



**Universidade Federal do Paraná**  
**Departamento de Administração Geral e Aplicada**  
**MBA em Gerencia de Sistemas Logísticos**

**Gestão de Estoque de Peças de Reposição**

Aluno: Alex Sander Zonatto  
Orientador: Prof. Darli Rodrigues Vieira

Monografia apresentada como  
requisito parcial para obtenção do MBA  
em Gerencia de Sistemas Logísticos  
da Universidade Federal do Paraná.

**Curitiba**  
**2009**

## RESUMO

O presente trabalho aborda o gerenciamento de estoques de peças de reposição (sobressalentes) considerando-se suas características influentes para a tomada de decisão de manter ou não em estoque e as quantidades mínimas necessárias para o andamento dos processos. Torna-se importante o assunto de maneira que normalmente o valor dessas peças é alto e o custo de se mantê-las em estoque é bastante significativo para as empresas. São destacadas algumas metodologias que podem ser utilizadas para gestão de estoques das peças sobressalentes no intuito de fornecer fatos e dados para a tomada de decisão que se faz necessária no dia a dia do gestor de estoques. É apresentada uma abordagem rápida de tópicos como simulação computacional, análise de tomada de decisão e gerenciamento e desenvolvimento de fornecedores e ainda dados básicos sobre teoria das restrições, pois se tratam de assuntos diretamente ligados ao tema das políticas de gerenciamento de estoques que podem ser adotados para essa parcela específica de materiais em estoque.

## **ABSTRACT**

This paper approaches the spare parts stocks management based on their characteristics to influence the decision to keep or not in stock and the minimum quantities necessary for the progress of systems. It is important the matter so that normally the value of these pieces is high and the cost of keeping them in stock is very significant for companies. Are highlighted some methodologies that can be used for inventory management of spare parts in order to provide facts and data for decision making that is needed on a daily manager's stock. It presents a fast approach to topics such as computer simulation, analysis, decision-making and management and development of suppliers and even basic data on the theory of constraints, because these are issues directly related to the subject of inventory management policies that can be adopted for this particular part of the materials in stock.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Identificação de materiais críticos.....	13
Tabela 2 – Exemplo de matriz de planejamento .....	32

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo de fluxo para classificação de materiais críticos.....	14
Figura 2 - Classificação dos itens segundo a curva ABC .....	22
Figura 3 - Custos totais para manter zero peças em estoque .....	25
Figura 4 - Fração de tempo de permanência de uma peça em estoque .....	26
Figura 5 - Diagrama de Experimento .....	31
Figura 6 - Diagrama esquemático da análise de sensibilidade .....	31
Figura 7 - Exemplo de perfil da demanda de peças de reposição .....	34
Figura 8 - Ponto de reposição com lote fixo .....	35
Figura 9 - Fluxograma para construção do modelo .....	37
Figura 10 - Representação gráfica do modelo .....	39
Figura 11 - Lógica de execução da simulação .....	40
Figura 12 - Etapas de um processo de simulação .....	43
Figura 13 - Fatores de inteligência do mercado fornecedor .....	48
Figura 14 - Matriz de classificação dos produtos .....	50
Figura 15 - Terminologia <i>Drum-Buffer-Rope</i> .....	54

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>5</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>6</b>
<b>1.0 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
<b>2.0 CARACTERÍSTICAS DAS PEÇAS DE REPOSIÇÃO.....</b>	<b>10</b>
<b>3.0 CLASSIFICAÇÃO DE MATERIAIS .....</b>	<b>12</b>
3.1 Materiais de estoque.....	12
3.2 Materiais de não estoque.....	13
3.3 Materiais críticos .....	13
<b>4.0 IMPACTO DA GESTÃO DE MANUTENÇÃO SOBRE OS ESTOQUES DE PEÇAS .....</b>	<b>16</b>
<b>5.0 METODOLOGIAS DESENVOLVIDAS PARA GERENCIAMENTO DE ESTOQUES .....</b>	<b>18</b>
5.1 Gerenciamento de estoques pela curva ABC .....	19
5.1.2 Classificação ABC .....	21
5.2 Gestão de estoque de peças de baixo giro .....	24
5.3 Gerenciamento de peças de reposição utilizando simulação Monte Carlo.....	26
5.4 Gestão de peças de reposição utilizando metodologia COTS ( <i>COMMERCIAL OFF-THE-SHELF</i> ) .....	28
5.4.1 Gerenciamento de estoques .....	28
5.4.2 Projeto de experimento de simulação .....	30
5.4.3 Aplicação de simulação na gestão de peças de reposição de equipamentos produtivos .....	33
5.4.3.1 Definição do problema .....	35
5.4.3.2 Características da demanda independente de peças de reposição .....	36

