

## 2

### **Gestão de Estoques**

O presente capítulo busca mostrar a importância de uma gestão eficiente de estoque dentro do contexto empresarial, focando na possibilidade de obtenção de vantagens competitivas via gestão de inventários, principalmente através da sua contrapartida em termos de custos. Em seguida, coloca-se a especificidade da gestão de estoque de sobressalentes de manutenção, chamando a atenção quanto à relação existente entre a estratégia de manutenção e a política de estoques, principalmente em função das características especiais desse tipo de material. Por fim, é feita uma síntese da evolução da gestão de estoques, desde o início do século XX, quando surgem as primeiras publicações a respeito do assunto, até as contribuições mais recentes.

#### 2.1

##### **A importância da gestão de estoques no contexto empresarial**

Os estoques assumem funções fundamentais no processo produtivo. Eles podem ser utilizados como precaução contra incertezas e flutuações da demanda e também como reguladores da produção, evitando grandes oscilações das necessidades de produção. Estoques de material em processo criam independência entre os estágios produtivos, permitindo que cada estágio opere a uma taxa ótima. As empresas podem ainda manter a guarda de materiais utilizados para manutenção do sistema e maquinaria produtiva, evitando perdas de produção por paradas ou para evitar exposição à riscos elevados.

Por sua vez, a falta de produtos acabados pode levar à perda de vendas e redução do nível de satisfação dos clientes. A falta de matéria-prima pode interromper a linha de produção, exigindo a sua reprogramação e, conseqüentemente, gerar custos adicionais.

Além das funções citadas, os estoques possuem importantes funções econômicas, podendo servir tanto para a estabilização de preços quanto para fins especulativos.

Pelo fato do estoque servir a diversos propósitos e de impactar diferentes áreas das organizações, a sua administração é, muitas vezes, ponto de discussão entre diferentes gerências.

Via de regra, o setor de marketing busca manter estoques altos a fim de atender às variações da demanda e disponibilizar o mais rápido possível os produtos para os clientes; a gerência de produção prefere fabricar grandes lotes de poucos produtos, aumentando a produtividade e minimizando as oscilações nas linhas de produção. Por sua vez, as gerências responsáveis pela manutenção dos equipamentos desejam manter grandes inventários de sobressalentes a fim de aumentar a disponibilidade das máquinas por meio de ações corretivas mais rápidas. Já o setor financeiro busca estoques mínimos que reduzam o custo de oportunidade do capital da empresa imobilizado em materiais.

A manutenção de estoques tem contrapartidas financeiras muito importantes, visto que eles podem representar uma porção significativa dos ativos das empresas. Estoques excessivos podem baixar a lucratividade das firmas por duas maneiras: quando o ativo total é aumentado pelo investimento em estoques, o retorno sobre o mesmo decresce; e o estoque reduz o lucro líquido pelos custos associados a sua manutenção.

Inventários acima do necessário também significam incorrer em grandes custos de oportunidades. Os recursos imobilizados em estoques poderiam estar sendo utilizados em outros investimentos que permitam maiores retornos às empresas. Ou seja, do ponto de vista econômico, a firma estaria deixando de aplicar seus ativos em atividades de maior retorno para mantê-los aplicados em matéria-prima, em produtos em processo, em produtos acabados e em peças sobressalentes de equipamentos. Além desse custo econômico, outros custos podem ser associados à manutenção de estoques como, por exemplo, a obsolescência e a depreciação.

Devido às características citadas, a gestão de estoques é considerada uma das atividades chave para administração das empresas. Ela reflete a eficiência das firmas em gerirem seus processos. Desequilíbrios de estoques, excesso e faltas de materiais representam falhas de controle de atividades transversais dentro das organizações. A gestão de estoque deve ser entendida, portanto, como parte de um processo integrado dentro das empresas, levando-se em consideração a estratégia

global da firma, sua infra-estrutura física e seus sistemas de informação e de governança (Vries, 2007).

Torna-se claro, portanto, que é preciso levar em conta o contexto organizacional ao se analisar o processo de gestão de estoque. A alocação de responsabilidades, competências e autoridade sobre as decisões de inventário, a comunicação e relacionamento entre os agentes envolvidos e o processo de tomada de decisão são fatores fundamentais para o sucesso nesta área (Zomerdijk; Vries, 2003).

