

... **Coleção UAB–UFSCar**

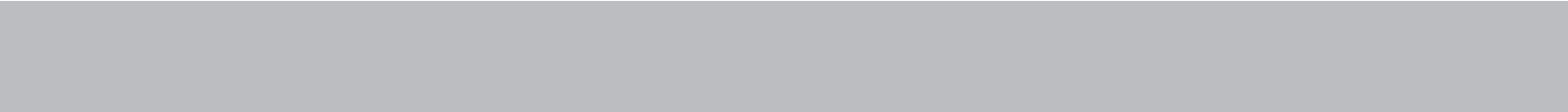
..... **Tecnologia Sucroalcooleira**

· **João Eduardo Azevedo Ramos da Silva**

· **Introdução à Logística e ao**
· **Planejamento e Controle da**
· **Produção Agroindustrial**



Introdução à Logística e ao Planejamento e Controle da Produção Agroindustrial





Reitor

Targino de Araújo Filho

Vice-Reitor

Pedro Manoel Galetti Junior

Pró-Reitora de Graduação

Emília Freitas de Lima

Secretária de Educação a Distância - SEaD

Aline Maria de Medeiros Rodrigues Reali



Coordenação UAB-UFSCar

Claudia Raimundo Reyes

Daniel Mill

Denise Abreu-e-Lima

Joice Lee Otsuka

Valéria Sperduti Lima

**Coordenadora do Curso de
Tecnologia Sucroalcooleira**

Miguel Antonio Bueno da Costa

UAB-UFSCar

Universidade Federal de São Carlos

Rodovia Washington Luís, km 235

13565-905 - São Carlos, SP, Brasil

Telefax (16) 3351-8420

www.uab.ufscar.br

uab@ufscar.br

João Eduardo Azevedo Ramos da Silva

Introdução à Logística e ao Planejamento e Controle da Produção Agroindustrial

São Carlos
2010

Concepção Pedagógica

Daniel Mill

Supervisão

Douglas Henrique Perez Pino

Equipe de Revisão Linguística

Ana Luiza Menezes Baldin

André Stahlhauer

Andréia Pires de Carvalho

Ângela Cristina de Oliveira

Jorge Ialanji Filholini

Paula Sayuri Yanagiwara

Priscilla Del Fiori

Sara Naime Vidal Vital

Equipe de Editoração Eletrônica

Christhiano Henrique Menezes de Ávila Peres

Izis Cavalcanti

Rodrigo Rosalis da Silva

Equipe de Ilustração

Jorge Luís Alves de Oliveira

Priscila Martins de Alexandre

Thaisa Assami Guimarães Makino

Capa e Projeto Gráfico

Luís Gustavo Sousa Sguissardi

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO

Unidade 1: O conceito de sistema logístico

1.1 Primeiras palavras

1.2 Problematizando o tema

1.3 Atividades da logística

1.4 Interface da logística com outras funções

1.5 Níveis de decisão logística

1.6 Tendências em logística

1.7 Considerações finais

1.8 Estudos complementares

Unidade 2: Relação entre logística e agroindústria

2.1 Primeiras palavras

2.2 Problematizando o tema

2.3 Características do setor agroindustrial

2.4 Operações logísticas na produção, industrialização e comercialização
de produtos agroindustriais

2.4.1 Produção de matérias-primas

2.4.2	Industrialização
2.4.3	Comercialização

2.5	Operações logísticas no setor sucroalcooleiro.
-----	--

2.6	Tendências logísticas no agronegócio
-----	--

2.7	Considerações finais
-----	--------------------------------

2.8	Estudos complementares.
-----	---------------------------------

Unidade 3: Nível de serviço logístico

3.1	Primeiras palavras
-----	------------------------------

3.2	Problematizando o tema
-----	----------------------------------

3.3	Mensuração do nível de serviço.
-----	---

3.4	Amplitude da medição do nível de serviço logístico.
-----	---

3.5	Relacionamento vendas – nível de serviço.
-----	---

3.6	Considerações finais
-----	--------------------------------

3.7	Estudos complementares.
-----	---------------------------------

Unidade 4: Planejamento e controle da produção: previsão de demanda

4.1	Primeiras palavras
-----	------------------------------

4.2	Problematizando o tema
-----	----------------------------------

4.3	Técnicas de previsão qualitativas
-----	---

4.4	Técnicas de previsão por séries temporais.
-----	--

4.4.1	Fatores de evolução histórica da demanda
-------	--

4.4.2 Técnicas	
4.5 Medidas de erro de previsão	
4.6 Considerações finais	
4.7 Estudos complementares.	

Unidade 5: Planejamento e controle da produção: capacidade de produção

5.1 Primeiras palavras	
5.2 Problematizando o tema	
5.3 Nível de capacidade	
5.4 Balanceamento da linha e o conceito de gargalo	
5.5 Ajuste entre capacidade de produção e demanda	
5.6 Tipo de resposta à demanda	
5.7 Sistemas de controle da produção.	
5.8 Considerações finais	
5.9 Estudos complementares.	

Unidade 6: Planejamento e controle da produção: estoques

6.1 Primeiras palavras	
6.2 Problematizando o tema	
6.3 Tipos de estoque	
6.4 Demanda independente e dependente	

6.5 Controle do nível de estoque	
6.5.1 Política de revisão contínua ou ponto de pedido	
6.5.2 Política de revisão periódica	
6.5.3 Comparação entre as políticas de revisão	
6.6 Custos de estoques e o lote econômico de compra	
6.7 Classificação ABC	
6.8 Decisões gerenciais sobre operações em estoques	
6.8.1 Layout interno do armazém	
6.8.2 Estocagem centralizada <i>versus</i> descentralizada	
6.8.3 Estocagem dedicada <i>versus</i> estocagem compartilhada	
6.9 Considerações finais	
6.10 Estudos complementares	

Unidade 7: Simulação aplicada à logística

7.1 Primeiras palavras	
7.2 Problematizando o tema	
7.3 Vantagens e desvantagens da simulação	
7.4 Simulação Manual de sistemas com uma operação	
7.5 Simulação computacional	
7.6 Considerações finais	
7.7 Estudos complementares	

Unidade 8: Gestão da cadeia de suprimentos

8.1 Primeiras palavras

8.2 Problematizando o tema

8.3 Gestão de compras

8.4 Gestão de distribuição física

8.5 Variação da demanda: o efeito chicote.

8.6 Logística reversa

8.7 Considerações finais

8.8 Estudos complementares.

REFERÊNCIAS

APRESENTAÇÃO

Esta publicação visa introduzir os temas de Logística e Planejamento e Controle da Produção, buscando aplicá-los ao setor agroindustrial. Os tópicos fazem parte de uma área de conhecimento conhecida por Gestão de Operações, que de forma bastante resumida, visa coordenar atividades para que a produção de bens e/ou a prestação de serviços possam simultaneamente atender as necessidades do cliente final e da própria organização produtora do bem ou serviço quanto ao uso de recursos, custos de produção, etc.

As técnicas utilizadas na Gestão de Operações são utilizadas no contexto de qualquer setor produtivo, sendo que a agroindústria é o foco deste trabalho, sempre que possível. A complexidade de trabalhar com produtos de origem agropecuária tornam a Logística e o Planejamento e Controle da Produção mais importantes, uma vez que, devido a perecibilidade e ao regime de safra, condições mais exigentes de movimentação e armazenagem são requeridas.

O conteúdo desta publicação é organizado em oito unidades sequenciais e com conhecimentos progressivos. Os temas abordados em cada unidade são muito amplos, e poderiam ser desdobrados em outras publicações caso o intuito fosse a abordagem em detalhe. Assim, dentro de cada unidade os principais tópicos são apresentados com o intuito de fornecer ao leitor a essência dos conhecimentos e a dimensão da área de estudo, que poderão ser intensificados pelo material indicado como estudos complementares.

A **Unidade 1** aborda conceitos logísticos básicos, aponta a origem da logística, as atividades primárias e de suporte e a interface com outras funções das organizações como a produção e o marketing. Em suma, o conteúdo apresenta ao leitor a primeira familiarização com o campo de atuação da logística.

O relacionamento entre logística e agroindústria é abordado na **Unidade 2**. Os produtos agroindustriais são caracterizados, assim como suas necessidades mais severas, em relação às operações. Procurou-se justificar que o sistema de produção agropecuária é complexo e requer um planejamento logístico adequado. Ao término da unidade, é dado um enfoque diferenciado às atividades do setor sucroalcooleiro e são apresentadas as tendências e os desafios da logística aplicada à agroindústria, o que é fundamental para a atualização do profissional da área.

O nível de serviço logístico apresentado na **Unidade 3** descreve os meios para mensurar a qualidade de atendimento do cliente (que pode ser uma operação interna da organização ou o próprio cliente final), por meio de índices de desempenho. Inclui-se também uma análise do mecanismo de compensação

(*trade-off*) entre o nível de serviço logístico oferecido pela organização e os custos decorrentes para mantê-lo.

A **Unidade 4** inicia a abordagem do Planejamento e Controle da Produção (PCP) pelas técnicas de previsão de demanda. Inicialmente, são enunciados conceitos sobre padrões de comportamento da demanda, gargalos e técnicas qualitativas. Na sequência, técnicas quantitativas simples de previsão de demanda são apresentadas por meio de exemplos.

O tema de Planejamento e Controle da Produção (PCP) continua a ser apresentado na **Unidade 5**, porém com o enfoque para dentro da organização, avaliando sua capacidade produtiva e sua interface com custos. Na sequência, abordam-se também os tipos de resposta à demanda e diferentes sistemas de controle da produção.

Como sequência das unidades anteriores, os estoques são estudados na **Unidade 6**. Os diversos tipos de estoque são apresentados, assim como suas vantagens e desvantagens e as políticas mais comuns para controle do inventário. Esta unidade também possui uma interface com custos e técnicas gerenciais de *layout* e controle interno de armazéns.

A **Unidade 7** apresenta uma técnica da pesquisa operacional muito útil para a análise de sistemas logísticos: a simulação de sistemas. A simulação visa construir um modelo capaz de representar as operações produtivas e, posteriormente realizar estudos previamente à sua implantação no sistema real. A vantagem desta técnica é a possibilidade de análise de alternativas operacionais de interesse, que são difíceis ou possuem custo elevado de serem testadas no sistema produtivo vigente.

Finalmente, a **Unidade 8** apresenta o conceito de cadeias de suprimentos. As diversas operações que formam os sistemas produtivos são abordadas como uma rede de atividades, que permitem às organizações participantes, ter condições de competir no mercado de forma mais efetiva. As cadeias abrangem os processos de obtenção de matérias primas, passando por diversos estágios de transformação e comercialização até chegar ao cliente final. O estudo desta perspectiva é mais recente que os tópicos das unidades anteriores e inclui preocupações contemporâneas relativas ao meio ambiente por meio do tópico de logística reversa.

UNIDADE 1

O conceito de sistema logístico

1.1 Primeiras Palavras

O termo “logística” possui origem associada à esfera militar referente ao planejamento das operações para o fornecimento de materiais para a manutenção de tropas em guerra.

Muitos dos conceitos logísticos utilizados atualmente surgiram a partir da Segunda Guerra Mundial (BALLOU, 1993) quando alimentação, material bélico, combustível, vestimenta, equipamentos médicos e outros itens deveriam ser sistematicamente fornecidos, sob risco de comprometer a linha de batalha, em caso de falhas. De fato, a ocasião impulsionou o desenvolvimento de técnicas e o estabelecimento de critérios para definir quais itens deveriam ser fornecidos, em que quantidade e com que frequência para que a máquina de guerra pudesse ser mantida, ao menor custo possível.

A partir da experiência observada na Segunda Guerra, as organizações perceberam que a movimentação e a armazenagem de materiais tinham importância estratégica e poderiam apresentar um diferencial competitivo na manutenção de suas operações e na conquista de novos mercados. Assim, as operações logísticas militares serviram de modelo para a aplicação dos conceitos de logística ao setor produtivo.

Toda organização possui como atividade fim a produção de bens (por exemplo, a produção de um automóvel, um móvel ou uma peça de roupa) e/ou a prestação de serviços (por exemplo, um corte de cabelo, uma consulta médica ou o transporte de uma encomenda) e a logística se faz necessária para o atendimento dos clientes, por meio da gestão de operações.

1.2 Problematizando o tema

A produção de bens e a prestação de serviços podem apresentar grande defasagem de tempo e de local em relação aos seus clientes, no sentido de que nem sempre o que os consumidores desejam é efetivamente produzido no momento e no mesmo local em que estes se encontram (MORABITO & IANNONI, 2007). A logística visa coordenar essas defasagens e, por meio das operações de movimentação e armazenagem, disponibilizar aos clientes os produtos e serviços desejados, com qualidade adequada e custo mais baixo possível.

A logística empresarial trata de todas atividades de movimentação e armazenagem que facilitam o fluxo de produtos desde o ponto de aquisição da matéria-prima até o ponto de consumo final, assim como dos fluxos de informação que colocam os produtos em movimento, com o propósito de providenciar níveis de serviço adequados aos clientes a um custo razoável. (BALLOU, 1993, p.24)

A definição de logística diferencia os fluxos de dois elementos distintos e complementares: informações e produtos. Em um relacionamento estabelecido entre dois agentes: cliente e fornecedor, o fluxo de informações trata do encaminhamento das necessidades dos clientes para o fornecedor enquanto o fluxo de produtos ocorre no sentido contrário, pela movimentação de produtos ou pela prestação de um serviço, em resposta à solicitação do cliente (Figura1).

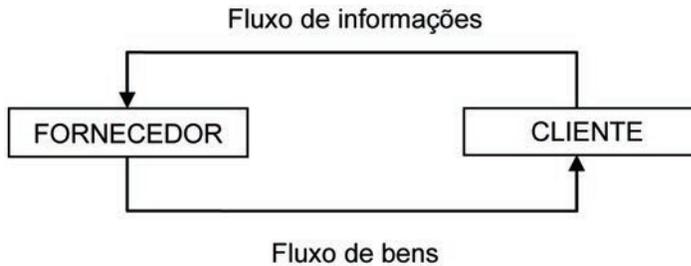


Figura 1 Dinâmica de fluxos de informação e de bens (produtos e serviços) entre cliente e fornecedor.

Um exemplo típico de como ocorre a dinâmica dos fluxos pode ser dado pelo processo de aquisição de um veículo. Mediante a especificação das características do automóvel quanto à marca, modelo, ano, cor, combustível, etc., o cliente transmite a informação ao estabelecimento fornecedor, que pode ser uma concessionária, que por sua vez encontrará meios para fazer a entrega do pedido solicitado.

Obviamente, fora o produto em si, o cliente irá estabelecer outras condições de compra como prazo de entrega, preço, garantia, etc. que também são negociadas com o fornecedor, que, por sua vez, negociará com seus próprios fornecedores para atender o cliente final. Esta sequência de relacionamentos entre empresas forma uma rede com várias relações cliente-fornecedor, que será explorada adiante ao discutir o tema “cadeias de suprimentos”.

É importante ressaltar que, embora a logística seja focada em operações, diversos fatores a condicionam caracterizando um sistema logístico. Na definição de Taylor (1970, apud FREITAS FILHO, 2001, p.6) temos que um sistema corresponde a “um conjunto de objetos, como pessoas ou máquinas, por exemplo, que atuam e interagem com a intenção de alcançar um objetivo ou propósito lógico”. Nesse sentido, as operações logísticas sofrem a interferência de vários elementos, dentre os quais:

- Recursos humanos (motoristas, operadores);
- Infraestrutura (veículos, estradas, estoques);
- Legislação (trabalhistas, de transporte, tributação);
- Questões ambientais (emissões, clima).

Sistemas logísticos que fazem parte de nosso cotidiano e que correspondem a verdadeiros desafios em termos de programação podem ser exemplificados:

- Entrega de correspondências;
- Transporte público;
- Entregas em domicílio (por exemplo, disque-pizza, remédios);
- Coleta de lixo urbano;
- Atendimento de ambulâncias, bombeiros e policiamento.

Em todos esses sistemas, é necessário estabelecer um planejamento prévio visando o bom atendimento do cliente. O atendimento das necessidades dos clientes pelo sistema logístico é mensurado por meio de indicadores que identificam o chamado nível de serviço, que será detalhado posteriormente.

1.3 Atividades da logística

Segundo a definição de logística empresarial apresentada por Ballou (1993), três atividades são identificadas como “Atividades Primárias”: Transportes, Manutenção de estoques e Processamento de pedidos.

Os *transportes* referem-se aos métodos para movimentar produtos, sendo responsável por um a dois terços do custo logístico total. O transporte adiciona valor de lugar aos bens e serviços e as decisões tomadas são relativas a:

- Seleção do modal e serviço de transporte;
- Determinação de roteiros;
- Programação de uso da capacidade dos veículos e de consolidação de cargas.

A *manutenção de estoques* adiciona valor de tempo aos bens e serviços. O estoque atua como amortecedor entre oferta e demanda para se atingir um nível adequado de disponibilidade dos produtos. O desafio da manutenção de

estoques é mantê-los num nível baixo, porém, suficiente para proporcionar a disponibilidade desejada pelos clientes e envolve decisões relativas a:

- Políticas de estocagem de matéria prima e produtos acabados;
- Variedade de produtos nos pontos de estocagem;
- Quantidade, tamanho e localização dos pontos de estocagem.

O *processamento de pedidos* corresponde à atividade que inicializa a movimentação de produtos e a entrega de serviços ao cliente. Elemento crítico em termos do tempo necessário para levar bens e serviços aos clientes que envolve decisões relativas a:

- Interface entre os pedidos de compra e os estoques;
- Métodos de transmissão de informação sobre pedidos;
- Regras sobre pedidos.

As três atividades primárias apresentadas formam o chamado “ciclo crítico” ou “circuito crítico” de atividades logísticas (Figura 2). No ciclo crítico, os clientes fazem o pedido por algum meio de comunicação a um fornecedor, que retira o pedido solicitado de seu estoque e o encaminha ao cliente por meio de um sistema de transporte adequado.

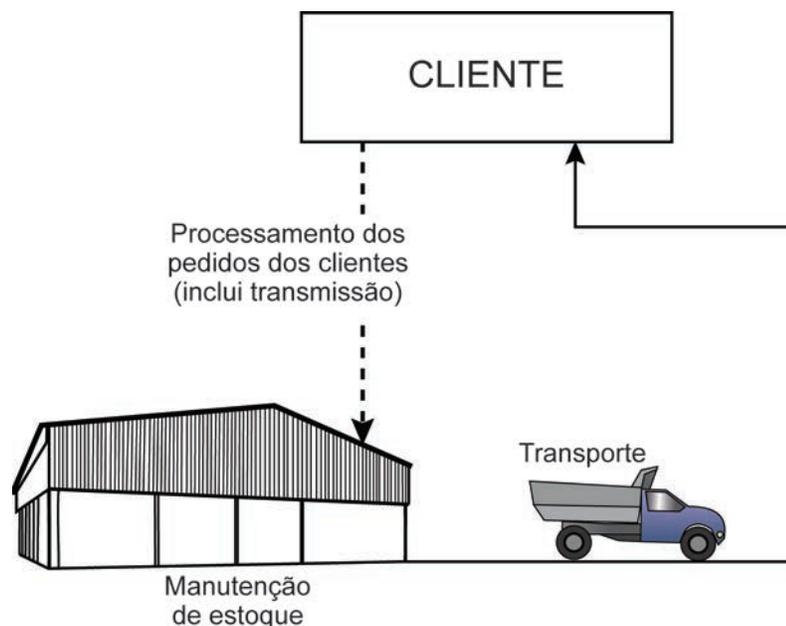


Figura 2 Relação entre as três atividades logísticas primárias para atender clientes – o “ciclo crítico”.

Fonte: adaptada de Ballou (1993)

Além das três atividades primárias, Ballou (1993) também apresenta outras seis atividades importantes da logística, que visam dar suporte às atividades primárias, sendo chamadas de “Atividades de Apoio”: Armazenagem, Manuseio de materiais, Embalagem de proteção, Obtenção, Programação do produto e Manutenção de informação.

A *armazenagem* refere-se ao gerenciamento do espaço requerido para manter os estoques, com decisões nas áreas de:

- Dimensionamento de áreas e infraestrutura para armazenagem;
- Layout do estoque e posicionamento de docas/baias de recepção e despacho;
- Localização de itens dentro do estoque.

O *manuseio de materiais* refere-se à movimentação do produto no local de estocagem. Isso inclui a alocação de itens do ponto de recebimento no armazém até o local de armazenagem e, posteriormente, deste local até o ponto de despacho, com decisões relativas a:

- Seleção de equipamentos para a movimentação;
- Procedimentos (regras; sequência) para separação de pedidos;
- Operações de alocação e recuperação de materiais.

A *embalagem de proteção* garante a movimentação dos produtos sem danos. As dimensões adequadas da embalagem encorajam o manuseio e a armazenagem eficientes. Decisões envolvidas:

- Manuseio;
- Estocagem;
- Proteção contra perdas e danos.

A *obtenção* insere (disponibiliza) os produtos para as operações logísticas (fluxo de entrada), com decisões referentes a:

- Seleção das fontes de suprimento (De quem comprar?);
- O momento da compra (Quando comprar?);
- Quantidade de compra (Quanto comprar?).

As decisões de compra têm dimensões geográficas e temporais que afetam os custos logísticos.

A *programação do produto* executa a distribuição dos produtos (fluxo de saída) e as quantidades agregadas de itens que devem ser produzidos. São decisões quanto a:

- Especificação de quantidades agregadas;
- Sequência e prazo do volume da produção;
- Programação de suprimentos para produção e operações.

A *manutenção de informação* gerencia dados de custo e desempenho, essenciais para o correto planejamento e controle logístico, com atividades relativas a:

- Coleta, armazenamento e manipulação de informações;
- Análise de dados;
- Procedimentos de controle.

1.4 Interface da logística com outras funções

Morabito & Iannoni (2007) e Ballou (1993) apresentam a interface da logística empresarial a partir das funções de marketing e produção das organizações. Em um modelo de empresa tradicional, as duas funções possuem áreas de atuação diferenciadas, tendo às vezes objetivos conflitantes.

Marketing	Possui a responsabilidade de gerar lucros para a empresa por meios promocionais, ofertas de produto e pesquisas de mercado.
Produção	Preocupa-se com a maneira de gerar bens e/ou serviços, mediante controle adequado de qualidade e com a minimização dos custos de produção.

Em uma situação ideal, marketing e produção deveriam ser funções balanceadas em relação à quantidade de produtos que transacionam, ou seja, a produção deveria se ocupar de produzir apenas o que marketing vendeu ou vice-versa: marketing deveria vender apenas o que foi produzido. No entanto, em

virtude de oscilações de mercado, do tempo decorrido entre a colocação do pedido e a sua entrega (*lead time*), da necessidade de disponibilizar imediatamente os produtos ao cliente no momento desejado e de outros fatores, há o desbalanceamento entre as duas funções, gerando conflitos.

O estabelecimento de uma área intermediária, que pudesse atenuar os conflitos entre produção e marketing, surgiu como um novo campo de atuação que poderia ser ocupado pela logística, cobrindo necessidades das duas funções.

A logística possui interface com as funções de marketing e produção, pois as atividades primárias de transporte, manutenção de estoques e processamento de pedidos exercem influência sobre ambas. Ballou (1993) propõe o rearranjo de algumas atividades consideradas de responsabilidade única da produção ou do marketing, resumidas na Figura 3.

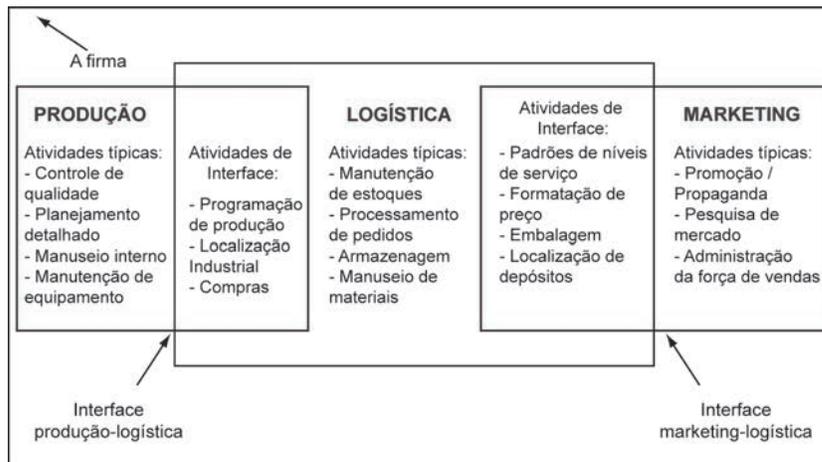


Figura 3 Visão geral das atividades logísticas dentro das atividades tradicionais da firma.

Fonte: adaptada de Ballou (1993).

Na interface entre produção e logística...

- Algumas atividades podem ser compartilhadas como a determinação da localização da indústria. Essa decisão afeta a aquisição de matéria-prima, que pode colocar a produção em risco de desabastecimento ao mesmo tempo em que gera impacto no custo de transporte.
- No mesmo sentido, a programação da produção pode estipular um cronograma de aquisição de matérias-primas para a linha com impacto na capacidade de armazenamento da empresa, que é uma função típica da logística.

Na interface entre produção e marketing...

- A formação de preços possui interface entre produção e marketing, pois o preço final dos produtos acabados é determinado pelas condições em que são realizadas as operações logísticas de armazenagem e transporte.
- Da mesma maneira, o formato com que os produtos acabados são embalados e destinados aos consumidores finais condicionam a forma com que esses produtos são movimentados e transportados.
- Equipamentos diferentes são requisitados em função do tamanho da carga e do lote de expedição.

1.5 Níveis de decisão logística

Diversas fontes bibliográficas classificam as decisões logísticas em três níveis hierárquicos que se diferenciam em função do prazo para sua execução e na frequência com que essas decisões são tomadas, segundo a definição apresentada por Morabito & Iannoni (2007). São os níveis de decisão logística: o estratégico, o tático e o operacional.

No nível estratégico, as decisões se referem às medidas de planejamento de longo prazo que perdurarão por anos e que irão constituir as políticas principais de logística da empresa. Questões estratégicas referem-se à localização da empresa, ao estabelecimento da rede de abastecimento e distribuição de seus produtos, às políticas de estoque e aos modais de transporte, dentre outras de grande importância para a empresa. São geralmente decisões menos frequentes, tomadas pela alta direção da empresa e que envolvem grande desembolso de capital.

No nível tático, as decisões são tomadas para um horizonte menor, de alguns meses a um ano, e visam a melhor utilização dos recursos e instalações que foram definidos no nível de decisão estratégico. O horizonte de planejamento é de médio prazo. Decisões típicas nesse nível visam definir a região de cobertura dos armazéns, as políticas de controle de frota, o projeto do layout interno das instalações, a definição de softwares de controle de armazéns (WMS), dentre outras decisões. Estas definições também são importantes para a operação da empresa, pois envolvem quantias menores que as decisões estratégicas e são tomadas pelo nível gerencial das empresas.

No nível operacional estão as decisões diárias, de rotina, com planejamento de curto prazo que pode ser de poucas horas ou de no máximo semanas.

Esse tipo de decisão logística estipula algumas decisões como a definição de que tipo de caminhão deve fazer uma determinada entrega, qual o percurso que um caminhão deverá percorrer, que produtos devem ser retirados para atender a um pedido, onde os caminhões serão carregados e outras decisões que são tomadas por supervisores, encarregados ou líderes de área.

1.6 Tendências em logística

Dois fatores recentes foram destacados para discussão sobre tendências, por terem alterado a forma de atuação dos canais tradicionais de vendas, trazendo impactos no campo da logística empresarial. Os dois fatores derivaram do desenvolvimento de novas tecnologias e do maior acesso da população a estas: o desenvolvimento do *e-commerce* e a *mudança do perfil do cliente*.

E-commerce

A relação entre cliente e fornecedor foi bruscamente modificada pela consolidação do *e-commerce*, o que alterou a forma das vendas a serem efetuadas. Diversas redes varejistas tradicionais abriram canais de vendas via *web*, encontrando novas oportunidades para inserção de seus produtos no mercado, com preços menores que os praticados na rede varejista tradicional. Apesar dos investimentos em sistemas de informação robustos, a redução dos custos proporcionada pelo comércio eletrônico ocorre em função da não existência da infraestrutura das lojas e da menor necessidade de mão de obra para vendas.

Os procedimentos de vendas são bastante alterados quando se usa o *e-commerce*:

- Nas vendas presenciais, há um alto grau de contato entre cliente e fornecedor, com proximidade entre clientes e produtos, e que permite a retirada do produto imediatamente após a compra. Além disso, o cliente pode de imediato conferir *in situ* a adequação do produto adquirido em relação às suas necessidades;
- Já no *e-commerce*, o contato entre cliente e fornecedor é muito baixo, com os clientes distanciados dos produtos. Uma vez que há um lapso entre a aquisição e o recebimento do item adquirido, há maior incerteza quanto a real satisfação dos anseios do cliente.

As operações logísticas mudam substancialmente comparando-se os dois canais de venda. O cliente que compra via *e-commerce* aceita a defasagem

de tempo entre a aquisição e a posse, mas idealmente esse tempo deve ser o menor possível. Uma empresa que consiga oferecer um serviço com menor tempo possui uma diferenciação importante. Desde que não haja diferenciação de produtos, a eficiência com que as operações logísticas de movimentação e armazenagem são conduzidas passa a fazer parte da estratégia de atendimento do cliente. Assim, a competição no *e-commerce* passou a ser disputada pela excelência no atendimento aos requisitos dos clientes quanto à rapidez, qualidade e confiabilidade, que podem alavancar o diferencial de custos.

À medida que o progresso tecnológico traga ampliação do acesso à informática, a tendência é que algumas operações migrem totalmente para a web. Essas operações situam-se tanto na área de produção de bens como no de prestação de serviços. Além do comércio eletrônico propriamente dito, alguns exemplos na área de serviços, que já fazem parte de nosso cotidiano, são as operações de home banking e chamadas telefônicas (tecnologia VOIP). Até mesmo o poder público passou a utilizar a internet como ferramenta para alguns serviços como a declaração de imposto de renda, emissão de certidões negativas, boletins de ocorrência policial, e acompanhamento de processos judiciais, dentre outras funcionalidades.

O estabelecimento do *e-commerce* também estimulou a abertura de novos serviços por empresas novas. Serviços de entrega (*delivery*) de pedidos feitos via web surgiram como oportunidade para diversas empresas em virtude do barateamento da tecnologia de comunicação e da ampliação do acesso a uma maior parcela da população.

Mudança do perfil dos clientes

Outro fator que vem alterando a relação cliente-fornecedor é a mudança do perfil dos clientes, que se tornaram mais exigentes quanto aos produtos e serviços que consomem. O desenvolvimento de novas tecnologias de produção vem acelerando o ciclo de vida dos produtos, tornando-os obsoletos em um prazo cada vez menor. Este fato também encontrou apoio na função de marketing, que visa a promoção constante das vendas por meio da influência no desejo e na satisfação dos clientes.