5.4.3.3	Definição das variáveis associadas ao problema .....	36
5.4.3.4	Construção do modelo .....	37
5.4.3.5	Programação do modelo em um software de simulação .....	38
<b>6.0</b>	<b>ABORDAGEM SOBRE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL .....</b>	<b>41</b>
6.1	Vantagens da simulação computacional.....	41
6.2	Desvantagens da simulação .....	42
6.3	Etapas durante um processo de simulação .....	43
<b>7.0</b>	<b>ANÁLISE PARA TOMADA DE DECISÃO .....</b>	<b>44</b>
<b>8.0</b>	<b>GERENCIAMENTO E DESENVOLVIMENTO DE FORNECEDORES</b>	<b>46</b>
8.1	Desenvolvimento de novos fornecedores .....	47
<b>9.0</b>	<b>TEORIA DAS RESTRIÇÕES .....</b>	<b>51</b>
9.1	Aplicação e Implementação .....	52
9.1.1	Método Tambor-Pulmão-Corda (DBR) .....	54
<b>10.0</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>57</b>
<b>11.0</b>	<b>REFERÊNCIAS E SITES VISITADOS.....</b>	<b>58</b>

## 1.0 INTRODUÇÃO

A crescente concorrência no mercado faz com que as empresas estejam sempre buscando melhores formas de gerenciamento no intuito de garantir a competitividade e sobrevivência. Um dos fatores de ajuda mais importantes para isso, sem sombra de dúvida, é a forma de gerenciamento de custos. Produzir mais com menor custo já é lei de sobrevivência de qualquer negócio. Totalmente ligado a esse conceito, temos o gerenciamento de estoque de peças de reposição como uma das grandes possibilidades de redução, visto que são responsáveis por um valor investido que fica parado aguardando o momento de ser utilizado, sem possibilidade de aplicação e trazer rendimentos durante o período em que fica a disposição do usuário final.

O objetivo desse estudo é relacionar algumas técnicas que podem ajudar a entender melhor a dinâmica desses estoques, na tentativa de reduzi-los de maneira correta com base em análise de custos, ou seja, de forma que o analista de estoques possa decidir em manter ou não o item em estoque com base no lucro ou prejuízo que essa decisão possa trazer. Para tanto, vamos entender as características próprias dessas peças chamadas sobressalentes ou simplesmente peças de reposição, onde realmente se classificam do ponto de vista da administração de materiais, sua influência nos estoques, conhecer algumas metodologias que podem ser usadas para gerenciar esse tipo de estoque, seu comportamento e algumas das ferramentas disponíveis que podem ser utilizadas para esse fim.

Alguns fatores que serão abordados e que também influenciam em todo o processo serão a análise na tomada de decisões, tipos e características, não esquecendo os fornecedores com papel importantíssimo, pois estão interligados em todo o estoque e algumas características que se tornam influentes quando aplicamos a teoria das restrições.

## 2.0 CARACTERÍSTICAS DAS PEÇAS DE REPOSIÇÃO

Segundo Wanke (2003) a gestão de estoque de peças de reposição constitui um capítulo a parte na literatura e prática da gestão de estoques devido aos elevados custos de aquisição, os longos tempos de resposta do ressurgimento e os baixíssimos giros, característicos desse tipo de peças.

Os estoques de peças de reposição normalmente respondem pelas maiores parcelas dos custos corporativos e os problemas são os mesmos encontrados na gestão de estoques de produtos acabados ou de matérias-primas:

1 – excesso de estoques, como resultado de uma política de antecipação ao uso futuro, implicando elevados custos de oportunidade.

2 – falta de estoques, como resultado de uma política conservadora em relação à taxa real de utilização dos estoques, implicando a deterioração de seus níveis de disponibilidade.

As características citadas acima dificultam ainda mais as decisões gerenciais de manter ou não em estoque, e desde que se decida manter em estoque surgem novas decisões a serem tomadas como quando e quanto pedir e o tamanho do estoque de segurança.

Em se mantendo em estoque, quando se encomendam quantidades maiores, eleva-se o estoque médio, juntamente com o custo de mantê-lo. Manter um estoque custa os juros sobre o capital empatado mais as despesas da própria manutenção física (aluguel ou amortização dos armazéns e os salários dos funcionários envolvidos). Para reduzir o custo de sua manutenção, encomendar aos fornecedores entregas menores e mais freqüentes seria uma saída a ser considerada.