A gestão de estoques teve grande impacto nos últimos anos. A partir da década de 1970, a economia mundial passou por uma série de transformações. Chegou ao fim um modelo de crescimento baseado na capacidade dos governos nacionais em expandir os mercados internos sem aumentar o endividamento e gerar inflação, corroendo assim as bases de acumulação capitalistas. Isso levou a uma grande mudança nas estratégias das firmas, que buscaram reduzir custos de produção; ampliar o mercado; aumentar a produtividade e acelerar o giro do capital (Castels, 1999).

Nesta nova estrutura de mercado, a gestão das cadeias de suprimento passou a ser entendida como importante fonte de vantagem competitiva para as firmas.

Segundo Porter (1986,1990), uma empresa é mais do que a simples soma de suas atividades. Seu sistema de valor é uma série de ligações entre atividades desenvolvidas por uma rede de empresas que influenciam mutuamente os desempenhos umas das outras. A coordenação destas atividades permite que as operações logísticas funcionem harmonicamente, reduzindo a necessidade de estoques onerosos. Ela permite também a redução dos custos de transação, melhora a qualidade de informações para controle, torna possível substituir operações onerosas por outras menos custosas e reduz o tempo necessário para realização das tarefas. Segundo este autor, “a vantagem competitiva é, cada vez mais, função da competência com que uma empresa pode administrar todo este sistema” (Porter, 1990).

De acordo com Lambert e Cooper (2000), o sucesso de uma firma depende da habilidade das gerências em integrar sua intrincada rede de relações. Uma gestão integrada da cadeia de suprimentos permite que as firmas capturem a sinergia da integração intra e entre as firmas. Nesse sentido, a gestão da cadeia de

suprimentos é entendida como “a integração de processos chave, desde o usuário final até os fornecedores originais, que produzem produtos, serviços e informações que adicionam valor para os clientes e outras partes interessadas” (Global Supply Chain Forum, apud. Lambert e Cooper, 2000).

A gestão da cadeia de suprimento permite que as firmas reduzam seus estoques através, principalmente, de práticas de gestão da demanda, gestão colaborativa e utilização de novas tecnologias da informação.

Através de técnicas como *Demand Chain Management* (DCM), *Colaborative Planning, Forecasting, and Replenishment* (CPFR), e outras ações gerenciais de integração das cadeias de suprimento, houve avanços significativos sobre a gestão de inventários.

Nestes casos, evidenciou-se que a otimização de elementos das cadeias não significa uma otimização do todo. A gestão de estoque ganhou assim uma nova dimensão, muito mais ampla do que a existente até então.

## 2.2

### **Custos de estoque**

Custos são, indubitavelmente, fontes de vantagens competitivas. Para Porter (1986), a busca por custos baixos se constitui em uma das três estratégias competitivas que as firmas podem seguir, juntamente com as estratégias de diferenciação e enfoque. Mesmo nas outras estratégias, os custos não podem ser desconsiderados.

Operar com baixos custos permite às firmas retornos acima da média da indústria, o que lhes dá uma margem de manobra na disputa com os concorrentes. Além disto, a empresa cria uma defesa contra os clientes que possuam grande peso no mercado, pois trabalha no melhor nível de eficiência. Custos baixos também permitem maior flexibilidade frente a aumento dos custos de insumos, além de criarem barreiras à entrada de novos concorrentes. Para manter uma estratégia baseada em custos, a firma deve operar em níveis ótimos de escala, assim como obter reduções de custos pela experiência, pela minimização de gastos com P&D, assistência e vendas.

A apuração adequada dos custos, assim como um sistema que permita identificar corretamente a alocação de recursos a cada atividade é fundamental

para as empresas gerirem suas operações. Essa importância aumentou no cenário econômico atual no qual as firmas produzem uma alta variedade de produtos através de processos complexos, para uma vasta gama de clientes (Kaplan, 2006). Identificar corretamente a utilização dos recursos evita que as empresas tomem decisões equivocadas sobre seu desempenho (Cooper e Kaplan, 1992).

A medição adequada dos custos é fundamental na gestão de estoques. Quantificar corretamente custos permite que o gestor identifique com precisão quais são as oportunidades de melhoria do seu sistema de controle, relacionando-os com as oportunidades diretas de ganhos financeiros (Kaplan, 1983). Kaplan (1992) mostra que firmas que não conseguem identificar corretamente os custos associados ao processo de suprimento, podem estar fazendo avaliações equivocadas sobre seu desempenho e dos seus fornecedores.