Tomemos como exemplo os aparelhos de telefonia celular. Os primeiros aparelhos possuíam apenas funções básicas de telefonia móvel e apresentavam dimensões e peso maiores que os aparelhos utilizados hoje em dia. Os modelos atuais possuem funções que excedem sua utilidade original e incorporaram recursos como câmara fotográfica, rádio, agenda, jogos e acesso a internet, dentre outros. Por influência do marketing, a cada inovação agregada ao

produto, os clientes que possuem aparelhos antigos são estimulados a substituí-los, gerando novas vendas para os fabricantes em intervalos menores.

Essa aceleração do ciclo de vida dos produtos faz com a frequência de lançamentos de novos modelos seja cada vez maior e, assim, mais dinâmicas são as operações de armazenamento e transporte, funções típicas da logística.

Uma vez que as indústrias se expandiram e disponibilizaram produtos e serviços diferenciados ao mercado, os clientes desenvolveram outros critérios para a escolha no momento de aquisição, fora o custo e a qualidade do produto/serviço em si. Temas como o cumprimento de prazos de entrega, assistência técnica, adequação às normas ambientais, garantia, sustentabilidade e outros tópicos também constituem critérios de diferenciação que podem levar o cliente a selecionar um fornecedor em detrimento de outro.

Para dar suporte às operações logísticas e permitir que estas atendam os níveis cada vez mais altos de exigência dos clientes, as tecnologias de comunicação e informação (TICs) tiveram o uso disseminado nas operações logísticas com a função de controle. A ampliação do uso de tecnologias de informação como EDI – *Electronic Data Interchange* (intercâmbio eletrônico de dados), GIS – *Geographic Information System* (Sistema de informação geográfica), GPS – *Geographic Positioning Systems* (Sistemas de posicionamento global) e computadores de bordo têm sido importantes recursos para negócios de coletas e entregas rápidas (MORABITO & IANNONI, 2007).

O desenvolvimento de softwares com aplicativos dedicados à gestão de estoques (sistemas WMS) e gestão de frotas e o desenvolvimento de tecnologias como identificação por radio-frequência (RFId) surgiram com alta perspectiva de inserção no gerenciamento das operações logísticas.

O conceito original da logística era focado prioritariamente em cima das operações de movimentação e armazenagem. No entanto, há uma tendência de ampliação desse entendimento, incorporando-se várias atividades. A partir de uma empresa focal, a logística empresarial pode ser compreendida como a integração de duas grandes áreas: o abastecimento físico (ou suprimento físico ou administração de materiais) e a distribuição física (BALLOU, 1993), que podem ser ilustrados pela Figura 4.

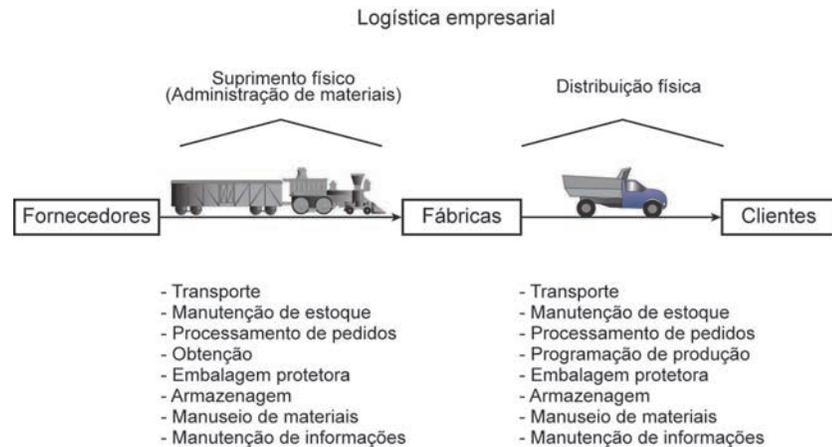


Figura 4 Escopo da logística empresarial.

Fonte: adaptada de Ballou (1993).

- A *distribuição física* lida com a movimentação, a armazenagem e o processamento de pedidos dos produtos acabados da empresa para seus clientes;
- A *administração de materiais* lida com o fluxo de produtos para a empresa focal, a partir de seus fornecedores.

Nota-se que as duas áreas lidam com objetos distintos: do lado da distribuição física, os itens movimentados são produtos acabados enquanto que do lado da administração de materiais são os insumos e matérias-primas.

Outra prática tem se consolidado como tendência, a partir da especialização de algumas empresas na realização das operações logísticas. Os operadores logísticos surgiram como opção para a prestação de serviços logísticos, sendo contratados por empresas exclusivamente para a realização das operações de armazenagem e de transportes com melhor estrutura do que se as empresas fossem, individualmente, realizar essas operações. Atuando principalmente no comércio internacional, os operadores logísticos dispõem de frota própria (com modais de transporte variados) e centros de distribuição que permitem a prestação de serviços com preço diferenciado. No comércio internacional os operadores logísticos também realizam o serviço de despacho aduaneiro.

1.7 Considerações finais

A logística foi consolidada como área de conhecimento após a Segunda Guerra Mundial servindo como referência às organizações para alcançar ganhos competitivos nas suas três atividades primárias: Transportes, Manutenção

de estoques e Processamento de pedidos. As três atividades contam com o suporte de seis atividades de apoio: Armazenagem, Manuseio de materiais, Embalagem de proteção, Obtenção, Programação do produto e Manutenção de informação.

A logística ocupa uma posição intermediária nas organizações, mantendo interface com as funções de produção e marketing. Algumas atividades passaram a ser compartilhadas como a programação da produção e compras (logística/produção) e posicionamento de estoque e vendas (logística/marketing). Em particular, a atividade de manutenção de estoques atua como um amortecedor entre produção e marketing, agregando valor de tempo e de lugar aos produtos.

A logística possui importância crescente, pois pode proporcionar às empresas economias de escala e diferenciação competitiva no mercado. A eficiência de realização das operações logísticas tende a ser cada vez mais importante à medida que o comércio eletrônico e o perfil mais exigente dos clientes para produtos e serviços, obrigam um desempenho cada vez melhor destas operações, relativamente à disponibilidade de produtos, prazos, qualidade, flexibilidade e, sobretudo, custos.

1.8 Estudos complementares

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J.; COOPER, M. *Gestão logística de cadeias de suprimentos*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2007. 528 p.

BALLOU, R. H. *Gerenciamento da cadeia de suprimentos/Logística Empresarial*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 616 p.

Websites:

About.com: Logistics/Supply chain: <http://logistics.about.com/>

ILOS - Instituto de Logística e Supply chain: <http://www.ilos.com.br/>.

IMAM - Inovação e Melhoramento na Administração Moderna: <http://www.imam.com.br/>.

UNIDADE 2

Relação entre logística e agroindústria

2.1 Primeiras palavras

O conteúdo visto na primeira unidade foi útil para compreender o contexto no qual a logística teve origem, seu significado, suas principais atividades e como esta área de conhecimento ganhou importância em virtude da evolução das tecnologias de comunicação e do aumento das exigências dos clientes.

Foi visto que a logística está presente no setor produtivo tanto nas atividades de produção de bens como de prestação de serviços, independente do ramo de atividade no qual as organizações operam. Geralmente, os conceitos de logística são associados à atividade de manufatura, e a determinados setores como o automotivo e algumas operações de serviços. Porém, é importante que se reconheça que as atividades efetuadas pelas agroindústrias também constituem sistemas logísticos complexos que podem proporcionar boas oportunidades de economia e diferenciais de competitividade, caso o planejamento e a execução das operações logísticas sejam bem conduzidos.

Nesta unidade, será dado enfoque às operações logísticas aplicadas ao setor agroindustrial. Como qualquer sistema de produção, a agroindústria depende de operações de movimentação e armazenagem, tipicamente pertencentes ao escopo da logística, para colocar bens (produtos e/ou serviços) em contato com os consumidores.

2.2 Problematicando o tema

O conceito de *agribusiness* foi enunciado pela primeira vez em 1957 por pesquisadores da Universidade de Harvard como sendo:

A soma das operações de produção e distribuição de suprimentos agrícolas, das operações de produção nas unidades agrícolas, do armazenamento, processamento e distribuição dos produtos agrícolas e itens produzidos a partir deles (BATALHA & SILVA, 2007, p. 5).

Os autores compararam essa definição com os conceitos dados pela escola francesa de economia industrial para as chamadas *filières* ou cadeias de produção agroindustriais, sistematizadas por Morvan (2007, apud BATALHA & SILVA 1988) em três elementos, que foram aqui resumidos em:

1. Uma sucessão de operações, que podem ser dissociadas, conectadas por meio de requisitos técnicos;
2. Um conjunto de relações comerciais e financeiras, que estabelecem trocas entre fornecedores e clientes;

3. Um conjunto de ações econômicas, que valoram os meios de produção e garantem a efetivação das operações.

Os autores citados segmentam as cadeias de produção agroindustriais (CPA) em três macrosssegmentos, listados abaixo com suas respectivas áreas de atuação:

- **Produção de matérias-primas:** Fornece as matérias- primas para o processo de produção do produto final;
- **Industrialização:** Transforma as matérias-primas em produtos finais;
- **Comercialização:** Viabiliza o consumo e o comércio dos produtos finais.

As definições apresentadas reforçam a ideia de que o setor agroindustrial não se restringe apenas à produção de matérias-primas, mas deve ser considerado do ponto de vista sistêmico, abrangendo todos os processos desde a produção das matérias-primas (e seus insumos) até a disponibilização ao consumidor final.

Nesse trajeto, as operações logísticas atuam para coordenar o fluxo de materiais e informações para que as transações entre os diversos agentes ocorram da melhor maneira possível, ou seja, que as demandas dos clientes finais possam ser satisfeitas em relação a:

- Tempo (quando);
- Localização (onde);
- Quantidade (quanto);
- Qualidade (em que estado).

Devido à natureza dos materiais que são transacionados, a agroindústria possui características que a diferenciam em relação a outros sistemas, tornando-a mais complexa do ponto de vista logístico. Dois fatores, dentre outros que serão vistos em detalhe, são destacados para caracterizar essa complexidade: a sazonalidade e a perecibilidade da produção.

A sazonalidade refere-se ao ciclo vegetativo dos produtos agrícolas, que em função do clima e das estações, determina épocas adequadas de plantio, maturação e colheita das culturas;

A perecibilidade refere-se à vida útil do produto, enquanto este ainda preserva suas características originais. A durabilidade dos produtos é temporária,

muito embora alguns produtos possam ser processados com o intuito de estender sua vida útil.

A gestão adequada de estoques é um meio de lidar com os dois fatores. A sazonalidade pode ser contornada por uma política de armazenagem que regule a oferta e a demanda de produtos ao longo do ano. Complementarmente, operações de processamento e armazenamento podem ser utilizadas para estender a vida útil dos produtos perecíveis. Estas características já revelam a importância da logística para a boa gestão da agroindústria.

2.3 Características do setor agroindustrial

Batalha & Silva (2007) apresentam cinco particularidades do setor agroindustrial que o particularizam em relação a outros setores produtivos.

Para os cinco pontos listados pelos autores, foram apresentados exemplos e inseridos comentários sobre o planejamento e controle da produção e a logística aplicada à agroindústria.

Sazonalidade de disponibilidade de matéria-prima

As matérias-primas agroindustriais possuem oferta regulada por safras, derivadas do ciclo vegetativo de cada produto. Dessa forma, a colheita é concentrada em determinada época do ano, quando os produtores devem dispor de estrutura para que os produtos possam ser colhidos e armazenados, aproveitando melhores oportunidades de mercado (interface logística-marketing).

O respeito aos períodos ideais para a realização das operações agrícolas, não só de colheita, mas também de plantio e aplicação de insumos, proporciona incrementos de produtividade e qualidade aos produtos finais que podem ser traduzidos em maior rentabilidade.

No setor sucroalcooleiro, a safra é realizada no período de maio a novembro nos estados das regiões Sudeste, Sul e Centro Oeste. Já nos estados da região Nordeste a safra ocorre de setembro a fevereiro. Essas épocas são determinadas em função da concentração de sacarose e na menor incidência de chuvas o que facilita o processo de colheita que é bastante exigente quanto ao planejamento das operações logísticas.

Variações da qualidade da matéria-prima

A qualidade da matéria-prima varia em função das condições climáticas nos locais de cultivo e do manejo utilizado nas lavouras, o que traz impacto para a qualidade final e padronização dos produtos.

Como exemplos dessa característica, hortaliças e frutas são sujeitas às variações bruscas de preço em função de períodos de chuva excessiva e/ou ocorrência de geada nas regiões produtoras. Anos excessivamente secos no período de colheita da cana-de-açúcar proporcionam maior concentração de açúcar nos colmos, resultando em maior teor de sacarose por área colhida.

Perecibilidade da matéria-prima

Os produtos agrícolas destinados às agroindústrias devem ser idealmente processados o mais rápido possível a partir de sua colheita, dado que são perecíveis e sua qualidade decai ao longo do tempo.

No entanto, a vida útil dos produtos pode ser ampliada por meio do beneficiamento e do uso de tecnologias como a cadeia do frio. Exemplificando, cereais como milho e soja são submetidos ao processo de secagem, que reduz o teor de umidade até um ponto que permita que esses produtos sejam armazenados por um longo período.

A cadeia do frio é utilizada intensamente para manter a qualidade de alguns produtos agropecuários como carnes e flores, para diminuir o metabolismo até o momento da venda ou consumo.

No setor sucroalcooleiro, ao se processar cana com queima prévia, o índice “horas de queima” é um indicativo da qualidade do material que será esmagado para a fabricação do açúcar e do álcool. Esse índice geralmente é usado para priorizar o transporte de estoques de canas já cortadas e que estão localizadas em diferentes fazendas.

Sazonalidade de consumo

Datas comemorativas e estações do ano podem causar variação na demanda de algumas agroindústrias. Nestes casos, há uma defasagem entre a demanda e a produção, que consegue ser superada apenas mediante estudos de previsão de demanda e pelo provisionamento de estoques.

O consumo de flores no dia das mães, pescados na época de Páscoa e bebidas no verão são exemplos de sazonalidade de consumo no setor agroindustrial. Nestas situações, a programação antecipada e as operações de armazenagem e transporte eficientes permitem que os mercados sejam atendidos.

Perecibilidade do produto final

A perecibilidade de alguns produtos finais determina que a velocidade com que estes sejam disponibilizados aos clientes seja fundamental para a manutenção de sua qualidade.

De modo análogo ao exposto no tópico de perecibilidade da matéria-prima, a tecnologia também pode contribuir para a superação deste fator e ampliar a vida útil dos produtos em estoque, como a atmosfera modificada e a atmosfera controlada.

A atmosfera modificada é utilizada para aumentar a vida útil de produtos como frutas, hortaliças e verduras. Essa tecnologia prevê a adição de gases ou recobrimento com cera ou filme plástico que retardam o metabolismo dos produtos. Já na atmosfera controlada, o ambiente onde o produto está é mantido sob condições ideais de temperatura, umidade e presença de determinados gases que estendem sua vida útil. Esse controle possui custo elevado e se faz presente ao longo de todo o processo de transporte e armazenagem.

A refrigeração também é amplamente utilizada para a manutenção do baixo metabolismo de produtos já processados tais como aves, vegetais pré-cozidos e pratos prontos.

2.4 Operações logísticas na produção, industrialização e comercialização de produtos agroindustriais

Para estruturar a discussão sobre as operações logísticas no setor agroindustrial, partiu-se dos três macrosssegmentos propostos por Batalha & Silva (2007), derivados da segmentação das cadeias de produção agroindustriais: produção de matéria-prima, industrialização e comercialização.

2.4.1 Produção de matérias-primas

Na produção de matérias-primas do setor agroindustrial, a logística está presente desde o processo de obtenção de insumos até a disponibilização da matéria-prima na instalação que executará o processamento. Os insumos e a matéria-prima obtida são o objeto das operações logísticas que demandam esforços de planejamento para a redução de desperdícios e economia de custo.

Os insumos correspondem a toda sorte de elementos que entram no processo produtivo para obter a matéria-prima:

- Na produção vegetal, são insumos as sementes, mudas, defensivos, corretivos, fertilizantes, dentre outros;

- Na produção animal, são insumos a ração, água, vacinas, vitaminas, dentre outros.

O transporte e a armazenagem dos insumos e das matérias-primas requerem um planejamento adequado, que se encontra na esfera logística da administração de materiais.

Na área de produção vegetal os insumos devem estar disponíveis no momento e na quantidade correta, pois as operações agrícolas possuem períodos ideais para realização, em virtude da temperatura, umidade do solo e do ciclo de produção do vegetal. O atraso na realização das operações (preparo do solo, plantio, aplicação de insumos, colheita, etc.) pode resultar em quebra da produtividade ou em extremo caso, perda da produção.

Em virtude de economia de escala no transporte, algumas agroindústrias adquirem insumos em grande quantidade e assim, dependendo do contrato de compra, estes materiais são entregues de uma única vez, o que torna necessário dispor de grandes instalações para armazenagem. Como alternativa, para não incorrer em altos custos de armazenagem, pode-se optar por entregas fracionadas, em lotes menores, o que, por sua vez, acarreta o aumento do custo de transporte. Esse mecanismo de compensação (*trade-off*) entre os custos de armazenagem e de transporte é uma das decisões mais importantes da logística.

É importante lembrar que a realização das operações agrícolas depende também de máquinas, veículos e implementos, cuja utilização também requer insumos como combustível, lubrificante, peças de reposição e outros elementos que também demandam planejamento para a aquisição e uso.

Adicionalmente, em determinadas agroindústrias, os recursos de mecanização e transporte são compartilhados por muitas funções. Por exemplo, um trator na faixa de potência de 100 hp pode ser requisitado para executar duas operações distintas em uma mesma época. Nesta situação, como priorizar o trabalho a ser feito? Pode-se postergar a realização de uma operação? Dessa maneira, a programação de tarefas para o uso de máquinas e veículos constitui uma importante área de interface entre produção e logística. Quanto maior é o empreendimento, maior deve ser o esforço de programação.

Essa situação se torna também mais importante à medida que máquinas, veículos e implementos de uso agrícola são recursos de produção de alto custo, e que, para serem viáveis economicamente, devem ser bem utilizados.

Ainda no tocante a equipamentos, destacando apenas na operação de transporte, é possível derivar diversas opções quanto ao modal utilizado para

movimentar matérias-primas: rodoviário, ferroviário, aquaviário, etc. Dentro do modal escolhido, surgem também opções de modelo de veículos, cada qual com sua respectiva capacidade e custo. A seleção e a determinação da quantidade de equipamentos também é campo de aplicação da logística.

2.4.2 Industrialização

A industrialização se inicia no instante em que as matérias-primas são recebidas para serem processadas. Neste ponto, há uma interface entre a produção e a industrialização, referente ao estoque de matéria prima.

Dependendo do tipo de matéria-prima e do processamento que será executado, pode-se tolerar maior ou menor tempo de armazenagem sem comprometer a qualidade do material. De qualquer maneira, a rapidez de processamento da matéria-prima é um objetivo de desempenho a ser alcançado para contornar a perecibilidade dos produtos agroindustriais. Cereais são geralmente mais tolerantes à espera por processamento que frutas e verduras, por exemplo.

As matérias-primas a serem processadas apresentam formatos variados, o que irá alterar a forma de recepção. O estado mais comum para recepção de matérias primas agrícolas é no formato de granel sólido, mas também podem ser recebidas em caixas e sacos. Ao longo do processamento, este formato é alterado, exigindo equipamentos de movimentação diferenciados, como apresentado nos exemplos a seguir:

- Uma planta esmagadora recebe soja em caminhões (a granel), que após o processamento se converte em granel líquido (óleo de soja) e granel sólido (torta de soja);
- Frutas são geralmente recebidas em caixas, e são inicialmente processadas convertendo-se em sucos, polpas ou pastas, formando granéis líquidos.

Além dos cuidados com a recepção e armazenagem de matérias-primas, é importante dispor de um sistema de movimentação interna eficiente, também visando reduzir os custos de movimentação:

- Instalações de beneficiamento de cereais dispõem de estruturas com moegas, máquinas de limpeza, secadores, silos e movimentadores (elevadores, esteiras, roscas sem fim, etc.) que agilizam a recepção das cargas e a movimentação entre os processos;

- Indústrias processadoras de aves são dotadas de transportadores contínuos que movimentam o produto entre os diversos setores que sequencialmente executam a limpeza, partição e embalagem das aves.

2.4.3 Comercialização

A comercialização preocupa-se com o contato e a distribuição dos produtos aos clientes finais. Os estoques de produtos acabados apresentam a interface entre a industrialização e a comercialização. Muitas plantas de processamento de produtos agroindustriais também possuem estrutura de armazenagem anexa para acondicionar os produtos finais. Para outros produtos, o sistema logístico inclui centros de distribuição e armazéns públicos e/ou privados. Do ponto de vista logístico, estas instalações geralmente são utilizadas para aguardar o melhor momento para a comercialização dos produtos.

Esta política é realizada pelo governo por meio de estoques regulatórios, visando controlar o abastecimento e os preços no mercado, amortecendo o mecanismo da oferta e da procura, reduzindo, assim, especulações.

Outra função dos centros de distribuição (CD) é a consolidação de cargas, ou seja, a formação de cargas de diferentes origens em um ponto (CD) para serem enviadas a um único destino ou a uma série de destinos.

Da mesma maneira que os processos de produção de matéria-prima, a operação de transporte também é muito importante na comercialização, por estar próxima ao cliente. A percepção do cliente quanto ao produto e ao serviço que está adquirindo é influenciada pela eficiência com que as operações de transporte e armazenagem dos produtos finais são efetuadas, até a disponibilização no varejo.

O planejamento da distribuição física também passa por questões como a escolha de modais e a quantificação de frota, de maneira similar ao abastecimento de matéria-prima nas agroindústrias. No entanto, por estar em contato com o cliente, a preocupação com a eficiência de realização das operações é maior.

Do lado da distribuição física, é importante destacar a utilização de recursos computacionais que podem auxiliar nas tomadas de decisão da área de logística. Técnicas de Pesquisa Operacional (PO) como programação linear, programação inteira, teoria de filas, grafos e simulação computacional podem ser utilizadas para encontrar soluções para problemas do dia a dia como a elaboração de roteiros para distribuição de mercadorias, quantificação de frotas e análise de políticas de expedição e armazenagem, dentre outras utilidades.

2.5 Operações logísticas no setor sucroalcooleiro

O setor sucroalcooleiro foi colocado em destaque, pois questões logísticas podem ser encontradas em diversos momentos do processo de produção do açúcar e do álcool.

Para fins didáticos, todo o processo foi dividido em seis grupos de operações: Preparo do solo, Plantio, Tratos culturais, Colheita, Industrialização e Comercialização.

Como todo sistema, esses grupos de operação estão sujeitos a fatores condicionantes como disponibilidade de máquinas, insumos, legislação trabalhista, matérias-primas, habilidade de operadores e questões ambientais, dentre outros. O planejamento destas operações constitui uma árdua tarefa da interface entre logística e as funções de marketing e produção.

Preparo do solo

Ao se preparar o solo para o plantio da cana-de-açúcar, há diversas sequências de operações que podem ser realizadas quanto à correção física e química do solo. Para a correção física, subsolagem, escarificação, gradagem, aração, etc. Para a química, aplicação de gesso, calcário, torta de filtro, vinhaça, etc..

- Em relação à correção física da estrutura do solo, há áreas que, devido à maior compactação, precisam de operações que revolvam o solo à maior profundidade, como a subsolagem. Nesse caso, há variação da potência dos tratores, aos quais podem ser acoplados implementos de maior ou menor largura de trabalho, que possam operar com maior ou menor profundidade;
- Em relação à correção química, também há opções de implementos diversos que também requerem tratores de potências variadas, adequadas ao implemento aplicador do insumo.

Como exemplo, há diversas opções de grade aradora, com 3m, 5m, 7m, que requerem tratores de potências diferentes. Tratores de maior potência são capazes de tracionar implementos de preparo de solo mais largos e que operam em maior profundidade. Porém, o custo de aquisição desses tratores é mais alto.

Uma usina possui grande quantidade de máquinas agrícolas e implementos que podem ser alocados para realização de operações em locais diferentes e com implementos diferentes.

Dessa maneira, além do cálculo de quantos tratores são necessários, a designação de quais tarefas devem ser executadas por cada conjunto trator-implemento (e em que local) constitui uma atividade logística complexa.

Deve-se lembrar que a movimentação excessiva de máquinas entre fazendas deve ser minimizada, devido tanto ao tempo perdido de deslocamento como também ao gasto com combustível.

Plantio

O plantio da cana é idealmente realizado em épocas intermediárias relativamente à incidência de chuvas, ou seja, nos meses de fevereiro-março (cana de ano e meio) e setembro-outubro (cana de ano), fora dos períodos de seca extrema ou de chuvas intensas. O plantio pode ser executado de modo manual ou mecanizado:

- No *plantio manual*, após o preparo de solo, sulcos são abertos por tratores acoplados com implementos sulcadores. Geralmente nesta operação ocorre também a adubação do solo. Na sequência, as mudas de cana (colmos) são plantadas manualmente por uma equipe de trabalhadores, sendo em seguida cortadas em pedaços. Após o plantio, o sulco com a cana é coberto na operação de cobrição, quando um trator rebocando um implemento cobridor finaliza o processo. Ao fazer a cobrição, geralmente, aplica-se também inseticida.

Novamente, do ponto de vista logístico, temos a adequação trator-implemento, pois, dependendo da potência do trator, pode-se utilizar sulcadores e cobridores de 2 ou 3 linhas, por exemplo;

- No *plantio mecanizado*, a plantadora, rebocada por um trator, executa de uma única vez as operações de sulcação, plantio, adubação e aplicação de inseticida.

As mudas de cana do plantio mecanizado são colmos de cana processados previamente por uma colhedora. Logisticamente, esse é um sistema muito interessante, pois preferencialmente a cana programada para ser utilizada como muda, deve estar próxima às áreas em que serão plantadas. Assim, além do processo de plantio, com as suas necessidades próprias de equipamentos, há a operação de colheita de mudas, que irá requerer estrutura própria de colhedoras, tratores e caminhões.

Tratos culturais

Os tratos culturais correspondem a um conjunto de operações agrícolas complementares que visam o bom desenvolvimento da cana-de-açúcar. Inserem-se nessa classe as operações de aplicação de herbicida, adubação, cultivo (escarificação, revolvimento de solo e adubação) e enleiramento de palha.

Essas operações também utilizam tratores e implementos e requerem a movimentação adequada de insumos, apresentando os mesmos desafios das operações agrícolas de plantio e preparo de solo.

Colheita

Conforme discutido anteriormente, a colheita da cana ocorre em períodos concentrados, seguindo um cronograma para atender à alimentação da usina que, idealmente, deve ser ininterrupta.

A cana que abastece a usina vem de diferentes origens, processadas por equipes denominadas “frentes de corte”. O modal de transporte predominante é o rodoviário, sendo possível utilizar diferentes configurações, dentre as quais Truck, Romeu e Julieta, Treminhões e Rodotrens, cada qual com sua potência e capacidade de transporte.

Na lavoura, a cana é processada em um dos dois sistemas de colheita: semi-mecanizado ou mecanizado.

- No sistema semi-mecanizado, após o corte manual e a arrumação das canas, uma carregadora coleta a cana em feixes e os deposita na carroceria dos caminhões ou em um reboque puxado por um trator. Carregadas, estas unidades são acopladas, formando a composição de transporte que leva a cana para a usina;
- No sistema mecanizado, uma colhedora processa as linhas de cana e faz a picação, a limpeza e o transporte do material colhido para um transbordo, que é um implemento rebocado por um trator. Ao completar a capacidade do transbordo, o conjunto trator-transbordo sai da área de colheita e transfere o material para a carroceria de caminhões, que aguardam fora da área de colheita. Após as carrocerias estarem preenchidas, os caminhões retornam à usina.

Todos os equipamentos utilizados nos sistemas de colheita são de alto custo e exigem critérios para manutenção e reposição de peças. Estas operações são mantidas diuturnamente ao longo de toda a safra e requerem planejamento minucioso, pois podem causar desabastecimento à usina em caso

de falha. Além do dimensionamento dessa estrutura de máquinas, veículos e implementos, fatores condicionantes a essas operações são procedimentos administrativos de troca de turnos, paradas para refeições, regras de manutenção preventiva.

Outras opções logísticas são amplamente utilizadas para acelerar as operações na lavoura e na usina e minimizar o risco de desabastecimento, como a manutenção de estoques de cana na usina (pátio de cana ou estoque em caminhões – estoque “sobre rodas”) e a troca rápida de carretas, conhecida como sistema “bate e volta”.

Industrialização

Após a entrega da cana na usina, a matéria-prima passa por uma série de processos de movimentação interna. A cana é moída em vários conjuntos de ternos de moagem e o caldo segue para a fábrica de açúcar e para a destilaria, para a fabricação do álcool. O bagaço que resulta do processo de moagem é enviado para as caldeiras para a geração de energia para o próprio processo, sendo este um dos motivos para a necessidade de manutenção da moagem ininterrupta.

Do ponto de vista logístico, as operações internas de industrialização devem buscar a melhor utilização dos equipamentos, que também possuem alto custo. Dos processos internos para a fabricação do álcool, um dos pontos que requer maior atenção é a programação de uso das dornas para a fabricação do álcool.

Alguns dos produtos derivados do processo de fabricação do açúcar e do álcool são a torta de filtro e a vinhaça, que podem retornar ao ciclo produtivo como fertilizante, dentro de certos limites. A aplicação de vinhaça exige, especificamente, uma estrutura própria para sua destinação, podendo ser utilizados caminhões e aspersão (fertirrigação), como métodos de aplicação, constituindo, também, sistemas logísticos interessantes.

Comercialização

O açúcar e o álcool fabricados são encaminhados ao mercado ou permanecem em estoque nas usinas; em tanques no caso do álcool (granel líquido) e em armazéns que estocam açúcar a granel (granel sólido), sacas ou *big bags*. O intuito da armazenagem é o aproveitamento de melhores oportunidades de preço para comercialização, principalmente na entressafra.

A destinação dos produtos pode ser a exportação ou o consumo interno, e os clientes podem ser outras indústrias, como por exemplo, de refrigerantes ou o varejo diretamente. O modal usualmente utilizado para o transporte de açúcar e álcool é o rodoviário, mas recentemente algumas iniciativas têm buscado outros meios como o transporte por ferrovias, dutos e barcaças.

2.6 Tendências logísticas no agronegócio

É possível perceber algumas tendências em logística, direcionadas pelo agronegócio. Uma delas é a *mecanização intensiva* das operações agrícolas. A mecanização fornece oportunidade de redução do custo das operações agrícolas e conseqüentemente na ampliação do lucro, principalmente se a operação ocorre em grande escala (equipamentos de grande porte em áreas extensas), diluindo os custos fixos das máquinas, veículos e instalações utilizados. Os produtos agropecuários, em sua maioria, constituem-se por *commodities* que, uma vez atendidas às suas especificações, a diferenciação no mercado ocorre exclusivamente por meio de preço.

