

2 Gestão da Produção

Neste capítulo serão apresentadas algumas noções básicas sobre gestão da produção, destacando seu importante papel, desde o surgimento dos sistemas produtivos até a abordagem de custos da produção. Além disso, para finalizar a apresentação do referencial teórico, o problema de programação inteira mista é abordado.

2.1 Origem e evolução

Dentre todos os autores que colaboram em descrever os acontecimentos históricos referentes ao surgimento da engenharia de produção, Gaither e Frazier (2001) é o que melhor resume os fatos geradores e suas cronologias.

Os sistemas de produção foram criados ao longo dos tempos ao passo que as civilizações evoluíam. Os processos e recursos de produção utilizados na época para as construções das pirâmides egípcias, do *Paternon* grego, da grande muralha da China e dos aquedutos e estradas do Império Romano, por exemplo, não eram cientificamente relacionados aos termos de sistemas produtivos. Mas mesmo assim contribuíram de forma considerável para a evolução das técnicas, que hoje chamamos de gerenciamento da produção.

Ainda no século XVII os sistemas de produção eram chamados de sistemas caseiros por serem realizados em casas ou cabanas, onde os artesãos orientavam aprendizes a executarem o trabalho manual nos produtos.

Em 1770, na Inglaterra, a **Revolução Industrial** marcou o surgimento do sistema fabril, substituindo a força humana e da água pela força mecanizada, sendo necessária a organização de máquinas, pessoas e outros recursos, para uma produção mais eficiente. A revolução se expandiu da Inglaterra para a Europa e Estados Unidos, onde o conceito de **peças intercambiáveis**, criado pelo inventor americano Eli

Whitney, em 1790, permitia uma linha de montagem mais flexível, fazendo uma padronização nos encaixes de peças.

Outro fato marcante para a indústria prosperar nos Estados Unidos foi o **pós-guerra civil**, no século XIX. Nesse período houve uma mudança estrutural, separando o capitalista do empregador, com os administradores se tornando empregados assalariados dos financistas que possuíam o capital. A colonização do oeste dos EUA criou a necessidade por novos produtos e as ferrovias se tornaram a segunda grande indústria americana.

Todos esses desenvolvimentos prepararam o cenário para a grande explosão de produção no final do século XX. Um novo ambiente socioeconômico surgiu, e percebendo a necessidade de abastecer os maciços mercados, um grupo de engenheiros, executivos comerciais, consultores, educadores e pesquisadores desenvolveram métodos e a filosofia da **administração científica** (*scientific management*). Frederic Winslow Taylor é conhecido como o pai da administração científica. Ele estudou os problemas fabris cientificamente e popularizou a noção de eficiência. Seus seguidores ficaram conhecidos como especialistas em eficiência, engenheiros de eficiência e engenheiros de produção.

A aplicação teórica da administração científica foi realizada por Ford, no início do século XX, tendo, como elementos principais os desenhos de produto padronizados, produção em massa, baixos custos de manufatura, linhas de montagem mecanizadas, especialização de mão-de-obra e peças intercambiáveis, incorporando os métodos eficientes em suas fábricas.

Entre as duas grandes guerras nasceu, entretanto, nos EUA o movimento das **relações humanas** (*human relations*) e **behaviorismo** (*behaviorism*), defendendo a importância da motivação, de um ambiente adequado de trabalho e de um clima organizacional.

Com a chegada da Segunda Guerra Mundial, aumentou a necessidade por força de trabalho especializada, suprimentos, aviões, materiais e outros recursos. Essas necessidades eram atribuídas a decisões administrativas complexas, que deveriam usar alta inteligência e tecnologia. Técnicas de pesquisa operacional passaram a ser abordadas por militares de forma integrada.

Após a Segunda Guerra Mundial, pesquisadores de operações militares e suas abordagens retornaram às universidades, indústrias, agências governamentais e firmas

de consultoria, trazendo suas experiências e vantagens da pesquisa operacional para a tomada de decisões.

Como conceitos importantes para a evolução da engenharia de produção, em termos de rapidez, custos e qualidade, a **Produção enxuta** e o **Just in time** contribuíram para o avanço dos sistemas produtivos, não só industriais, mas em todos os processos que buscam melhor eficiência.

Uma mudança considerável para a administração da produção foi a crescente disseminação de **serviços** nas economias. Empresas aéreas, de entretenimento, de transporte, de turismo, de alimentação, bancos, dentre outras, ofertam uma gama de possibilidades de serviços que a sociedade atual consome ao mesmo tempo em que melhora sua qualidade de vida. Sendo o setor das indústrias de serviços cada vez maior, operações complexas devem ser realizadas de maneira eficiente, destacando a importância de gerência operacional nos dias de hoje.

Notadamente, a **globalização** eliminou as fronteiras entre os países aumentando a competição entre empresas de todo o mundo. A velocidade, qualidade e o baixo custo nas operações, além do uso da tecnologia, impactam positivamente no produto ou serviço final. A eficiência nos processos internos e fluxos de atividades de uma organização se tornam vantagens competitivas num mercado volátil quando trazem para os clientes a satisfação no produto consumido ou no serviço adquirido, a baixos custos ou custos inferiores ao do concorrente.

Contudo, Administração da Produção e Operações pode ser entendida como um sistema ou como uma função. Seus gerentes são responsáveis pelo gerenciamento ou administração de todas as atividades do sistema produtivo de uma organização, que basicamente transformam insumos em produtos e/ou serviços.

2.2 Administração da produção e de operações

A administração da produção e operações (APO) é a administração do sistema de produção de uma organização, que transforma insumos nos produtos e/ou serviços de uma organização (Gaither e Frazier, 2001).

Constitui objetivo da APO a gestão eficaz das atividades e operações. Para alcançar tal objetivo, a APO se encontra em todas as áreas de atuação dos diretores, gerentes, supervisores e/ou qualquer colaborador da empresa (Martins e Laugeni, 1998).

Precisamente, um sistema de produção transforma insumos – matérias-primas, pessoal, máquinas, prédios ou facilidades, tecnologia, dinheiro, informação, e outros recursos – em saídas - produtos e serviços. Esse processo de transformação é o coração do que é denominado produção, e é a atividade predominante de um sistema de produção (Gaither e Frazier, 2001).