Diariamente os analistas convivem com a tomada de decisão em função dos itens de estoque e passam pelas dificuldades relacionas. Algumas das decisões mais importantes comentadas por GARCIA, 2006, p.18, são:

a) Quanto pedir: todo pedido de ressurgimento deve especificar a quantidade requerida, tendo como base demandas futuras esperadas, restrições de suprimentos, descontos existentes e custos envolvidos.

b) Quando pedir: o momento exato de emitir uma nova ordem é determinado pelo parâmetro do ponto de pedido, que depende do lead time de ressuprimento, da demanda esperada e do nível de serviço desejado.

c) Com que frequência revisar os níveis de estoque: os níveis de estoque podem ser revisados continuamente ou periodicamente dependendo da tecnologia presente e dos custos de revisão, dentre outros fatores.

d) Onde localizar os estoques: se uma empresa pode estocar seus produtos em mais de uma instalação, decisões de localização devem ser tomadas, como por exemplo manter produtos acabados em armazéns pequenos próximos aos clientes ou em um armazém central, o que depende dos custos de distribuição, restrições de serviço, tempo em que os clientes aceitam esperar, tempo de distribuição, custos de estoque, custos de instalações etc.

e) Como controlar o sistema: a utilização de indicadores de desempenho e o monitoramento das operações devem estar presentes para apoiar medidas corretivas e ações de contingência se o sistema logístico estiver fora de controle ou operando com baixa performance.

### **3.0 CLASSIFICAÇÃO DE MATERIAIS**

A seguir vamos apresentar onde se enquadram as peças de reposição do ponto de vista da administração dos materiais.

Segundo Viana (2002), a classificação é um processo de agrupamento de materiais por características similares. Por tipo de demanda, comumente encontramos os materiais classificados em materiais de estoque e materiais de não estoque.

#### **3.1 Materiais de estoque**

Materiais de estoque “São materiais que devem existir em estoque e para os quais são determinados critérios e parâmetros de ressuprimento automático, com base na demanda prevista e na importância para a empresa” (VIANA, 2002, p.52).

Ainda como materiais de estoque, em uma subclassificação quanto à aplicação, temos os materiais produtivos, as matérias primas, os produtos em fabricação, os produtos acabados, materiais improdutivos, materiais de consumo geral e os materiais de manutenção, que particularmente nos interessam nesse estudo, definidos por materiais de consumo, com utilização repetitiva, aplicados na manutenção dos equipamentos produtivos. Os materiais de estoque considerando-se quanto ao valor do consumo anual podem ser classificados em essenciais ou acessórios, segundo Viana p. 54, voltando nossas atenções para o que realmente é importante quanto ao valor de consumo.

Nesse processo de análise é possível utilizar uma ferramenta conhecida por Curva ABC ou Curva de Pareto, acompanhada da classificação x, y e z, comumente aplicadas em muitas empresas nos dias atuais e das quais falaremos mais adiante.

### 3.2 Materiais de não estoque

Segundo Viana, materiais de não estoque são materiais que não se podem prever a demanda, ou seja, não podemos definir parâmetros automáticos para o ressuprimento. Isso leva a obrigatoriedade de uma solicitação direta dos usuários conforme necessitem.

### 3.3 Materiais críticos

A tabela 1 na seqüência mostra como identificar materiais críticos do ponto de vista da gestão de estoques na teoria da administração de materiais.