Em virtude do ganho de escala, percebe-se também a *formação de grandes grupos empresariais*, formados a partir de fusões estratégicas e incorporações de empresas menores, o que proporciona ganhos logísticos e de comercialização.

Por muitos anos o setor agroindustrial foi rotulado como atrasado em relação ao uso de tecnologia, em comparação com o setor industrial. Atualmente, *tecnologias de informação e comunicação* são amplamente utilizadas no controle de operações e no rastreamento de produtos. Sistemas de informação geográfica (SIG) são utilizados para identificar áreas, elaborar mapas de produtividade e necessidades pontuais de aplicação de insumos. Computadores de bordo e dispositivos de instrumentação permitem monitorar o desempenho de máquinas, registrar motivos de paradas e fornecer diagnóstico do funcionamento de componentes.

Diversas empresas agroindustriais estão concentrando as operações em suas atividades centrais e tendem a usar da *terceirização* para realizar os processos produtivos considerados acessórios. Várias cadeias de produção animal e vegetal como a produção de aves e a produção de açúcar e álcool, respectivamente, apresentam casos interessantes. No setor sucroalcooleiro, algumas usinas estão optando por terceirizar as operações de transporte de cana e, até mesmo, a colheita. Por meio de parcerias e reguladas por especificações, as empresas assumem a execução de algumas operações e a empresa contratante estipula padrões de qualidade que devem ser seguidos pelas empresas contratadas.

2.7 Considerações finais

Os assuntos discutidos nesta unidade referenciaram as operações realizadas no setor agroindustrial como atividades que requerem um planejamento do ponto de vista logístico.

Foram dadas definições para a agroindústria e apresentados seus macrosegmentos, sendo detalhadas as operações logísticas que são desenvolvidas atualmente, destacando-se as efetuadas pelo setor sucroalcooleiro.

Das atividades logísticas primárias apresentadas na primeira unidade, destacou-se a importância do transporte e da manutenção de armazéns nas etapas de produção de matéria-prima, industrialização e comercialização. Adicionalmente, foram apontadas tendências para o setor agroindustrial que possuem interface com a área de logística.

2.8 Estudos complementares

CAIXETA FILHO, J. V. Logística para a agricultura brasileira. *RBCE*, n. 103, Abril/Junho 2010, p. 18-30. Disponível em: < <http://log.esalq.usp.br/home/uploadfiles/arquivo3580.pdf>>. Acesso em 15 jul. 2010.

SILVA, J. E. A. R. e ALVES, M. R. P. A. *Utilização de simulação computacional no gerenciamento de sistema de corte, carregamento e transporte de cana-de-açúcar*. In: Simpósio de Engenharia de Produção - X SIMPEP, Bauru, SP, 2003.

UNIDADE 3

Nível de serviço logístico

3.1 Primeiras palavras

As duas primeiras unidades desta publicação apresentaram o conceito de logística e a natureza das atividades abrangidas por esta área. A apresentação desses conceitos foi útil para expor que o setor agroindustrial contempla, em seus processos, operações logísticas que podem trazer diferenciais competitivos caso sejam bem planejadas e conduzidas.

Nesta unidade será discutido como se mensura a qualidade das operações logísticas e a importância de se avaliar a compensação entre custo e o nível de serviço logístico fornecido ao cliente final. Será explorado também como as vendas se comportam frente à variação do nível de serviço logístico.

O nível de serviço pode ser entendido como a forma que o cliente enxerga a empresa (qualidade percebida). Ele pode ser mensurado por meio de um conjunto de índices de desempenho, o que torna possível monitorá-lo. Consequentemente, pode-se estabelecer políticas para efetuar ajustes nas operações logísticas fornecidas aos clientes para promover serviços de melhor qualidade.

Essa característica é extremamente útil do ponto de vista de gestão, fornecendo metas a serem atingidas e os meios para alcançá-las. A padronização de procedimentos de medição também proporciona meios para a realização de *benchmarking*, ou seja, a comparação de índices de desempenho entre empresas, visando identificar as melhores práticas, não só de índices ligados à logística, mas também de produção, qualidade do produto, inovação e outros quesitos.

3.2 Problematizando o tema

Ballou (1993) traz definições para o nível de serviço logístico:

- Qualidade com que o fluxo de bens e serviços é gerenciado;
- Resultado dos esforços logísticos da firma;
- Desempenho oferecido pelos fornecedores aos clientes no atendimento de seus pedidos.

O autor atribui, adicionalmente, ao nível de serviço a característica de fator chave de valores logísticos que as empresas oferecem aos seus clientes com o objetivo de garantir sua fidelidade. Esse argumento reforça que as ações ocorrem do lado do marketing, com percepção do cliente, que, ao longo da cadeia de produção e comercialização, podem ser tanto consumidores em suas resi-

dências, empresas varejistas ou atacadistas, fábricas ou instalações de produção de uma mesma empresa (MORABITO & IANNONI, 2007).

A manutenção de um alto nível de serviço é bastante onerosa. Podem-se fornecer exemplos nos mais diversos setores, tanto de produção de bens como de prestação de serviços:

- Para aumentar a rapidez no despacho de mercadorias, um centro de distribuição contrata empilhadoras adicionais para movimentar a carga;
- Para diminuir o tempo de espera dos clientes em um serviço de delivery de pizza, uma empresa aumenta seu efetivo de entregadores em 20% aos finais de semana;
- Para garantir que todos os clientes sejam atendidos, uma banca de jornais solicita um aumento de 15% nos jornais solicitados diariamente;
- Para ampliar sua fatia de mercado, uma rede de supermercados implanta um serviço de entrega em domicílio para compras acima de um determinado valor.

Em todos esses exemplos, percebe-se que capital foi investido, visando o melhor atendimento dos clientes do ponto de vista logístico. Espera-se que a compensação pelo desembolso efetuado retorne no formato de novas vendas, mas isso não é uma garantia.

Nota: É importante ressaltar que o enfoque dado para o nível de serviço, refere-se à execução das *operações logísticas*, ou seja, às atividades primárias de transportes, à manutenção de estoques e processamento de pedidos e, às atividades de apoio. A qualidade dos produtos e serviços não faz parte desse escopo (por exemplo: a durabilidade de uma peça automotiva, a qualidade de um fruto, ou a pureza de um combustível), muito embora possa ser influenciada por motivos logísticos. Ressalta-se também que o nível de serviço deve refletir a *qualidade percebida pelo cliente* e não medidas de desempenho de interesse da organização.

3.3 Mensuração do nível de serviço

Os critérios para a medição do nível de serviço variam de empresa para empresa. Nos exemplos abaixo, é possível estabelecer índices para medir o desempenho logístico das operações:

- Para algumas empresas, é importante manter esforços para que as entregas sejam feitas dentro do prazo estipulado; nem antes e nem depois. Nesse caso, a variação em torno do tempo ideal (meta) é o critério de medição;
- Para outras, a condição ideal é realizar a entrega o quanto antes e assim, o tempo de entrega entre a colocação do pedido e o seu recebimento passa a ser a medida de referência;
- Algumas redes varejistas têm o costume de questionar se os clientes constataram falta de algum produto durante a compra. Certamente este registro fornece subsídios para quantificar a porcentagem de itens em falta nas gôndolas, uma medida de disponibilidade.

Como visto anteriormente, o nível de serviço logístico está associado aos custos de provimento das operações logísticas. Por esse motivo, o planejamento dessas operações deve iniciar com a identificação das necessidades de desempenho dos clientes, ou seja, quais são os requisitos fundamentais que devem ser atendidos do ponto de vista logístico. Essa identificação permite de antemão, priorizar os investimentos.

Tanto a identificação dos requisitos como o monitoramento de desempenho (*feedback*) podem ser efetuados por meio de pesquisas e de canais de comunicação abertos ao consumidor, como SAC, caixas de sugestão, pesquisas de satisfação, questionários dirigidos, telemarketing, etc.

O registro sistemático dos índices de desempenho permite monitorar as variações, identificar as causas que influenciaram os resultados positiva e negativamente. Um nível de serviço ruim resulta em perdas de vendas e os esforços de marketing para se recuperar a confiança dos clientes, têm custos muito elevados.

O Quadro 1 apresenta uma lista de indicadores de desempenho. Parte foi adaptada de (BALLOU, 1993, p. 74), sendo agrupados conforme as atividades primárias de transportes, manutenção de estoques e processamento de pedidos.

Quadro 1 Índices de desempenho para medição do nível de serviço logístico.

Atividade primária	Índice de desempenho
Processamento de pedidos/ Manutenção de estoques	Tempo entre o recebimento de um pedido e o despacho do mesmo.
Processamento de pedidos	Lote ou valor mínimo de compra para a abertura de um pedido.
Processamento de pedidos	Lote ou valor máximo de compra por pedido.
Manutenção de estoques	Porcentagem de itens em falta no depósito do fornecedor.
Processamento de pedido	Percentual dos pedidos de clientes entregues com exatidão.
Manutenção de estoques/Transporte	Porcentagem de clientes atendidos no intervalo de tempo combinado.
Manutenção de estoques	Porcentagem de pedidos dos clientes que podem ser atendidos de imediato.
Transportes	Percentual de itens que chegam ao cliente em condições adequadas.
Transportes	Quantidade mínima ou máxima de itens a serem transportados por viagem.
Processamento de pedidos	Intervalo mínimo entre colocações de pedidos
Processamento de pedidos	Tempo total entre a colocação de um pedido pelo cliente e a entrega dos itens.
Processamento de pedidos	Flexibilidade com que o cliente pode alterar um pedido.

Fonte: adaptado de Ballou (1993).

O nível de serviço de uma mesma empresa pode ter avaliações diferentes conforme o perfil de compra dos clientes. Os clientes podem ter tratamento logístico diferenciado devido ao volume, a frequência de compra, e outras condições técnicas com interface logística.

Uma outra diferenciação possível que ocorre é entre o nível de serviço logístico e as demais condições de compra desse serviço como o custo e a qualidade do produto/serviço.

Uma empresa que apresenta um ótimo nível de serviço logístico pode ser preterida pelo cliente por questões de preço ou de qualidade do produto que fabrica. Enfim, no momento de efetivação de uma compra com múltiplas fontes fornecedoras, a decisão recai sobre uma cesta de quesitos e não apenas sobre um único critério.

3.4 Amplitude da medição do nível de serviço logístico

A literatura estipula os limites para a medição do nível de serviço das empresas fornecedoras de bens e serviços, que podem ser estendidos para abranger processos de pós-compra:

Nível de serviço refere-se especificadamente à cadeia de atividades que atendem as vendas, geralmente iniciando-se na recepção do pedido e terminando na entrega do produto ao cliente e, em alguns casos, continuando com serviços ou manutenção do equipamento ou outros tipo de apoio técnico (BLANDING, 1974, apud BALLOU, 1993. p. 74).

Os elementos do serviço ao cliente podem ser divididos em três categorias (BALLOU, 1993; MORABITO & IANNONI, 2007), relacionadas com o momento em que a transação do produto ocorre, conforme indica a Figura:

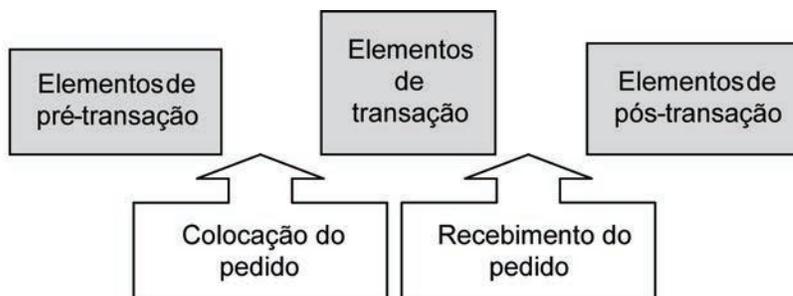


Figura 5 Elementos no nível de serviço.

Fonte: adaptada de Ballou (1993).

- Elementos de pré-transação

Estipulam formalmente, antes da realização dos pedidos, quais são os critérios que regerão os serviços que serão oferecidos, incluindo regras para a colocação de pedidos, definição de quantidades e prazos de entrega, procedimentos em caso de falhas e erros de remessa, métodos de envio dos produtos, etc. Estes elementos criam as expectativas nos clientes quanto ao nível de serviço que será oferecido.

Exemplos desses elementos são os procedimentos de entrega postal com hora marcada, elaboração de orçamentos com designação de quantidades e data/hora de entrega e políticas de desconto em caso de atrasos nas operações.

- Elementos de transação

Elementos relacionados ao ciclo de pedido, a partir do momento em que este é colocado até a sua entrega ao cliente. Inclui os procedimentos operacionais de despacho, como seleção e designação do modal que efetuará o serviço e a própria operação de entrega, além da atualização de estoques, manutenção de informações ao cliente a respeito do pedido (rastreamento e atualização de *status*), etc.

Esses elementos podem influenciar os prazos de entrega, a exatidão no cumprimento de pedidos e o estado das mercadorias entregues.

- Elementos de pós-transação

Relacionam-se com os processos ocorridos após a entrega do pedido e inclui serviços de apoio ao uso dos produtos, como assistência técnica, atendimento ao consumidor, garantia e retornos de produtos e embalagens (logística reversa).

Neste grupo inclui-se toda variedade de reclamações, sugestões, etc. que um canal dedicado ao retorno deve oferecer para que a organização fornecedora das operações logísticas tenham o feedback de sua atuação.

Muito embora estas operações ocorram após a venda do produto, as políticas devem ser planejadas anteriormente, nos estágios de transação ou pré-transação.

3.5 Relacionamento vendas – nível de serviço

A relação entre estas duas grandezas busca identificar até que ponto um melhor nível de serviço praticado pelas organizações pode resultar em aumento de vendas.

Ballou (1993, p. 77) apresenta um gráfico teórico que interpreta bem esse mecanismo. Ele mostra como as vendas se comportam frente ao aumento do nível de serviço além do praticado pela concorrência (Figura 6).

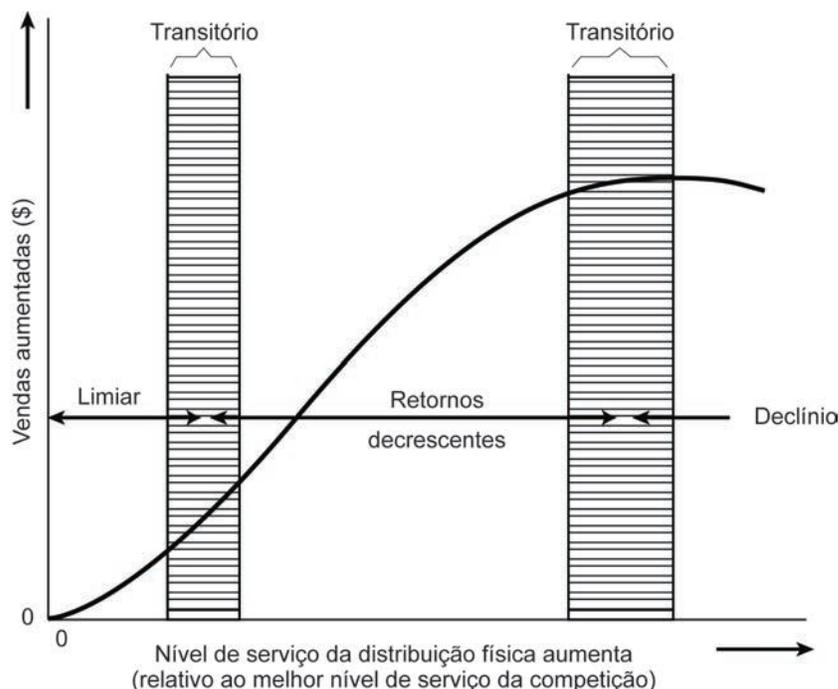


Figura 6 Relação geral entre nível de serviço da distribuição física e vendas.

Fonte: adaptada de Ballou (1993)

Dependendo do estágio em que o serviço da organização está frente à concorrência, as melhorias nos níveis de serviço não resultam nos mesmos ganhos de vendas.

Partindo-se de um nível de serviço ruim, à medida que são promovidas melhorias e o nível de serviço aumenta, as vendas também indicam crescimento. Esta fase chama-se “limiar”, indicada no gráfico, quando a empresa já possui condição de competir e ampliar mercados frente à concorrência.

Após a fase limiar, quando a empresa continua aprimorando seu nível de serviço, as vendas continuam a aumentar, no entanto, em menor proporção. Esta fase se chama *retornos decrescentes*, e é a fase na qual a maioria das organizações opera. Um bom nível de serviço promove aumento de vendas, pois geralmente menores custos de estoque conseguem ser obtidos pelos clientes, por meio de aumento de frequência de entregas, lotes menores, previsões de venda com maior precisão, por exemplo. Assim os clientes tendem a ampliar os contratos com as empresas que fornecem melhor nível de serviço.

A última fase corresponde ao declínio, quando o nível de serviço elevado pode levar a uma queda das vendas, em casos extremos. Melhorias na disponibilidade de estoques, tempo curto de ciclo de pedido e boas condições de entrega das mercadorias não causam impacto negativo nas vendas. No entanto, fatores como a visita constante de vendedores para verificação de níveis de estoque, envio frequente de questionários de satisfação e solicitação contínua de informações sobre

pedidos podem ser excessivos para alguns clientes, aborrecendo-os e diminuindo sua preferência. Esses efeitos ocorrem, porém, em níveis de serviço extremos.

A administração do nível de serviço logístico preza pelo atendimento do nível de serviço logístico adequado às necessidades do cliente, condicionado a certos limites de custo. Assim, os custos devem ser contrabalanceados com a receita ao se praticar um determinado nível de serviço, de forma a se obter o maior lucro possível.

Como extensão do gráfico que apresenta a variação de vendas e do nível de serviço, Ballou (1993, p. 79) apresenta outro gráfico que apresenta a variação das curvas de receitas e custos logísticos em função do nível de serviço (Figura 7).

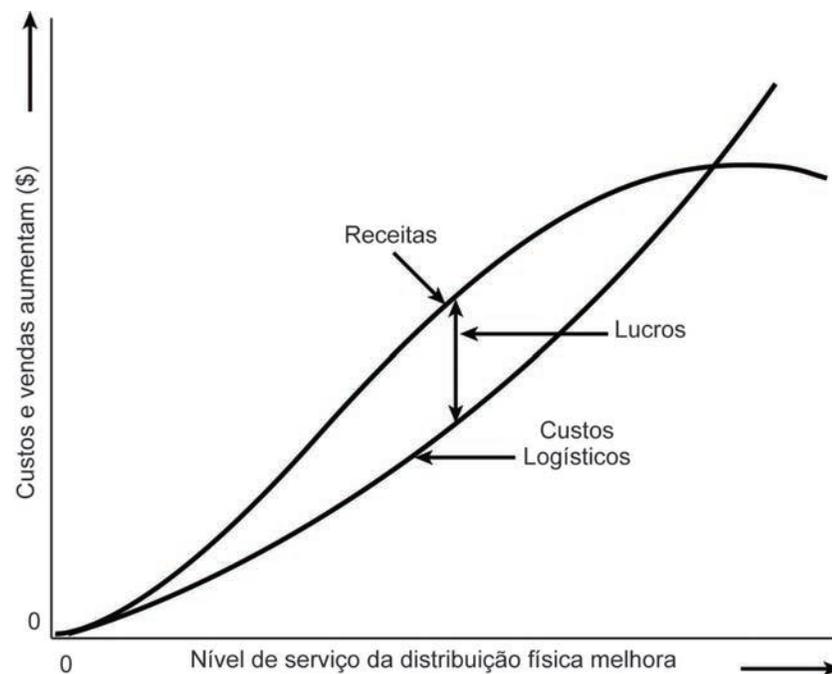


Figura 7 Compensação generalizada entre receitas e custo para diversos níveis de serviço logísticos.

Fonte: adaptada de Ballou (1993).

A curva de receitas segue o padrão anteriormente apresentado na Figura 6. Já os custos logísticos aumentam com níveis de serviços mais altos, como mostra a Figura 7. Quando se parte de um nível de serviço ruim, as melhorias implantadas inicialmente possuem custo menor de serem incorporadas à rotina operacional do que quando já se possui um nível de serviço mais alto, ou seja, quando já se trabalha em níveis de serviços mais altos, maiores são os desembolsos para se obter um melhor nível de serviço. Desse modo, o comportamento da curva de custos é exponencial em relação ao nível de serviço.

Da composição das curvas de receitas e de custos, pode-se extrapolar a faixa de lucro e potencial prejuízo, que varia em função do nível de serviço logístico. A Figura 7 indica o ponto em que o nível de serviço proporciona o lucro máximo, que é o ponto que a administração logística deve buscar.

O ponto de máximo lucro não é fácil de ser identificado, pois o nível de serviço não é mensurado apenas por um fator, mas sim por um conjunto de critérios percebidos pelo cliente. Ainda assim, a conceituação teórica é válida para solidificar o conceito de que os serviços logísticos possuem um custo para serem mantidos, cujo investimento e consequente melhoria do nível de serviço deve ser revertido em aumento de vendas e, conseqüentemente, em lucro.

3.6 Considerações finais

O nível de serviço logístico foi apresentado como a maneira pela qual a empresa fornecedora de produtos e serviços e, portanto, prestadora de serviços logísticos, pode ter o resultado de seu trabalho mensurado.

A percepção do cliente a respeito dos serviços é expressa por meio de índices de desempenho que podem ser monitorados e gerenciados de forma estratégica. Há elementos acessórios do nível de serviço logístico que podem ser divididos em três categorias, em função do momento da transação do produto logístico: pré-transação (elementos presentes antes da efetivação do pedido, que, sobretudo, tratam das regras e expectativas do serviço a ser prestado); transação (elementos presentes durante o ciclo de pedido, referentes às operações) e pós-transação (após a entrega do pedido, procedimentos de apoio pós-venda).

Adicionalmente, avaliou-se como ocorre a variação das vendas (receitas) e dos custos em função do nível de serviço, de onde derivam o conceito de lucro máximo e da adequação do nível de serviço ao atendimento das necessidades dos clientes.

3.7 Estudos complementares

BALLOU, R. H. *Gerenciamento da cadeia de suprimentos/Logística Empresarial*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 616 p.

UNIDADE 4

Planejamento e controle de produção:
previsão de demanda

4.1 Primeiras palavras

A implantação e a manutenção de qualquer sistema de produção é fruto de um grande esforço de planejamento e controle por parte das organizações.

Juntamente com as atividades de direção e organização, o planejamento e o controle da produção formam o grupo das quatro funções administrativas clássicas dos processos envolvidos com a produção de bens (empresas industriais) e operações (empresas de serviços), segundo conceitos de Moreira (1996).

As atividades envolvidas com o planejamento e o controle da produção (PCP) são os enfoques desta unidade, particularmente no tocante à previsão de demanda:

- O *planejamento* é uma atividade analítica, temporária, que busca encontrar os meios para o alcance de objetivos projetados pelas organizações. Tais objetivos podem ser desdobrados em três níveis (estratégico, tático e operacional) conforme o prazo para a sua realização e o impacto da decisão, da mesma maneira que os níveis de decisão logísticas observados na Unidade 1;
- O *controle* possui uma natureza diferente. É uma atividade contínua, sistemática, que estipula procedimentos para o monitoramento de processos para promover, se necessário, ações de alinhamento (um novo planejamento) para o alcance dos objetivos projetados pelas organizações.

A previsão de demanda (*forecasting*) fornece subsídios para a determinação da capacidade de produção das organizações, sendo uma área de conhecimento bastante tradicional do Planejamento e Controle da Produção (PCP).

São utilizadas técnicas qualitativas e quantitativas para auxiliar a determinação da demanda futura de produtos, que conseqüentemente subsidiarão a definição da capacidade de produção das organizações. Esta unidade abordará algumas técnicas de previsão de demanda, com o intuito de introduzir os temas da área.

Conforme já argumentado anteriormente, reforça-se que o cliente final é o agente que dispara todas as ações na empresa, que é avaliada em termos de nível de serviço, ainda que informalmente. Dessa forma, o projeto da capacidade de produção das organizações, passa a ser um elemento estratégico importante para o pleno atendimento da demanda dos clientes.

4.2 Problematizando o tema

A atividade de planejamento é responsável por projetar decisões, inicialmente, no nível estratégico, que terão repercussão no nível tático e por consequência no nível operacional das organizações. Uma das decisões principais do nível estratégico diz respeito à capacidade das organizações, ou seja, qual a capacidade de produção de bens ou de prestação de serviços em um determinado tempo (dia, mês, ano, safra, turno de trabalho, etc.).

Em função dessa determinação, derivam-se outras decisões como a quantificação da necessidade de máquinas e mão de obra e o estabelecimento de políticas de trabalho, por exemplo. A determinação da capacidade também afeta questões logísticas como a frequência e o volume de compra de matérias-primas e insumos e a definição de estoques e sistemas de movimentação de matérias-primas, insumos e produtos acabados.

Conforme visto anteriormente, a manutenção de um alto nível de serviço para os clientes, requer investimentos por parte das organizações e assim, os recursos de produção devem estar adequados para o atendimento da demanda dos clientes (*trade-off* entre objetivos de desempenho de custo e disponibilidade).

Os recursos de produção devem indicar níveis de utilização preferencialmente altos de modo a ocupar toda a capacidade de produção, desde que não haja comprometimento da qualidade do produto/serviço.

A definição da capacidade de produção de um sistema não é uma tarefa fácil. Idealmente ela deve ser flexível e adaptável à demanda dos produtos, ou ainda seguir uma programação de modo a nivelar a produção para o atendimento de possíveis sazonalidades no período.

De qualquer maneira, diversos fatores interferem na demanda de produtos e na capacidade de produção:

- Características do produto (perecibilidade, obsolescência, deterioração);
- Questões de marketing (influência da mídia, promoções, tendências de mercado, estágio do ciclo de vida do produto);
- Legislação (proibição de matérias-primas, incidência de impostos, restrições ambientais);
- Ações de empresas concorrentes (novos entrantes, fusões, parcerias, produtos substitutos ou similares);
- Estratégias de produção (produção para estoques, produção para mercado);

- Sazonalidade de matérias-primas (oferta de produtos na safra, uso de estoques reguladores);
- Sazonalidade de consumo (datas comemorativas, estação do ano, condições climáticas, eventos específicos).

Utilizando informações dessa natureza, a previsão de demanda pode auxiliar a estabelecer estimativas para a venda dos produtos acabados, sendo a referência para o planejamento da produção.

Para efetuar qualquer planejamento das operações de uma organização, é necessário dispor de técnicas que possam auxiliar a previsão da demanda por seus produtos.

Chase; Jacobs & Aquilano (2006) classificam a previsão em quatro tipos de técnicas: qualitativa, análise de séries temporais, relações causais e simulação:

- A previsão qualitativa é subjetiva, pois baseia-se em estimativas e opiniões de especialistas que atuam no mercado de vendas;
- A análise de séries temporais utiliza dados históricos e assume que o comportamento da demanda pode ser previsto a partir da extrapolação do comportamento passado;
- As relações causais supõem que a demanda pode ser causada por fatores (variáveis independentes) que podem explicá-la por meio de relações matemáticas (modelos de regressão);
- A simulação utiliza modelos computacionais que consideram várias suposições para prever a demanda.

Nesta unidade serão observadas algumas metodologias de previsão de demandas qualitativas e por análise de séries temporais. Os modelos de regressão não serão abordados nesta unidade. A Unidade 7 apresentará uma introdução à simulação, focada na simulação de operações.

4.3 Técnicas de previsão qualitativas

As técnicas de previsão qualitativas são constituídas de procedimentos para registro das perspectivas de demandas conforme hipóteses subjetivas de especialistas e na busca por um consenso a partir do qual serão feitos o planejamento da produção.

Chase; Jacobs & Aquilano (2006) apresentam 5 técnicas qualitativas:

- *Grass Roots* – Previsão realizada a partir daqueles que estão mais próximos do cliente ou do consumo do item, sendo gradativamente adicionado, nível a nível, até chegar à demanda total que será informada à organização para produção. Exemplo: um representante de vendas tem condições de prever a demanda futura na área em que é responsável, informando ao superior imediato, por exemplo, o supervisor regional que, por sua vez, irá informar a fábrica sobre a demanda total;
- *Pesquisa de mercado* – Consulta à população por meio de questionários e entrevistas sobre preferências de produtos, hábitos de consumo, etc., que podem fornecer subsídios para estimar a demanda em longo prazo e aceitação de novos produtos;
- *Consenso de painel* – Reuniões abertas com pessoas de cargos diferentes que fazem a troca livre de ideias, buscando atingir um consenso sobre o comportamento da demanda a partir dos diferentes pontos de vista. Questões hierárquicas podem restringir as contribuições dos envolvidos;
- *Analogia histórica* – Previsões de demanda elaboradas com base em registros históricos de produtos similares, suplementares, substituíveis ou concorrentes, que podem atuar como modelo. Exemplos: Estimativa da demanda por cartuchos a partir de registros de venda das impressoras, ou de vendas de pacotes de serviço em função da venda de aparelhos celulares;
- *Método Delphi* – Especialistas de diferentes áreas e níveis hierárquicos respondem a um questionário com previsões de demanda e argumentos, com a identidade mantida em sigilo. Um moderador reúne os resultados e elabora uma síntese que é repassada aos respondentes para refinamento e nova argumentação. Este procedimento é realizado por sucessivas rodadas, até a elaboração de uma posição de consenso. Por preservar a identidade dos participantes, há menor risco de pressões por motivo de nível hierárquico ou grupos dominantes.

4.4 Técnicas de previsão por séries temporais

4.4.1 Fatores de evolução histórica da demanda

Previamente à apresentação das técnicas, é importante apresentar três conceitos a respeito da evolução histórica da demanda: nível, tendência e sazonalidade, que são apresentados na sequência por meio de gráficos. O registro histórico é um indicativo bastante forte para auxiliar a determinação da demanda futura de alguns produtos.

Nível: Refere-se ao patamar em que as demandas periódicas apresentam um valor aproximadamente constante nos sucessivos períodos, com a ocorrência de pequenas variações devidas à aleatoriedade.

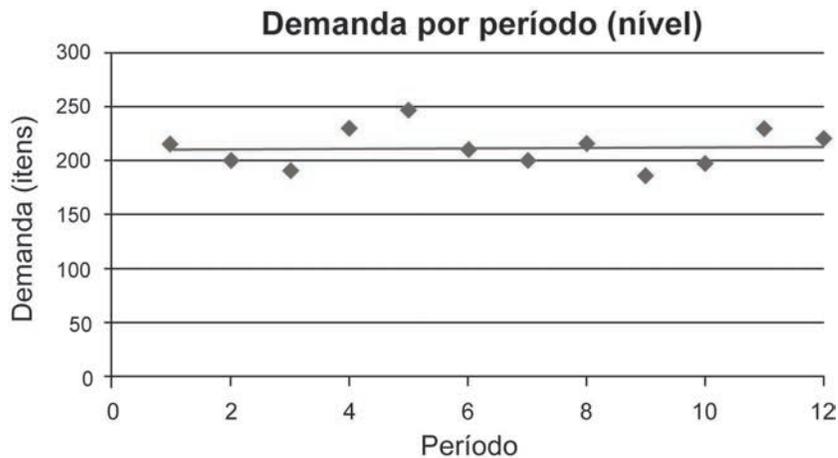


Figura 8 Demanda estabilizada em determinado nível.