Ritzman e Krajewski (2004) acrescentam que a administração da produção e operações refere-se à direção e ao controle dos processos que transformam insumos em produtos e serviços. Possuindo uma interpretação ampla, eles consideram que a administração de operações está na base de todas as áreas funcionais, uma vez que em todas as atividades empresariais são encontrados esses processos.

A área de operações pode ser interpretada de uma maneira restrita referindo-se a um departamento específico, ou mais de um, e é responsável pela administração dos processos que criam os serviços ou produtos primários para os clientes externos, porém encontra-se envolvida de perto com outras áreas da empresa.

De forma ampla ou limitada, administrar operações é fundamental para cada área de uma organização, porque somente por meio de uma administração bem sucedida de pessoas, informação e materiais, ela pode cumprir suas metas.

Os administradores da produção são os gerentes de operações e administram o sistema de produção, onde a principal preocupação é relacionada aos processos de transformação ou produção (Gaither e Frazier, 2001).

Slack *et al.* (2002) afirma que os gerentes de produção são funcionários da organização que exercem responsabilidade particular de administrar algum ou todos os recursos envolvidos pela função produção. Em algumas organizações, o gerente de produção pode receber outras denominações como: gerente de tráfego numa empresa de distribuição, ou gerente administrativo em um hospital ou até gerente de loja em supermercado.

A administração da produção pode ser vista como uma função, pois, à medida que as empresas crescem de tamanho, departamentos precisam ser criados para assumirem responsabilidades por certos conjuntos de processos. Muitas vezes esses departamentos são organizados por meio de funções, também conhecidas como áreas funcionais. Cada função é especializada, tendo o seu próprio conhecimento e áreas de especialização,

responsabilidades básicas, processos e domínios de decisão. Outras vezes os processos são definidos individualmente, porém o seu fluxo abrange departamentos e funções distintas. Muitos desses processos abrangem todo o empreendimento e ultrapassam as fronteiras departamentais. Nesse tocante, as metas organizacionais são atingidas, geralmente, quando há uma comunicação efetiva e uma coordenação eficiente desses processos (Ritzman e Krajewski, 2004).

2.3 Principais Funções

As organizações estão, em geral, divididas em setores ou departamentos cujas atividades são responsáveis pelo fluxo eficiente de processos, informações e documentos, além da oferta de serviços e produtos com qualidade, a custos baixos e sem desperdício de tempo.

As principais funções, dentro do que se entende como sistemas produtivos, são mencionadas com semelhanças e diferenças pelos os autores Gaither e Frazier (2001), Slack *et al.* (2002) e Ritzman e Krajewski (2004).

Todos os autores consideram produção a função central, mas não a única. Gaither e Frazier (2001) acrescentam à função central de produção, as funções marketing e finanças, enquanto Slack *et al.* (2002) acredita que, além da produção e do marketing, o desenvolvimento de produto/serviço também seria central, e considera finanças como função de apoio, junto com recursos humanos. Numa visão mais ampla, Ritzman e Krajewski (2004) utilizam a combinação dos outros dois autores e considera a produção, contabilidade, distribuição, engenharia de projetos e métodos, finanças, recursos humanos e marketing como funções centrais, mas alerta para a possibilidade de terceirização de algumas funções. A opinião dos autores está melhor explicitada a seguir.

Para Gaither e Frazier (2001) os gerentes de marketing são responsáveis por criar a demanda por produtos e serviços de uma organização, enquanto os gerentes da função finanças são responsáveis por atingir objetivos financeiros da firma.

Embora produção, marketing e finanças atuem independentemente para atingir suas metas funcionais individuais, a organização depende do trabalho em conjunto desses três pilares para que suas metas sejam atingidas.

A função de produção numa organização representa a reunião de recursos destinados à produção de seus bens e serviços. Qualquer organização possui uma função produção uma vez que produz algum tipo de bem e/ou serviço (Slack *et al.*, 2002).

Esse autor acredita que a função produção é central para a organização, porque produz bens e serviços que são a razão de sua existência, mas não é a única nem, necessariamente, a mais importante. A função produção é, entretanto, uma das três funções centrais de qualquer organização. As outras duas são o marketing e o desenvolvimento do produto/serviço (Slack *et al.* 2002). A função marketing (que inclui vendas) é responsável por comunicar os produtos ou serviços de sua empresa para o seu mercado de modo a gerar pedidos de serviços e produtos por consumidores. A função desenvolvimento de produto/serviço é responsável por criar novos produtos e serviços, modificá-los ou inovar, de modo a gerar solicitações futuras de consumidores por produtos e serviços.

Além das três funções centrais, o autor destaca ainda mais duas funções de apoio que suprem e apóiam a função de produção. A primeira é a função contábil financeira, que fornece a informação para ajudar os processos decisórios econômicos e administra os recursos financeiros da organização. E a segunda é a função recursos humanos, que tanto recruta e desenvolve os funcionários da organização, como também se encarrega de seu bem estar.

Em grandes organizações, o departamento de operações (ou de produção) normalmente é responsável pela transformação efetiva de insumos em produtos acabados ou serviços. A contabilidade agrupa, resume e interpreta as informações financeiras. A distribuição trata da movimentação e do manuseio de insumos e produtos. A engenharia desenvolve projetos de produtos e serviços e de métodos de produção. Finanças protege e investe os recursos da empresa. Recursos humanos (ou pessoal) contratam e treinam empregados. Marketing gera demanda para a produção da empresa (Ritzman e Krajewski, 2004).

Não necessariamente, essas funções são executadas por todas as organizações, já que, em alguns casos, é mais econômico terceirizar algumas dessas funções ao invés de manter um departamento inteiro.

2.4 Planejar e Controlar a Produção

Visando atender as necessidades do mercado de forma eficiente, as organizações devem manter suas operações funcionando constantemente. Qualquer operação produtiva requer planos e controle, mesmo que o grau de formalidade e os detalhes possam variar (Slack *et al.*, 2007). Com isso, **Planejamento e Controle da Produção** (PCP) se preocupam em gerenciar as atividades da operação produtiva, de modo a satisfazer a demanda dos consumidores.

O PCP tem, como um dos principais objetivos, garantir que os processos da produção ocorram eficaz e eficientemente, e que produzam produtos e serviços conforme demandados pelos consumidores (Slack *et al.*, 2002). Isto requer que os recursos produtivos estejam disponíveis: na quantidade adequada, no momento adequado, e no nível de qualidade adequado (Fernandes e Santoro, 2007).