Segundo Zipkin (2000), a gestão de estoque trata, fundamentalmente, de otimizar os custos de estoques. Para tanto, a mensuração correta dos custos e sua alocação adequada é essencial.

Mesmo em aplicações de modelos matemáticos robustos à pequenos erros na mensuração dos custos relacionados ao estoque como, por exemplo, os modelos de lotes econômicos, isso pode ser um problema. Selen e Wood (1987) mostram como a medição e o entendimento errado dos custos implica em resultados bastante divergentes de níveis de inventário. Para os autores, é fundamental que se distingam os custos fixos dos variáveis, assim como se deve utilizar nos modelos os custos marginais ao invés dos custos médios, erro que acontece regularmente.

As práticas contábeis de cada país permitem que sejam alocados aos estoques diferentes custos. Segundo Roth (1988), uma lei americana promulgada em 1986, por exemplo, permite que as empresas contabilizem como custos de estoque os custos diretos de materiais, custos diretos de trabalho, custos indiretos de produção e custos administrativos. No rol destes custos estão inclusos os custos com seguros, controle de qualidade, manuseio, armazenamento, compras, depreciação, materiais, parte de custos administrativos relacionados à contabilidade, sistemas de informação e outras atividades de suporte.

Tradicionalmente, os modelos de estoque tratam de quatro tipos de custos: custos fixos e variáveis da emissão de ordens de compra; os custos de manutenção do estoque; e custos de falta.

Os custos fixos representam todos os custos que não variam com a emissão das ordens de compra. Eles incluem os custos administrativos fixos que devem ser incorporados ao estoque, o custo de transporte, os custos de recebimento e os custos de controle de qualidade. A partir da diluição dos custos fixos no processo de suprimento é que se exploram as economias de escala do processo.

Os custos variáveis de emissão das ordens de compra compreendem todos os demais custos envolvidos que variam com a quantidade adquirida, inclusive o custo dos materiais. São contabilizados aqui, inclusive, os custos da utilização de sistemas eletrônicos de EDI – *Electronic Data Interchange*.

Por sua vez, os custos de manutenção incluem o custo de oportunidade (custo financeiro) de manter o material em estoque por unidade de tempo, assim como os custos de armazenamento, manuseio e seguros.

Finalmente, os custos de falta, que são muitas vezes os mais difíceis de mensurar, representam o prejuízo causado pela falta do material em estoque, e sua natureza varia de acordo com a natureza do inventário.

Diante disto, temos que a busca pela otimização dos estoques, qualquer que seja sua natureza, passa pela tarefa de identificar corretamente os custos a eles associados.

## 2.3

### **A gestão de estoques de sobressalentes de manutenção**

As mudanças econômicas iniciadas na década de 1970 levaram as empresas a mudarem não apenas suas estratégias produtivas, mas também a gestão de todas as atividades administrativas e de suporte que concorrem para consecução desta.

Esta reestruturação também fez eco na manutenção industrial. Com o desenvolvimento de conceitos como *Advanced Manufacturing Technologies* (ADM), *Just-in-Time* (JIT), *Total Productive Maintenance* (TPM) e *outsourcing*, a manutenção deixa de ser entendida como um mal necessário, e passa a ser compreendida como uma função estratégica. Ou seja, ela passa a ser percebida como capaz de contribuir para o desempenho das empresas nos termos de custos, qualidade e produtividade (Waeyenbergh, 2002; Pintelon, 2002).

Para tanto, é necessário que os objetivos da manutenção industrial de aumentar a vida útil dos equipamentos, mantê-los em condições adequadas de produção, aumentar a sua disponibilidade e confiabilidade, sejam alcançados de forma eficiente e eficaz.

Segundo Kardec e Nascif (2001):

A manutenção, para ser estratégica, precisa estar voltada para os resultados empresariais da organização. É preciso, sobretudo, deixar de ser apenas eficiente para se tornar eficaz; ou seja, não basta, apenas, reparar o equipamento ou instalação tão rápido quanto possível mas é preciso, principalmente, manter a função do equipamento disponível para operação reduzindo a probabilidade de uma parada não planejada (Kardec e Nascif, 2001, pg. 11).

O desempenho da atividade de manutenção depende da escolha de uma estratégia de manutenção que se adeqüe às estratégias empresariais. Estratégias de negócios baseadas em custos, flexibilidade e diferenciação necessitam de diferentes gestões de manutenção. Ou seja, a depender das suas estratégias competitivas, as firmas irão dar maior ou menor foco em práticas de manutenção corretivas, preventivas ou preditivas, buscando obter resultados coerentes com estas escolhas (Pinjala *et al.*, 2006; Swason, 2001).