Tendência: Apresenta um comportamento provável da demanda média segundo um padrão histórico. Os padrões mais comuns são lineares (ascendente ou descendente), exponencial e assintótica.

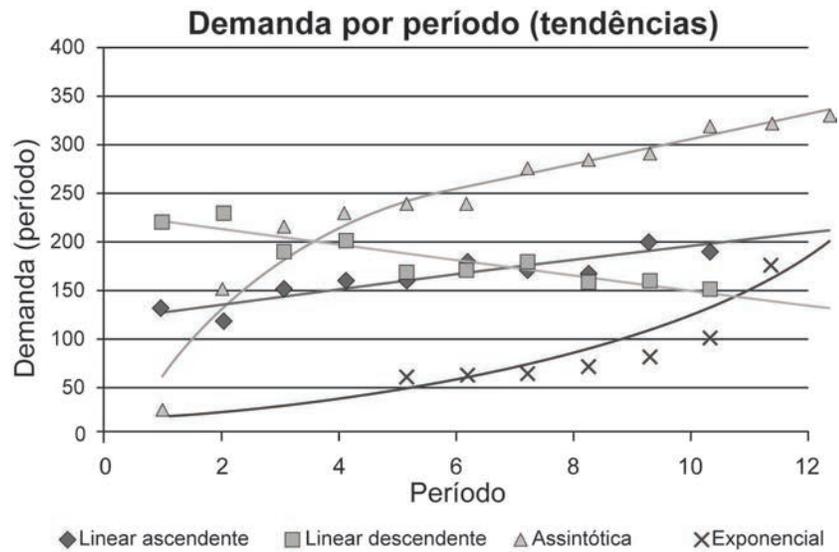


Figura 9 Demanda com tendências.

Sazonalidade: comportamento cíclico da demanda que apresenta o mesmo padrão regularmente a cada período.

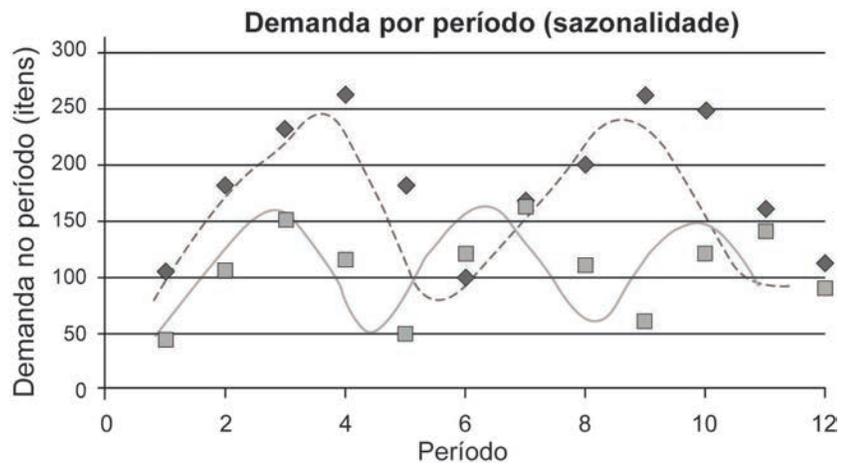


Figura 10 Demanda com sazonalidade.

Os três comportamentos da demanda apresentados variam conforme o produto. Há produtos e serviços que apresentam consumos sazonais devido ao clima como aparelhos de ventilador e ar condicionado, sorvete, roupas, etc. Pode haver sazonalidade também determinada por dias da semana ou pelo mês, como a frequência de ida a restaurantes, consumo de combustíveis, setor de transportes e hotelaria, etc. Outro fator de sazonalidade são datas comemorativas que demandam produtos em épocas concentradas como flores no dia das mães, chocolates por ocasião da Páscoa e espumantes no Ano Novo.

Estimando-se previamente como será a demanda por seus produtos, é possível às fábricas programar a produção de modo antecipado, buscando maximizar o uso de seus recursos de produção (máquinas e mão de obra) e garantir os produtos para atender aos clientes.

Há produtos que apresentam demanda relativamente estável per capita, aumentando vegetativamente conforme o aumento da população, como por exemplo, os itens da cesta básica.

A situação econômica também é motivo de interferência no consumo de determinados produtos, assim como o estágio do ciclo de vida do produto. Geralmente produtos de cunho tecnológico como telefones celulares e aparelhos eletrônicos possuem um ciclo de vida determinado, após o qual os produtos são descontinuados.

O perfil apresentado pela evolução da demanda de um determinado produto pode apresentar os três elementos em conjunto, gerando uma combinação de efeitos, como apresentado na Figura 11.

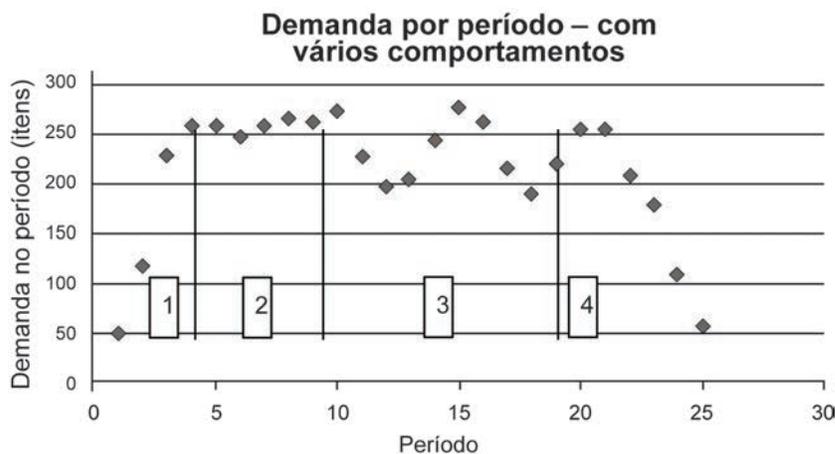


Figura 11 Demanda com vários comportamentos.

- O período 1 apresenta tendência linear ascendente;
- O período 2 indica uma demanda em nível;
- No período 3 verifica-se um regime de sazonalidade;
- No período 4 há uma tendência líder descendente.

4.4.2 Técnicas

As técnicas de previsão de demanda por séries temporais são feitas com base no histórico da demanda do produto. Assim, quanto mais distante for o horizonte que se deseja prever a demanda, mais incerta será a previsão.

Média Móvel Simples

A partir do histórico da demanda para um determinado produto, pode-se prever a demanda para o próximo período fazendo-se a média simples dos n períodos anteriores. Esse valor de K pode ser ajustado.

Por exemplo, a partir do registro histórico da demanda observada de um produto para os meses de janeiro a junho, pode-se fazer a média simples para $n = 6$ e extrapolar a demanda para o mês de julho. Para o mês de agosto, seriam utilizados os registros dos meses de fevereiro a julho, sendo que este último mês já teria os dados reais.

Há diferenças bastante significativas na previsão em função da escolha do período n . Segundo Chase, Jacobs & Aquilano (2006), quanto maior for o período n considerado na média móvel, maior será a suavização da variabilidade, porém, se houver uma tendência de elevação ou de diminuição na série histórica, a média móvel não conseguirá captá-la.

A equação para o cálculo da média móvel simples é dada por:

$$F_t = (A_{t-1} + A_{t-2} + A_{t-3} + \dots + A_{t-n})/n$$

Na qual:

F_t = Previsão para o período t

n = Quantidade de períodos que serão utilizados para a média

$A_{t-1} A_{t-2} A_{t-3} A_{t-n}$ = Demandas reais nos períodos anteriores

Exemplo: Os dados da Tabela 1 apresentam a demanda real e as previsões obtidas com o método da média móvel simples para $n=2$ e $n=6$ (Tabela 1 e Figura 12).

A previsão de demanda para o terceiro mês para $n=2$ é dada por: $F_3 = (200 + 150)/2 = 175$. Para o quarto mês é $F_4 = (150 + 263)/2 = 207$ e assim sucessivamente.

Tabela 1 Dados de demanda real e previsões via método da média móvel simples para $n=2$ e $n=6$.

Mês	Real	Previsão com $n=2$	Previsão com $n=6$
1	200	-	-
2	150	-	-
3	263	175	-
4	251	207	-
5	421	257	-
6	562	336	-
7	458	492	307,8
8	326	510	350,8
9	235	392	380,2
10	301	281	375,5
11	267	268	383,8
12	250	284	358,2
13	289	259	306,2
14	548	270	278,0
15	652	419	315,0
16	693	600	384,5
17	532	673	449,8
18	568	613	494,0
19	497	550	547,0
20	521	533	581,7
21	490	509	577,2
22	451	506	550,2
23	325	471	509,8
24	125	388	475,3

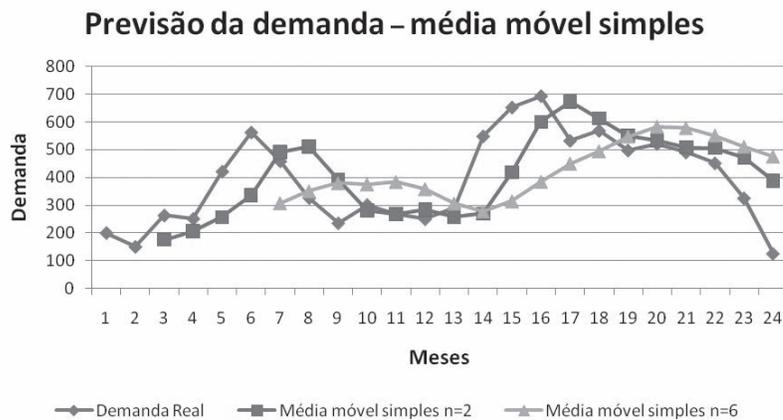


Figura 12 Comparação da média móvel simples para $n=2$ e $n=6$.

Observa-se que a previsão de demanda com $n = 2$ apresenta um comportamento mais próximo ao da demanda real em comparação com a curva de $n = 6$

que possui um perfil mais suavizado. Nesse caso, como a demanda real é muito dinâmica, a média móvel apenas com os dois últimos registros termina por ser mais significativa.

Média Móvel Ponderada

Esta técnica é semelhante à anterior, com a previsão do período subsequente sendo feita pela média dos n períodos prévios. Porém, na média móvel ponderada é possível atribuir pesos aos n períodos que serão utilizados para fazer a previsão. Geralmente, um peso maior é dado aos períodos mais recentes ao valor que será previsto.

Com base no mesmo exemplo apresentado anteriormente, a previsão da demanda para o mês de julho pode ser feita com base nos meses de janeiro a junho ($n=6$); porém, com os seguintes pesos mês a mês: junho (0,3); maio (0,25); abril (0,2); março (0,1); fevereiro (0,05) e janeiro (0,05). Nesse método, a soma de todos os pesos deve ser igual a 1.

A fórmula para obtenção da demanda por meio do método da média móvel ponderada é:

$$F_t = w_1 A_{t-1} + w_2 A_{t-2} + \dots + w_n A_{t-n}$$

Na qual:

F_t = Previsão para o período t

w_1 = peso a ser atribuído ao período $t=1$

A_{t-1} = Demanda real no período anterior ($t-1$)

No exemplo, o cálculo para o período $t=7$ é:

$$F_7 = (0,3)562 + (0,25)421 + (0,2)251 + (0,15)263 + (0,05)150 + (0,05)200 = 381$$

Exemplo: Utilizando os mesmos dados, comparou-se as médias móveis simples e ponderada para uma quantidade de seis períodos (Tabela 2 e Figura 13)

Tabela 2 Dados de demanda real e previsões via método da média móvel simples e ponderada para $n=6$.

Mês	Real	Média móvel simples $n=6$	Media móvel ponderada $n=6$
1	200	-	-
2	150	-	-
3	263	-	-

4	251	-	-
5	421	-	-
6	562	-	-
7	458	307,8	381,0
8	326	350,8	420,4
9	235	380,2	413,6
10	301	375,5	361,5
11	267	383,8	332,1
12	250	358,2	302,3
13	289	306,2	276,4
14	548	278,0	275,8
15	652	315,0	353,5
16	693	384,5	456,3
17	532	449,8	549,7
18	568	494,0	572,4
19	497	547,0	581,7
20	521	581,7	561,5
21	490	577,2	541,2
22	451	550,2	523,1
23	325	509,8	491,6
24	125	475,3	439,7

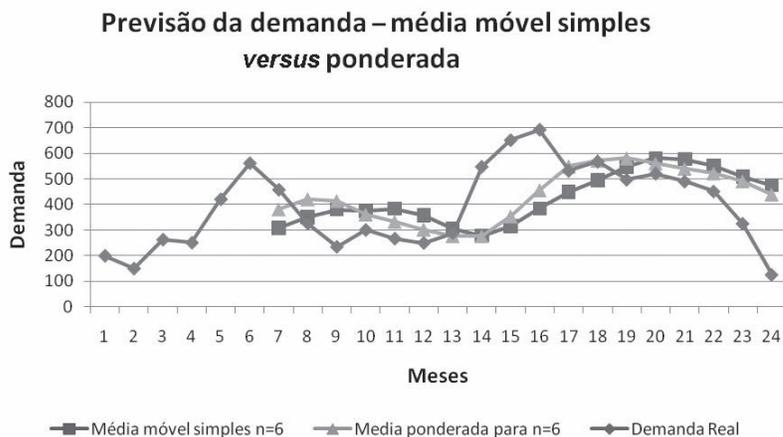


Figura 13 Comparativo da média móvel simples e ponderada para $n=6$.

Nesse exemplo, a média móvel ponderada apresenta melhor aderência à demanda real observada. Observa-se que a previsão por esse método é mais reativa, ou seja, ela se modifica de maneira mais rápida para acompanhar a tendência da demanda.

A atribuição de pesos para os períodos anteriores, utilizados para a previsão de demanda é feita com base na experiência e tentativa e erro. De qualquer

maneira, o passado recente é a informação mais importante para a predição do resultado futuro, e assim, costuma-se dar o maior peso para os períodos mais próximos, em ordem decrescente (CHASE, JACOBS & AQUILANO, 2006).

Suavização Exponencial

Nesta técnica utiliza-se uma constante de suavização (α) com valor entre 0 e 1, que vai regredindo o peso atribuído a cada registro de demanda passado em $(1-\alpha)$. Assim, as ocorrências mais recentes indicam melhor o futuro do que as de um passado mais distante e a importância dos dados é reduzida à medida que o passado se torna mais distante (CHASE, JACOBS & AQUILANO, 2006).

Nesse método, é necessário conhecer três dados para prever a demanda futura: a previsão mais recente, a demanda real que ocorreu nesse período de previsão e a constante de suavização α .

A equação para o cálculo da previsão da demanda para cada novo período é:

$$F_t = F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1})$$

Na qual:

F_t = Previsão para o período t

F_{t-1} = Previsão para o período anterior (t-1)

A_{t-1} = Demanda real no período anterior (t-1)

α = Constante de suavização

O valor da constante de suavização é determinado em função do tipo de produto e da percepção do analista frente às condições de mercado. Usualmente os valores vão de 0,05 a 0,3. Por exemplo, em uma demanda mais estável, fatores menores, de 5% ou 10%, poderiam ser utilizados.

Porém, se por acaso, sabe-se que a demanda do produto passará por uma fase de crescimento ou de retração, pode-se utilizar um fator maior, de 15 a 30%, para conferir maior peso aos fatos mais recentes.

Exemplo: Para os mesmos dados trabalhados anteriormente, aplicou-se a técnica da suavização exponencial com valores de α de 0,1; e 0,3. (Tabela 3 e Figura 14).

O cálculo da previsão de demanda para o segundo mês, com $\alpha = 0,1$ é dado por: $F_2 = F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1}) = 250 + 0,1(200 - 250) = 245$ e para o terceiro mês é $F_3 = F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1}) = 245 + 0,1(150 - 245) = 235,5$.

Tabela 3 Dados de demanda real e previsões via método da suavização exponencial para $\alpha = 0,1$; e $\alpha = 0,3$.

Mês	Demanda Real	Suav Exp 0,1	Suav Exp 0,3
1	200	250,0	250,0
2	150	245,0	235,0
3	263	235,5	209,5
4	251	238,3	225,6
5	421	239,5	233,2
6	562	257,7	289,5
7	458	288,1	371,3
8	326	305,1	397,3
9	235	307,2	375,9
10	301	300,0	333,6
11	267	300,1	323,8
12	250	296,8	306,8
13	289	292,1	289,8
14	548	291,8	289,5
15	652	317,4	367,1
16	693	350,9	452,5
17	532	385,1	524,7
18	568	399,8	526,9
19	497	416,6	539,2
20	521	424,6	526,6
21	490	434,3	524,9
22	451	439,8	514,4
23	325	441,0	495,4
24	125	429,4	444,3

Importante: Considerou-se a estimativa de 250 unidades para o primeiro período.

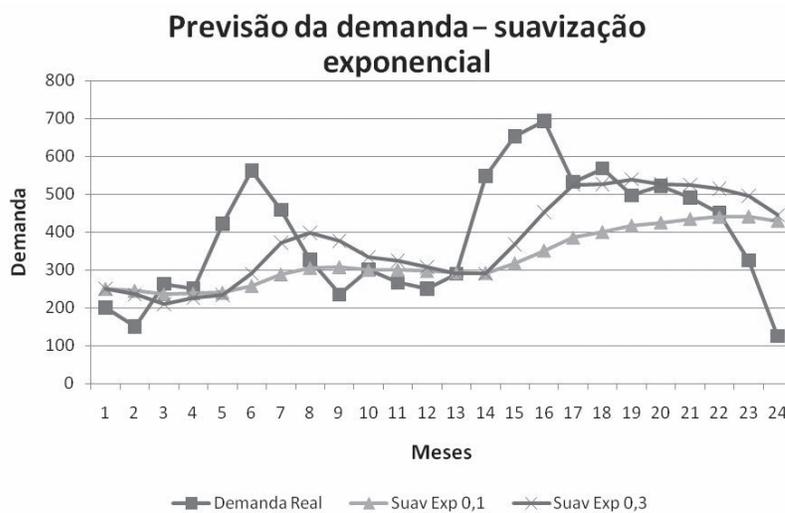


Figura 14 Comparativo da suavização especial para valores de α de 0,1 e 0,3.

O gráfico apresenta que a suavização exponencial com $\alpha = 0,3$ é mais aderente ao comportamento do valor da demanda real em comparação com as curvas obtidas com $\alpha = 0,1$.

Há outras técnicas de previsão desdobradas a partir do método da suavização exponencial, que incorporam no cálculo as componentes de tendência e sazonalidade. Essas técnicas não serão abordadas nesta unidade.

4.5 Medidas de erro de previsão

Há diversas maneiras de se mensurar o erro entre o resultado da previsão de demanda e o valor real observado, o que pode servir como indicativo do método de previsão de demanda a ser utilizado.

Um dos indicadores de erro de previsão é o desvio absoluto médio (DAM), utilizado com base na diferença entre a demanda real e a demanda prevista, em módulo, sem preocupação com o sinal (CHASE, JACOBS & AQUILANO, 2006).

A equação para o cálculo do DAM é dada por:

$$DAM = \sum |A_t - F_t| / n$$

Na qual:

t = número do período

A = Demanda real do período

F = Demanda prevista para o período

n = Número total de períodos

Exemplo: Foi feita a comparação das cinco técnicas de previsão de demanda utilizadas anteriormente. A Tabela 4 apresenta os valores dos desvios das previsões (em número absoluto) em relação à demanda real, e ao final, o cálculo do desvio absoluto médio.

Tabela 4 Comparação do desvio absoluto médio para seis técnicas de previsão de demanda.

Mês	Desvios em relação à demanda real				
	Média móvel Simples n=2	Média móvel Simples n=6	Media móvel ponderada n=6	Suaviz Exp $\alpha=0,1$	Suaviz Exp $\alpha=0,3$
1	-	-	-	50,0	50,0
2	-	-	-	95,0	85,0

3	88,0	-	-	27,5	53,5
4	44,5	-	-	12,8	25,5
5	164,0	-	-	181,5	187,8
6	226,0	-	-	304,3	272,5
7	33,5	150,2	77,0	169,9	86,7
8	184,0	24,8	94,4	20,9	71,3
9	157,0	145,2	178,6	72,2	140,9
10	20,5	74,5	60,5	1,0	32,6
11	1,0	116,8	65,1	33,1	56,8
12	34,0	108,2	52,3	46,8	56,8
13	30,5	17,2	12,6	3,1	0,8
14	278,5	270,0	272,2	256,2	258,5
15	233,5	337,0	298,5	334,6	284,9
16	93,0	308,5	236,7	342,1	240,5
17	140,5	82,2	17,7	146,9	7,3
18	44,5	74,0	4,4	168,2	41,1
19	53,0	50,0	84,7	80,4	42,2
20	11,5	60,7	40,4	96,4	5,6
21	19,0	87,2	51,2	55,7	34,9
22	54,5	99,2	72,1	11,2	63,4
23	145,5	184,8	166,6	116,0	170,4
24	263,0	350,3	314,7	304,4	319,3
Soma Desvios	2319,5	2540,7	2099,5	2930,1	2588,2
Qtde. períodos	22	18	18	24	24
DAM	105,4	141,1	116,6	122,1	107,8

No exemplo dos métodos trabalhados, o que apresentou o menor desvio foi a média móvel com $n=2$, com desvio absoluto médio de 105,4.

4.6 Considerações finais

A previsão de demanda é uma ampla área de conhecimento administração da produção, cujos princípios foram apenas apresentados nesta unidade e de forma introdutória.

Ao planejar suas atividades, toda organização realiza estimativas de qual é a demanda por seus produtos, ainda que intuitivamente. Em função dessa informação, são programadas todas as tarefas de compra de materiais e distribuição da carga de trabalho para as máquinas. Esta tarefa não é trivial, pois ao longo do período para o qual a demanda foi estipulada, ocorrem variações das mais diversas naturezas: oscilações econômicas, ações da concorrência,

alterações nos padrões de consumo dos clientes, etc., que terminam por diferenciar a demanda real da previsão efetuada.

A aquisição de matérias-primas e a manutenção de estoques de produtos acabados são atividades que possuem um custo elevado e assim, quanto mais aderente for a previsão de demanda, menores serão os custos praticados pela organização. Dessa maneira, a previsão de demanda feita de maneira eficiente pode fornecer subsídios para o planejamento das operações da organização, de forma a permitir a redução de custos e trazer um diferencial competitivo frente à concorrência.

4.7 Estudos complementares

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. *Administração da produção*. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005. 562 p.

GAITHER, N.; FRAZIER, G. *Administração da produção e operações*. 8. ed. São Paulo: Thomson Learning, 2006.

KRAJEWSKY, L.; RITZMAN, L.; MALHOTRA, M. *Administração de produção e operações*. 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

UNIDADE 5

Planejamento e controle da produção:

capacidade de produção

5.1 Primeiras palavras

Na unidade anterior foram apresentados os conceitos das atividades de planejamento e controle da produção e introduziu-se o tema de previsão de demanda. Esta unidade continuará a abordagem da demanda, porém, com um foco um pouco maior no planejamento das operações internas das organizações.

Frente à demanda que o mercado oferece por produtos e serviços, serão tratados temas como o tipo de resposta que as organizações dão, assim como os diferentes sistemas de controle da produção. Muito brevemente serão apresentadas práticas de controle da produção de grande projeção e que serviram de modelo para as organizações mais recentemente, como a produção enxuta (*lean manufacturing*).

5.2 Problematizando o tema

A decisão sobre o tamanho da capacidade produtiva de uma fábrica é decorrente da previsão de demanda que esta visa atender. Por uma decisão estratégica e, dependendo da natureza do produto ou serviço prestado, uma organização pode operar várias unidades simultaneamente, ao invés de concentrar toda a produção ou serviço em um único local.

Esse tipo de decisão envolve fatores combinados das áreas de custo, marketing e logística, pois o mercado precisa ser suprido pelas organizações e, caso estas não ofereçam um bom nível de serviço, há risco de perda de capital e de fuga de clientes para a concorrência.

No tocante a custos, dependendo da forma com que a organização estrutura suas operações internas, é possível praticar preços melhores que os da concorrência, mediante a redução de estoques e desperdícios. Uma análise dos processos sequenciados de produção também pode indicar qual estágio da produção representa a maior restrição de aumento de capacidade.

Assim, o estudo da capacidade, em resposta à previsão de demanda, faz parte do Planejamento e Controle da Produção (PCP) e, também, pode contribuir para que as organizações possam obter vantagens competitivas frente à concorrência.

5.3 Nível de capacidade

O nível de capacidade ou capacidade instalada é uma medida de *output* (saída) dos sistemas produtivos, que expressa a produção da organização em

unidades de produtos acabados ou de serviços realizados por unidade de tempo. Exemplos são: a quantidade de clientes atendidos por dia ou por hora (prestação de serviços) ou veículos produzidos por mês ou sacas de soja produzidas por safra (produção de bens).

Alguns sistemas, em particular do setor agropecuário, podem ter a mensuração da capacidade sobre a quantidade de matérias-primas de entrada, por exemplo: em uma planta de extração de óleo de soja, um índice comum é a capacidade de esmagamento em toneladas por dia ou por hora, um abatedouro tem sua capacidade medida por meio de cabeças abatidas por dia, etc. A capacidade ou o porte de usinas de açúcar é mensurado pela capacidade de moagem por hora (ton/h) ou por safra (ton/safra).

É importante que ao se implantar ou modificar o nível de capacidade de uma organização, o estudo inclua uma análise de custos. Basicamente, há dois tipos de custo:

- *Custos fixos* – que ocorrem independente do volume de produção como aluguel da instalação, seguro, licenças, custos administrativos, etc;
- *Custos variáveis* – que ocorrem proporcionalmente à produção efetuada, como matéria-prima, energia, custo de movimentação, etc.

Os custos de mão de obra podem ser considerados como custo fixo ou como custo variável, dependendo de como ocorre o contrato de trabalho e a remuneração. Se a contratação e a manutenção de funcionários ocorrem independente da produção, a mão de obra é considerada um custo fixo. No entanto, se a contratação e a remuneração flutuarem conforme a produção, por exemplo, o pagamento é vinculado por hora de trabalho ou por item produzido, a mão de obra é vista como um custo variável.

Supondo que uma fábrica de móveis tenha capacidade de produzir um mix de 600 móveis/mês, caso a produção seja reduzida para 400 móveis/mês, o custo de produção de cada peça individualmente será aumentado, uma vez que os custos fixos serão rateados por uma quantidade menor de móveis.

Esse conceito permite a conclusão de que, quanto maior a produção da empresa, menor será seu custo por unidade produzida. No entanto, Slack, Chambers & Johnston (2007) apresentam alguns fatores que indicam que uma produção muito acima da capacidade pode não resultar em maiores economias:

- Os custos fixos ocorrem de maneira fracionada (pontos de quebra), à medida que o volume de produção aumenta, o que torna descontínua a curva de custo médio;

- Pode-se aumentar os níveis de produção acima da capacidade teórica da fábrica por meio de horas extras ou subcontratando parte do trabalho;
- A utilização acima da capacidade pode reduzir a produtividade da mão de obra e assim requerer a contratação de mais funcionários, ou ainda, a sobreutilização das máquinas pode fazer com que o índice de quebras aumente, requerendo manutenção mais frequente.

Essa argumentação indica que o custo unitário mínimo de produção encontra-se um pouco abaixo da capacidade teórica da organização, conforme indica a Figura 15.

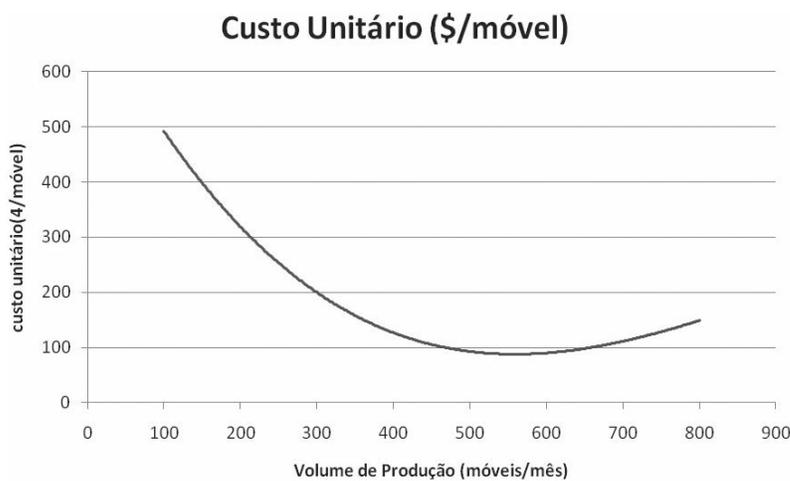


Figura 15 Custo unitário em função do volume de produção.

Como uma extensão desse conceito, Slack, Chambers & Johnston (2007) atestam que os pontos de custo mínimo são encontrados em fábricas com maior capacidade por dois motivos, relacionados à economia de escala:

1. Os custos fixos não aumentam na mesma proporção da capacidade de produção, ou seja, duas fábricas com capacidade de produção de 300 móveis/mês possuem maior custo fixo do que uma fábrica de 600 móveis/mês, pois no primeiro caso, há recursos que devem ser desembolsados em duplicidade;
2. Os custos para construção da planta não aumentam proporcionalmente, ou seja, o custo para construir uma planta de uma fábrica com capacidade de produzir 600 móveis/mês é menor que o custo para construção de duas fábricas de 300 móveis/mês.

Porém acima de um limite de capacidade, os autores acima citados também informam que o ponto de custo mínimo pode aumentar.

Dois fatores também são importantes para serem discutidos:

1. Os custos logísticos de transporte passam a ser muito altos. Em uma situação extrema, considere que uma planta única de maior capacidade deverá receber toda a matéria-prima e despachar todos os produtos acabados de e para locais muito distantes. Em uma situação de operação com, por exemplo, três fábricas, o custo logístico poderia ser menor;
2. O aumento da capacidade torna a comunicação e a coordenação das operações mais complexas.

A Figura 16 apresenta uma comparação de curvas para fábricas com capacidade de produção variada, sendo que a linha tracejada indica os custos mínimos da capacidade de produção teórica.