O PCP deve conciliar o potencial em fornecer produtos e serviços com a demanda de seus consumidores. É o conjunto de atividades diárias que garante que a operação ocorra de uma forma contínua. Dessa forma, a natureza das decisões tomadas para planejar e controlar uma operação produtiva dependerá tanto da natureza da demanda como da natureza do suprimento (Slack *et al.*, 2007). Para que o suprimento seja confiável é necessário existir a disponibilidade de todos os recursos transformadores e em transformação que garantam a operação.

No caso da **demanda**, geralmente, sua natureza é desconhecida, podendo ser irregular, acarretando em problemas na cadeia de suprimentos.

A cadeia de suprimentos pode ser entendida como uma rede de entidades que adquire matérias-primas transformando-as em produtos intermediários e depois em produtos acabados, onde por meio de um sistema de distribuição são entregues aos consumidores. Essa rede de entidades pode ser de negócios autônomos ou semi-autônomos, responsáveis coletivamente pelas atividades que envolvem compras, produção e distribuição associadas no mínimo a uma família de produtos (Maçada *et al.*, 2007).

A demanda pode ser avaliada como dependente e como independente. Segundo Slack *et al.* (2007), a demanda dependente é relativamente previsível devido a sua dependência de alguns fatores conhecidos. Sendo o seu processo e sua previsão relativamente diretos. Um exemplo é a produção de pneus para os carros. Conhecendo a quantidade de carros produzidos, simplesmente já se sabe a necessidade por pneus. Esta

estrutura de dependência por materiais para constituir o produto final geralmente concentra-se nas conseqüências da demanda dentro das operações, e é formalmente denominada lista de materiais, essencial no planejamento de recursos materiais, *Material Resource Planning* (MRP).

Algumas operações não têm a mesma sorte, tendo que tomar decisões de atender a demanda sem ter qualquer visibilidade firme antecipada dos pedidos dos consumidores. Um exemplo disso é um supermercado que planeja as suas vendas a partir de previsões de vendas passadas, já que os consumidores não informam, com antecedência, as quantidades dos produtos que irão comprar. Desta maneira, os supermercados devem estipular seus estoques para que não haja falta de itens em momentos de alta demanda, ou acúmulo demasiado de produtos caso as vendas diminuam. Para estes casos, a importância na gestão de estoques deve ser tratada com mais atenção.

Cada pedido por itens acabados aciona as atividades de planejamento e controle para organizar sua produção. Dependendo do grau de especulação, ou risco, de cada organização, diferentes tipos de planejamento e controle são definidos. A literatura em Gestão da Produção apresenta formas diferentes de um sistema de produção responder à demanda (Silva e Fernandes, 2008).

Para uma organização que aciona sua produção a partir do pedido do consumidor, seu grau de risco diminui, pois, somente a partir do pedido, irá comprar o material, fazer o trabalho e entregar o produto. Por outro lado, o tempo de entrega aumenta, pois o cliente estaria esperando essas três fases para receber seu produto. Neste caso, o tipo de planejamento e controle é **recursos-contrapedidos** (*resource-to-order*).

Outra maneira, quando se conhece um pouco melhor a demanda, é manter os estoques de recursos e só começar a produzir quando houver um pedido firme. Este tipo é **fazer-contrapedido** (*make-to-order*). O tempo de entrega é reduzido, porém o risco aumenta.

Outras operações funcionam colocando seus produtos ou serviços disponíveis antes mesmo do pedido do cliente ser realizado, como é o caso de cinemas, teatros, construção de prédios. Nesse caso, as organizações disponibilizam recursos, produzem e apenas entregam o produto/serviço após um pedido firme. A este tipo denomina-se **fazer-para-estocar** (*make-to-stock*), pois o produto ou serviço está de alguma forma “esperando” pelo pedido do cliente. O intervalo de tempo entre o pedido e a entrega é curto, porém o risco é muito maior.

Por fim, um modelo híbrido, que nas fases intermediárias inclui a montagem como atividade. Esse tipo de organização que o adota mantém em estoque os produtos semi-acabados e, a partir do pedido do cliente, montam o produto. Assim, o tipo **montar-contra-pedido** (*assemble-to-order*) aumenta um pouco o tempo de processo, mas atende a necessidade do cliente com um risco reduzido.

O planejamento da produção pode ser visto como o planejamento de aquisição de recursos e das atividades produtivas necessárias para transformar recursos em produtos acabados de modo a atender a demanda da forma mais eficiente ou econômica (Pochet e Wolsey, 2006).

Em ambientes industriais o problema de planejamento da produção envolve decisões sobre os tamanhos dos lotes dos produtos, do tempo em que a produção começa (programação), da máquina ou instalação em que a produção ocorre ou da seqüência em que os lotes são produzidos.

O planejamento da cadeia de suprimentos estende o planejamento da produção para o escopo de decisões integradas à aquisição e à distribuição. As decisões envolvem fornecedores, instalações de produção e de armazenagem, projetos de distribuição, e com isso a necessidade de um horizonte de planejamento maior.

O objetivo do planejamento da produção é basicamente tomar decisões de planejamento em favor da melhor escolha entre minimização de custos e satisfação dos clientes. Os sistemas de planejamento de produção estão cada vez mais sofisticados no sentido de atender: (1) maior produtividade; (2) flexibilidade nas operações e (3) variações da demanda.

De acordo com Slack *et al.* (2002), devido à conciliação requerida pelo PCP entre suprimento e demanda em termos de volume, tempo e qualidade, verifica-se a relação entre quatro atividades: carregamento, seqüenciamento, programação e controle (representadas na Figura 1), as quais serão detalhadas a seguir.

