahu M. **A Meta na Prática**: livro de exercícios da TOC. São Paulo: Nobel, 2007.

_____. **A Meta**: um processo de melhoria contínua. 2. ed. São Paulo: Nobel, 2002.

GOLDRATT, Eliyahu M.; FOX, Robert. **The Race**. New York: North River Press, 1986.

HEEMSKERK, B.; PISTORIO, P.; SCICLUNA, M. **Sustainable Development Reporting: striking the balance**. World Business Council for Sustainable Development, Geneva, 2004.

IBM. **Controlando o RFID**. Disponível em: <www.ibm.com/br/ibm/ideasfromibm/rfid/061207/index1.phtml>. Acesso em: 30 ago. 2009.

IPCC – INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Summary Policy-makers** – the scientific basis: a report of working group I of Intergovernmental Panel on Climate Change. 2001. Disponível em: <www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg1/index.php?idp=5>. Acesso em: 18 set. 2009.

JANK, Marco S. Por uma economia verde. **Exame**, São Paulo, v. 950, n. 16, p. 32-34, 26 ago. 2009. Quinzenal.

LANDT, J. **The History for RFID**. IEE Computer Society and Auto-ID Center Massachusetts Institute of Technology, nov. 2005.

LOCKAMY, A.; COX, J. F. Using V-A-T analysis for determining the priority and location of JIT manufacturing techniques. **International Journal of Production Research**, v. 29, n. 8, p. 61-72, 1991.

LOPES, Ignez G. V. **O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo** – MDL: guia de orientação. Rio de Janeiro: FGV, 2002.

MARTINELLI, Dante P; VENTURA, Carla A. A (Org.). **Visão Sistêmica e Administração: conceitos, metodologias e aplicações**. São Paulo: Saraiva, 2006.

MOURA, Delmo Alves de; BOTTER, Rui C. **Caracterização do Sistema de Coleta Programada de Peças, Milk Run**. Publicado em: 2002. Disponível em: <www.rae.com.br/electronica/index.cfm?FuseAction=Artigo&ID=1050&Secao=OPERA/LOGI&Volume=1&Numero=1&Ano=2002>. Acesso em: 4 jul. 2009.

NEUBAUER, F. A.; ZANIOL, D. M. **A Infraestrutura Logística e o Modal Aquaviário** – cabotagem, hidrovias, portos e contêineres. Seminário da Disciplina EPS 6411 Logística Empresarial, Florianópolis, 2006.

OECD – ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Oslo Manual: guidelines for collecting and interpreting innovation data**. 3rd. ed. European Commission: OECD. 28 out. 2005. Disponível em: <www.oecd.org/document/23/0,3343,en_2649_34409_35595607_1_1_1_1,00.html>. Acesso em: 3 jul. 2009.

PEDRAZZA, Luidgi P. **Os Impactos da Tecnologia RFID na Logística**. Seminário EPS 7004, Florianópolis, nov. 2007. Disponível em: <<http://webensino.ufsc.br/index.php?modo=itensCategoriaAmbiente&codCategoria=18&dsCategoria=Artigos+complementares&totalCategoria=24>>. Acesso em: 28 ago. 2009.

PINHEIRO, José M. S. **RFID – Identificação por Radiofrequência**. Publicado em: 11 maio 2004. Disponível em: <www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo_identificacao_por_radiofrequencia.php>. Acesso em: 1 set. 2009.

POSSAMAI, Osmar. **Conceitos de Análise do Valor**. Apostila da disciplina Gestão de Projetos do Programa de Pós-Graduação de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

PROTOCOLO DE KYOTO. **Protocolo de Kyoto à Convenção sobre Mudança do Clima**. Editado e traduzido pelo Ministério de Ciência e Tecnologia com o apoio do Ministério das Relações Exteriores, Brasil, 1999. Disponível em: <www.mct.gov.br/index.php/content/view/28739.html>. Acesso em: 17 set. 2009.

RAHMAN, Shams-ur. Theory of constraints: a review of the philosophy and its applications. **International Journal Of Operations & Production Management**, MCB University Press, v. 18, n. 4, p. 336-355, 1998.

REIS, Tereza. V. M. **Emissões de Gases de Efeito Estufa no Sistema Interligado Nacional**: metodologia para a definição da linha de base e avaliação do potencial de redução das emissões do PROINFRA. Dissertação (Mestrado). Universidade de Salvador, Salvador, 2002.

RIBEIRO Fernando H. G; MARINS Fernando A. S. Sistema de coleta programada *Milk Run* em uma unidade produtiva do setor automotivo. In: **XXXV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**, Natal, 2003. Disponível em: <www.slideshare.net/romeuzinh/aula-15-milk-run>. Acesso em: 4 jul. 2009.

ROGERS, Everett. M. **Diffusion of Innovations**. 3. ed. New York: Free Press, 1983.

ROHRICH, S.S.; CUNHA, J. C. A. A proposição de uma taxonomia para a análise da gestão ambiental no Brasil. **Revista de Administração Contemporânea (RAC)**, v. 8, n. 4, p. 86-95, 2004.

ROSA, Luiz. A. **Aplicação do RFID na Cadeia Logística**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. Disponível em: <www.pece.org.br/monografias/MBA-MONO-LuizRosa.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2009.

ROUSSOS, G. **Enabling RFID in Retail**. IEE Computer Society and Birkbeck College, University of London, March 2006.

SILVEIRA, Rogério. As questões ambientais na estratégia das empresas. *In*: 1.º Colóquio Psicologia Espaço e Ambiente, 2002, **Anais...**

STENGER, Alan; FERRIN Bruce J. The impact of the carrier selection decision on tracking and material flow in jit supply systems. American Production and Inventory Control Society, Inc. Just-in-Time Seminar Proceedings. July 24-26, p. 148-152, 1989.

TABOADA, Carlos M.; GRANEMANN, Sérgio. **Logística Empresarial**. Apostila Brasília, Editado pelo IDAQ, CNT, 1997.