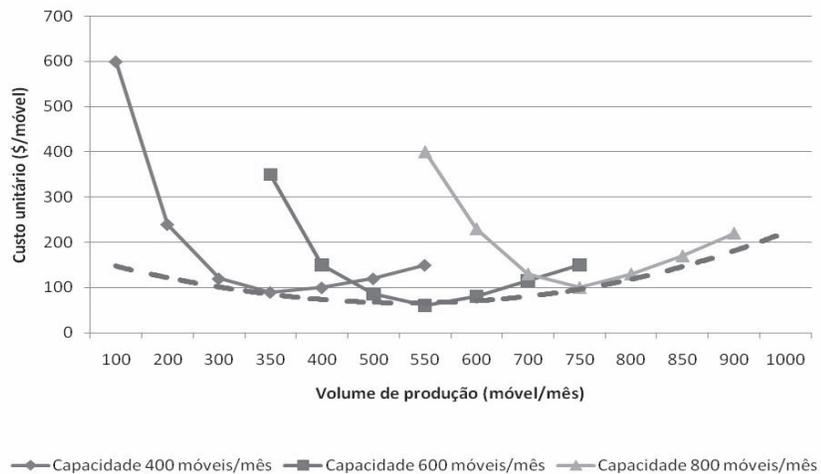


Figura 16 Custo unitário para capacidades de produção diferentes.

Fonte: adaptada de Slack, Chambers & Johnston (2007).

5.4 Balanceamento da linha e o conceito de gargalo

A capacidade produtiva de uma organização deve estar alinhada com a capacidade de suas operações internas. No exemplo utilizado na seção anterior, com a fábrica de móveis operando com capacidade de 600 unidades por mês, todas as operações internas que formam a linha de produção precisam ter a mesma capacidade. Supondo que o processo de produção de móveis tenha as etapas sequenciais de:

- Corte de chapas e perfis;
- Montagem;
- Estofamento;
- Embalagem.

Em todas essas etapas, a capacidade de produção mínima deve ser de 600 móveis por mês, senão, toda a linha de produção estará submetida à capacidade de sua operação mais lenta. Essa operação mais lenta é chamada de “gargalo”, pois restringe todas as demais operações da cadeia produtiva.

Slack, Chambers & Johnston (2007) fazem uma analogia de um sistema de várias etapas de produção, apresentando capacidades diferentes, com uma tubulação por onde passa um líquido. Essa analogia foi adaptada para o sistema de produção de móveis como indica a Figura 17.

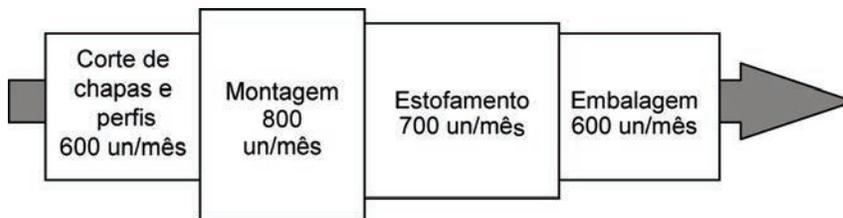


Figura 17 Conceito de gargalo.

Fonte: adaptada de Slack, Chambers e Johnston (2007).

Observa-se que as atividades “corte de chapas e perfis” e “embalagem” possuem menor capacidade e, devido a isso irão limitar as demais operações, “montagem” e “estofamento” em 600 móveis por mês. As atividades de montagem e estofamento possuem folga de capacidade.

5.5 Ajuste entre capacidade de produção e demanda

Conforme observado anteriormente, a produção busca sempre maneiras de atender a demanda, visando proporcionar um bom nível de serviço que possa fidelizar os clientes.

Para compatibilizar a capacidade de produção das empresas e a demanda por produtos, é possível adotar uma das duas estratégias extremas, segundo Slack, Chambers & Johnston (2007):

- *Capacidade que antecede à demanda:* Estratégia que programa o aumento de capacidade da operação/fábrica de forma a garantir que haja sempre capacidade suficiente para atender a demanda prevista.

- *Capacidade que acompanha a demanda*: Estratégia que ajusta a capacidade da operação/fábrica de modo que a demanda seja sempre igual ou maior do que a capacidade.

A Figura 18 apresenta as duas estratégias. Percebe-se que na estratégia em que a capacidade extrapola a demanda, esta é sempre satisfeita, o que é positivo em termos de nível de serviço. No entanto, na estratégia cuja a capacidade acompanha a demanda, esta não é totalmente atendida e tudo o que é produzido é efetivamente absorvido pelo mercado.

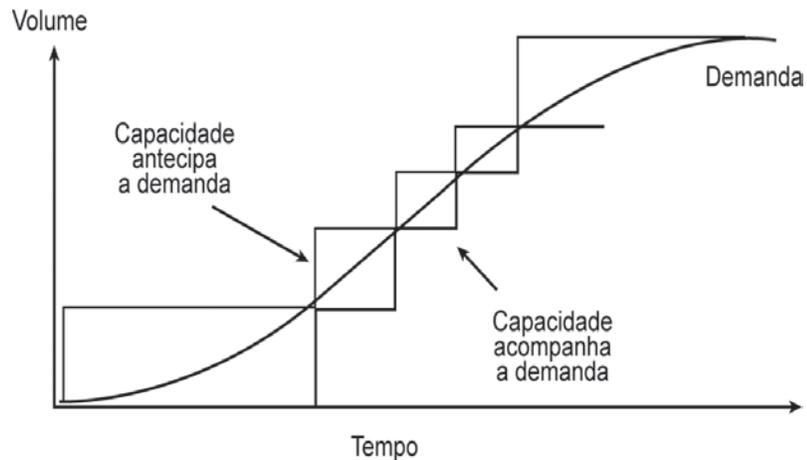


Figura 18 Estratégias de ajuste entre a produção e demanda.

Fonte: adaptada de Slack, Chambers & Johnston (2007).

Os autores apresentam ainda uma terceira opção entre as duas apresentadas que é o “ajuste com estoques”. Nessa estratégia utiliza-se estoques para contrabalancear a produção e a demanda. A quantidade de itens cuja produção é excedida em um período, termina por ser consumida no período subsequente, como apresenta a Figura 19.

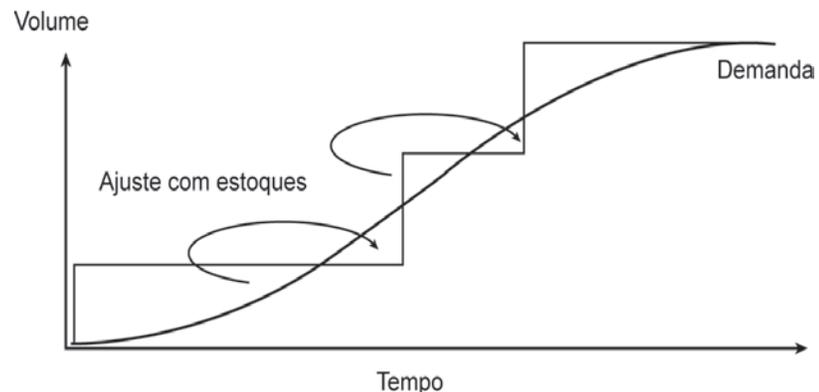


Figura 19 Estratégias de ajuste com estoques.

Fonte: adaptada de Slack, Chambers & Johnston (2007).

As principais vantagens e desvantagens das três opções para equilibrar produção e demanda foram condensadas no Quadro 1.

Quadro 1 Estratégias de ajuste da capacidade de produção e da demanda.

Estratégia	Vantagens	Desvantagens
Antecipação à demanda	Sempre há capacidade suficiente para atender a demanda. Problemas na partida afetam menos.	Utilização das fábricas é baixa: custos altos. Antecipação do desembolso de capital.
Acompanhamento da demanda	Sempre há demanda suficiente. Adiado o desembolso de capital com as fábricas.	Capacidade insuficiente para atender totalmente a demanda. Sem habilidade para aproveitar aumentos da demanda a curto prazo.
Ajuste com estoques	Demanda é satisfeita, os clientes estão satisfeitos e as receitas são maximizadas.	Custo de estoques pode ser alto. Risco de deterioração e obsolescência.

Para manter o equilíbrio entre a capacidade produtiva e a demanda, é possível adotar duas alternativas, segundo Corrêa & Corrêa (2008), com as seguintes estratégias:

- Influenciar a demanda para ajustá-la à capacidade

Estratégias:

- Fazer promoções de preços;
- Alterar temporariamente o foco e os componentes do pacote de serviços;
- Estabelecer comunicação com o cliente sobre o momento de efetuar compras;
- Estimular o acesso virtual a serviços;
- Utilizar sistemas de reservas.

- Alterar a capacidade de produção, ajustando-a à demanda

Estratégias:

- Alterar a programação de turnos de trabalho;
- Utilizar horas ou turnos extras;

- Subcontratar serviços com terceiros;
- Criar meios para aumentar a participação do cliente no serviço, como em processos *self-service*;
- Maximizar eficiência em horários de pico, por meio da concentração de esforços nas atividades consideradas críticas.

5.6 Tipo de resposta à demanda

Os sistemas de produção podem ser configurados pelas organizações produtoras de bens e prestadoras de serviços a partir de diferentes tipos de resposta à demanda. Slack, Chambers & Johnston (2007) apresentam três tipos principais:

Obter recursos contra pedido (Resource to order - RTO)

Tipo de resposta no qual os recursos necessários para a produção de bens ou prestação de serviços são adquiridos apenas mediante a confirmação do pedido por parte do cliente. Por exemplo, ao se construir uma casa, os recursos como, o próprio projeto, as matérias-primas, a mão de obra, etc. vão sendo contratados ou adquiridos à medida que se tornam necessários.

Os produtos que se encontram nessa categoria costumam ser bastante customizados, e sua demanda é pontual e muito específica.

Fazer contra pedido (Make to order - MTO)

Resposta da produção na qual o serviço ou produto passa a ser feito apenas quando o pedido é colocado, sendo que a compra das matérias-primas/componentes já é feita previamente. Um exemplo é o serviço prestado por um restaurante *à la carte* onde as matérias-primas estão disponíveis e aguardam um pedido de prato específico para ser executado.

Os produtos dessa categoria costumam ter maior padronização que os produtos que operam com resposta RTO, mas ainda assim, podem estar sujeitos a algum tipo de customização.

Fazer para estoque (Make to stock - MTS)

Sistema no qual a produção se antecipa à demanda, gerando os produtos que são mantidos em espera até que haja uma solicitação por parte

dos clientes. Esse sistema possui como característica a formação de estoques de produtos acabados e o tipo de produto que costuma ser fabricado é padronizado, sem qualquer tipo de customização.

Os autores citados acima ainda apresentam um quarto tipo de resposta à demanda, híbrido, onde a empresa faz a maior parte de seus pedidos para estoque, porém, a montagem ocorre apenas contra pedido:

Montagem contra pedido (Assembly to order – ATO)

Esse ambiente é caracterizado quando as empresas possuem os subconjuntos já prontos, mas o produto final é montado após a solicitação do produto.

Outra maneira de representar a diferenciação entre os tipos de resposta à demanda é através da relação entre as grandezas P e D (SHINGO, 1981 apud SLACK, CHAMBERS & JOHNSTON, 2007):

- “P” (Produção) corresponde ao tempo que a operação ocupa para fazer as tarefas de obter os recursos, produzir e entregar o produto ou serviço.
- “D” (Demanda) é o tempo total de espera dos clientes entre a colocação do pedido e o seu recebimento.

A Figura 20 mostra como ocorre o relacionamento entre as duas grandezas para os tipos de resposta RTO, MTO e MTS, distribuídos entre as atividades de compra de matérias-primas e insumos, fazer o produto e entregar ao cliente.

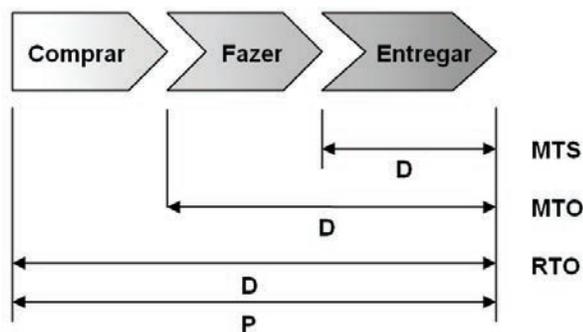


Figura 20 Razão entre P e D conforme o tipo de resposta.

O tempo de produção “P” é sempre o mesmo para os três tipos de resposta à demanda. Já o tempo de demanda “D”, que é o tempo percebido pelo cliente, varia conforme o caso.

No sistema RTO, há a coincidência dos dois tempos, ou seja, o tempo de recebimento do pedido (D) é igual ao tempo de produzi-lo (P). Assim, o cliente demorará para ser atendido o tempo total das atividades de compra, execução e entrega. Do ponto de vista da organização que fornece o bem ou o serviço, o tipo de resposta RTO proporciona menores desembolsos de materiais, pois as matérias-primas e os insumos que serão utilizados são adquiridos apenas após a colocação do pedido, sem gerar desperdício nem perdas por obsolescência, por exemplo. Lembra-se que, geralmente o produto desse tipo de resposta à demanda é muito específico.

No caso oposto, do tipo de resposta MTS, há a presença dos estoques de produtos acabados. Assim, o tempo de demanda (D) percebido pelo cliente corresponde apenas ao tempo de entrega do produto.

Em uma situação intermediária, o tipo de resposta MTO fabrica apenas contra pedido. O tempo percebido pelo cliente corresponde apenas à execução e entrega do produto.

A relação entre P e D do tipo de resposta ATO é apresentada abaixo na Figura 21. Ela difere das anteriores, pois a operação de montagem é desvinculada da execução, e assim, o tempo de demanda (D) corresponde apenas às operações de montagem e entrega.

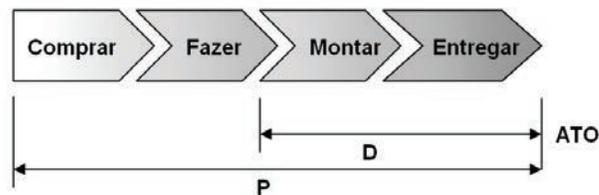


Figura 21 Razão entre P e D para o tipo de resposta ATO.

5.7 Sistemas de controle da produção

Ao desdobrar a capacidade de produção (de bens ou serviços) de uma organização para o nível das operações internas das organizações, é necessário programar a carga alocada a cada centro de trabalho e definir como coordenar o fluxo de materiais entre operações sequenciais.

No Japão, nos anos 1970, foram consolidadas, na Toyota, experiências de redução de diversas formas de desperdício (de tempo, de recursos, de movimentação, retrabalho e outros), a partir das quais se configurou o sistema que hoje é conhecido como produção enxuta.

Uma série de filosofias de produção surgiu a partir dessa época, com várias nomenclaturas como sistema *Just in Time* (JIT), Sistema Toyota de

Produção e outros. Esse sistema caracteriza a produção puxada, em oposição ao sistema de produção empurrado, que até então era vigente na maioria das empresas, desde o início da produção industrial.

O sistema *Just in Time* possui uma série de conceitos onde o controle de produção puxado é apenas um dos componentes, juntamente com a redução dos desperdícios, a busca pela entrega dos materiais corretos, no lugar e data/hora corretos, colaboradores multifuncionais e sistema de gestão da qualidade, dentre outros.

Sistema de produção empurrado (Push)

Segundo Corrêa & Corrêa (2008), os sistemas empurrados são tradicionais, e empurram a produção a partir da compra de matérias-primas e seus componentes até os estoques de produtos acabados. O tipo de resposta à demanda que esse sistema considera é tipicamente *Make to Stock* (MTS). Segundo os autores, tais sistemas disparam a produção por três condições:

- Há disponibilidade de material e componentes para serem processados;
- Os recursos necessários para executar os processos estão disponíveis;
- Há ordens de produção geradas que, a partir de previsões de demanda, disparam programas de produção baseados nas estruturas dos produtos.

Conforme Slack, Johnston & Chambers (2007) complementam, cada centro de trabalho empurra a tarefa (a peça, o cliente, etc.) para a próxima atividade sem considerar se o centro de trabalho seguinte possui condições para realizá-la.

Sistema de produção puxado (Pull)

O tipo de resposta típica do sistema de produção puxado é o sistema *Make to Order* (MTO). Corrêa & Corrêa (2006) também apresentam três condições para o disparo da produção nesse sistema:

- O sinal para o disparo da produção vem da demanda, por meio, por exemplo, de um sistema kanban (um sistema de coordenação da produção que corresponde a uma autorização de produção no sistema puxado, dentro da filosofia *Just in Time*);
- Há disponibilidade de equipamento (máquina disponível) para início imediato da produção quando há solicitação

- Há disponibilidade de material para dar início à produção quando a demanda indicar essa necessidade.

Percebe-se que na sistemática do trabalho puxado, o centro de trabalho apenas irá executar uma tarefa se a tarefa subsequente solicitar a sua realização.

Comparação entre os dois sistemas

O sistema de produção puxado possui uma grande vantagem que é a redução do estoque em processo e do estoque de produtos acabados, que possuem um alto custo de imobilizado. Uma vez que é a própria demanda que dispara o processo, não há itens que ficam parados ao longo da linha de produção.

Essa prática também aumenta o controle e o rastreamento dos itens produzidos, pois cada lote produzido pode ter a posse identificada pelo cliente. Adicionalmente, uma vez que os estoques são reduzidos, os riscos de perdas por obsolescência e por deterioração são menores do que no sistema empurrado.

Como desvantagens, o sistema de produção puxado pode apresentar um nível de serviço mais baixo para o cliente, uma vez que, devido ao tempo de produção e entrega, será necessário que o cliente aguarde um prazo um pouco maior do que no sistema empurrado, quando geralmente há produto acabado em estoque.

Outra desvantagem é que, como as máquinas operam apenas em resposta a uma demanda, máquinas e recursos humanos costumam apresentar ociosidade muito maior do que no sistema de produção empurrado. No sistema empurrado, toda a capacidade de produção das máquinas e dos recursos humanos é utilizada, ainda que os produtos finais não possuam garantia de serem inseridos no mercado.

A Figura 22 ilustra a diferença entre os sistemas puxado e empurrado quanto à geração de estoques intermediários.



Figura 22 Comparação dos estoques intermediários entre os sistemas empurrado e puxado.

Fonte: adaptada de Slack, Chambers & Johnston (2007).

Observa-se que a diferença entre os dois sistemas é o descompasso entre a produção e os itens que são realmente demandados no processo seguinte.

No sistema empurrado, os estoques são mantidos em virtude de duas causas principais: a falta de coordenação e as incertezas (CORRÊA & CORRÊA, 2008). Já no sistema puxado, apenas a quantidade necessária é produzida na etapa anterior, até chegar à montagem dos componentes primários.

Krajewski, Ritzman & Malhota (2009) apresentam um exemplo interessante que diferencia os sistemas puxado e empurrado para um mesmo ramo, porém com serviços diferentes: um restaurante *à la carte* e um restaurante tipo *self-service*. O primeiro opera em um sistema puxado, uma vez que os pratos são preparados apenas a partir da demanda do cliente. Já o restaurante o segundo opera em sistema empurrado, pois, independente da demanda, ainda que esta seja prevista, a produção de pratos continua ocorrendo sem a garantia de consumo por parte dos clientes.

5.8 Considerações finais

O planejamento da capacidade de produção das organizações visa o pleno atendimento da demanda por produtos e serviços. Em uma situação ideal, essas duas grandezas: produção e demanda, se equilibrariam perfeitamente. No entanto, as incertezas da demanda e a necessidade de atender bem o cliente (alto nível de serviço) fazem com que haja estoques de produtos acabados, para atendimento de clientes externos e de itens em processo, para atendimento dos clientes internos.

Uma vez que a demanda é incerta, as organizações podem adotar estratégias diferentes para programar a produção, conforme abordado na unidade: antecipação à demanda, em resposta a demanda ou ainda o ajuste com estoques, todas com vantagens e desvantagens. A escolha ocorre em função do tipo de produto e da própria previsão da demanda.

O tipo de resposta à demanda (MTO, MTS, etc.) e o sistema de controle da produção (puxado e empurrado) também são estratégias operacionais que as organizações podem implantar para coordenar a produção dos bens e serviços e fornecer uma resposta ao cliente. Em função dessas políticas, pode-se obter economias, principalmente devido à redução de estoques.

A escolha de qual sistema adotar depende do tipo de produto (possibilidade de deterioração, obsolescência, produto customizado ou de série, etc.), da cultura da empresa e das necessidades dos clientes quanto a seus objetivos de desempenho (qualidade, custo, velocidade de atendimento, etc.)

Para as empresas, é possível encontrar sistemas mistos, onde alguns produtos ou uma parte da produção podem seguir uma estratégia e os demais, uma outra.

5.9 Estudos complementares

GAITHER, N. ; FRAZIER, G. *Administração da produção e operações*. 8. ed. São Paulo: Thomson Learning, 2006.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. *Administração da produção*. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005. 562 p.

UNIDADE 6

Planejamento e controle da produção:
estoques

6.1 Primeiras palavras

A manutenção de estoques é uma das três atividades primárias da logística, de fundamental importância para a manutenção de diversas operações produtivas, tanto de produção de bens como de prestação de serviços.

Os estoques possuem origem antiga, e sua utilidade foi consolidada quando o homem deixou a condição de caçador/coletor e iniciou a prática da agricultura. Devido aos ciclos de produção agrícola (safra), era necessário provisionar alimentos para serem consumidos em épocas de menor disponibilidade, e assim iniciou-se a atividade de armazenamento. A partir disso, e do desenvolvimento do comércio, os estoques passaram a representar um importante ativo econômico, que poderia ser utilizado para gerar renda aos produtores através do comércio.

Diversos locais podem servir para armazenar materiais, como galpões de empresas, pátios, chão de fábrica, centros de distribuição e varejistas de maneira geral. É possível também manter estoques armazenados em trânsito; sobre veículos, por exemplo, estoque sobre rodas, bastante utilizados para produtos agrícolas. De qualquer maneira, os estoques são elementos fundamentais para que as empresas mantenham suas atividades e atendam melhor aos seus consumidores ao longo da cadeia de suprimentos.

Uma empresa pode manter estoques de diversos tipos em seus processos, conforme o ponto em que o material será utilizado. Inicialmente, destaca-se dois estoques para discussão do ponto de vista logístico: de matérias-primas (interface com fornecedores) e de produtos acabados (interface com clientes):

- *Na interface entre a empresa e seus fornecedores*, uma das situações de maior risco do ponto de vista de gestão de sistemas produtivos é a interrupção das atividades por falta de matéria-prima. Para contornar esse problema, as empresas buscam efetuar o planejamento de estoques com bastante cautela, de modo a não parar a produção. Políticas de reposição de estoque e técnicas de previsão de demanda são utilizadas como instrumentos da gestão de estoques;
- *Na interface entre a empresa e seus clientes*, as empresas também não desejam ter vendas perdidas por falta de estoques de produtos acabados. Caso isso ocorra, há risco de perda de clientes. Como forma de se evitar esse contratempo, as empresas também realizam pesquisas de mercado e de previsão de demanda, para buscar a melhor adequação entre produção e vendas.

As duas situações observadas, uma do lado do fornecimento e outra do lado da demanda, indicam a importância da gestão de estoques para a logística.

Como regra geral, bens mantidos em estoque demandam desembolsos para serem obtidos, como custo de aquisição de matérias-primas, energia e outros elementos, no caso de manufatura. Estes custos serão compensados apenas a partir da venda do produto, quando ocorre a entrada de capital do cliente.

Nesse hiato de tempo entre os desembolsos para a aquisição/fabricação do produto e a entrada do capital do cliente, há risco de o estoque perder seu valor por diversos motivos: validade (alimentos) obsolescência (produtos eletrônicos), moda (roupas), quebras e avarias (produtos frágeis), etc. Dessa maneira, a melhor situação indica a manutenção da menor quantidade possível de produtos em estoque, porém essa prática pode resultar na perda de clientes em função da menor disponibilidade de produtos.

Com o propósito de entender a utilidade dos estoques, esta unidade aborda os conceitos básicos sobre estoques, seus tipos e algumas metodologias para sua boa gestão.

6.2 Problematizando o tema

Estoques são acumulações de matérias-primas, suprimentos, componentes, materiais em processo e produtos acabados que surgem em numerosos pontos do canal de produção e logística das empresas (BALLOU, 2006, p. 271).

O objetivo da gestão de estoques é amortecer os desbalanceamentos do fluxo de bens entre estágios diferentes da cadeia produtiva. Tomando como exemplo o estoque de produtos a serem vendidos por um varejista, a manutenção de um nível de estoque alto proporciona a seus clientes a comodidade de se ter produtos disponíveis sempre. Por outro lado, ter os produtos sempre disponíveis impõe ao varejista efetuar desembolsos prévios. Dessa forma, este mecanismo de compensação (trade off) envolve dois objetivos de desempenho concorrentes: custo versus disponibilidade.

Como forma de atenuar o descompasso entre nível de serviço oferecido aos clientes e os custos, a gestão de estoques pode utilizar algumas ferramentas de apoio:

- Técnicas de previsão de demanda buscam utilizar valores históricos para prever as vendas futuras e assim ajustar as interfaces entre a empresa focal e seus fornecedores e a empresa focal e seus clientes;

- Sistemas de controle de estoques (WMS – *Warehouse Management System*) podem acompanhar a localização e a quantidade de itens no armazém e disparar a compra de matérias-primas quando o patamar de estoque mínimo de segurança for atingido;
- Práticas de colaboração na relação cliente – fornecedor permitem a troca constante de informações sobre a dinâmica de vendas, proporcionando o rápido ressuprimento de materiais.

A manutenção de estoques possui pontos positivos e negativos, os quais foram resumidos abaixo (BALLOU, 2006):

Pontos positivos

- Melhoria do nível de serviço prestado ao cliente

Os estoques aumentam a disponibilidade de itens, garantindo maior atendimento das necessidades dos clientes internos da organização (setores consumidores de matérias-primas, de produtos em processo, etc.) ou clientes externos (consumidores de produtos acabados).

A certeza de atendimento pode resultar em aumento das vendas, uma vez que o cliente tende a retornar quando sabe que o produto está sempre disponível.

- Redução de custos indiretos

Embora a manutenção de estoques represente um custo adicional, sua utilização reduz outras atividades:

1. O volume de produção pode ser independente da demanda, quanto se dispõe de estoque suficiente para funcionar como pulmão entre produção e demanda.
2. A possibilidade de estocar proporciona economias em transporte. Uma empresa pode efetuar compras em volume maior, que atenda as necessidades imediatas e futuras e obter descontos de preços em função da quantidade. Com isso, o custo do transporte por item é reduzido, porém, o aumento do volume de embarque irá requerer maior estoque nos extremos do canal de transportes (fazer o estoque para embarque na empresa de origem e armazenar o estoque na empresa de destino).

3. A compra antecipada para estoques permite adquirir mercadorias por preços mais baixos, deixando de ter que comprá-los no futuro, a preços mais altos. O maior volume de materiais adquiridos, porém, aumenta o custo dos estoques, o que pode ser compensado pelo ganho da venda futura.
4. A produção e o transporte de mercadorias na cadeia de suprimentos estão sujeitos a incertezas que podem provocar impacto sobre os custos operacionais e sobre os níveis de serviço ao cliente. Os estoques podem ser usados para atenuar essas incertezas e facilitar as operações logísticas.
5. As operações logísticas estão sujeitas a: greves, desastres naturais, aumentos repentinos de demanda, etc., para os quais os estoques representam boas medidas de proteção.

Pontos negativos

- O estoque constitui capital imobilizado, sendo um ativo financeiro que está parado na forma de produto e que pode inclusive perder valor ao longo do tempo, devido à perecibilidade, obsolescência, perda de qualidade e outros fatores de risco;
- Por amortecer as variações decorrentes da produção, os estoques encobrem problemas relativos à qualidade;
- A utilização de estoques promove isolamento entre elos da cadeia de suprimentos. Dessa maneira, oportunidades que surgem da integração da cadeia não são aproveitadas.

A boa gestão de estoques deve buscar respostas para algumas questões fundamentais:

- O que deve ser estocado?
- Quando os estoques devem ser repostos?
- Quanto se deve repor no estoque?

6.3 Tipos de estoque

Os estoques estão presentes em diversos estágios da produção. O Quadro 2 indica os tipos de estoque conforme classificação proposta por Dias (2009).

Quadro 2 Tipos de estoque.

Tipo de estoque	Características
Matérias-primas	Materiais necessários para a produção do produto acabado, com consumo proporcional ao volume de produção. Pode consistir em itens que foram comprados de outras companhias ou transferidos de outra divisão da mesma empresa.
Produtos em Processo (Work in Process – WIP)	Materiais que estão sendo usados no processo fabril, parcialmente acabados, que estão em algum estágio intermediário de produção. Representa qualquer peça/componente que já foi de alguma forma processado e que adquire outras características no fim do processo produtivo.
Produtos acabados	Itens que já foram produzidos e que ainda não foram vendidos. <ul style="list-style-type: none">➤ As indústrias que produzem contra pedido (MTO) mantêm estes estoques baixos, uma vez que os bens já foram vendidos antes de serem produzidos.➤ Nas empresas que produzem para estoque (MTS), a incerteza das vendas obriga a manutenção de estoques maiores.
Materiais auxiliares à produção (insumos)	São itens de apoio à produção, tais como graxas, óleo lubrificante e materiais de desgaste, que participam da transformação da matéria-prima em produto acabado.
Materiais de manutenção	São os itens utilizados na manutenção das máquinas e nas instalações do ambiente fabril, como rolamentos, ferramentas, buchas, estopa, anéis, etc.

Fonte: adaptado de Dias (2009).

6.4 Demanda independente e dependente

Na gestão de estoques, assim como na programação da produção, é importante que se conheça o conceito de demanda independente e dependente. Muitos sistemas de controle de estoques baseiam-se na demanda de produtos finais e conseqüentemente das demandas que derivam da produção desses produtos.

Chase, Jacobs & Aquilano (2006, p. 417) distinguem os dois termos: “[...] na demanda independente, as demandas por itens diversos não são relacionadas entre si.” e “Na demanda dependente, a necessidade de qualquer item é um resultado direto da necessidade de outro item, geralmente um que esteja em um nível mais alto que aquele”.

Um exemplo clássico, utilizado para compreender as diferenças entre as demandas dependente e independente é o das montadoras de automóveis. A demanda por automóveis é independente, sendo resultado de uma série de fatores econômicos e promocionais, sem vínculo com outros produtos.

Por outro lado, se houver uma demanda de 1000 veículos a serem produzidos, haverá uma demanda de 5000 pneus (4 originais + 1 estepe), em função da dependência da relação pneus/veículo.

Esse conceito é particularmente útil na programação da produção, para alocar carga de trabalho às máquinas frente à fabricação de novos itens e no atendimento a pedidos, para atualização da quantidade de peças em estoque.

6.5 Controle do nível de estoque

Uma maneira de entender a dinâmica de consumo e reposição de estoques é utilizar de meios gráficos como as “curvas dente de serra”. A Figura 23 apresenta a quantidade de itens estocados (Q) no eixo y e o tempo (T) no eixo x que possui alterações cíclicas entre o consumo e a reposição dos produtos.