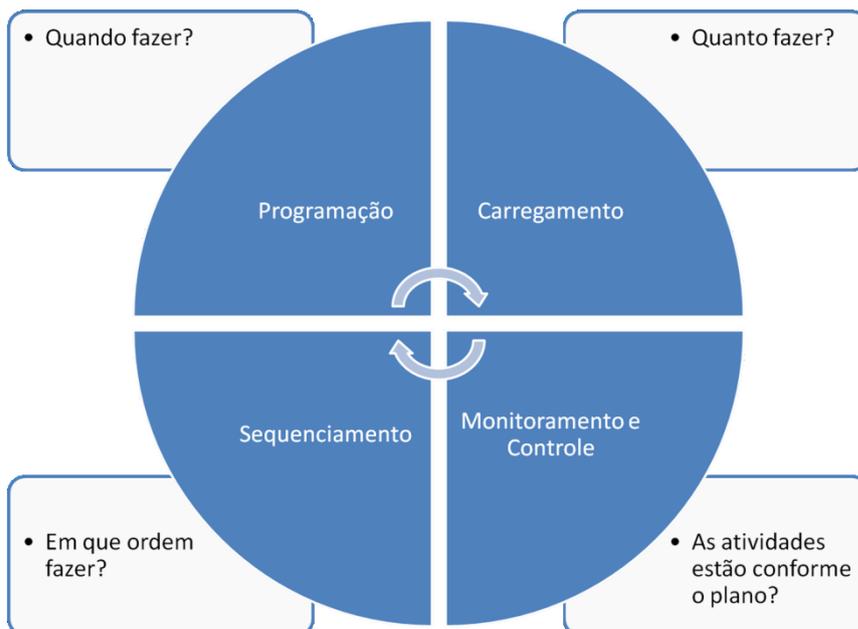


Figura 1: Atividades de planejamento e controle
Adaptado de Slack (2007, p. 323)

2.4.1. Atividades de planejamento e controle

2.4.1.1. Carregamento

O **carregamento** é a quantidade de recursos alocados para um centro de trabalho (Slack *et al.*, 2007). Quanto aos recursos, são analisados disponibilidade máxima, tempo normal disponível, tempo planejado disponível, tempo planejado de operação, e tempo real de operação. Isto envolve também tempos de não uso, como, tempos de preparação, trocas de forma e manutenção.

A Figura 2 apresenta a idéia desses tempos e perdas, e pode ser compreendida tecnicamente para recursos como máquinas, mas pode ser adaptada a mão-de-obra. Nesse caso, “trocas” e “tempo de máquina parada” podem ser compreendidos como, troca de turno, movimentação de materiais, limpeza da área de trabalho, e outras pausas, respectivamente.

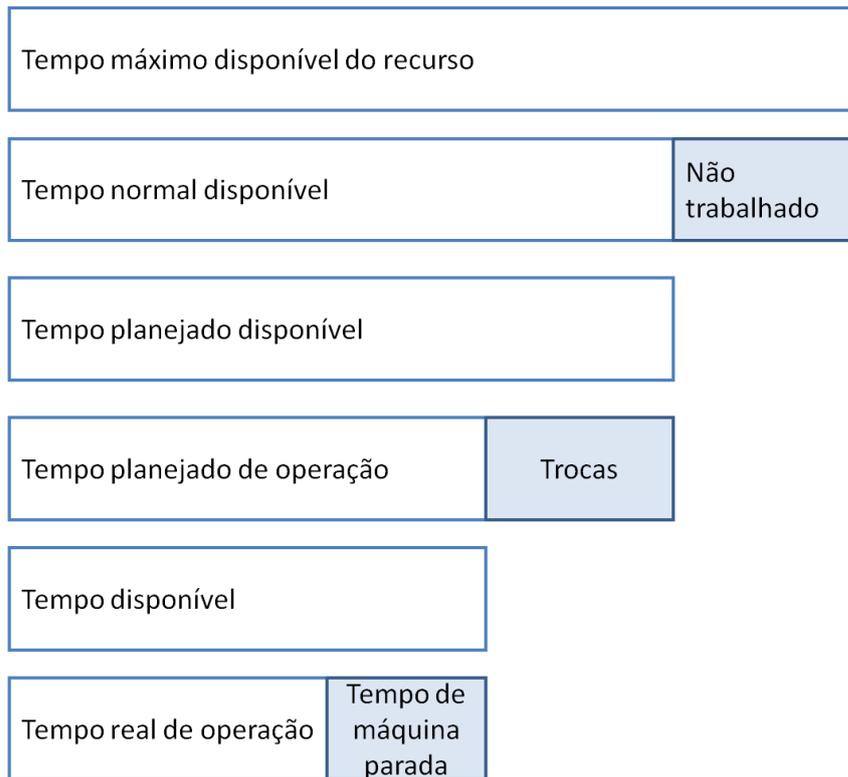


Figura 2: Redução do tempo disponível para carga de trabalho
Adaptado de Slack (2007, p. 323)

2.4.1.2. Seqüenciamento

O **seqüenciamento** é a ordem em que serão executadas as tarefas ou atividades. Restrições físicas, prioridade ao consumidor, data prometida, ordem na fila, operação mais longa, operação mais curta e regra de Johnson são alguns critérios adotados para definir o seqüenciamento de atividades (Slack *et al.*, 2007). Mais ainda, o critério de precedência entre tarefas deve ser considerado como restrição no seqüenciamento.

Dentre os objetivos de desempenho, a confiabilidade, o tempo e o custo representam maior importância para o seqüenciamento. O seqüenciamento geralmente é balizado de forma a atender a data prometida ao consumidor (confiabilidade), minimizar o tempo que o trabalho gasta no processo, ou tempo de fluxo (rapidez), minimizar o estoque do trabalho em processo (elemento de custo) e minimizar o tempo ocioso dos centros de trabalho (outro elemento de custo) (Slack *et al.*, 2002).

2.4.1.3. Programação

Após conhecer a seqüência de atividades, a **programação** é responsável por definir quando a produção deve ser iniciada e terminada. Geralmente, são utilizados cronogramas para o acompanhamento dessas atividades. É considerada uma das atividades mais complexas, pois envolvem recursos como pessoas e máquinas, e possibilita uma série de combinações de alocações de trabalhos nos recursos, de acordo com as necessidades de produção.

A programação pode ser classificada como para frente e para trás. Se um pedido é recebido e a produção inicia as tarefas imediatamente, mesmo que o produto ou serviço fique pronto antes mesmo do momento de entrega, denomina-se **programação para frente**. Nesse caso, a equipe ou setor está enviando para frente ou para a equipe seguinte a seqüência do processo de forma a adiantar o trabalho. Quando um pedido é recebido e se espera até o último momento para que este seja iniciado, respeitando a data de entrega, tem-se a **programação para trás**. As vantagens de uma programação para trás são: menores custos com materiais e menos risco numa possível mudança na programação. Em teoria, o planejamento de necessidades de materiais (MRP) e o *just-in-time*, modelo que visa minimizar estoques, realizam a programação para trás (Slack *et al.*, 2007).