Em geral, podem-se dividir as estratégias de manutenção em dois tipos: estratégias reativas e estratégias pró-ativas.

Nas estratégias reativas, prevalece a manutenção corretiva. Nela, o equipamento opera até que ocorra uma falha. Esta falha pode estar ligada ao desempenho ineficiente apontado por variáveis operacionais ou a quebra do equipamento. Neste momento, ele é substituído ou reparado. A manutenção corretiva se caracteriza por agir sobre um fato já ocorrido. Muitas vezes ela pode se dar através de ações emergenciais, causando altos custos para as organizações. Seu sucesso depende em grande parte da disponibilidade de sobressalentes e de capacidade de reparo em termos de máquinas, instalações e mão-de-obra.

Estratégias pró-ativas utilizam-se de ações que evitem a falha dos equipamentos através de pequenos reparos e monitoramento das suas deteriorações e condições operação. Essas estratégias contêm as ações de manutenção preventiva e preditiva.

A manutenção preventiva é composta de atuações realizadas sobre os equipamentos dentro de um período pré-estabelecido. Dentre essas atuações

podem-se incluir lubrificações, trocas de sobressalentes, limpezas e ajustes. Seus benefícios são a redução da probabilidade de quebra dos equipamentos e a extensão de suas vidas-úteis. Contudo, tais ações podem implicar em indisponibilidade temporária dos equipamentos.

A manutenção preditiva é feita através do diagnóstico dos equipamentos, baseados em medições de indicadores apropriados, tais como temperatura, vibração, ruído, lubrificação, corrosão, etc. Quando algum dos indicadores chega a um nível pré-estabelecido, é realizada a intervenção na máquina. A manutenção preditiva se baseia nos mesmos princípios da manutenção preventiva. Contudo, o equipamento só é retirado de operação quando há uma evidência clara de uma falha iminente.

Alguns estudos desenvolvidos com empresas da Europa mostram que há uma relação entre os tipos de indústrias e as estratégias de manutenção adotadas. Via de regra, indústrias de processo contínuo como a farmacêutica, químicas e petroquímicas dão maior peso a estratégias reativas do que outras indústrias como a automotiva e de alta tecnologia (Pinjala *et al.*, 2006).

Qualquer que seja a estratégia adotada pelas empresas, fatores como gestão de pessoas, controle de custos e investimentos em ferramentas, equipamentos e estoques de sobressalentes são pontos fundamentais para a eficiência e eficácia da manutenção industrial. Na realidade, a disponibilidade dos sistemas produtivos depende da política de manutenção, dos níveis de estoque de sobressalentes e da capacidade de reparo (Smidt-Destomb *et al.*, 2006).

A influência desses fatores sobre a disponibilidade dos sistemas produtivos ocorre porque políticas de manutenção focadas em equipamentos redundantes e em manutenção preventiva e preditiva aumentam a disponibilidade do sistema como um todo, enquanto que a disponibilidade de sobressalentes reduz os tempos de reparo. Contudo, não basta ter o sobressalente disponível se não houver capacidade física e mão-de-obra necessária para realização dos serviços.

Essa constatação traz à tona um fator extremamente importante sobre a gestão de estoque de peças sobressalentes para equipamentos: ela deve se adequar às estratégias de manutenção escolhidas pelas empresas. Dessa forma, temos que o uso intensivo de ações preventivas e preditivas geram um padrão de demanda mais regular e previsível, enquanto que estratégias focadas em manutenção

corretiva tendem a gerar demandas irregulares, com características estocásticas (Vaughan, 2005).

A consequência da escolha de diferentes estratégias de manutenção sobre a gestão de estoques sobressalentes fica, então, bastante clara. Estratégias pró-ativas permitem uma previsão mais acurada de consumo e planejamento das necessidades de materiais do que estratégias corretivas. Disso decorre que para cada estratégia abre-se um leque diferente de opções para avaliação de parâmetros de suprimentos e políticas de inventário.

As decisões sobre a gestão de estoque de sobressalentes também devem levar em consideração algumas características peculiares deste tipo de material. A maioria dos aspectos levados em consideração para a avaliação de inventários tem, neste caso, padrões bastante divergentes daqueles encontrados em bens finais e produtos em processos.