**Tabela 1- Identificação de materiais críticos**

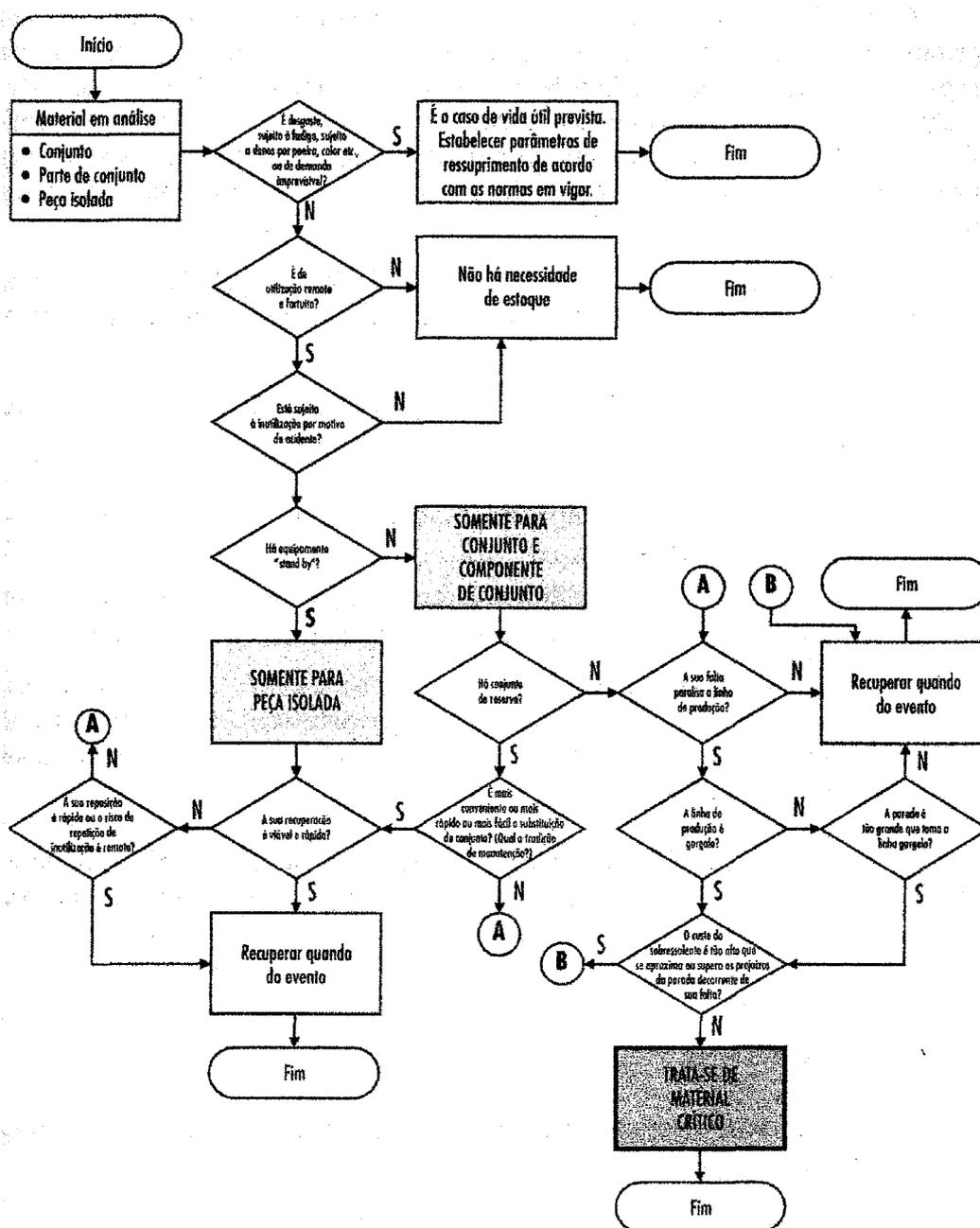
Por problemas de obtenção	Material importado
	Existência de um único fornecedor
	Escassez no mercado
	Material estratégico
	De difícil fabricação ou obtenção
Por razões econômicas	Material de elevado valor
	Material com elevado custo de armazenagem
	Material com elevado custo de transporte
Por problemas de armazenagem e transporte	Material perecível
	Material de alta periculosidade
	Material de elevado peso
	Matéria de grandes dimensões
Por problemas de previsão	Material com utilização de difícil previsão
Por razões de segurança	Material de reposição de alto custo
	Material para equipamento vital da produção

Fonte: Viana (2002)

Material crítico é uma classificação utilizada para indústria para materiais de reposição específica de um equipamento ou de um grupo de equipamentos iguais, cuja decisão de estocar é tomada com base na análise de risco que a empresa corre, caso esses materiais não estejam disponíveis quando necessário.

Tecnicamente pode-se classificar como materiais críticos seguindo o modelo de fluxo na figura 1 de Viana. Esse fluxo auxilia nas dúvidas que possam surgir durante o processo de análise quando se quer separar o crítico do não crítico.

Figura 1 - Modelo de fluxo para classificação de materiais críticos



Importante se torna a classificação dos materiais críticos, de maneira que é inviável o mesmo tratamento para todos os itens em estoque. Como as peças de reposição têm elevado custo, baixo giro e importância relevante nos processos, são os itens que inicialmente tem maior prioridade nas análises e tomadas de decisão, garantindo o nível de serviço desejado sem manter estoques elevados e/ou recursos desnecessariamente parados.