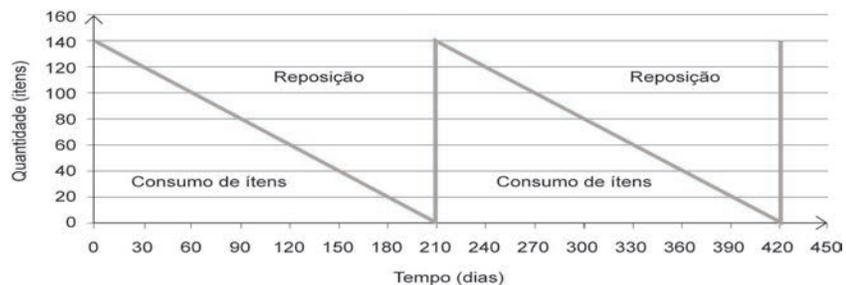


Figura 23 Dinâmica de estoques: consumo e reposição.

Nesse exemplo, o estoque iniciou o período com 140 unidades, que foram consumidas em um período de 210 dias (7 meses), quando o estoque foi repostado na mesma quantidade de 140 unidades.

O padrão apresentado acima é mantido apenas em uma condição perfeita, ou seja, se a taxa de consumo de itens se mantiver constante, se o fornecedor mantiver os prazos de entrega corretamente e se os itens forem repostos na quantidade correta. No entanto, essas condições são muito difíceis de ocorrer

na prática (DIAS, 2009).

Há diversas políticas para controlar o nível dos estoques, os sistemas de revisão contínua e de revisão periódica são as mais conhecidas.

6.5.1 Política de revisão contínua ou ponto de pedido

Na abordagem por ponto de pedido, os estoques são sempre monitorados e atualizados a cada transação realizada e um novo pedido é colocado quando o estoque disponível (ED) atinge o ponto de pedido (PP), ou seja:

$$ED \leq PP$$

Esse ponto indica o estoque disponível para atendimento dos clientes até que o estoque seja efetivamente repost. Neste intervalo de tempo podem ocorrer condições adversas como: atraso na entrega, aumento do consumo ou o estoque zerar.

A Figura 24 abaixo apresenta essa política graficamente, com ponto de pedido de 20 unidades.

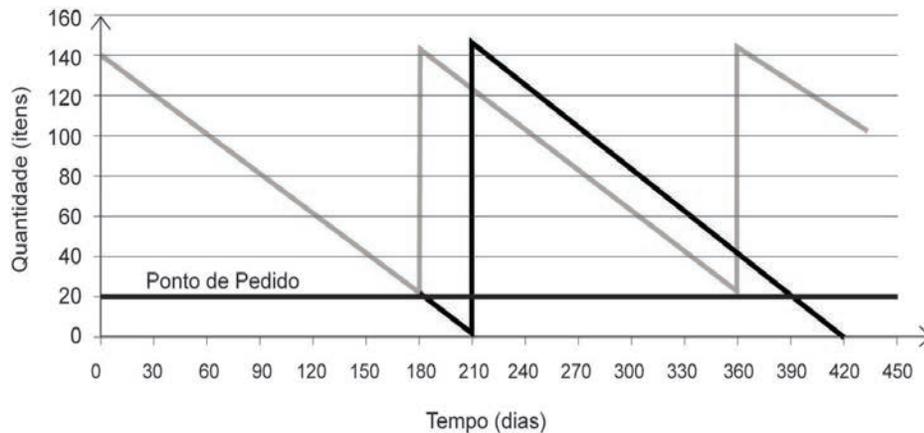


Figura 24 Política de revisão por ponto de pedido.

A linha em azul indica como seria uma situação ideal, com ressurgimento imediato em T=180 dias com um lote de 120 unidades para se atingir novamente as 140 unidades iniciais.

A linha em vermelho apresenta uma situação mais realista, com pedido colocado em T=180 dias e reposição dos itens em T=210 dias, com reposição de 140 unidades.

As 20 unidades do ponto de pedido constituem uma segurança para eventualidades que podem ocorrer no período.

Ressalta-se que, nesse exemplo, o estoque zerou em T=210 dias. No entanto, o cálculo do ponto de pedido pode considerar ainda um estoque mínimo de segurança para possíveis variações (E.Mn).

O tempo transcorrido de 30 dias (entre o dia 180 e o dia 210) é o tempo de reposição (TR), ou seja, o tempo gasto entre a verificação de que o estoque precisa ser repostado e a colocação do pedido até a chegada efetiva do material. O tempo de reposição (TR), ou *lead time*, é formado por três partes (DIAS, 2009, p.).

- **Tempo de emissão do pedido:** Tempo decorrido entre a emissão do pedido de compra até sua chegada ao fornecedor;
- **Tempo de preparação do pedido:** Tempo para fabricar os produtos, separá-los, emitir faturamento e deixá-los prontos para o transporte;
- **Tempo de transporte:** Tempo decorrido entre a saída dos itens do fornecedor até o recebimento na empresa.

Assim, o ponto de pedido é dado em função do histórico de consumo (C), do tempo de reposição (TR) e do estoque mínimo de segurança para variações (E.Mn):

$$PP = C \times TR + E.Mn$$

Na qual:

PP = Ponto de pedido (unidades)

C = Consumo médio mensal (unidades/mês)

TR = Tempo de reposição (meses)

E.Mn. = Estoque mínimo (unidades)

Obs: O cálculo pode ser dado em outras unidades de tempo.

Constata-se que determinado item necessita de um novo suprimento quando o estoque disponível (ED) atingiu o ponto de pedido (PP). O estoque disponível (ED) é formado pela soma de três parcelas:

$$ED = EE + FA + EI$$

Na qual:

ED = Estoque disponível (unidades)

EE = Estoque existente (unidades)

FA = Fornecimento em atraso (unidades)

EI = Estoque em inspeção (unidades)

A quantidade de materiais do estoque disponível (ED) deverá ser suficiente para suportar o consumo durante o tempo de reposição ($C \times TR$), além do estoque mínimo de segurança (E Mn), conforme indica a Figura 25.

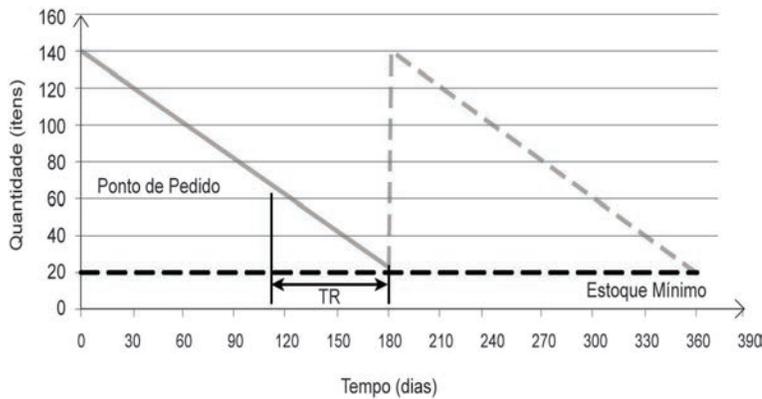


Figura 25 Política de revisão contínua.

Nesse exemplo, observa-se que a quantidade de itens a serem repostos a cada ciclo correspondem à reposição da quantidade inicial de cada período, aqui estipulada em 140 unidades. Outros modelos podem considerar quantidades de reposição Q diferentes.

6.5.2 Política de revisão periódica

Nesse sistema, o estoque é repostado em intervalos regulares e fixos de tempo, por exemplo, a cada 15 dias ou a cada mês, esses são os chamados períodos de revisão, nos quais a quantidade requisitada é a diferença entre o estoque no momento e a quantidade necessária para a demanda do próximo período.

Considera-se também um estoque mínimo de segurança (E Mn), que deve ser dimensionado de forma a prevenir o consumo acima do normal e/ou atrasos de entrega durante o tempo de reposição (TR).

A Figura 26 apresenta o esquema gráfico para a política de revisão periódica, com intervalo de 60 dias entre revisões.

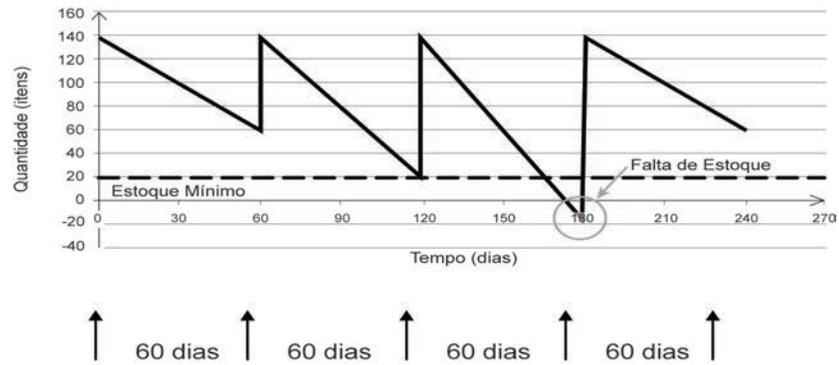


Figura 26 Política de revisão periódica.

Nesse exemplo, a quantidade de itens repostos visou o reabastecimento de 140 unidades, sendo variável a cada período em função do estoque disponível. Ressalta-se também que a colocação dos pedidos é realizada antes dos prazos indicados ($T = 60, 120, 180$ [...] dias) e considera-se que não houve variação do tempo de reposição (TR) de modo a manter a periodicidade das reposições.

Em função da variação no consumo em cada período (inclinação da linha de consumo), o diagrama apresentou falta de estoque entre dias 120 e 180, quando clientes não foram satisfeitos ao término do período.

Alguns aspectos devem ser considerados:

- A baixa frequência entre as revisões (períodos longos) acarreta um estoque médio alto e como consequência um aumento no custo de estocagem;
- A alta frequência entre as revisões (períodos curtos) acarreta um baixo estoque médio e como consequência, um aumento no custo de pedido e risco de não atendimento.

Para minimizar esses riscos devem ser calculadas revisões para cada material estocado ou para cada classe de materiais, de acordo com os objetivos operacionais e financeiros da empresa. A escolha de um calendário para as revisões também é importante para:

- Definir o volume dos materiais a serem comprados;
- Listar os itens de uso comum para serem processados simultaneamente;
- Executar uma única compra;
- Efetuar compras e entregas programadas, optando pela determinação das periodicidades mais convenientes das necessidades.

6.5.3 Comparação entre as políticas de revisão

A política de revisão contínua possui como vantagens

- Minimização do risco de falta de mercadorias graças ao monitoramento constante;
- Manutenção de menor quantidade de itens em estoque em comparação com a política de revisão periódica;
- Possibilidade de oferecimento de melhor nível de serviço aos clientes, pela garantia de disponibilidade de produtos.

No entanto, ela apresenta algumas desvantagens em comparação com a política de revisão periódica:

- Na revisão contínua, os produtos são solicitados em épocas diferentes uns dos outros, e assim a empresa não se beneficia com economias de escala, envolvendo produção, transporte e aquisição conjuntas;
- É necessário um sistema de monitoramento constante e mais robusto, o que eleva o custo administrativo. Na revisão periódica, os controles podem ser mais simples;
- É indicada maior previsibilidade de aquisição aos fornecedores, que podem se beneficiar dessa informação para especular preços, pois sabe-se quando os pedidos serão feitos.

6.6 Custos de estoques e o lote econômico de compra

O armazenamento de materiais implica na ocorrência de custos que devem ser cobertos pela organização. Os custos são ampliados na medida em que aumenta a quantidade de materiais em estoque e a frequência da movimentação desses itens. Tais custos foram apresentados por Slack, Chambers & Johnston (2007), dos quais alguns são listados no Quadro 3.

Quadro 3 Tipos de custo relacionados a estoques.

Tipo de custo	Descrição
Custo de colocação do pedido	Custo associado a cada pedido realizado para reabastecer os estoques, referentes à documentação, separação do pedido e envio.
Custo de desconto de preços	Mecanismo para oferecer descontos para grandes quantidades adquiridas e/ou sobretaxa para pequenos pedidos.
Custo de falta de estoque	Custos originados de faltas de materiais e falhas no atendimento dos consumidores.
Custos de armazenagem	Custos associados à armazenagem física dos bens, como locação, climatização e mão de obra.
Custos de obsolescência	Custos associados aos riscos do produto se tornar obsoleto ou se deteriorar.

Uma das abordagens de custo mais utilizadas na gestão de estoques é a determinação do lote econômico de compra (LEC) ou EOQ (*Economic Order Quantity*), cuja metodologia busca equilibrar o custo de manutenção de estoques com o custo de pedido:

- O custo de manutenção de estoques inclui o valor do capital investido, aluguel, seguro, taxas de água, energia, custos de movimentação, manuseio e distribuição e o risco de obsolescência.
- O custo de pedido refere-se aos valores de colocação de pedidos e aos valores de desconto no preço.

O custo de manutenção de estoques é dado pela expressão:

$$\text{Custo de manutenção de estoques} = Q/2 * I$$

Na qual:

$$Q/2 = \text{Estoque médio}$$

I = Custo de manutenção por unidade de produto estocada no período considerado.

Há duas hipóteses necessárias para que essa expressão seja válida:

- O custo de armazenagem é proporcional (linear) ao estoque médio;
- O preço unitário deve ser considerado constante no período analisado.

O custo de pedido é dado pela expressão:

$$\text{Custo de Pedido} = B * C/Q$$

Na qual:

B = Custo médio de colocação de pedido

C = Consumo total do item no período

Q = Quantidade de itens comprados por pedido

O termo C/Q indica a quantidade de pedidos feitos no período considerado.

O custo total do estoque é dado pelo somatório do custo de armazenagem e do custo do pedido, como apresenta a equação:

$$\text{Custo Total} = [Q/2 * I] + [B * (C/Q)]$$

A expressão do custo total permite identificar que:

- Baixos valores a serem pedidos (Q) fornecem os custos de manutenção de estoques baixos, porém os custos de colocação de pedido são altos.

Inversamente:

- Altos valores de pedido (Q) proporcionam baixos custos de colocação de pedido, porém custos de armazenagem crescentes.

A figura apresenta graficamente como se dá a compensação dos custos, sendo possível identificar que há um ponto de mínimo custo na expressão de custo total, que corresponde ao lote econômico de compra.

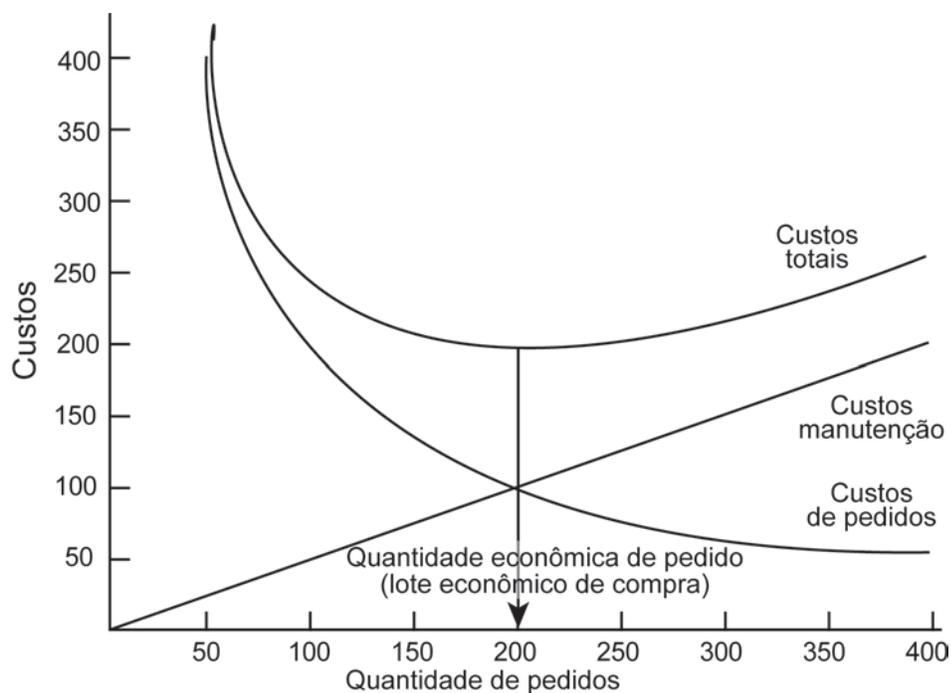


Figura 27 Representação gráfica do Lote Econômico de Compra.

Fonte: adaptada de Slack (2002).

O lote econômico de compra (LEC) pode ser encontrado, derivando-se a equação de custo total em relação a Q e igualando-se a zero;

$$CT = [Q/2 * I] + [B * (C/Q)]$$

$$dCT/dQ = I/2 - BC/Q^2 = 0$$

Isolando-se a quantidade Q, pode-se obter o lote econômico de compra por meio da fórmula:

$$Q = LEC = \sqrt{2BC/I}$$

Na qual:

B = Custo médio de colocação de pedido

C = Consumo total do item no período

I = Custo de manutenção por unidade de produto estocada no período considerado.

Ao utilizar o Lote Econômico de Compra:

- O intervalo de tempo entre pedidos T é dado por $[LEC/C]$;
- A frequência de pedidos F é dada por $[C/LEC]$, por período.

Exemplo: Uma usina de açúcar possui uma demanda anual por 250 sacas de um determinado adubo. O custo de manutenção de estoque de cada saca é R\$0,75 por ano e o custo de colocação de pedido é de R\$25 por pedido.

Pergunta-se:

- a) Qual o tamanho do lote econômico de compra?
- b) Qual o intervalo de tempo T entre solicitações de pedidos?
- c) Qual a frequência de pedidos?

Resolução

a) $LEC = \sqrt{2BC/I}$

$LEC = \sqrt{2 * 25 * 250 / 0,75} = 129$ unidades

b) $T = LEC/C = 129/250 = 0,52$ ano * 365 dias/ano = 188 dias

c) $F = C/LEC = 250/129 = 1,9$ pedidos por ano

6.7 Classificação ABC

Um estoque pode conter produtos de diversas naturezas. A classificação ABC permite uma divisão dos itens em estoque priorizando os ativos que possuem maior

valor e cuja frequência de uso (movimentação/utilização) seja mais intensa.

Geralmente, apenas alguns itens do estoque possuem frequência de uso alta, enquanto uma grande quantidade de itens possuem frequência de uso baixa. Conforme indica Slack, Chambers & Johnston (2007), esse fenômeno é conhecido como a Lei de Pareto ou regra 80/20, quando 80% do valor do estoque ou das movimentações geralmente são atribuídas a 20% do total de itens armazenados. Os autores acima citados propõem a classificação dos itens armazenados em 3 classes apresentadas no Quadro 4:

Quadro 4 Classificação ABC.

Classe	Descrição
A	20% de itens que representam 80% do valor total do estoque
B	30% dos itens que representam 10% do valor total do estoque
C	Itens de baixo valor que correspondem a 50% do total de itens e 10% do valor total de itens estocados

IMPORTANTE: Os percentuais indicados são referenciais e nem sempre a divisão da quantidade de itens e da frequência de uso coincide com os percentuais acima de maneira exata. O importante dessa metodologia é a diferenciação dos itens estocados e a possibilidade de estabelecer graus apropriados de controle sobre cada item, inclusive com políticas diferenciadas de reposição.

Exemplo: Um varejista fez um levantamento das peças que mantém em estoque ao longo de um ano, obtendo os dados apresentados na Tabela 1. Cada linha representa uma peça, com seu respectivo custo unitário, e a quantidade utilizada ao longo do ano.

Deseja-se fazer a classificação ABC para identificar as peças que necessitam maior controle.

Tabela 1 Dados dos estoques.

Código do item	Custo Unitário (\$/un)	Uso Anual (un)
101	26	5
102	301	10
103	100	1
104	59	5
105	110	2

106	53	5
107	80	3
108	85	2
109	210	19
110	89	5

Resolução

Para efetuar a classificação ABC é necessário calcular o valor de uso e o percentual relativo a cada item. Isso pode ser feito mediante o preenchimento de uma tabela (Tabela 2)

Tabela 2 Dados para classificação ABC.

Cód. item	Custo Unitário (\$/un)	Uso Anual (un)	Valor de uso (\$)	Porcentagem do valor de uso (%)	Percentual cumulativo (%)
109	210	19	3990	45%	45%
102	301	10	3010	34%	79%
110	89	5	445	5%	84%
104	59	5	295	3%	87%
107	80	3	240	3%	90%
106	53	5	265	3%	93%
105	110	2	220	2%	95%
108	85	2	170	2%	97%
101	26	5	130	1%	99%
103	100	1	100	1%	100%
TOTAL	-	-	8865	100%	-

- A coluna “valor de uso” apresenta o valor monetário de cada peça, obtido multiplicando-se o custo unitário pelo uso anual;
- A coluna “porcentagem do valor” apresenta o percentual do valor de uso total para cada peça;
- A coluna “percentual cumulativo” apresenta o percentual acumulado do valor de uso (coluna anterior).

IMPORTANTE: A Tabela foi listada em ordem decrescente, conforme a coluna “porcentagem do valor de uso”, indicando-se as peças que apresentam

maior participação no valor de uso anual.

Observando-se a coluna “percentual cumulativo”, tem-se:

- As peças 109 e 102 (20% dos itens) possuem juntas 79% de participação no valor total. Assim, a classe A da classificação ABC engloba estas duas categorias;
- As peças de código 110, 104 e 107 (30% dos itens), juntas, são responsáveis por 11% do valor, o que pode ser observado tanto pela coluna “porcentagem do valor de uso” como pela coluna “percentual cumulativo”, formando assim a classe B;
- Finalmente, as demais peças (50% dos itens) completam os 10% restantes que formam a classe C.

Montando-se a curva da classificação ABC, temos:

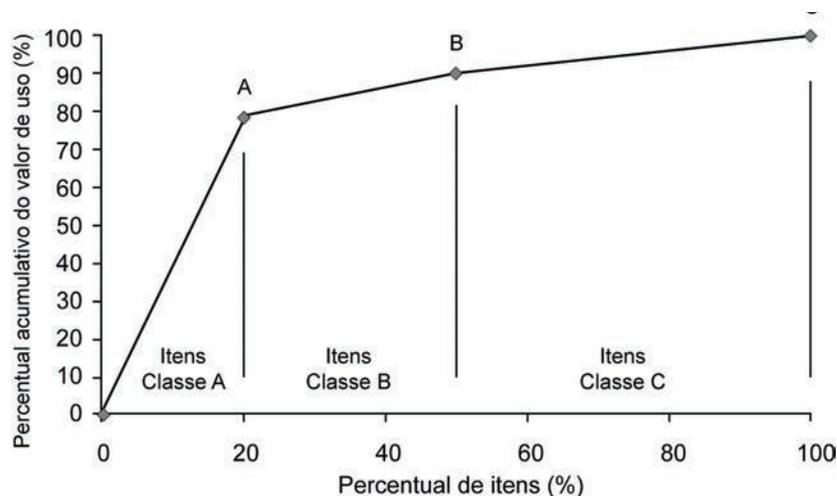


Figura 28 Curva ABC.

6.8 Decisões gerenciais sobre operação em estoques

6.8.1 Layout interno do armazém

A organização interna de um armazém pode proporcionar melhor uso do espaço físico e utilizar de maneira eficaz os recursos para as operações de alocação e retirada de cargas, como paleteiras e empilhadoras. Na definição do layout interno é importante considerar:

- Equipamentos de movimentação a serem utilizados;
- Espaçamento entre colunas do armazém;
- Posição das docas de recepção e expedição dos itens;
- Estoque médio e máximo para cada item;
- Forma dos itens a serem estocados (em paletes, a granel, tambores, sacaria);
- Requisitos de armazenagem (por exemplo, área de congelados, área de refrigerados);
- Largura de corredores principais e secundários:
 - A largura dos corredores irá condicionar a capacidade de estocagem do armazém.
 - Corredores largos são utilizados para cobrir distâncias maiores e em maior velocidade pelos equipamentos.
 - Por sua vez, a largura dos corredores depende dos equipamentos de movimentação utilizados. (empilhadoras articuladas ou empilhadoras laterais requerem menos espaço para manobras do que as demais empilhadoras).
- Sentido de movimentação nos corredores:
 - Corredores principais geralmente permitem trânsito de equipamentos nos dois sentidos e corredores secundários permitem trânsito em apenas um sentido.
 - Os corredores principais possuem prioridade de movimentação em relação aos corredores secundários.

Quando um produto é adequadamente armazenado em locações (posições) com endereçamento e quantidade controlada, torna-se fácil retirá-lo quando houver uma solicitação.

O layout do armazém determina o custo associado com cada posição de armazenagem, principalmente em relação aos pontos de recepção e despacho de carga.

A Figura 29 ilustra as posições mais adequadas para um armazém com recepção de itens no centro da borda inferior e despacho no centro da borda superior. As posições mais escuras são as de menor custo.

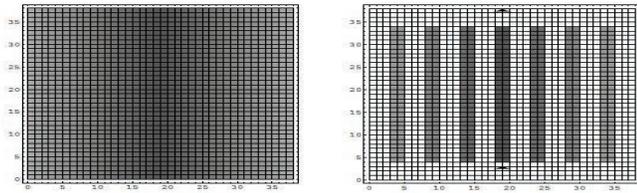


Figura 29 Custo das posições de armazenagem em função de um ponto de recepção e outro ponto de despacho.

Fonte: adaptada de Bartholdi & Hackman (2010).

A Figura 30 ilustra as posições mais adequadas para um armazém com recepção e despacho de itens no centro da borda inferior. As posições mais escuras são as de menor custo.

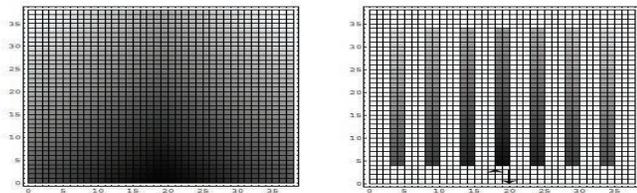


Figura 30 Custo das posições de armazenagem em função de um ponto único para recepção e despacho.

Fonte: adaptada de Bartholdi & Hackman (2010).

6.8.2 Estocagem centralizada *versus* descentralizada

As estocagens centralizada e descentralizada são opções para manutenção de estoques, que podem variar entre dispor de um único estoque ou de múltiplos estoques, respectivamente.

Na estocagem centralizada:

- Todos os itens usados na fábrica são estocados em um estoque central, sendo destinados às seções apropriadas conforme a demanda;
- Frequentemente, o estoque central fica distante das seções de consumo dos itens e isso resulta em excesso de movimentação e de tempo.

Na estocagem descentralizada:

- São usados vários almoxarifados pequenos, alocados nas áreas onde os itens serão consumidos;

- As operações são praticamente iguais à estocagem centralizada, porém com distâncias menores.

As vantagens da estocagem centralizada são:

- melhor controle, devido a concentração dos registros em um único local;
- menor necessidade de mão de obra, com maior ocupação da equipe concentrada em um unico ponto;
- menor ocupação do espaço físico;
- menor quantidade de itens obsoletos, pois a centralização permite melhor controle de validade e garantia;
- menor estoque total, pela redução da incidência de itens duplicados em vários estoques.

As desvantagens da armazenagem centralizada referem-se à:

- Maior distância dos pontos de consumo, de modo que é necessário maior tempo para o ressuprimento;
- Maior quantidade de equipamentos de movimentação e armazenagem de materiais (movimentação armazém – posto de trabalho) para atender toda a fábrica;
- Ocorrência de problemas no estoque central como falhas de suprimentos, pane no sistema de controle, etc., pode comprometer a operação de todos os setores da empresa.

Observações:

É possível a operação de sistema mistos, compostos por um estoque central e estoques setoriais, com quantidade bastante reduzida de itens para uso frequente. Neste caso, os estoques setoriais não possuem funcionários específicos para controle, e a própria equipe da área acumula essa função.

Quando os materiais são destinados à manutenção interna da fábrica ou equipamentos de escritório, o sistema centralizado é preferível para se evitar duplicidade de itens estocados.

Caso a empresa seja de grande porte, pode-se descentralizar o estoque em áreas específicas, como manutenção elétrica, hidráulica, material de escritório, equipamentos de segurança, etc.

6.8.3 Estocagem dedicada *versus* estocagem compartilhada

Há duas políticas distintas de localização dos itens no interior dos estoques, que podem afetar o tamanho das instalações e a escolha de sistemas de controle mais adequados:

Estocagem dedicada (ou de localização fixa)

Nesta política, posições específicas de armazenagem são designadas para um tipo de produto, que sempre são movimentados de/para as mesmas posições (MOURA,2005).

Neste sistema deve-se alocar espaço suficiente para acomodar a quantidade máxima daquele tipo de produto, conforme histórico de operações anteriores. Quando essa política é aplicada para todos os produtos em estoque, o tamanho do armazém é maior.

Observa-se também que uma parte significativa do armazém permanece vazia durante todo o tempo, uma vez que a probabilidade de estocar a quantidade máxima de todos os tipos de produtos simultaneamente é muito baixa.

Estocagem aleatória (ou compartilhada)

No sistema de estocagem aleatória o produto a ser movimentado é alocado imediatamente no local mais próximo disponível (MOURA,2005). O sistema de WMS (*warehouse management system*) identifica tal posição, fazendo com que a recuperação daquele produto possa ser realizada quando necessário. A próxima vez que houver necessidade de estoque de uma unidade daquele produto, uma localização completamente diferente será selecionada.

Estocagem aleatória tipicamente requer menor espaço de estocagem, mas necessita de um sistema mais sofisticado para manter o rastreamento das posições de estocagem.

Com os contrastes entre estocagem aleatória e fixa, a política de um determinado armazém pode ser uma combinação dos dois tipos. Alguns itens podem estar comprometidos com a política de estocagem fixa, principalmente se estes produtos requererem condições especiais de armazenagem como refrigeração ou estruturas de suporte reforçado, e os demais em estocagem fixa.

6.9 Considerações finais

Os estoques compõem uma área à parte dos sistemas logísticos, como um elemento importante para amortecer desbalanceamentos ao longo dos processos de produção.

A presença dos estoques tem cunho estratégico, pois, uma vez que estejam bem posicionados, permitem a continuidade de atendimento ao consumidor, seja este um cliente final, uma empresa ou uma etapa intermediária do processo de produção.

Consequentemente, quanto maior for o estoque, mais alto é o custo do material imobilizado, de forma que a manutenção de uma quantidade de itens estocados deve ser bem dosada entre os dois objetivos de desempenho.

Diversos conceitos foram abordados nesta unidade: definições de tipos de estoque, demanda dependente e independente e classificação ABC. Também abordou-se algumas questões gerenciais como definição de layouts e tipos de armazenagem no ambiente interno das empresas.

Foi dada atenção maior aos temas de políticas de revisão de estoques e custos. Os dois tópicos relacionam-se com as grandes questões da gestão de estoques: o que pedir, quando pedir e quanto pedir. Neste material, a abordagem foi apenas introdutória, mas muitos trabalhos podem ser ampliados nessas áreas, incorporando sistemas de suporte à decisão, como técnicas de programação matemática.