Uma diferença diz respeito ao nível de serviço necessário, visto que as penalidades pela falta de materiais podem ser financeiramente muito significativas. A saída de operação de sistemas produtivos importantes, responsáveis pelo bom funcionamento das linhas de montagem ou unidades de processamento de alta rentabilidade, podem ser fontes de grandes prejuízos para as firmas. Neste momento, a disponibilidade imediata de sobressalentes pode representar a diferença entre um rápido retorno às atividades produtivas ou a ocorrência de grandes prejuízos por perda de produção.

Um fator que aumenta o impacto das faltas de sobressalente é o grande *lead-time* de fornecimento que caracteriza boa parte desses materiais. A realização da compra apenas quando eles se fazem necessários pode deixar sistemas produtivos por muito tempo fora de operação. Em muitos casos, a falta de sobressalentes ou a dificuldade de obtê-los em tempo hábil pode ser um dos maiores problemas para as gerências de manutenção (Ikhwan e Burney, 1994).

A relação entre a importância de um sobressalente para a confiabilidade e disponibilidade dos sistemas produtivos, e o tempo pelo qual se pode esperar pelo seu fornecimento, dá o nível de criticidade do item. Os sobressalentes podem ter criticidades diferentes, necessitando que os níveis de serviço sejam determinados individualmente (Huiskenon, 2001).

Apesar do grande *lead-time* dos sobressalentes, existe, para alguns itens, a opção de reparo. Esta opção tem impactos importantes na avaliação dos estoques,

uma vez que passa a existir a possibilidade dos materiais retornarem ao estoque após um período de tempo diferente daquele de ressuprimento, a custos menores do que aqueles envolvidos na compra de uma nova peça (Kennedy *et al.* 2002).

Contra a tendência de se manter excesso de estoque de sobressalentes, pesa o alto valor destes itens. Muitos deles têm valor unitário elevado, o que significa que sua posse implica em altos custos de oportunidade. Outros custos elevados que podem estar associados a estes sobressalentes são os custos de estocagem, visto que muitos deles precisam de cuidados de preservação e armazenamento especiais e custos de obsolescência.

Em certos casos, a especificidade dos itens faz com que eles sejam utilizados unicamente em um equipamento. Em outros, eles são padronizados. Isto tem implicações importantes sobre os padrões de demanda, pois, no primeiro caso, são geradas demandas unitárias e irregulares, o que faz com que as firmas tendam a elevar os estoques de segurança (Huiskonen, 2001).

Além dos fatores supracitados, há outras dificuldades para uma adequada gestão de estoque de sobressalentes de manutenção: dados sobre a confiabilidade dos equipamentos nem sempre estão disponíveis nos níveis de detalhe necessário; as necessidades desses materiais são, muitas vezes, atendidas através da canibalização de outros equipamentos mascarando sua demanda real; os custos das faltas são difíceis de apurar.

Apesar das particularidades dos sobressalentes de manutenção, conhecer os fundamentos dos modelos tradicionais de estoques é fundamental para a determinação de uma política adequada para sua gestão, visto que baseiam-se nos mesmos pressupostos econômicos.

## 2.4

### **A evolução da gestão de estoques**

O primeiro autor a apresentar um tratamento científico mais apurado sobre o assunto foi Harris (1913). Neste texto, o autor tem como objetivo apresentar um modelo que auxilie na determinação das quantidades que devem ser solicitadas para o estoque. Para tanto, são levantados os principais custos associados à formação do mesmo, incluindo o custo unitário e os chamados custos de *set-up*.

Neste último, Harris chama a atenção para os custos de emissão, controle e diligenciamento das ordens, que até então eram desprezados.

O modelo do lote econômico indica a quantidade de itens que deve ser solicitada, a fim de minimizar os custos totais de estoque. O resultado encontrado reflete um *trade-off* entre os custos financeiros e de depreciação e os custos de *set-up*.

A partir deste trabalho seminal, séries de contribuições foram feitas e logo a gestão científica de estoques chegou à academia e à indústria. A matéria ganhou grande desenvolvimento ao longo do tempo com o aparecimento de modelos cada vez mais estruturados e elaborados. O assunto ganhou os livros de administração e foi profundamente estudado pela *American Society of Mechanical Engineers* – ASME (Erlenkotter, 1990).

A partir da década de 1950, um novo impulso foi dado à prática da gestão de estoques. Foi nesta época que surgiram os primeiros modelos estocásticos a partir das contribuições de economistas como Arrow, Wolfowitz, Modigliane, entre outros (Arrow, 2002).