#### 4.0 IMPACTO DA GESTÃO DE MANUTENÇÃO SOBRE OS ESTOQUES DE PEÇAS

Segundo Costa, o processo de gestão de manutenção influencia diretamente o inventário de peças de reposição. Os departamentos de manutenção são pressionados para garantir o maior índice de disponibilidade possível dos equipamentos. A eventual falta de peças de reposição pode provocar parada destes equipamentos e/ou estendê-las além do período desejado.

Naturalmente o departamento que realiza a gestão do estoque pressiona em outro sentido, o de manter o menor valor no inventário, surgindo aí uma fonte de conflitos de problemas para as organizações.

Muitas empresas têm optado por terceirizar a manutenção, bem como o estoque das peças de reposição, em busca de concentrar os seus esforços no *Core Business* e reduzir os gastos com atividades que não agregam valor diretamente ao produto. No entanto, o contratante deve determinar critérios à contratada sob o risco de ter os seus custos elevados como decorrência de uma má gestão da manutenção e estoques.

Uma ferramenta utilizada para a gestão de manutenção do estoque é a *Total Productive Maintenance* – TPM (Manutenção Produtiva Total) . Segundo Wanke (2002) a TPM é um sistema de gestão que busca a eliminação contínua de todas as perdas do sistema produtivo, obtendo assim a evolução permanente da estrutura empresarial pelo constante aperfeiçoamento das pessoas, dos meios de produção e da qualidade dos produtos e serviços, tendo sua origem no Japão no ano 1971.

Inicialmente as atividades da TPM contemplavam os departamentos de produção. Suzuki (1992) cita, que neste período, o *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM) definiu a TPM através das seguintes estratégias:

- Maximizar a eficiência global que cubra toda a vida do equipamento;
- Estabelecer um sistema de manutenção preventiva (PM) global que cubra toda a vida do equipamento;
- Envolver todos os departamentos que planejam e necessitam de equipes de manutenção;
- Envolver todos os empregados, da alta direção até os operários diretos;

- Promover a PM motivando todo o pessoal, promovendo as atividades de pequenos grupos autônomos.

Com o sucesso alcançado pela metodologia e sua conseqüente evolução, a TPM passou atender toda a empresa, alcançando também departamentos como: desenvolvimento de produto, administrativo e vendas. Refletindo esta tendência, o JIPM introduziu em 1989 uma nova definição de TPM, através dos seguintes componentes estratégicos:

- Criar uma organização corporativa que maximize a eficiência dos sistemas de produção;
- Gerir a planta com uma organização que evite todo tipo de perdas (assegurando zero acidentes, defeitos e avarias) durante toda a vida do sistema de produção;
- Envolver todos os departamentos na implantação da TPM, incluindo desenvolvimento, vendas e administração;
- Envolver todos, da alta direção aos operários da planta, em um mesmo projeto;
- Orientar decididamente as ações para "zero perdas" apoiando-se nas atividades de pequenos grupos.

As três principais razões da rápida difusão da TPM inicialmente pelas empresas japonesas e depois para o mundo: garantia de drásticos resultados, nítida transformação dos locais de trabalho e a elevação do nível de conhecimento e capacidade dos trabalhadores de produção e manutenção.

Todos esses conceitos contribuíram também para a necessidade de um maior e melhor gerenciamento dos estoques das peças de reposição para continuar garantindo maior competitividade entre as empresas.

## 5.0 METODOLOGIAS DESENVOLVIDAS PARA GERENCIAMENTO DE ESTOQUES

A partir de agora vamos avaliar algumas das metodologias para análise de gerenciamento de estoques que podem ajudar a responder as questões gerenciais sobre as peças de reposição feitas no início. São estudos e projetos apresentados como tese alguns, outros já largamente conhecidos e utilizados nas empresas como por exemplo a metodologia ABC.

Para Wanke (2003), a gestão de estoques de peças de reposição constitui um capítulo a parte da gestão de estoques. Isto porque os elevados custos de aquisição, o longo tempo de resposta de fornecimento, o baixo giro e distribuição de demanda, em sua maioria, não aderente à distribuição normal.

Peças de reposição de baixo giro são aqueles itens cujo consumo médio histórico pode variar entre 1 e 300 unidades por ano. Para estes itens normalmente é recomendada uma política de estoques baseada na definição do nível de reposição e na quantidade de reposição. O nível de reposição é o patamar de estoque abaixo do qual uma solicitação de reposição seria feita com a quantidade de peças, sendo sua chegada definida pelo lead time de resposta a partir do fornecedor.