6.10 Estudos complementares

MOURA, R.A. *Série Manual de Logística*. IMAM São Paulo, v.1-5, 2005.

CHASE, R. B.; JACOBS, F. R.; AQUILANO, N. J. *Administração da produção e operações para vantagens competitivas*. 11. ed. São Paulo: McGrawHill, 2006. 602 p.

Websites:

IMAM - Inovação e Melhoramento na Administração Moderna: <<http://www.imam.com.br>>

UNIDADE 7

Simulação aplicada à logística

7.1 Primeiras palavras

A simulação computacional é uma técnica utilizada no planejamento de sistemas dinâmicos, tanto de produção de bens como de prestação de serviços. Esses sistemas são formados por elementos como máquinas, operadores, clientes, matérias-primas, etc., sujeitos a regras de operação, horários de abertura e encerramento, regime de turnos de trabalho, interrupções para refeição, etc. A simulação busca reproduzir o comportamento desses elementos, respeitando as interfaces do sistema real, e realizar experimentos para obter parâmetros de tempo médio de fila, ocupação de operadores, tempo de permanência do cliente no sistema, etc.

Sistemas simples podem ser simulados por meio de planilhas, porém, o aumento da complexidade praticamente torna obrigatório o uso de recursos computacionais para representá-los de forma semelhante à realidade. Utilizando softwares dedicados, é possível testar alternativas como o acréscimo ou a redução de máquinas, a modificação de procedimentos de manutenção, mudanças no regime de turnos e outros estudos.

O resultado das simulações é avaliado por meio de índices de desempenho cuja análise permite nortear a escolha das melhores alternativas para serem aplicadas nos sistemas. Os índices de desempenho podem ser relacionados à produção, capacidades operacionais, filas e ociosidade de máquinas, por exemplo.

Na área de logística, a simulação computacional é uma ferramenta poderosa para avaliar sistemas de transporte e armazenagem de materiais, além de procedimentos de processamento de pedidos. Após a construção do modelo, diversas alternativas podem ser avaliadas em ambiente computacional, previamente à sua implantação, o que confere maior segurança na tomada de decisões.

Muito embora haja uma série de pacotes computacionais no mercado, muito utilizados por empresas, esta unidade utilizará como referência a simulação realizada por meio de planilhas, capazes de simular sistemas simples. Independente da modalidade da simulação, em planilha ou com utilização de softwares, os conceitos abordados são exatamente os mesmos.

7.2 Problematizando o tema

Na definição de Pegden (1990 apud FREITAS FILHO, 2001):

Simulação é o processo de projetar um modelo computacional de um sistema real e conduzir experimentos com este modelo com o propósito de

entender seu comportamento e/ou avaliar estratégias para sua operação (PEGDEN, 1990 apud FREITAS FILHO, 2001, p. 3).

A partir dessa definição, destaca-se dois termos específicos:

- *Sistema*: “Um conjunto de objetos, como pessoas ou máquinas, por exemplo, que atuam e interagem com a intenção de alcançar um objetivo ou propósito lógico” (TAYLOR, 1970 apud FREITAS FILHO, 2001, p.6).

Qualquer produção de bens ou prestação de serviços, com suas próprias especificidades envolve a interação de elementos como pessoas, matérias-primas, recursos de transformação, regras de operação e produtos acabados.

Exemplo: No sistema de transporte de matéria-prima para uma indústria, temos elementos como: motoristas, caminhões com capacidade de carga limitada e regras de operação como jornada de trabalho, horário de entregas, paradas para refeição, horário de entregas, etc.

- *Modelos*: é a representação de um sistema

O processo de modelagem requer que os analistas de simulação façam adequações dos sistemas reais para uma linguagem de simulação apropriada, captando as características essenciais dos sistemas.

Pode-se considerar que a simulação é desenvolvida em duas grandes etapas, sendo a primeira a modelagem, quando o sistema real é expresso por um modelo (computacional ou em planilha). Num segundo momento, experimentos são feitos com o modelo desenvolvido, com o intuito de avaliar estratégias de modo comparativo. Essa segunda fase é a simulação propriamente dita (Figura 31). A diferença entre as duas etapas é uma fase conhecida por validação, que é um processo que testa a correspondência do modelo com a realidade.

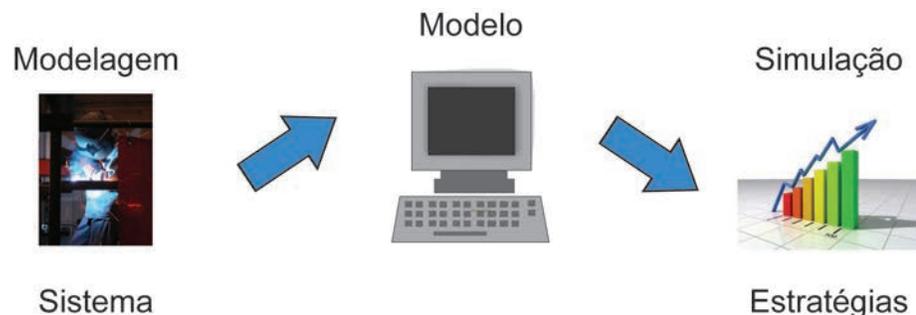


Figura 31 Etapas principais de um projeto de simulação.

Na fase de simulação, as condições operacionais do modelo são definidas como: a quantidade de máquinas, as regras de chegadas de entidades (peças ou clientes, por exemplo), os tempos de processos, etc. Após a inserção destes parâmetros, executa-se o modelo e observam-se os resultados gerados (índices de fila, ocupação de operadores, etc.).

Na sequência, pode-se inserir no modelo outros parâmetros para execução e rodar novamente, observando-se os novos parâmetros gerados e comparando-se com os anteriormente obtidos.

Cada conjunto de parâmetros iniciais inseridos no modelo configura um novo *cenário* de interesse para o qual o modelo será testado.

Apesar de a simulação ter sido inicialmente desenvolvida para o ambiente de chão de fábrica (manufatura), outras áreas de aplicação também têm mostrado um campo vasto para aplicação como sistemas de saúde, sistemas de produção agroindustrial como cana-de-açúcar, madeiras para papel e celulose, setor automobilístico, siderúrgicas, operações de modais diversos de transporte, etc.

- Questionamentos típicos a serem respondidos pela simulação são:
- Qual a operação limitadora (gargalo) do sistema?
- E se eu substituir por um equipamento maior?
- O cliente irá esperar mais do que 20 minutos?
- É possível reduzir o tempo de ciclo?
- E se eu substituir uma máquina por duas menores?
- Em quanto tempo (em média) consigo produzir um lote?

A simulação é uma alternativa de abordar sistemas em situações bem particulares: quando o sistema real ainda não existe e quando experimentações com os sistemas reais possuem alto custo. Nos dois casos, pode-se utilizar a opinião de especialistas e dados de sistemas similares como premissa para os dados e demais condições operacionais.

Sistemas complexos conseguem ser bem abordados pela simulação computacional, sendo esta metodologia frequentemente adotada quando não é possível gerar soluções para o sistema por meio analítico.

7.3 Vantagens e desvantagens da simulação

As vantagens da simulação derivam da possibilidade de elaborar um modelo prévio de um setor produtivo e experimentá-lo para:

- Explorar políticas operacionais sem interrupção das operações vigentes;
- Testar a factibilidade de novos sistemas antes de serem implementados;
- Identificar as variáveis mais importantes para o sistema e como estas interagem;
- Encontrar gargalos e testar alternativas para superá-los;
- Obter melhor compreensão de como o sistema funciona.

Por outro lado, algumas desvantagens também são identificadas (FREITAS FILHO, 2001, p.):

- A elaboração do modelo de simulação requer conhecimento específico de algum software.
- Os resultados são de difícil interpretação: é difícil distinguir se as variações entre dois cenários distintos são decorrentes da variabilidade dos tempos operacionais ou se ocorreram pelas diferenças entre os cenários.
- Necessidade de bastante tempo para elaboração dos modelos, resultante das muitas etapas que envolvem um projeto de simulação: levantamento de dados, modelagem, experimentação e análise.

7.4 Simulação Manual de sistemas com uma operação

Alguns sistemas produtivos simples são formados ou podem ser simplificados por uma operação apenas, tais como:

- Um consultório médico;
- Um caixa eletrônico;
- Um varejista com um vendedor;
- Um mecânico de automóveis.

Para todos esses sistemas, há dois parâmetros principais de interesse:

1) *Duração do serviço* (da consulta médica, da utilização do caixa, da venda, do concerto, etc.).

2) *Intervalo entre as chegadas de serviços* (de pacientes, de usuários do caixa, de clientes, etc.).

O processo de simulação de sistemas envolve o levantamento dos dois dados (*Duração do serviço* e *Intervalo entre chegadas*) nos sistemas reais. Após o levantamento dos dados, pode-se elaborar histogramas para representar as distribuições de frequência destas variáveis de interesse.

Estes histogramas apresentam o comportamento das variáveis do sistema, o que pode ser representado por distribuições teóricas de probabilidade como Uniforme, Triangular, Normal, Exponencial, Weibull, etc., ou então utilizar distribuições empíricas, baseadas nos próprios dados coletados nos sistemas de interesse.

Finalmente, conhecendo-se o comportamento dos sistemas dados pelos histogramas, é possível simular os sistemas por meio de uma função geradora de números aleatórios. O procedimento de simulação manual por meio de tabelas é apresentado, entre outros autores, por Freitas Filho (2001).

Exemplo:

Para um sistema formado por um caixa eletrônico de auto-atendimento foram realizadas 36 medições para a *duração do serviço* (Quadro 5) e 36 medições para o *intervalo entre chegadas* de usuários (Quadro 6). Os dados são apresentados nos Quadros em ordem crescente, coluna a coluna.

Objetiva-se simular o sistema para a quantidade de 10 usuários, utilizando-se distribuições empíricas, representadas por histogramas, baseadas nos próprios dados coletados.

Quadro 5 Tempos de duração de utilização do caixa eletrônico (minutos).

1,2	2,4	2,8	3,7	4,5	5,2
1,5	2,5	2,9	3,8	4,5	5,2
1,8	2,5	3,0	3,8	4,6	5,4
2,1	2,8	3,5	3,9	4,7	6,1
2,2	2,8	3,6	3,9	4,8	6,5
2,3	2,8	3,6	4,3	5,1	7,0

Quadro 6 Intervalo entre chegadas de usuários no caixa eletrônico (minutos).

3,2	3,9	4,8	7,1	9,5	14,1
3,5	4,1	4,8	7,1	10,5	15,4
3,6	4,2	4,8	7,2	11,2	16,5
3,7	4,2	5,9	7,4	11,5	18,5
3,8	4,6	6	7,5	12	19,7
3,8	4,7	6,5	8,8	13	21,5

Previamente ao processo de simulação é necessário conhecer o comportamento das duas variáveis (duração do serviço no caixa e o intervalo entre chegadas de usuários), expresso por meio das distribuições de probabilidade levantadas a partir dos dois grupos de dados acima.

Assim, para os dois bancos de dados, levanta-se as distribuições de probabilidade dos dados no formato de tabelas e histogramas.

Para o levantamento do histograma é necessário estipular a quantidade de intervalos de classe e a amplitude de cada intervalo:

- Uma primeira aproximação para a quantidade de intervalos de classe é obtida pela raiz quadrada da quantidade de dados. Neste exemplo, temos trinta e seis dados e, portanto, seis intervalos de classe, a princípio, para cada conjunto de dados.
- A amplitude de cada intervalo de classe é obtida tomando-se a amplitude de cada conjunto de dados (duração da operação ou intervalo entre chegadas de usuários), dividindo-se pela quantidade de classes de frequência, podendo-se arredondar para mais ou para menos:
 - Amplitude do intervalo de classe de frequência dos dados de duração da operação no caixa:
 $[(7,0 - 1,2) / 6] = 0,97$ arredondado para 1,0;
 - Amplitude do intervalo de classe de frequência dos dados de intervalo entre chegadas de usuários no caixa eletrônico:
 $[(21,5 - 3,2) / 6] = 3,05$ arredondado para 3,0.

Com essas informações, pode-se levantar as tabelas de dados agrupados, com as respectivas frequências para cada intervalo de classe.

A partir dos bancos de dados, deve-se contar a quantidade de observações presentes em cada intervalo de classe.

- A primeira coluna – intervalo de classe - apresenta os limites do intervalo, neste exemplo, padronizado em fechado para o primeiro valor e aberto para o segundo.

Fechado “[num#” significa que o valor é incluído na respectiva classe e Aberto “num#[“ indica que o valor não é incluído na respectiva classe.

- A segunda coluna – observações – indica quantos pontos do conjunto de dados se encontra no intervalo de classe.
- A terceira coluna – ponto médio – estipula o ponto médio do intervalo de classe, que é a média entre os dois extremos.
- A quarta coluna – frequência relativa – indica a participação percentual da quantidade de dados da classe do total de dados coletados.
- A quinta coluna – frequência acumulada – indica a probabilidade acumulada até o respectivo intervalo.
- A sexta coluna – faixa de frequência - apresenta, no intervalo 0 a 100%, qual é a amplitude referente a cada intervalo de classe.

A Tabela 3 apresenta a distribuição de frequências para o tempo de duração da utilização do caixa eletrônico pelos usuários.

Tabela 3 Distribuição de frequência dos tempos de duração da utilização do caixa eletrônico.

Intervalo de classe	Obs.	Ponto médio	Freq relativa (%)	Freq acumulada (%)	Faixa de frequência
[1 ; 2[	3	1,5	8,3%	8,3%	[0,0 a 8,3[
[2 ; 3[	11	2,5	30,6%	38,9%	[8,3 a 38,9[
[3 ; 4[	9	3,5	25,0%	63,9%	[38,9 a 63,9[
[4 ; 5[	6	4,5	16,7%	80,6%	[63,9 a 80,6[
[5 ; 6[	4	5,5	11,1%	91,7%	[80,6 a 91,7[
[6 ; 7[	2	6,5	5,6%	97,2%	[91,7 a 97,2[
[7 , 8[	1	7,5	2,8%	100,0%	[97,2 a 100,0[
TOTAL	36		100,0%		

O histograma relativo à duração da utilização do caixa é apresentado na Figura 32.

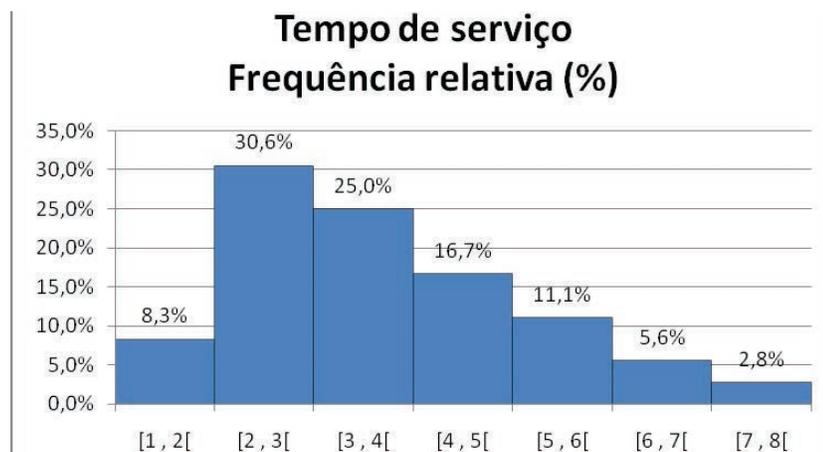


Figura 32 Histograma para os dados de duração da operação no caixa eletrônico.

Analogamente, a Tabela 4 apresenta a distribuição de frequências para o intervalo entre chegadas de usuários para utilização do caixa eletrônico.

Tabela 4 Distribuição de frequência do intervalo entre chegadas de usuários no caixa eletrônico.

Intervalo de classe	Obs.	Ponto médio	Freq. relativa (%)	Freq. acumulada (%)	Faixa de frequência
[3 , 6[	16	4,5	44,4%	44,4%	[0 , 44,4[
[6 , 9[	8	7,5	22,2%	66,7%	[44,4 , 66,7[
[9 , 12[	4	10,5	11,1%	77,8%	[66,7 , 77,8[
[12 , 15[	3	13,5	8,3%	86,1%	[77,8 , 86,1[
[15 , 18[	2	16,5	5,6%	91,7%	[86,1 a 91,7[
[18 , 21[	2	19,5	5,6%	97,2%	[91,7 , 97,2[
[21 , 24[	1	22,5	2,8%	100,0%	[97,2 , 100,0[
TOTAL	36		100,0%		

O histograma para o intervalo entre chegadas de usuários do caixa eletrônico é apresentado na Figura 33.

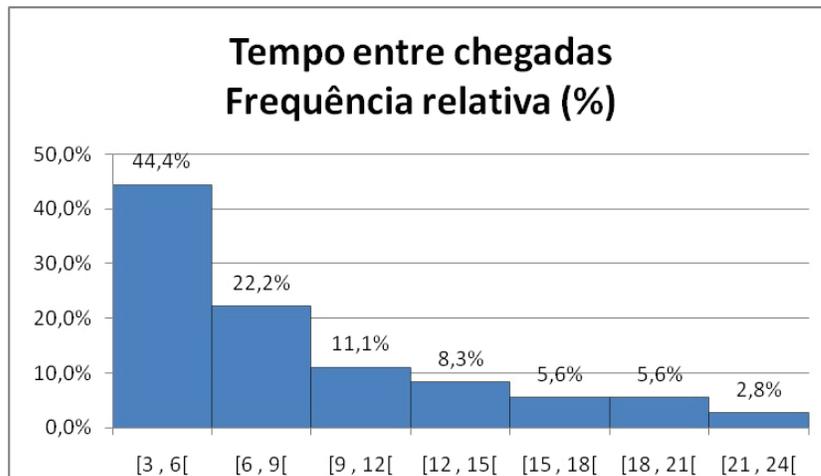


Figura 33 Histograma para os dados de intervalo entre chegadas de clientes no caixa eletrônico.

Para cada intervalo de classe, o histograma apresenta a respectiva frequência relativa, dada pela altura das barras do histograma. O somatório da frequência de todas as classes totaliza 100%.

De posse dos histogramas, pode-se simular a operação do caixa eletrônico, utilizando uma função geradora de números aleatórios para o “sorteio” das informações de duração do serviço ou do intervalo entre chegadas de usuários no caixa.

Um dos procedimentos mais usuais é a utilização de “tabelas de números aleatórios”, as quais são bastante comuns nos livros de estatística, ou então, utilizar funções geradoras de números aleatórios, disponíveis em planilhas eletrônicas. Softwares dedicados à simulação computacional possuem algoritmos próprios para a geração dos números aleatórios que necessitam.

Neste material, utilizaremos a tabela de números aleatórios apresentada em Freitas Filho (2001):

Tabela 5 Tabela de números aleatórios.

98543	59525	21114	73109	69095	25751
87060	95250	50277	17486	7962	23945
82170	68014	7937	98003	40146	82224
48673	26100	23776	66959	84477	43645
85601	52600	66188	63746	58491	57322
68708	28373	27635	52562	18148	76326
80511	20812	61965	66983	70232	15650
22530	27120	53172	99800	74603	17751
37110	77522	38216	54843	22496	57118
15480	62093	79410	99823	17603	72517
81417	85771	25961	84381	88582	11908
36602	77275	35226	53601	91939	71446
79337	25045	64655	89710	19526	94180
60564	55609	64304	10940	69422	63450
87552	78655	14220	30037	74036	66710
49519	65135	62678	99163	34098	79267
17611	14882	35218	11762	11586	50494
41451	57175	88050	23528	46360	15620
36464	98017	51286	18545	23935	22322
28636	33742	19979	10905	34863	46508
76423	75853	75523	31100	49407	44476
16669	28114	25930	80266	14247	43174
29494	84181	65111	74277	96890	77935
20223	33738	61728	53283	10565	82859
83134	77027	99898	21825	69029	56279
38861	77381	79510	90342	67859	68708
29878	52108	74109	44497	29687	79634
31600	53398	44329	71643	27070	73975
29782	99382	31695	95123	20177	74575
20796	60657	34373	99581	89652	67746
58361	80991	36155	73234	13970	18456
77962	88746	95608	86710	99911	49816
61125	33299	52061	15894	19486	96567
38956	83248	95683	28471	38859	55006
34142	31395	50972	17999	86105	61059

Fonte: adaptada de Freitas Filho (2001).

A função desta tabela é gerar números aleatórios para simular o sorteio de valores de duração da operação e do intervalo entre chegadas de usuários do caixa eletrônico.

Deve-se convencionar o sentido de leitura da tabela para o sorteio de números aleatórios percorrer a tabela sempre da esquerda para direita, linha a linha, ou então, seguir a sequência, coluna a coluna, por exemplo.

Pode-se convencionar também que unidade será medida, por exemplo, a dezena, a centena, ou o milhar.

Neste exemplo, considera-se que o sistema será simulado para a quantidade de 10 clientes e que os valores aleatórios serão lidos coluna após coluna, sempre pela *dezena*. Observa-se os números “sorteados” na tabela de números aleatórios, demarcados por uma caixa. Os 10 primeiros correspondem aos sorteios para identificar os tempos de duração do serviço e os 10 seguintes para designar os intervalos entre as chegadas de usuários no caixa.

Cada valor sorteado deve ser procurado nas colunas “faixa de frequência” das tabelas de distribuição de probabilidade, observando em qual linha de intervalo de classe ele está inserido, retornando o ponto médio do respectivo intervalo de classe.

Por exemplo, o primeiro valor sorteado na tabela de números aleatórios, segundo o critério estipulado, é 43. Na tabela com a distribuição de frequência da duração da operação, o valor 43 se encaixa na terceira linha, entre 38,9% e 63,9%. Assim, o primeiro valor sorteado retorna ao ponto médio do intervalo de classe, no caso, 3,5 minutos.

Assim, os valores aleatórios obtidos para simular o sistema (duração e intervalo) para 10 clientes são apresentados nos Quadros 7 e 8, respectivamente, para a duração da operação no caixa e o intervalo entre chegadas de clientes no caixa.

Quadro 7 Valores sorteados para a duração da utilização do caixa eletrônico.

Cliente nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sorteio	43	60	70	73	01	08	11	30	10	80
Valor sorteado (min)	3,5	3,5	4,5	4,5	1,5	1,5	2,5	2,5	2,5	4,5

Quadro 8 Valores sorteados para o intervalo entre chegadas de usuários no caixa eletrônico.

Cliente nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sorteio	17	02	37	64	52	19	11	51	64	36
Valor sorteado (min)	4,5	4,5	4,5	7,5	7,5	4,5	4,5	7,5	7,5	4,5

O próximo passo do processo é a montagem de uma tabela de simulação manual, na qual se pode acompanhar a dinâmica do período simulado, no caso, estipulado que o sistema deve simular para o atendimento de 10 clientes.

- Os 10 dados de duração da utilização do caixa eletrônico são alocados na coluna “Tempo de serviço” (2ª coluna).
- Os 10 dados sorteados para o intervalo entre chegadas de clientes são alocados na coluna “Tempo entre chegadas” (4ª coluna).

O preenchimento da tabela de simulação manual ocorre linha a linha. Considera-se que o tempo inicial da simulação é o tempo 0.

Primeiro cliente

A simulação se inicia com o sorteio do primeiro intervalo entre chegadas de clientes, no caso 4,5 minutos (ver Quadro 8), simulando-se a chegada do primeiro cliente ao sistema.

Por ser o primeiro cliente, o tempo de chegada no relógio também é 4,5 minutos. Como neste tempo o caixa encontrava-se vazio, o usuário ocupou imediatamente o caixa nesse instante e o utilizou por 3,5 minutos, que é o primeiro valor simulado (ver Quadro 7) para tempo de serviço (a duração da utilização do caixa).

O primeiro cliente encontrou o sistema em vazio e assim, não houve registro de tempo de fila. No entanto, deve-se sempre observar o instante em que o usuário chegou ao sistema e o tempo em que o usuário anterior desocupou o caixa eletrônico.

O tempo do final do serviço no relógio corresponde ao tempo de início do serviço (4,5 minutos) acrescido do tempo de serviço de 3,5 minutos, ou seja, 8,0 minutos.

O tempo do usuário no sistema corresponde unicamente ao tempo em que ele ocupou o caixa eletrônico, que para este primeiro cliente é de 3,5 minutos. No entanto, para clientes que chegaram ao sistema e este já se encontrava em uso, o tempo de fila deve ser acrescido.

O tempo livre do caixa eletrônico corresponde ao tempo ocioso entre o término da ocupação do cliente anterior e o início do serviço do cliente seguinte, que neste caso corresponde ao valor de 4,5 minutos.

Segundo cliente

O preenchimento da tabela para o segundo cliente inicia com a simulação do instante de chegada do segundo cliente, cujo intervalo sorteado também foi de 4,5 minutos em relação ao usuário anterior (ver Quadro 8). Assim, no tempo acumulado no relógio, considera-se o instante de chegada do usuário anterior (4,5 minutos) mais os 4,5 minutos simulados para este usuário, ou seja, 9,0 minutos.

Para o segundo usuário, o tempo simulado (tempo de serviço) de duração da operação foi de 3,5 minutos (ver Quadro 7).

O tempo de início do serviço no relógio corresponde a 9,0 minutos, uma vez que o usuário anterior deixou o sistema no instante $t=8,0$ minutos e o segundo usuário chegou ao sistema no instante $t=9,0$ minutos, entrando imediatamente em operação, sem registro de fila.

O término da utilização do segundo usuário corresponde ao tempo inicial de entrada em operação ($t=9,0$ minutos) acrescido da duração sorteada ($t=3,5$ minutos), ou seja, o instante $t=12,5$ minutos.

Por não ter enfrentado fila, o tempo do segundo usuário no sistema é puramente o tempo de duração de 3,5 minutos.

Finalmente, o tempo livre do caixa corresponde ao intervalo entre a saída do cliente anterior (8,0 minutos) e a chegada do cliente atual (9,0 minutos), neste caso, 1 minuto.

Dessa maneira, a tabela de simulação manual vai sendo sucessivamente preenchida até atingir a condição de término da simulação, que neste exemplo foi estabelecida para 10 clientes (Tabela 6).

Obs. Outras condições de término da simulação podem ser estabelecidas, como o tempo de simulação. Poder-se-ia, como exemplo, simular o sistema por 8 horas (480 minutos). O tempo de simulação, utilizando tabelas, pode ser verificado pelo registro da coluna “Tempo do final do serviço no relógio”.

Tabela 6 Tabela de simulação manual (minutos).

#	Tempo entre chegada	Tempo de chegada no relógio	Tempo de serviço	Tempo de início do serviço no relógio	Tempo do usuário na fila	Tempo do final do serviço no relógio	Tempo do usuário no sistema	Tempo livre do caixa
1	4,5	4,5	3,5	4,5	0	8,0	3,5	4,5
2	4,5	9,0	3,5	9,0	0	12,5	3,5	1,0
3	4,5	13,5	4,5	13,5	0	18,0	4,5	1,0
4	7,5	21,0	4,5	21,0	0	25,5	4,5	3,0
5	7,5	28,5	1,5	28,5	0	30,0	1,5	3,0
6	4,5	33,0	1,5	33,0	0	34,5	1,5	3,0
7	4,5	37,5	2,5	37,5	0	40,0	2,5	3,0
8	7,5	45,0	2,5	45,0	0	47,5	2,5	5,0
9	7,5	52,5	2,5	52,5	0	55,0	2,5	5,0
10	4,5	57,0	4,5	57,0	0	61,5	4,5	2,0
Total			31,0		0		31,0	18,5

Neste exemplo, a simulação dos 10 clientes demorou um tempo total de 61,5 minutos.

É possível retirar do sistema algumas informações de interesse:

- Tempo médio de serviço por usuário: Total de Tempo de serviço/total de usuários = $31/10 = 3,1$ minutos por cliente;
- Percentual de ociosidade do caixa: Total do tempo livre do caixa/Tempo total de simulação = $18,5/61,5 = 30,1\%$;
- Usuários atendidos por unidade de tempo: total de usuários/Tempo total de simulação = $10/61,5 = 0,16$ usuários por minuto ou 9,8 usuários por hora.

Embora o exemplo utilizado não tenha gerado a ocorrência de filas, é importante apresentar outros índices de desempenho que consideram a sua ocorrência:

- Tempo médio do cliente no sistema: Total de Tempo dos usuários no sistema/Total de usuários = $31/10 = 3,1$ minutos por cliente no sistema. Neste exemplo, numericamente igual ao tempo médio de serviço por usuário.

Ressalta-se que o tempo dos usuários no sistema é o somatório do tempo de fila e do tempo de serviço.

- Tempo médio de fila por usuário: Total do tempo do usuário na fila/quantidade de usuários. Neste exemplo, o tempo médio de fila foi zero.
- Probabilidade de fila: Quantidade total de usuários que entraram em fila/Total de usuários. Neste exemplo a probabilidade de entrar em fila é nula.

IMPORTANTE: Devido à variabilidade, é interessante simular os sistemas por um período de tempo longo para se tirar conclusões adequadas sobre os sistemas. A simulação para dez clientes no exemplo apresentado possui um caráter didático para compreensão de como ocorre a simulação em tabelas.

7.5 Simulação computacional

O mecanismo de simulação apresentado na seção anterior pode ser realizado com suporte computacional, o que facilita bastante o tratamento dos dados e permite explorar sistemas muito mais complexos.

Dependendo do tipo de simulação, pode-se elaborar modelos em planilhas eletrônicas ou então utilizar pacotes computacionais totalmente dedicados à simulação. Estes pacotes se popularizaram à medida que o acesso a computadores pessoais foi ampliado, assim como o próprio desenvolvimento de processadores, o que aumentou a capacidade das máquinas efetuarem cálculos rapidamente.

Os fornecedores de softwares têm procurado desenvolver boas interfaces gráficas para facilitar a modelagem de sistemas por usuários e analistas sem conhecimento aprofundado de linguagens de programação. Essa vertente busca ampliar a difusão da abordagem de sistemas via simulação.

Esses softwares possuem recursos para tratamento dos dados de entrada e testar a aderência dos dados empíricos com distribuições teóricas de probabilidade, além de outras ferramentas para facilitar a análise dos cenários simulados, inclusive em termos de custo.

De modo especial, os softwares comercializados exploram a representação gráfica dos sistemas, permitindo ao analista acompanhar se as operações estão sendo executadas no ambiente computacional com a mesma veracidade dos sistemas reais. São utilizados recursos como animação de filas, indicação de estados de recursos (por exemplo: ocioso/ocupado/em manutenção), movimentação de materiais entre estações de trabalho e outras funções gráficas.

Dos softwares de simulação comercialmente em uso, alguns apresentam tutoriais e exemplos online que apresentam as principais particularidades de cada produto. De modo particular, dois softwares bastante utilizados, dentre outros, são o ARENA e o ProModel. Ambos possuem o descritivo de suas funcionalidades na internet, e serão apresentados adiante na seção “Estudos complementares”.