Em 1951, Arrow, Harris e Marschak, publicaram o primeiro modelo estatístico no qual o fluxo da demanda é uma variável aleatória com a distribuição de probabilidade conhecida. O modelo pressupunha um sistema de controle  $(r, q)$ , no qual o nível de estoque é monitorado e, ao atingir um ponto  $r$ , chamado de ponto de ressuprimento, é emitida uma ordem de compra de  $q$  quantidades do item. O nível ótimo de estoque e o ponto de ressuprimento são determinados como uma função da distribuição da demanda, do custo de emissão da ordem de compra e do custo incorrido pela falta do material.

As contribuições que logo se sucederam a este trabalho foram compiladas e tiveram suas análises e demonstrações na magnífica obra de Hadley e Whitin (1963). Esta obra foi um marco no estudo de modelos de estoque e até hoje serve de base e subsídios para grande parte do que tem sido desenvolvido nas últimas décadas.

Ao longo dos anos, a gestão de estoques foi se aprimorando e os modelos científicos aumentaram em complexidade. Vários problemas passaram a ser abordados como, por exemplo, o caso de itens com demandas complementares, a otimização multi-período, padrões de demandas não-estacionárias, estruturas de custos de suprimento, obsolescência, otimização conjunta de múltiplas plantas,

níveis ótimos de serviço, critérios de otimização, entre outros (Silver, 1981, Wagner, 1980).

Os modelos desenvolvidos baseavam-se em uma fonte importante de economias do paradigma produtivo existente, as economias de escalas. A idéia por trás dos modelos era minimizar os custos relacionados à colocação das ordens de compra e os custos de manutenção de estoque. Dessa forma, os modelos de gestão de estoque buscam, via de regra, indicar o momento da emissão de ordens de compras e as quantidades solicitadas que minimizam o custo total da manutenção dos estoques, dadas uma série de restrições.

Um novo foco sobre os problemas de gestão de estoque surge a partir da década de 1980, refletindo o esforço da academia em entender o padrão emergente de competição entre as firmas, no qual a gestão da cadeia de suprimentos tem papel fundamental. Práticas gerenciais que incluem toda a rede de firmas e que concorrem para a criação de valor ao cliente final começaram a surgir na literatura científica.

Segundo Giannoccaro e Pontrandolfo (2002), estas novas práticas de gestão de estoques na cadeia de suprimentos têm seu foco em controles e trocas de informações sobre a demanda entre as firmas, a fim de minimizar as conseqüências do efeito chicote (*bullwhip effect*), ou seja, a amplificação da variação da demanda ao longo da cadeia de suprimentos devido à defasagem da informação ao longo da cadeia. Outros autores, como Lee e Chu (2005), ressaltam que além da prática do compartilhamento de informações, foram criados novos arranjos gerenciais como o *Click and Mortar* (CAM), *Drop-Shipping* (DS), *Vendor Managed Inventory* (VMI) e o *Vendor Hub* que são de grande valia para uma melhor gestão sobre os inventários das empresas.

No bojo da revolução que está por trás da ascensão das novas práticas de gestão de estoques, está um sistema de gestão da produção que começou a ser desenvolvido no Japão na década de 1950. Segundo Womack *et al.* este modelo, - toyotismo ou *lean production* – utiliza de menores quantidades de trabalho, menor esforço dos operários, menores espaços para fabricação, metade do investimento em ferramentas e em estoques para produzir uma maior e crescente variedade de produtos (Womack *et al.*, 1992).

Segundo Alves (2000), a produção enxuta tornou possíveis os ganhos de produtividade através de dois princípios: autonomação/auto-ativação e o *just-in-*

*time/kanban*. O princípio da automação/auto-ativação se baseia em adicionar protocolos de responsabilidade nos estágios de fabricação. A idéia por trás desse princípio é de desenvolver mecanismos capazes de evitar defeitos nas mercadorias, ou identificá-los na hora exata em que aconteçam. Já o *just-in-time/kanban*, se baseia em estabelecer, paralelamente ao desenrolar dos fluxos reais de produção, um fluxo de informações invertidas que emite uma instrução especificando a quantidade exata de peças necessárias. O sistema *just-in-time/kanban* estabelecia que a produção de peças deveria se restringir a cada etapa precedente de montagem, de forma a suprir a subsequente.