Ainda segundo Wanke (2003), este tipo de item traz a impossibilidade de aproximar a sua demanda da distribuição normal o que torna difícil a determinação de seu ponto de ressuprimento, bem como de seu estoque de segurança, a fim de manter um alto nível de serviço. Desta forma, para o trabalho em questão são propostos novos parâmetros de ressuprimento dos itens de baixo giro através de simulação.

De acordo com Wanke (2003), um ponto importante para o planejamento das operações que envolvem estoques diz respeito à identificação da demanda.

Obviamente, há formas diferentes de planejamento para cada ramo de atividade, onde existe uma cadeia de abastecimento. Ele aborda esse assunto em situações onde a previsão de vendas é usada como mecanismo para política de estoques, na qual o enfoque maior do planejamento incorre sobre controle de estoque e planejamento total das partes relacionadas, como distribuição e produção.

Segundo Garcia (2006, p.60), um aspecto importante é a divisão entre políticas de revisão contínua e revisão periódica. Políticas de revisão contínua são aquelas em que decisões de ressuprimento podem ser tomadas a qualquer instante de tempo, o que é possibilitado pelo monitoramento contínuo de mudanças nos níveis de

estoque. Já nas políticas de revisão periódica decisões de ressuprimento só podem ser realizadas em intervalo de tempos predefinidos.

As políticas de revisão contínua, segundo Garcia (2006, p.60), resultam em menores níveis de estoque (em razão de menores estoques de segurança) com o mesmo nível de serviço quando comparadas às políticas de revisão periódica.

Entretanto, políticas de revisão periódica, permitem a programação de operações como compras, transporte e recebimentos, o que pode trazer oportunidade de economias de escala e racionalização do uso de recursos. Além disso, revisar os estoques periodicamente pode reduzir os custos de monitoramento e controle.

A seguir iremos conhecer algumas das ferramentas que podem ser adotadas para definir e analisar a melhor política de gerenciamento de estoques, principalmente para casos específicos de peças de reposição que são o foco do trabalho em questão.

## **5.1 Gerenciamento de estoque pela curva ABC**

A curva ABC iniciou com os estudos realizados pelo economista e sociólogo italiano Wilfredo Frederigo Samaso, ou mais conhecido como Vilfredo Pareto que viveu entre os anos 1848 e 1923.

Vilfredo Pareto estudou a distribuição de renda entre a população e ressaltou a existência de uma lei geral de má distribuição, ou seja, ele comprovou que uma parte menor da população absorvia uma grande porcentagem de renda, restando uma porcentagem significativamente menor de renda para a parte que representava o maior percentual da população. Segundo Pareto, a relação dos percentuais era na proporção de 80% e 20%, o que segundo seus estudos mostrava que 20% da população representavam a maior parte da renda e os 80% restantes da população era composto pela parte que representava.

Alguns anos mais tarde, a filosofia de distribuição de renda de Pareto começou a ser utilizada em diversas áreas, no entanto se mostra mais eficiente sendo utilizada na gestão de estoque.

No início dos anos 50, a lei de Pareto foi adequada por alguns engenheiros da General Electric (GE), para a administração dos estoques dando início ao sistema de análise ABC. Sob instruções de H.F. Dixie, a General Electric (GE) logo após a segunda Guerra Mundial, pôs em prática para o controle de estoques o método de Pareto, sendo a primeira empresa a utilizar a filosofia na gestão de estoques.

Atualmente, a curva ABC é um dos sistemas de análise de estoques mais utilizados pelas empresas devido à facilidade, praticidade e eficiência além de poder ser utilizada em qualquer empresa de qualquer segmento.

A curva ABC busca o relacionamento entre o consumo do estoque, o investimento aplicado e a quantidade de itens que formam o estoque.

Segundo Nogueira (2007), o ponto principal a visualizar no sistema de análise ABC, é que em verdade os itens que representam o mais alto consumo são os itens que fazem parte do menor percentual de valor do estoque e o contrário disso, ou seja, os itens que fazem parte do maior percentual de valor do estoque são justamente os que representam a menor parte desse estoque.

A curva ABC consiste em fazer uma análise do consumo dos materiais em um determinado espaço de tempo que normalmente varia entre 6 meses a 1 ano, levando em consideração o valor monetário e quantidade de itens do estoque, a fim de avaliar as condições e necessidades, planejando a partir desse ponto melhorias que possibilitem aos administradores atingirem os resultados desejados pela empresa.