7.6 Considerações finais

O conteúdo apresentado pretende apenas introduzir os conceitos fundamentais do que é simulação e da potencialidade dessa ferramenta para a análise de sistemas produtivos. Um estudo mais aprofundado requer o emprego de softwares e uma outra estrutura de material de apoio.

Muito embora o exemplo explorado nesta unidade seja de um caixa eletrônico, diversos sistemas do mundo real podem ser simplificados para um sistema similar, considerando apenas um posto de trabalho.

No entanto, a complexidade de alguns sistemas praticamente obriga que a simulação computacional seja utilizada para explorar alternativas operacionais para alguns sistemas produtivos. Para sistemas complexos, a simulação por meio de tabelas torna-se imprópria, mas o uso de softwares, cada vez mais populares devido à melhoria da interface com o usuário, tem se tornado uma alternativa cada vez mais factível.

7.7 Estudos complementares

PRADO, Darci. *Usando o Arena em simulação*. 2. ed. Nova Lima (MG): INDG-Tecnologia e Serviços, 2004. 305 p.

CHWIF, L.; MEDINA, A. C. *Modelagem e simulação de eventos discretos: teoria e aplicações*. 2. ed. São Paulo: [os autores], 2007. 254p.

IANNONI, A. P.; MORABITO, R. *Análise do sistema logístico de recepção de cana-de-açúcar: um estudo de caso utilizando simulação discreta*. Gest. Prod. [online]. 2002, v.9, n.2, pp. 107-127. ISSN 0104-530X. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/gp/v9n2/a02v09n2.pdf>>. Acesso em: 05 ago. 2010.

<<http://www.belge.com.br>>

<<http://www.paragon.com.br>>

<<http://www.simulacao.net>>

UNIDADE 8

Gestão da cadeia de suprimentos

8.1 Primeiras palavras

A gestão da cadeia de suprimentos é um tema relativamente novo, desenvolvido a partir de conceitos de diversas disciplinas. Pires (2009) argumenta que ela pode ser considerada um ponto de convergência de quatro áreas tradicionais, em especial: Gestão da Produção, Logística, Marketing e Compras.

De fato, muitos autores entendem a gestão da cadeia de suprimentos como uma extensão da logística. A logística passou a ser fortemente associada às operações de transportes e manutenção de estoques de produtos finais enquanto a cadeia de suprimentos incorporou elementos gerenciais de processos entre empresas com abrangência muito maior.

O objeto da gestão da cadeia de suprimentos são os processos de negócios que gerenciam o fluxo de informações, bens e serviços. Estes elementos são monitorados desde os fornecedores de matérias-primas até a entrega dos produtos finais aos clientes passando por uma rede de fábricas e armazéns. Esse conceito, apesar de ser principalmente focado em produtos, pode ser estendido também para a área de serviços.

Atualmente, a justificativa da popularidade desse tópico é a possibilidade de se alcançar muitas vantagens competitivas significativas às empresas que configuram e administram suas operações como cadeias de suprimentos (CHASE, JACOBS & AQUILANO, 2009). Dessa forma, a competição por mercados passa a não ocorrer mais entre empresas isoladamente, mas sim entre cadeias de suprimentos, as quais são formadas por diversas empresas que podem participar de diversas cadeias simultaneamente.

8.2 Problematizando o tema

Qualquer atividade de produção de uma empresa (produção de bens/prestação de serviços) pode ser compreendida a partir de uma rede, na qual a empresa executa processos de negócios com outras organizações para a transformação das matérias-primas em produtos finais ou para a agregação de valor de tempo e espaço por meio de operações logísticas (transporte e armazenagem).

Slack, Chambers & Johnston (2007) apresentam três vantagens para que a perspectiva de rede seja utilizada no projeto de sistemas de produção:

- Compreender como a empresa pode competir efetivamente;
- Identificar ligações especialmente significativas entre as empresas;
- Focalizar perspectivas de longo prazo na rede.

Ha uma tendência de as empresas se especializarem em algumas tarefas, restringindo sua atuação e sendo levadas a se relacionar com outras empresas, o que amplia a necessidade de considerar os processos formados como redes.

Das diferentes definições dadas para gestão da cadeia de suprimentos, foi selecionada para discussão:

Gestão da cadeia de suprimentos é a gestão da interconexão das empresas que se relacionam por meio de ligações a montante e a jusante entre os diferentes processos, que produzem valor na forma de produtos e serviços para o consumidor final. (SLACK, CHAMBERS & JOHNSTON, 2007, p. 415).

A definição esclarece que o tipo de relacionamento se dá entre várias empresas, mediante processos de negócios que ocorrem entre estas. Os autores também ressaltam dois objetivos-chave na gestão da cadeia de suprimentos: a satisfação efetiva do cliente final e a gestão eficiente da cadeia (SLACK, CHAMBERS & JOHNSTON, 2007).

A definição também mostra as direções para as quais os processos de negócios apontam: a “montante” e a “jusante” de uma empresa ou operação focal. O termo “montante” faz referência aos processos de negócios realizados do lado do fornecimento de materiais ou de serviços, enquanto o termo “jusante” é relativo à demanda (Figura 34).

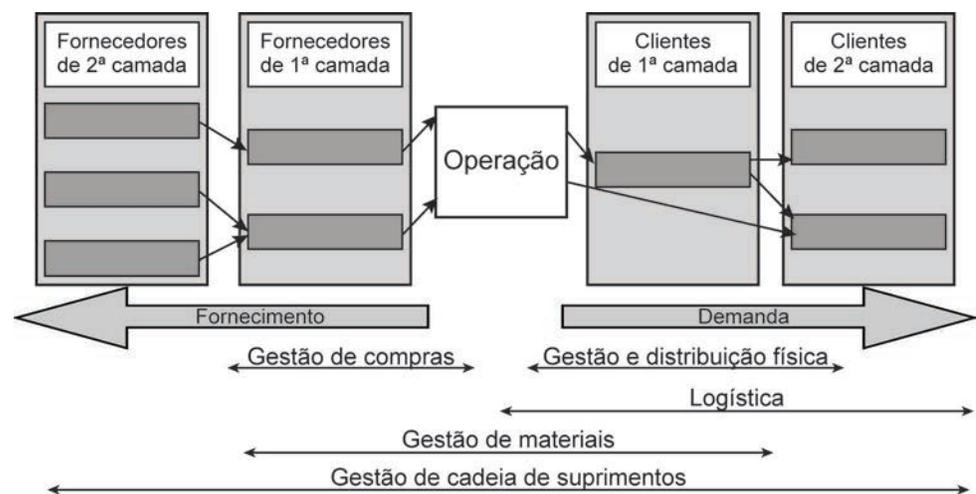


Figura 34 Esquema de cadeia de suprimentos.

Fonte: adaptada de Slack, Chambers & Johnston (2007).

Percebe-se que a cadeia de suprimentos inclui os clientes e fornecedores de primeira camada (relacionamentos diretos com a empresa/operação) e segunda camada (clientes dos clientes e fornecedores dos fornecedores) com os

quais a empresa/operação focal transaciona. Outros níveis podem ser incluídos dependendo da cadeia.

Também é possível distinguir uma segmentação dos processos de gestão a partir da empresa focal: gestão de compras do lado do fornecimento e gestão de distribuição física do lado da demanda. A gestão de materiais envolve as relações efetuadas entre a empresa focal e os fornecedores e clientes de primeira camada, enquanto a gestão da cadeia de suprimentos engloba toda a cadeia.

Nota-se que a logística foi restrita, nessa interpretação, apenas às operações de movimentação e armazenagem de produtos finais.

Para exemplificar a configuração de cadeias de suprimentos, elaborou-se um esquema da cadeia têxtil tendo como empresa focal uma tecelagem (Figura 35).

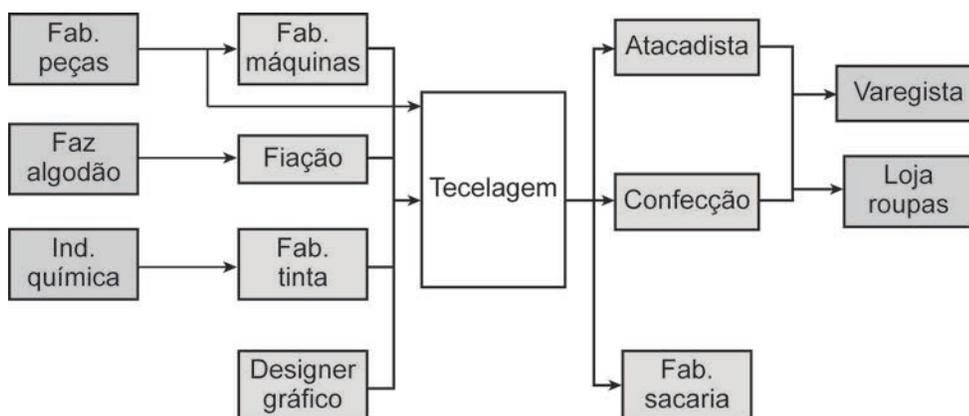


Figura 35 Cadeia de suprimentos do setor têxtil.

As cadeias de suprimentos podem ser identificadas nos mais diversos setores. Outros exemplos de setores são:

- Automóveis
- Soja
- Petroquímicas
- Flores
- Móveis
- Construção Civil
- Açúcar e álcool
- Alumínio
- Siderúrgicas
- Jóias

8.3 Gestão de compras

A gestão de compras une a empresa a seus fornecedores e inclui como atividades principais: solicitar cotações, selecionar fornecedores preferenciais e preparar pedidos de compras.

Os objetivos de desempenho a serem atendidos pela gestão de compras, que abrangem toda a cadeia de suprimentos são: comprar na qualidade certa, com entregas preferencialmente rápidas, no momento e na quantidade certas, com possibilidade de atender variações no pedido e com preço correto.

Sob a visão das cadeias de suprimento, a gestão de compras também inclui políticas como o estabelecimento de parcerias entre empresas para o desenvolvimento de produtos e compartilhamento de informações por meio de sistemas informatizados de controle entre empresas (ERP). Estas práticas permitem estabelecer relações de longo prazo e benefício mútuo entre as empresas participantes para que a cadeia como um todo possa ser competitiva.

Uma decisão importante relacionada à gestão de compras é o fornecimento de fonte única ou fonte múltipla. As duas opções possuem vantagens e desvantagens, resumidas brevemente no Quadro 9.

Quadro 9 Vantagens e desvantagens de fornecimento de fonte única ou múltipla.

	Fonte única	Fonte múltipla
Vantagens	Qualidade potencialmente maior. Relações fortes e duráveis. Melhor comunicação. Maior comprometimento.	Comprador pode abaixar preços. Possibilidade de mudar de fonte. Várias fontes de conhecimento e especialização disponíveis.
Desvantagens	Maior vulnerabilidade a problemas de fornecimento. Fornecedor mais afetado por flutuações de volume. Fornecedor pode forçar preços.	Menor comprometimento. Menor garantia de qualidade. Maior esforço de comunicação. Menos investimento de fornecedores em novos processos.

Fonte: adaptado de Slack, Chambers & Johnston (2007).

Outras questões atuais são igualmente importantes, como a consolidação da internet como meio para as empresas realizarem seus processos de negócios (*e-commerce*) e o fornecimento em fontes globais (SLACK, CHAMBERS & JOHNSTON, 2007).

A formação de blocos econômicos (União Européia, Mercosul, Nafta) por razões de geopolítica, permitiu-se a queda de barreiras alfandegárias, aumentando a quantidade de transações realizadas entre países e proporcionando às empresas a possibilidade de fornecimento a partir de fontes globais.

Essa nova configuração encontrou apoio na melhoria dos sistemas de comunicações e de transporte que contribuíram para agilizar as operações logísticas e consequentemente permitir a redução de custos.

Ao mesmo tempo em que os processos foram facilitados com a globalização, surgiram novos riscos devido à distância, como probabilidade de atrasos, menor possibilidade de controle dos processos que ocorrem na origem (boas práticas de fabricação, garantia de sustentabilidade, segurança, etc.) e questões relacionadas à comunicação.

8.4 Gestão de distribuição física

A gestão da distribuição física transfere/move produtos e serviços a partir da empresa focal a jusante na cadeia de suprimentos até os consumidores finais.

No processo de distribuição física, uma tendência crescente é a utilização de sistemas de estoque de múltiplos estágios, nos quais os materiais são estocados em diferentes pontos (estoques regionais), fora dos fabricantes, mas antes de serem entregues aos clientes (Figura 36).

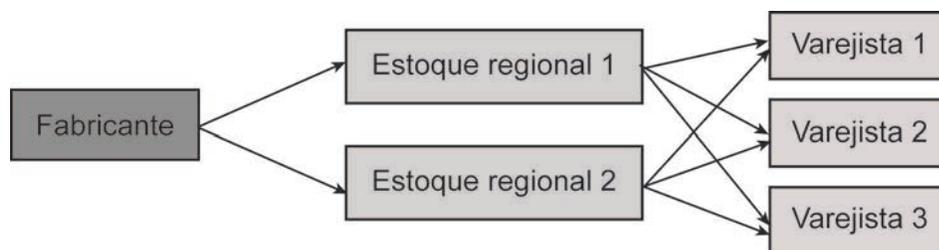


Figura 36 Sistemas de estoque de múltiplos estágios.

Fonte: adaptada de Slack, Chambers & Johnston (2007).

Com esse procedimento, as solicitações dos varejistas são atendidas em menor tempo pelos estoques regionais (economia em transportes). Os produtos são entregues por estes estoques intermediários em um prazo geralmente menor e assim o fabricante não necessitará atender cada varejista individualmente. Da mesma forma, os clientes finais não necessitam entrar em contato e colocar pedidos para cada fabricante. A Figura 36 apresenta uma comparação entre duas situações a respeito do volume de rotas e contatos para efetuar transações entre fabricantes e clientes, quando a quantidade de rotas foi reduzida de 18 para 12.

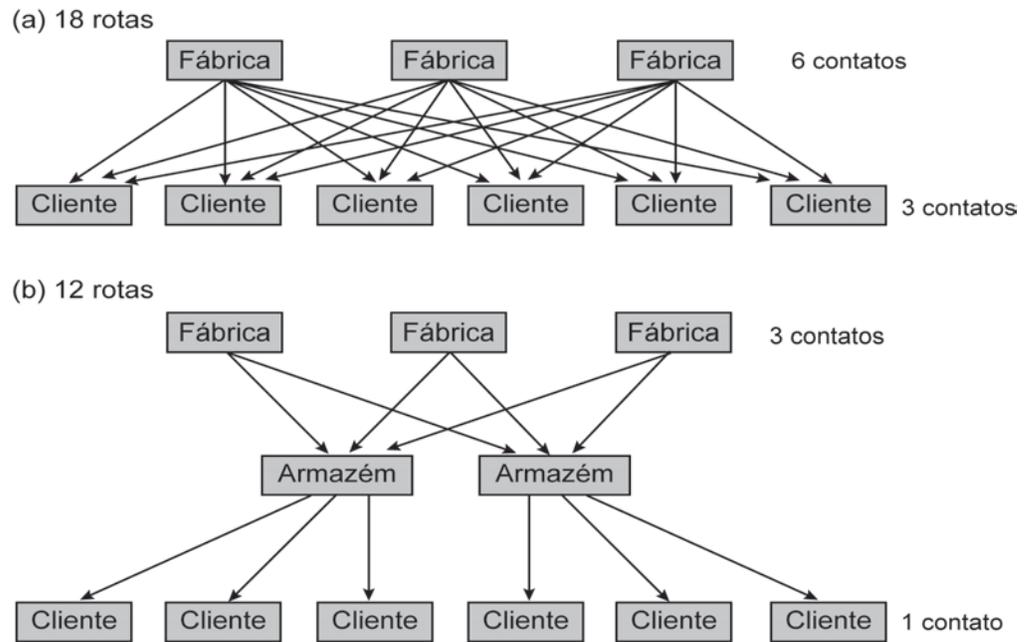


Figura 37 Sistemas de estoque de múltiplos estágios.

Fonte: adaptada de Slack, Chambers & Johnston (2007).

A internet também trouxe impacto para a distribuição física, uma vez que atualmente é possível disponibilizar as informações dos produtos ao longo da cadeia de suprimentos. Pode-se rastrear o fluxo dos produtos e saber onde os produtos adquiridos estão e qual sua previsão de entrega, o que é muito útil no caso de logística internacional.

Adicionalmente, como a programação de veículos é conhecida, pode-se programar a contratação de serviços de cargas de retorno, de modo que os veículos não retornem vazios. Este procedimento inclusive permite o barateamento dos serviços de transporte.

Finalmente, a internet possibilitou o contato direto dos fabricantes com os clientes, abrindo novos canais para a realização de transações comerciais, mais baratos por requerer menor estrutura de intermediação.

8.5 Variação da demanda: o efeito chicote

A gestão da demanda é o processo que gerencia e coordena a cadeia de suprimentos em seu sentido montante, desde os consumidores finais até os fornecedores (VOLLMANN et al., 2000 apud PIRES, 2009).

Este processo é uma resposta a uma ação tomada por um cliente final da cadeia que, ao adquirir um produto ou serviço, imediatamente movimentando informações no sentido montante da cadeia. Para atender ao cliente, produtos e serviços são movimentados na cadeia no sentido jusante.

O atendimento da demanda requer que o fornecedor do produto ou do serviço tenha capacidade suficiente para atender à solicitação do cliente de maneira imediata, visando manter um nível de serviço elevado ao consumidor.

O efeito chicote (*bullwhip effect*), também conhecido como efeito *Forrester* foi identificado e formalizado por Jay Forrester nos EUA. Na época, o pesquisador procurava estudar a propagação de erros em sistemas dinâmicos e interdependentes (PIRES, 2009).

Este efeito ocorre na amplificação da variância das informações da demanda à medida que elas se propagam no sentido montante da cadeia de suprimentos, ou seja, do consumidor final até o atacadista, conforme ilustra a Figura 38 para uma cadeia composta pelos agentes: cliente final, varejista, atacadista, fabricante e fornecedor.

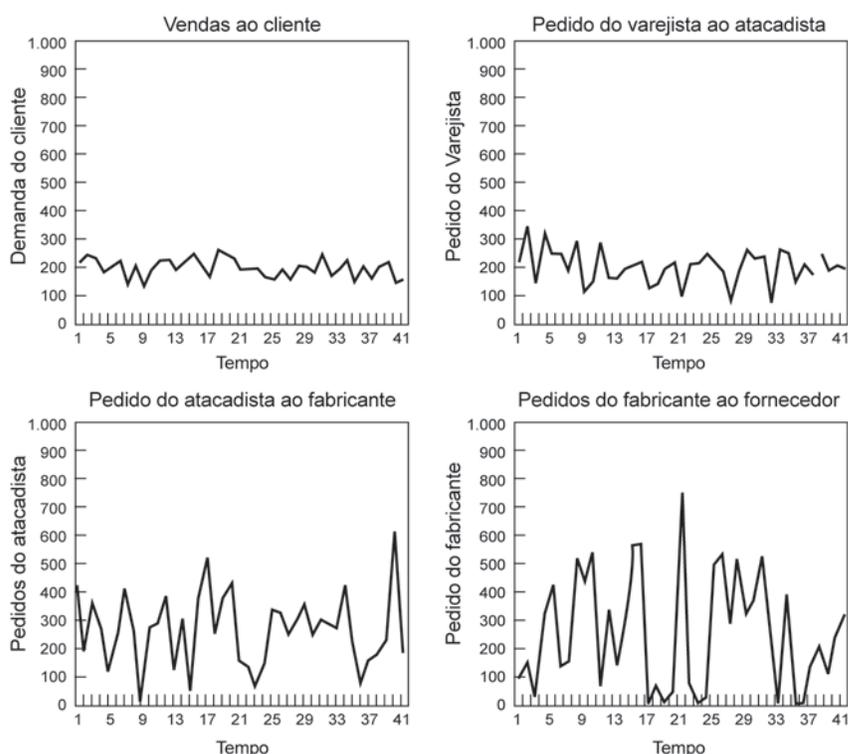


Figura 38 Propagação da variabilidade de pedidos (efeito chicote).

Fonte: adaptada de Chase, Jacobs & Aquilano (2009).

Assim, a flutuação da demanda por produtos no fornecedor é bem maior do que a variação observada nas vendas ao cliente final. Como consequência, há a formação de estoques ao longo de toda a cadeia.

Segundo Pires (2009), isso é causado pela tendência dos participantes da cadeia de suprimentos em exagerar no dimensionamento das ordens de compra e/ ou em atender uma determinada demanda recebida de um cliente e/

ou mercado.

O efeito chicote tem quatro causas básicas que foram modeladas e discutidas matematicamente por Lee et al. (1997a; 1997b, apud PIRES, 2009):

- *Atualização da demanda*

O início do efeito chicote é quando o varejista atualiza seus pedidos com base nos dados da demanda e o erro se propaga a cada tomada de decisão no sentido montante da cadeia.

- *Jogo do racionamento*

Quando a demanda de um produto excede a oferta, quem vende geralmente raciona a oferta dos produtos para quem está comprando, liberando apenas uma quantidade proporcional à quantidade demandada. Sabendo que há racionamento, os clientes costumam exagerar no pedido.

- *Processamento de ordens*

Amplificação da demanda em função de políticas de dimensionamento de ordens em cada elo da cadeia (tamanho de lote mínimo), como a colocação de pedidos segundo dimensionamento do lote econômico de compra (LEC), o que solicita mais itens do que realmente é necessário.

- *Variação de preços*

As flutuações de preço, motivadas por fatores de ordem econômica e política, e as promoções de venda, acabam causando variação de preços ao longo da cadeia, que influenciam diretamente os processos de tomada de decisão na gestão da demanda da cadeia.

Para combater o efeito chicote, é necessário o conhecimento da demanda real para que os pedidos ao longo da cadeia possam ser feitos com melhor aderência, reduzindo assim as discrepâncias de cada estágio e a manutenção de estoques desnecessários.

Com o desenvolvimento de novas tecnologias como o EDI (*Electronic Data Interchange* - Intercâmbio eletrônico de dados), RFID (*Radio Frequency Identification* - Identificação por rádio frequência), sistemas informatizados de controle de estoque WMS (*Warehouse Management System*) e políticas como o VMI (*Vendor Managed Inventory* – estoque gerenciado pelo fornecedor), há uma tendência de redução do efeito chicote, pois a demanda real passa a ser registrada e transmitida de maneira rápida à cadeia, que faz o ressuprimento na medida exata.

Para que a variabilidade da demanda seja atenuada entre os membros que formam a cadeia de suprimentos, é necessário desenvolver relações de colaboração entre estes, visando o compartilhamento de informações, o que não é frequentemente bem visto por questões de sigilo e estratégia.

8.6 Logística reversa

A forma mais usual de começar a análise de cadeias de suprimento é a identificação da origem das matérias-primas, seguido pelas diversas etapas de transformação e por fim, o modo como os produtos são comercializados, que pode passar por uma rede extensa de distribuição.

O conjunto das etapas de comercialização forma os *canais de distribuição diretos*, que inclui os processos com que os bens produzidos são comercializados até chegar ao consumidor final.

No entanto, a rápida substituição de produtos, juntamente com uma maior conscientização ecológica sobre os impactos que os produtos descartados provocam no meio ambiente, tem gerado interesse crescente em um segundo tipo de canal: os *canais de distribuição reversos*.

Segundo Leite (2009), os canais de distribuição reversos referem-se às formas por meio das quais uma parcela desses produtos retorna ao mercado, readquirindo valor de diversas naturezas, por meio de seu reaproveitamento, ou de seus componentes ou ainda de seus materiais constituintes.

A logística reversa é um assunto recente, com conceito ainda em formação. A definição dada pelo autor acima citado inclui os canais de distribuição reversos como os meios pelo qual a logística reversa é realizada:

Área da logística empresarial que planeja, opera e controla o fluxo e as informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-venda e pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, por meio dos canais de distribuição reversos, agregando-lhes valores de diversas naturezas: econômico, de prestação de serviços, ecológico, legal, logístico e de imagem corporativa, dentre outros (LEITE, 2009, p.17).

A definição de Leite (2009) aponta uma divisão da logística reversa em dois tipos de bens, com diferenciação dada pela origem e pelo grau de utilização: bens de pós-consumo e bens de pós-venda.

Bens de pós-consumo: Produtos e materiais constituintes originados no descarte dos produtos que depois de finalizada sua utilidade original, retornam ao ciclo produtivo de alguma maneira por três canais reversos:

- *Reuso*: Definido como os canais onde se tem a extensão do uso do produto, com a mesma função para o qual foi originalmente concebido.

Exemplos: Mercado de veículos usados e o reuso de águas já servidas para finalidades como irrigação de áreas verdes, limpeza, etc.

- *Remanufatura*: Canal reverso no qual os produtos podem ser reaproveitados em suas partes essenciais, com a substituição de alguns componentes, reconstituindo-se um produto com a mesma finalidade e natureza do original.

Exemplos: Cartuchos e *toners* de impressoras e componentes automotivos como embreagem.

- *Reciclagem*: Canal reverso de revalorização em que os materiais constituintes dos produtos descartados são extraídos industrialmente, transformando-se em matérias-primas secundárias ou recicladas que serão reincorporadas à fabricação de novos produtos.

Exemplos: Reciclagem de papel, alumínio, plásticos e materiais metálicos em geral.

Bens de pós-venda: Produtos com pouco ou nenhum uso, que fluem no sentido inverso, por problemas relacionados à:

- Qualidade (defeitos em garantia, *recall* de veículos e avarias no transporte, por exemplo);
- Processos comerciais entre empresas (término da validade/obsolescência, vendas em consignação, erros de pedido ou estoques excessivos no canal de distribuição, por exemplo).

Os bens de pós-venda utilizam o canal reverso de *retorno*, que pode ocorrer de diversas formas, muitas das quais já estabelecidas em contratos de comercialização.

Para retornar ao mercado podem passar para mercados secundários ou passar por processos como reforma, desmanches e reciclagem dos produtos e de seus materiais constituintes.

8.7 Considerações finais

As cadeias de suprimentos estão muito presentes em nosso dia a dia na condição de consumidores. Para o cliente final não é clara a identificação de

quantos processos foram realizados até a disponibilização de produtos e serviços, mas é importante que estas ligações sejam estudadas para melhorar o desempenho da cadeia como um todo.

A vantagem de se operar em rede traz ao consumidor e às empresas participantes a possibilidade de barateamento de custos. Cada elo da rede é normalmente operado por uma empresa especializada em uma parcela específica do processo e, por isso, consegue praticar um serviço com alta qualidade e custo reduzido. Essas vantagens repercutem no produto oferecido ao cliente final, através do alcance de objetivos de desempenho decorrentes de todos os processos da cadeia. Lembra-se que a satisfação do cliente final é o objetivo que sustenta a cadeia de suprimentos, uma vez que este é o agente que dispara todas as ações da cadeia.

Conforme discutido, o desenvolvimento de parcerias e de relações de confiança entre empresas (colaboração) é de grande importância para a melhoria de produtos e processos. Por envolver o compartilhamento de dados estratégicos, este ainda é um dos entraves para a maior integração da cadeia de suprimentos.

Esta unidade procurou introduzir a discussão das razões para a configuração das cadeias de suprimentos e apresentar os temas que modificaram a maneira de relacionamento entre as empresas e entre as empresas e os clientes, como internet, globalização, colaboração, logística reversa, etc. O assunto está em contínua evolução e estas novas maneiras de realizar processos de negócios devem ser acompanhadas por questões de estratégia e competitividade.

8.8 Estudos complementares

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J.; COOPER, M. *Gestão logística de cadeias de suprimentos*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2007. 528 p.

NOVAES, A. G. *Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição*. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007. 400p.

SIMCHI-LEVI, D.; KAMINSKY, P.; SIMCHI-LEVI, E. *Cadeias de suprimentos projeto e gestão: Conceitos, estratégias e estudos de caso*. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010. 584p.

Websites:

About.com: Logistics/Supply chain: <<http://logistics.about.com/>>

ILOS - Instituto de Logística e Supply chain: <<http://www.ilos.com.br/>>

REFERÊNCIAS

- BALLOU, R. H. *Logística empresarial: Transportes, administração de materiais, distribuição física*. São Paulo: Atlas, 1993.
- BALLOU, R. H. *Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 616 p.
- BARTHOLDI, J. J.; HACKMAN, S. T. *Warehouse and Distribution Science*. Georgia Institute of Technology. Disponível em: <<http://www.warehouse-science.com/>>. Acesso em: 25 fev. 2010.
- BATALHA, M. O.; SILVA A. L. Gerenciamento de sistemas agroindustriais: definições, especificidades e correntes metodológicas. In: BATALHA, M. O. (Org.). *Gestão Agroindustrial*. São Paulo: Atlas, 2007. v. 1, p. 1-62.
- CHASE, R. B.; JACOBS, F. R.; AQUILANO, N. J. *Administração da produção e operações para vantagens competitivas*. 11 ed. São Paulo: McGrawHill, 2006. 602p.
- CORRÊA, H.L.; CORRÊA, C.A. *Administração de produção e de operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica*. Edição compacta. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- DIAS, M. A. P. *Administração de Materiais – Princípios, conceitos e gestão*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- FREITAS Fº, P. J. *Introdução à modelagem e simulação de sistemas: com Aplicações em Arena*. Florianópolis: Visual Books, 2001.
- KRAJEWSKY, L.; RITZMAN, L.; MALHOTRA, M. *Administração de produção e operações*. 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.
- LEITE, P. R. *Logística reversa – Meio ambiente e competitividade*. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.
- MORABITO, R.; IANNONI, A. P. *Logística Agroindustrial*. In: BATALHA, M. O. (Org.). *Gestão Agroindustrial*. São Paulo: Atlas, 2007, v. 1, p. 184-256.
- MOREIRA, D. *Administração da Produção e Operações*. 2ª. Edição. São Paulo: Pioneira, 1996.
- MOURA, R. A. *Série Manual de Logística*. IMAM São Paulo, v.1-5, 2005.
- PIRES, S. R. I *Gestão da Cadeia de Suprimentos: Conceitos, estratégias, práticas e casos*. 2ª Edição. São Paulo: Atlas, 2009
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. *Administração da Produção*. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2007.

SOBRE O AUTOR

João Eduardo Azevedo Ramos da Silva

O autor possui formação em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), com mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), onde atualmente cursa o doutorado. Trabalhou por 11 anos no Centro de Tecnologia Canavieira na cidade de Piracicaba/SP na Seção de Projetos Mecânicos Agrícolas e Industriais, com atuação em dimensionamento de frotas, avaliação de operações agrícolas, análise de sistemas logísticos e controle de frota. Atualmente é professor da UFSCar no campus Sorocaba onde ministra disciplinas para o curso de Engenharia de Produção nas áreas de Gerenciamento de Projetos, Simulação Computacional e Logística. É membro do grupo de pesquisa SimuCAD que realiza pesquisas e projetos nas áreas de Simulação Computacional e Projeto de Instalações Industriais.