O Gráfico de Gantt é uma ferramenta que auxilia na visualização das tarefas planejadas e seu andamento real, em cada operação ou centro de trabalho, num período de tempo cronológico estipulado.

2.4.1.4. Controle

Após a criação de um plano para operações de carregamento, seqüenciamento e programação, cada parte precisa ser monitorada para garantir a conformidade ou alinhamento com a estratégia da empresa. Caso algo não esteja em conformidade, o processo deve sofrer uma reestruturação. O monitoramento e controle buscam atender padrões de qualidade em níveis requeridos pelo mercado ou pré-especificados.

2.4.2. Foco do planejamento e controle

Fernandes e Santoro (2005) afirmam que se uma empresa produz para estocar, o horizonte de planejamento deve ser de médio ou longo prazo. Portanto, deve haver foco em planejamento. Se a empresa produz sob encomenda, ela deve ter foco em programação; e se a empresa produz sob encomenda ou é alta a variedade de produtos finais e importa insumos ou exporta parte significativa da sua produção, então ela deve ter foco tanto em planejamento como na programação.

Muitas das grandes empresas desenvolvem programações por meio de uma série de passos, iniciando com planos em longo prazo e finalizando com programações detalhadas para os níveis operacionais de curto prazo (Ritzman e Krajewski, 2004).

2.5 Estratégias de Curto, Médio e Longo Prazo

Planejamentos de curto, médio e longo prazos têm por base a definição de estratégias pela empresa. **Estratégia** pode ser entendida como a possibilidade de criar uma posição exclusiva e valiosa em relação aos concorrentes, envolvendo um diferente conjunto de atividades. Se houvesse apenas uma única posição ideal, não haveria necessidade de estratégia. (Nascimento, 2010).

Visando igualar a produção à demanda, variar a força de trabalho, ou simplesmente variar o nível de recursos produtivos, é a **estratégia de seguir a demanda** (*chase strategy*). Para isso, no momento de pico de demanda recorre-se a contratações, horas extras e subcontratações, enquanto num momento de baixa demanda ocorre o incentivo por férias, dispensas e horas ociosas. Dessa maneira uma empresa pode manter seu nível de estoque baixo, porém deve ser ágil na admissão e na dispensa da mão-de-obra (Silver *et al.*, 1998).

Para o mesmo autor, numa **estratégia de nivelamento** (*level strategy*) a equipe de trabalho ou os recursos de produção são mantidos em níveis constantes e a alternativa para período de pico de demanda é recorrer aos estoques. No período de baixa demanda, dispensas, uso do estoque de antecipação, horas ociosas e férias são alternativas adotadas. Nesse caso a empresa diminuiria os custos com encargos de trabalho por demissão, mas aumentaria os custos ligados ao alto nível de estoque para atender os picos da demanda.

De acordo com Ritzman e Krajewski (2004), para acompanhar a demanda irregular são usadas alternativas reativas e agressivas. Quando o gerente de operações ou produção aceita a demanda como um dado e procura alternar os níveis de força de trabalho, das horas extras, da programação das férias, dos níveis de estoque, da subcontratação e dos atrasos planejados para atender essa demanda, está tomando uma medida reativa. Por outro lado, as alternativas agressivas são ações que tentam modificar a demanda a padrões regulares. Os gerentes de marketing geralmente são os responsáveis por essas ações, que visam produzir ou gerar serviços complementares fora do pico de demanda, ou criar política de preços criativos e descontos.

Para os autores Ritzman e Krajewski (2004) e Silver *et al.* (1998), as estratégias de seguir a demanda e de nivelamento, empregadas isoladamente, dificilmente produzem o melhor plano desagregado aceitável. Em vez disso, a melhor estratégia para um processo é uma estratégia mista.

O ponto inicial para a tomada de decisões estratégicas normalmente é a avaliação financeira para um futuro de um ou dois anos. Essa avaliação chama-se plano de negócios. Um plano de negócios é um demonstrativo de resultados projetados de receitas, custos e lucros, orçamentos, balanço patrimonial projetado, fluxo de caixa projetado, mostrando fontes e aplicações de recursos. O plano de negócios é elaborado pelos gerentes de operações, finanças, vendas e marketing buscando traçar o caminho a ser seguido pela empresa.

No longo prazo, período que corresponde a pelo menos de dois anos, as decisões são tomadas pelos gerentes e acionistas das empresas. Isso envolve decidir que tipo de itens produzir, locais das instalações e tipos de investimentos.

Um executivo, como, por exemplo, o vice-presidente de operações de uma empresa, faz planos de longo prazo para: (1) instalações – localização da fábrica, *layout*, tamanho e capacidade; (2) grandes fornecedores e quantidade para integração vertical; (3) planos de processamento – nova tecnologia de produção, novos processos de produção e novos sistemas de automação (Gaither e Frazier, 2001).

O horizonte de tempo entre 2 anos e 6 meses é definido como médio prazo. Neste período o planejamento dos produtos ainda é tratado de forma agregada e decisões de produção são estabelecidas taticamente.

Com base no plano de negócios ou plano anual, uma empresa realiza o **planejamento desagregado** para seus processos, definindo níveis de produção, níveis de força de trabalho, e níveis de estoque, baseado nos limites de capacidade e

necessidades dos clientes. O plano desagregado também pode ser chamado de plano de produção, e concilia objetivos relacionados ao atendimento ao cliente, estabilidade da equipe, custo e lucro.

Para este período, gerentes de operações de divisões fazem planos para (1) emprego – demissões, contratações, reconvocações, trabalho, em horas extras, empregos em tempo parcial; (2) estoques; (3) utilidades; (4) modificações de instalações; (5) contratos de abastecimento de materiais (Gaither e Frazier, 2001).

No curto prazo, representado por períodos até 6 meses (Silver *et al.*, 1998), as decisões são completamente operacionais e os produtos, matérias-primas, mão-de-obra e processos internos entram no mais alto grau de detalhamento. A partir do plano desagregado, os gerentes e analistas definem os **planos operacionais**. Nesse momento, as famílias de produtos e os processos se encontram nos níveis mais detalhados.

Gerentes de operações de fábricas fazem planos para **programas mestres de produção (MPS)** (*master production scheduling*), definindo níveis da produção de itens acabados, basicamente. Esses planos são (1) cronogramas da produção de peças e montagem a serem manufaturadas; (2) cronogramas da compra de materiais; (3) cronogramas do setor de produção – preparação de máquinas, movimentação de lotes; (4) cronogramas da força de trabalho (Gaither e Frazier, 2001).