Apesar dos indubitáveis ganhos proporcionados pela *lean production*, principalmente no que diz respeito às reduções de inventário, esse sistema de produção não pode ser entendido como panacéia universal para todos os males de gestão das empresas. Na verdade, autores como Funk (1995) chamam a atenção sobre os limites da aplicabilidade do *just-in-time* em todos os tipos de indústrias. De acordo com este autor, o Toyotismo é fonte de vantagem competitiva em indústrias que fabricam produtos logisticamente complexos, ou seja, aqueles produtos que possuem muitas etapas de produção e que são construídos a partir de muitos componentes. Para as demais indústrias, é necessário que se busquem fontes alternativas de produtividade.

Para Zipkin (1991), o *just-in-time* é um retorno aos conceitos básicos de gestão da produção e da gestão de estoques. Trata-se de aplicar boas práticas e soluções simples para os problemas de inventários, atrasos, defeitos e custos, muitos deles, inclusive, inspiradas em práticas realizadas por empresas ocidentais. A aplicação das suas ferramentas deve ser feita de forma gradual, através de um processo de melhoria contínua.

Não há dúvidas que altos níveis de estoques escondem sérios problemas gerenciais das empresas. Contudo, a redução de estoque não tem um fim em si mesmo, mas é uma consequência do processo de melhoria contínua da produção. Deve-se ter cuidado ao apelo financeiro proporcionados pela diminuição de inventários. Estoques devem ser reduzidos gradualmente, forçando a organização buscar aumentos de produtividade. Concomitantemente, é fundamental ter sobre controle os custos de carregamento de estoques, os riscos de faltas e o equilíbrio do processo produtivo. Na verdade, há um grande risco em se entender o modelo como uma simples redução de inventário.

Redução de estoque não deve ser um fim em si mesmo, visto que cortar estoques cegamente pode causar atraso nas entregas de produtos e redução nas taxas de disponibilidade operacional do maquinário. Ao contrário, as condições que causam ou que criam a necessidade de largos estoques precisam ser corrigidas de forma que o inventário seja reduzido de uma forma racional. (SHINGO, 1989, apud. ZIPKIN, 1991, pg. 7).

Segundo Zipkin (2000), apesar do sistema *just-in-time* trazer novos desafios e abrir novos horizontes para os pesquisadores, ele não invalida os modelos desenvolvidos ao longo dos anos pela academia. Ao contrário, o *just-in-time* ressalta os fundamentos econômicos dos modelos, assim como suas estratégias de controle. As questões fundamentais sobre a gestão de estoque não mudaram, e os modelos ainda são as ferramentas mais acuradas e confiáveis para respondê-las.

## 2.5

### **Etapas de implantação da aplicação de modelos**

Nas seções anteriores foi visto a importância da gestão de estoque no contexto empresarial, assim como as especificidades referentes ao planejamento de estoques de sobressalentes de manutenção. Mesmo diante dos novos problemas colocados pelo cenário competitivo atual, a utilização de modelos ainda é a ferramenta mais eficaz para controle de inventário. Contudo, algumas etapas precisam ser seguidas, assim como alguns cuidados precisam ser tomados para garantir uma eficiente implantação de modelos.

O cuidado em escolher um modelo que não represente o problema real que está sendo tratado é colocado por Hadley e Whitin (1963) como uma das principais dificuldades e fontes de erro que incorre quem trabalha com a modelagem de estoque. Na verdade, de nada vale desenvolver o modelo mais sofisticado possível quando ele não está aderente à realidade observada.

Uma vez definido o modelo, deve-se então partir para resolução do problema. Entrementes, a busca por uma solução robusta passa por cinco passos importantes nos quais deve ser assegurada a rigorosidade da análise. Os passos estão definidos na Figura 2.1.