O desenvolvimento e a utilização de computadores cada vez mais baratos e potentes têm possibilitado o surgimento de softwares que conduzem ao rápido e fácil processamento do grande volume de dados, muitas vezes requerido por este tipo de análise, principalmente em ambientes industriais. A curva ABC tem sido bastante utilizada para a administração de estoques, para a definição de políticas de vendas, para o planejamento da distribuição, para a programação da produção e uma série de problemas usuais de empresas, quer sejam estas de características industriais, comerciais ou de prestação de serviços. Trata-se de uma ferramenta gerencial que permite identificar quais itens justificam atenção e tratamento adequados quanto à sua importância relativa.

### 5.1.2 Classificação ABC

Segundo Martins (2005) a classificação dos materiais em grau de importância é necessária para avaliar os percentuais de itens que determinam a movimentação do estoque. A classificação dos itens é feita na ordem decrescente de importância.

Aos materiais que compõem o estoque e estão em alto nível de valor de consumo e quantidade denomina-se itens classe A.

Aos materiais que compõem o estoque e estão em nível intermediário de valor de consumo e quantidade denomina-se itens de classe B.

Aos materiais que compõem o estoque e estão em nível baixo de valor de consumo e quantidade denomina-se itens de classe C.

De acordo com Martins (2005), os itens da classe A são mais significativos em termos de valor e de consumo, e podem representar algo entre 35% e 70% do valor movimentado no estoque, os itens da classe B variam de 10% a 45%, e os itens da classe C representam o restante.

Uma experiência realizada por Martins (2005), demonstra que cerca 10% a 20% do total dos itens do estoque pertencem à classe A, enquanto que uma quantidade entre 30% a 40% dos itens pertencem à classe B, e em torno de 50% dos itens do estoque pertencem à classe C.

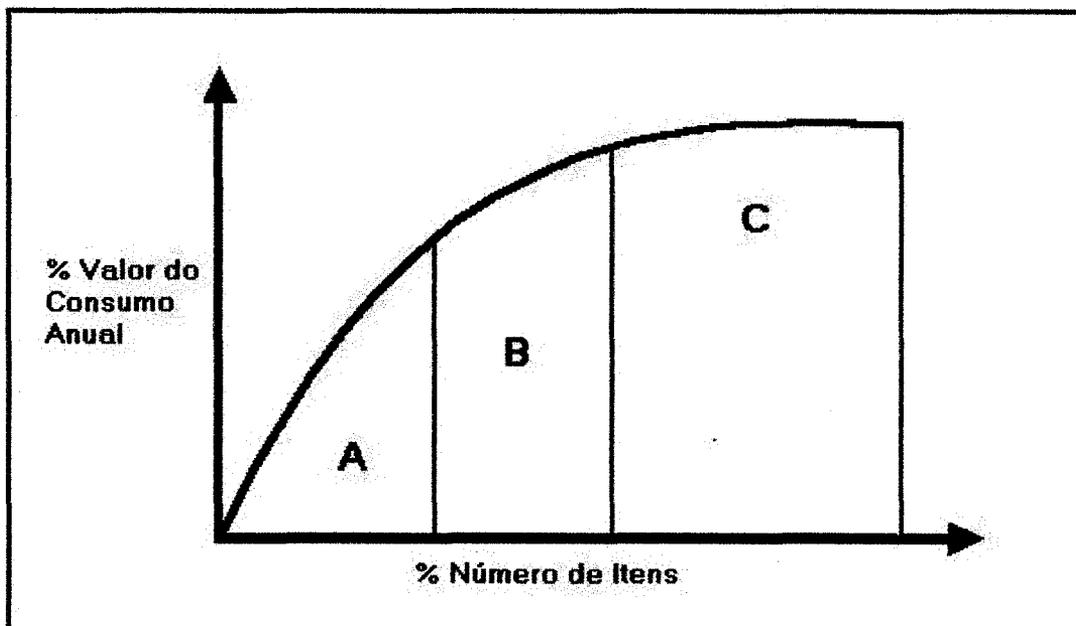
Segundo a metodologia utilizada por Dixie, pode-se comprovar que a maior parte em percentual de um estoque é representada pelos itens de menor valor e de mais baixo consumo, e a menor parte em percentual de um estoque é representada pelos itens de maior valor e de mais alto consumo. Isso comprova a eficiência da filosofia desenvolvida por Pareto na gestão dos estoques.

A classificação ABC, permite identificar os materiais de acordo com a proporção que eles representam no consumo e relacionar com o seu valor de aquisição e quantidade disponível em estoque.