2.6 Programa Mestre da Produção (MPS)

O MPS é um programa de produção de itens acabados e independentes entre si, no sentido de que nenhum item é insumo de outro, que indica quais itens e em que quantidades deverão ser produzidas numa série de períodos futuros (Molina e Fernandes, 2008). É a fase mais importante do planejamento e controle de uma empresa (Slack *et al.*, 2007).

Segundo Molina e Fernandes (2008), a elaboração do MPS é um problema bastante complexo e vem sendo estudado por inúmeros pesquisadores, tais como Lewis *et al.* (1992), Wall *et al.* (1992), Campbell (1992), Chu (1995), Sipper e Bulfin (1997), Gundogar (1999), Metters e Vargas (1999) e Hill *et al.* (2000).

Várias são as possíveis entradas para iniciar a geração de um MPS eficiente. Porém, num período de curto e médio prazo, as mais importantes são demandas

previstas, carteira de pedidos, capacidade do sistema de produção e os níveis de estoque iniciais, níveis de estoques máximos e mínimos, incluindo estoque de segurança. Outras entradas também são importantes, tal como a demanda de empresa coligada, que acontece quando existe uma relação muito forte com os fornecedores, e também necessidades para exposições e promoções, que são de responsabilidade do marketing para incrementar as vendas. A demanda de pesquisa e desenvolvimento para novos produtos também é considerada no MPS, assim como a demanda por peças de reposição. A Figura 3 ilustra essas entradas.



Figura 3: Dados de entrada para o programa mestre de produção
Fonte: Slack (2007, p. 456)

O MPS detalha quantos itens acabados serão produzidos em intervalos de tempo específicos e futuros. E desmembra o plano de produção desagregado em programas de produtos específicos. Isto é, cada item de produto acabado é analisado separadamente num período curto no horizonte de tempo, podendo ser semanas ou meses (Ritzman e Krajewski, 2004).

A partir de informações do estoque disponível inicial e da demanda prevista em cada período, o MPS informa ao sistema a quantidade necessária do produto final, no período especificado, para que o nível de estoque se mantenha adequado, evitando o atraso da entrega do pedido ao cliente. A entrega do produto é garantida, já que considera o tempo necessário de solicitar o pedido de produção e a entrega no prazo certo.

A Tabela 1 é um exemplo simplificado de parte de um MPS de um item acabado com estratégia de seguir a demanda. Os pedidos de vendas e as previsões geram a linha

da demanda. A segunda linha corresponde ao estoque final disponível do produto no fim de cada período. Enquanto que o estoque inicial corresponde a última linha, que é a quantidade “em mãos” do produto antes do período 1. O MPS está seguindo estrategicamente a demanda, já que produz apenas no momento em que realmente é necessário, evitando custos com estoques. Porém, por outro lado, varia seu nível de produção, podendo acarretar em custos de preparação (*setup*) de máquinas, contratação, horas extras, dentre outros.

Tabela 1: MPS seguindo a demanda

	Período semana/mês								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Demanda	10	10	10	10	15	15	15	20	20
Disponível	20	10	0	0	0	0	0	0	0
MPS	0	0	0	10	15	15	15	20	20
Em mãos	30								

Fonte: Slack (2007, p. 456)

O MPS pode, ao invés de produzir no momento mais próximo da demanda, nivelar estrategicamente a produção. Porém, seus custos com estoques tendem a aumentar, e os custos por variar a produção a diminuir. A Tabela 2 exemplifica um MPS nivelado.

Tabela 2: MPS nivelado

	Período semana/mês								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Demanda	10	10	10	10	15	15	15	20	20
Disponível	31	32	33	34	30	26	22	13	4
MPS	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Em mãos	30								

Fonte: Slack (2007, p. 457)

Outras informações podem ser geradas pelo MPS, como informar a equipe de vendas quanto do produto pode ser prometido para os clientes nos períodos. Desta maneira, os vendedores podem acompanhar o MPS e adicionar novos pedidos na carteira de pedidos, representado pela linha “pedidos de venda” na Tabela 3. Ainda na Tabela 3, a linha ATP - disponível para entrega (*available to promise*) mostra a quantidade máxima que ainda está disponível para satisfazer novos pedidos de clientes.

Tabela 3: MPS com quantidade disponível para vendas

	Período semana/mês								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Demanda	10	10	10	10	15	15	15	20	20
Pedidos de venda	10	10	10	8	4				
Disponível	31	32	33	34	30	26	22	13	4
ATP	31	1	1	3	7	11	11	11	11
MPS	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Em mãos	30								

Fonte: Slack (2007, p. 457)

Essas informações de quantidades no período especificado são o princípio do **planejamento de recursos de materiais (MRP)** (*manufacturing resource planning*), que “explode” o MPS por meio da lista de materiais, do nível de produto acabado, e verifica no estoque os componentes para a fabricação do produto, gerando ordem de produção deste item em cadeia, incluindo a necessidade de compra de componentes dos fornecedores.

A **lista de materiais** (*bill of materials*) constitui a base do sistema de informação usado na gestão da produção e no controle do inventário, e tem como objetivos (1) facilitar a elaboração do MPS, de maneira adequada às características dos produtos fabricados pela empresa; (2) suportar a aplicação eficiente do MRP; (3) montar um diagrama em árvore dos insumos até itens semi-acabados que são constituintes do produto final, facilitando o planejamento, a programação e o controle das encomendas; (4) simplificar o controle do inventário; (5) tornar mais ágil a recuperação de dados (Gonçalves e Marçola, 1996).

Os tempos necessários do pedido de aquisição até a chegada do componente, ou do pedido de fabricação até o momento de uso, é chamado de tempo de reposição ou ressuprimeto (*lead time*). Assim, o MRP realiza seus processos a partir de uma programação para trás, considerando os tempos de cada parte do processo. A relação do MPS com o MRP pode ser melhor entendida através da Figura 4.