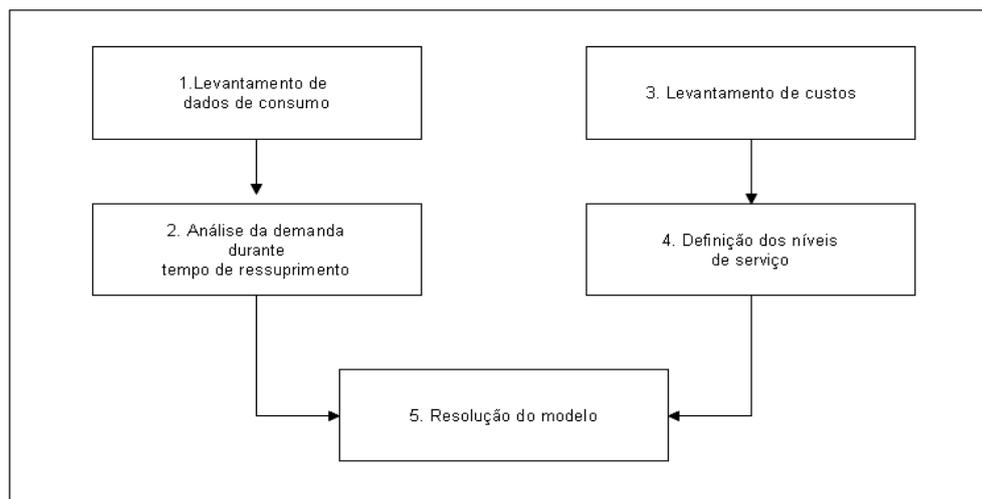


Figura 2.1 – Passos metodológicos

O primeiro passo é o levantamento dos dados de consumo dos materiais. Aqui devem ser inventariados todos os consumos realizados ao longo do tempo, permitindo identificar os itens mais demandados, aqueles que apresentam maior rotatividade em estoque, assim como os itens de maior valor. O importante é obter dados que permitam realizar classificação lógica dos materiais, de forma que possa ser definido aqueles que serão utilizados na simulação do modelo. Esta busca de dados será realizada no sistema ERP da Petrobras e será analisado através de estatísticas descritivas em planilha eletrônica.

Uma vez identificados os materiais que terão sua demanda estudada, a mesma deve ser analisada durante o tempo de ressuprimento. Essa análise é fundamental para a simulação, visto que a estabilidade da demanda assim como sua distribuição de probabilidade são pressupostos do modelo. Caso alguma dessas premissas não seja cumprida os resultados do modelo não serão válidos.

Como Hadley e Whitin (1963) mencionam em seu clássico texto, uma primeira aproximação que, via de regra, é recorrente, é a utilização de dados de atendimento à demanda, ao invés de dados da realização da demanda. Ou seja, geralmente, o que se mantém registrados são dados de quando as demandas são atendidas, como se nenhuma demandas fosse perdida ou atendida posteriormente. Isto pode causar alguma distorção na avaliação da demanda, contudo, o modelo é robusto à pequenas variações e não há outra alternativa a escolher. Contudo, isto é um problema maior nos casos em que a demanda não atendida é perdida, o que

não é o caso do presente trabalho, pois aqui isto significa apenas que há uma defasagem de tempo entre a necessidade do material e o registro desta mesma necessidade.

Para realizar estes testes, as séries de tempo das demandas estudadas devem ser submetidas à testes de estabilidade assim como testes estatísticos para identificação da distribuição de probabilidade aderente aos dados. Estes testes estão disponíveis em grande parte dos softwares estatísticos. No presente caso, foi utilizado o MINITAB.

Tão importante quanto a análise da demanda é a análise de custos, visto que o intuito do modelo é encontrar um nível ótimo de estoque, dado pelo ponto de ressuprimento e lote de compra. Esses parâmetros de controle são obtidos através da análise dos custos relativos. Portanto, uma vez que os custos não sejam mensurados corretamente, haverá um desvio em relação ao nível realmente ótimo de estoque. Todavia, pesa contra os eventuais erros a robustez dos modelos em relação aos parâmetros, conforme será visto no capítulo 3. Contudo, há de se fazer uma ressalva, pois questões de segurança da informação não permitem que os dados referentes aos custos de estoque da RLAM sejam apresentados em detalhe.

Por fim, antes de se resolver o modelo, devem-se definir os níveis de serviço desejados. Parte destes níveis de serviço é estabelecida corporativamente. Caso não seja este o caso, conforme as diretrizes corporativas, os níveis de serviço devem ser estabelecidos conjuntamente com os clientes internos.

Uma vez que os parâmetros do modelo sejam estabelecidos corretamente, far-se-á a sua resolução. O modelo pode ser transcrito em softwares de programação matemática ou em outros softwares que ofereçam recursos de otimização. No presente trabalho, utilizou-se o modelo foi transcrito em planilha EXCEL e sua resolução foi feita através da ferramenta SOLVER.

Definida a abordagem metodológica, apresenta-se em seguida uma revisão da literatura referente a desenvolvimentos recentes da gestão de estoque de sobressalentes, e propõe-se o modelo para gestão de estoque de sobressalentes de manutenção da RLAM.