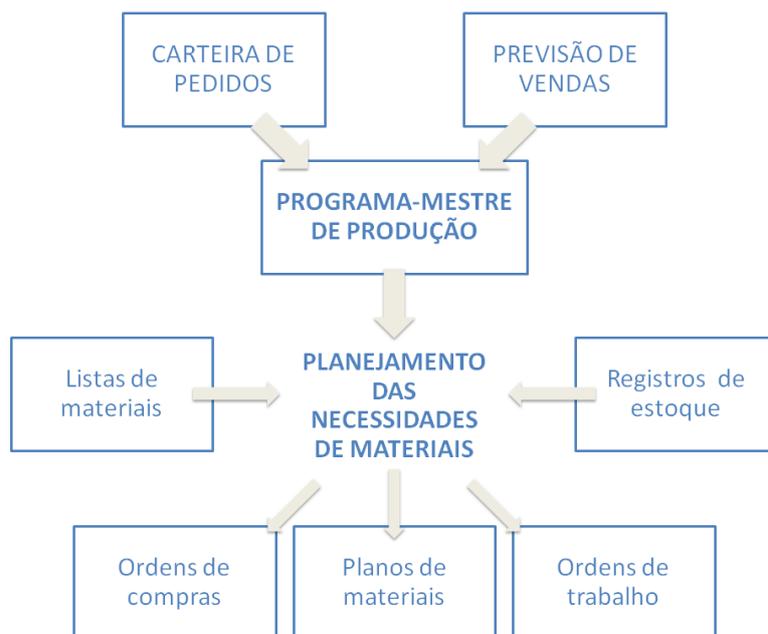


Figura 4: Principais atividades que explodem o MPS e iniciam o MRP
 Fonte: Slack (2007, p. 455)

Porém, é de extrema importância a percepção do uso do MPS de forma integrada e individualizada. Quando o MPS é tratado individualmente, através do cálculo por tabelas, não são considerados a integralidade das informações, então os produtos recorrentes que compõem o produto final, assim como seus estoques, podem possuir valores não ótimos.

Para que seja efetivamente correta essa base de cálculo, é necessário recorrer a **otimização** para buscar uma solução que maximizará lucros ou minimizará os custos envolvidos. Como são de natureza complexa, as formulações matemáticas desses problemas são, geralmente, solucionadas com auxílio de softwares de otimização (Silver *et al.*, 1998).

A formulação matemática de um problema associado a um **programa mestre de produção** (MPS) será apresentado em detalhes no Capítulo 5, assim como o software de resolução.

2.7 Classificação ABC

Empresas modernas vêm dando grande atenção aos custos de seus produtos em estoque. Nesse sentido, os produtos sofrem uma análise de acordo com seu valor e movimentação financeira, sendo classificados por fim em categorias.

Segundo Martins e Laugeni (2005), a **classificação ABC** é uma ordenação dos itens em função de um valor financeiro. E, uma vez ordenados, divide-se a listagem dos itens em três categorias – A, B e C.

Para Ritzman e Krajewski (2004) a identificação dos itens críticos do estoque é reconhecida pela análise ABC, que é o processo de classificar os itens em três categorias, de acordo com sua utilização em valor, de modo que os gerentes possam se concentrar nos itens de maior valor.

Em geral, produtos na classe A representam, em quantidade, em torno de 20% do total de itens, sendo responsáveis por aproximadamente 80% do valor. Em seguida, os itens da classe B representam em torno de 30% do total dos produtos, e em média representam 15% do valor. O restante dos itens pertence à classe C, que representam em torno de 50% do total dos produtos e aproximadamente 5% do valor.

A classificação ABC ou análise ABC serve de base de planejamento dos níveis de estoque para cada categoria e proporciona uma gerência adequada e eficiente. Para isso, segundo Ritzman e Krajewski (2004), multiplica-se a demanda anual de um item pelo seu custo unitário ou pelo preço unitário de venda, determinando seu valor de consumo ou receita, respectivamente. Sendo assim, os itens são ordenados em relação ao seu valor de consumo ou receita.

A gestão dos estoques, segundo Martins e Laugeni (2005), é relacionada à determinação de quanto e quando repor os materiais em estoque com base na classificação ABC, visando atender a demanda de forma eficiente.

2.8 Estoques

Um dos principais conceitos dentro do escopo da administração da produção é o de estoques. A importância do gerenciamento do estoque é essencial para o sucesso de qualquer empresa, pois o seu excesso e, principalmente, sua falta geram consequências negativas do ponto de vista financeiro.

Segundo Correa *et al.* (2001), os **estoques** são acúmulos de recursos materiais entre fases específicas de processos de transformação. Com esse pensamento, existem estoques tanto de matérias-primas, produtos intermediários ou semi-acabados e produtos acabados.

Os estoques de matérias-primas são importantes para regular diferentes taxas de suprimento pelo fornecedor, e diferentes taxas de demanda pelo processo de transformação. Os motivos dessas diferenças podem ser a (1) confiabilidade baixa do fornecedor, (2) entrega fora do prazo ou em quantidades não especificadas, (3) o consumo receber um incremento inesperado, como *recall* de um produto, (4) falha de um equipamento, gerando diminuição do consumo de uma fase ou (5) tamanho do lote grande o suficiente para superar as necessidades, gerando aumento do estoque.

Os estoques de itens semi-acabados regulam a dependência entre duas fases do processo produtivo ou equipamentos subsequentes devido a suas capacidades, velocidades ou manutenção.

Já os estoques de produtos acabados são utilizados para regular as diferenças entre taxas de produção do processo produtivo (suprimento) e demanda do mercado. Os estoques de produtos acabados podem variar por motivos combinados em relação a incertezas do processo produtivo, ou da demanda de mercado. Por sua vez, a demanda de mercado possui volatilidade muito maior que a de um processo produtivo, logo ela está inerente a certeza dos fatos (sendo apenas passível de previsão usando estatística ou como será tratado adiante, fazendo previsão de demanda).

Outra maneira de interpretar os estoques é atribuir a necessidade do produto à dependência entre fases do processo, sendo assim o estoque seria uma solução para gerar uma independência entre as fases, promovendo uma dinâmica de trabalho eficiente, que não sofra interrupções e conseqüências desvantajosas para a empresa.

Os estoques, para Davis (2001), são a quantificação de qualquer item ou recurso usado em uma organização. Um sistema de estoques é o conjunto de políticas e controles que monitora os níveis de estoques e determina os níveis a serem mantidos, quando estoques devem ser repostos e o tamanho dos pedidos.

Segundo Slack *et al.* (2002) e Ritzman e Krajewski (2004), as várias razões para o desequilíbrio entre a taxa de fornecimento e de demanda em diferentes pontos de qualquer operação, levam a diferentes tipos de estoques, como:

- **estoque de segurança** ou de proteção: também chamado de isolador, tem o papel de compensar as incertezas inerentes a fornecimento, tempo de espera e

demanda. É o nível mínimo de estoque que pode cobrir uma demanda elevada. Evita a indisponibilidade do produto.

- **estoque de ciclo**, ou cíclico: significa a produção de uma quantidade, ou lote, que varia proporcionalmente com o tempo, enquanto outro lote é produzido. Quando o estoque é consumido gradativamente até seu ponto mínimo, o ciclo se inicia novamente.
- **estoque de antecipação**: serve para compensar diferenças de ritmo entre fornecimento e demanda. Ele é mais usado quando as flutuações da demanda são significativas, mas relativamente previsíveis.
- **estoque em trânsito** ou no canal ou de distribuição: muitas vezes, entre fases do processo produtivo, o material não pode ser transportado instantaneamente entre o ponto de fornecimento e o ponto de demanda.

2.9 Custos de produção

Segundo Slack *et al.* (2002), para as empresas que concorrem diretamente em preço, o custo será seu principal foco de produção. Quanto menor o custo de produzir seus bens e serviços, menor poderá ser o preço para seus consumidores.

De acordo com a contabilidade de custos, o significado do termo **custo** consiste no valor monetário pago por bens ou serviços utilizados. Sua finalidade, na maioria das empresas, é determinar o custo dos produtos ou serviços vendidos Pizzolato (2007).

No presente estudo, serão abordados os custos ligados aos sistemas produtivos, sendo eles o custo unitário de produção, o custo de preparação ou de *setup* e o custo de manter em estoque ou de armazenar.

2.9.1. Custo Unitário de Produção

O **custo unitário de produção** é relacionado à mão-de-obra aplicada à produção do bem ou do serviço, à matéria-prima adquirida através de fornecedores e ao processo de transformação, por máquinas ou funcionários, à matéria-prima em produtos semi-acabados até o produto final.

Na produção, geralmente os custos predominantes são:

- **Custos com mão-de-obra:** dinheiro gasto com o pessoal empregado. É o custo relacionado diretamente ao salário dos funcionários, impostos de emprego, custos de seguridade social, férias e previdência social. Pode ser medido de duas maneiras, como o custo por hora, sendo o custo médio do trabalhador em horas normais, ou pode ser chamado de custo unitário, significando o custo de mão-de-obra por unidade de produção. Existe também custo do funcionário no período de horas extras e custo de subcontratação.
- **Custos com instalações, tecnologia e equipamentos:** dinheiro gasto com compra, conservação, operação e substituição de hardware de produção. O custo da terra pode ser entendido como o custo de aquisição de um terreno, que define a localização das instalações. Decisões de compra ou aluguel em determinado local podem refletir no preço final do produto ou serviço. O custo de energia, muitas vezes, é embutido.
- **Custos de materiais:** dinheiro gasto nos materiais consumidos ou transformados.

2.9.2. Custo de preparação ou de *setup*

Custo de preparação ou de *setup* é o custo envolvido em preparar ou mudar uma máquina para produzir um componente ou item diferente. Inclui a mão-de-obra e o tempo para fazer a mudança, a limpeza e novas ferramentas ou acessórios. Os custos de refugo ou retrabalho podem ser substancialmente maiores no início da produção.

Para saber o que se pode incorporar em um ganho advindo de uma redução de tempo de *setup*, utilizou-se como base uma lista feita por McIntosh *et al.* (2001), que envolve cinco áreas a seguir:

- Tempo de parada de equipamentos;
- Inventário ou estoques;
- Recursos (exemplo: menos necessidade de mão-de-obra, menos necessidade da habilidade da mão-de-obra);
- Flexibilidade; e

- Controle do processo (exemplo: aumentar a qualidade do produto, aumentar a confiabilidade do processo).

É fato que quanto menor o tempo de preparação, menor é o custo de preparação.

2.9.3. Custos de manter em estoque ou armazenar

Os **custos de manter em estoque ou armazenar** são relacionados, basicamente, às decisões de quanto encomendar por compra ou por produção (Ritzman e Krajewski, 2004) e (Slack *et al.*, 2002). Contribuem para a formação dos custos de estoques, os seguintes custos.

- **Custos de colocação de pedido:** cada vez que um pedido é colocado para reabastecer estoque, são necessárias algumas transações que representam custos para empresas. Tarefas de escritório de preparo do pedido e a documentação associada, os processos de entrega, de pagar o fornecedor, e os custos gerais para manter todas essas informações.
- **Custos de descontos de preço:** muitos fornecedores apresentam descontos para pedidos em grandes quantidades. Logo, pedidos menores incorrem em maiores custos.
- **Custos de falta de estoque:** caso haja falta de produtos aos clientes, a credibilidade e até a perda de pedidos futuros incorrem em custos irreparáveis a empresa. Da mesma forma, a falta de estoque interno em fases do processo pode acarretar na falta de produtos aos clientes.
- **Custos de capital de giro:** é relacionado ao tempo entre pagar aos fornecedores ou pagar pelos processos produtivos, e receber pelas vendas dos produtos. Geralmente, há um lapso de tempo entre essas fases, e a empresa deve ter fundos para manter essas quantidades em estoque. Os custos são associados aos juros pagos aos bancos por empréstimos e custos de oportunidade de não investir em alternativas.
- **Custos de armazenagem e manuseio:** está associado à armazenagem física dos bens, como: locação, climatização e iluminação do armazém, segurança, entre outros. E o transporte entre fases dos processos. Custos com impostos, seguros e perdas estão relacionados ao custo de armazenagem. Mais impostos serão

pagos quando os estoques, no final do ano, aumentarem. Assim como maior quantidade de itens para assegurar. Quanto às perdas, três formas são assumidas: furto, roubo ou perda

- **Custos de obsolescência:** geralmente associado a pedidos grandes e vida útil. É o risco de manter em estoque produtos que percam seu valor ao longo do tempo. Produtos perecíveis ou que podem sair da moda, ou que possam ser substituídos.
- **Custos de ineficiência da produção:** de acordo com a filosofia *Just-in-time*, altos níveis de estoque impedem a visão dos problemas operacionais ao longo das atividades.

Segundo Slack *et al.* (2004), as empresas geralmente indicam o custo de armazenar um item por período de tempo como uma porcentagem do seu valor. Em geral, o custo anual para manter uma unidade em estoque varia de 20 a 40 por cento do seu valor.