Uma vez classificados os materiais seguindo o sistema ABC, é importante a aplicação de graus de controles apropriados para as diferentes classes de produtos já que um determinado padrão de controle pode ser suficiente para um produto x e ao mesmo tempo insuficiente para um produto y. É necessário avaliar as diferenças existentes no estoque para determinar os melhores padrões de controle levando em consideração a necessidade de cada produto existente. Pode-se a partir daí estender a análise do estoque levando em consideração outras variáveis que podem

impactar nos resultados como: a tendência, a perecibilidade, o espaço de armazenamento disponível, descontos oferecidos, etc.

**Figura 2 - Classificação dos itens segundo a curva ABC**



Fonte: Braga (2007)

- classe A: Itens de maior valor de demanda ou consumo anual;
- classe B: Itens de valor de demanda ou consumo anual intermediário;
- classe C: Itens de menor valor de demanda ou consumo anual.

Embora o percentual das classes de itens possa variar entre diferentes ramos ou diferentes atividades empresariais, o importante é observar que independente dessas diferenças, o princípio ABC onde o menor percentual de itens é o que representa o maior percentual de demanda ou do consumo anual, sempre ocorrerá da mesma forma para todas as empresas.

A análise do sistema ABC de estoques, através da multiplicação do custo unitário pelo volume comprado, permite que cada classe tenha esse tratamento diferenciado. Por outro lado, essa análise pode ser prejudicial para a empresa, pois ela não considera a importância dos materiais como um todo no estoque e não permite ver o sistema integrado onde todos os itens são importantes para o bom funcionamento, pois podemos ter situações distintas na empresa onde ambas

podem impactar diretamente nos resultados das cadeias produtivas como itens de alto valor e consumo essenciais para o seu funcionamento e também itens de baixo valor e consumo mais que em um determinado momento a sua falta no estoque pode paralisar toda uma produção.

Para resolver essa questão um tanto ineficaz das análises que envolvem o custo unitário e o volume adquirido, muitas empresas utilizam um conceito chamado criticidade dos itens de estoque.

A criticidade é a avaliação dos itens quanto ao impacto que sua falta representa nas atividades da empresa, na imagem da empresa perante os clientes e na facilidade de reposição.

Dentro do conceito de criticidade, os itens também podem ser classificados em ABC, segundo os autores Martins; Alt (2005) são:

- a) Classe A: os itens da classe A são imprescindíveis, e sua falta pode ocasionar a ruptura da cadeia produtiva da empresa já que se trata de itens cuja substituição ou reposição é difícil ou demanda muito tempo.
- b) Classe B: os itens da classe B são importantes, porém sua falta em um período de curto prazo não impacta fortemente na cadeia produtiva.
- c) Classe C: os itens da classe C não afetam diretamente as cadeias produtivas, porém são necessários e contribuem para o funcionamento das cadeias de forma indireta.

Do ponto de vista da importância operacional, na grande maioria os materiais têm sua política de ressuprimento e quantidades de reposição baseadas em consumo histórico, o que não garante necessariamente a correta análise dos itens. Para corrigir o modelo, se pode adotar a classificação x, y e z onde:

X – são materiais de aplicação não importante, com possibilidade de utilização de um similar existente na empresa;

Y – materiais de importância média, com ou sem similar na empresa;

Z – materiais de suma importância sem similar na empresa, cuja falta acarreta a paralisação de uma ou mais fases operativas.

De acordo com Viana p. 55, para os casos de empresa industrial, a seleção x,y,z pode ser facilitada respondendo as questões:

O material é imprescindível ao equipamento?

O equipamento pertence à linha de produção?

O material possui similar?

Dessa maneira levando obtendo-se dados importantes na tomada de decisão gerencial para a gestão de estoque das peças de reposição utilizando o gerenciamento combinado da Curva ABC com a classificação x, y e z.

## 5.2 Gestão de estoque de peças de baixo giro

Wanke (2002) descreve um método de análise econômica que demonstra os impactos econômicos de adotar uma política de estoque zero, disparando assim uma reposição contra-pedido ou de sempre manter um item em estoque. Para suportar a política de não manter peças de reposição, considera-se o universo de um ano e busca-se identificar o custo logístico total gerado em consequência de não manter nenhuma peça em estoque. O custo logístico é o resultado do produto da taxa de consumo histórico por peça/ano ( $\ddot{e}$ ) com a soma do custo total de ressuprimento da peça (CTR) com os custos de indisponibilidade e penalidade (Cip) gerados da falta da peça no instante em que seu uso era necessário, onde:

$$CT0 = \ddot{e} * (CTR + Cip) \quad (1)$$

em que :

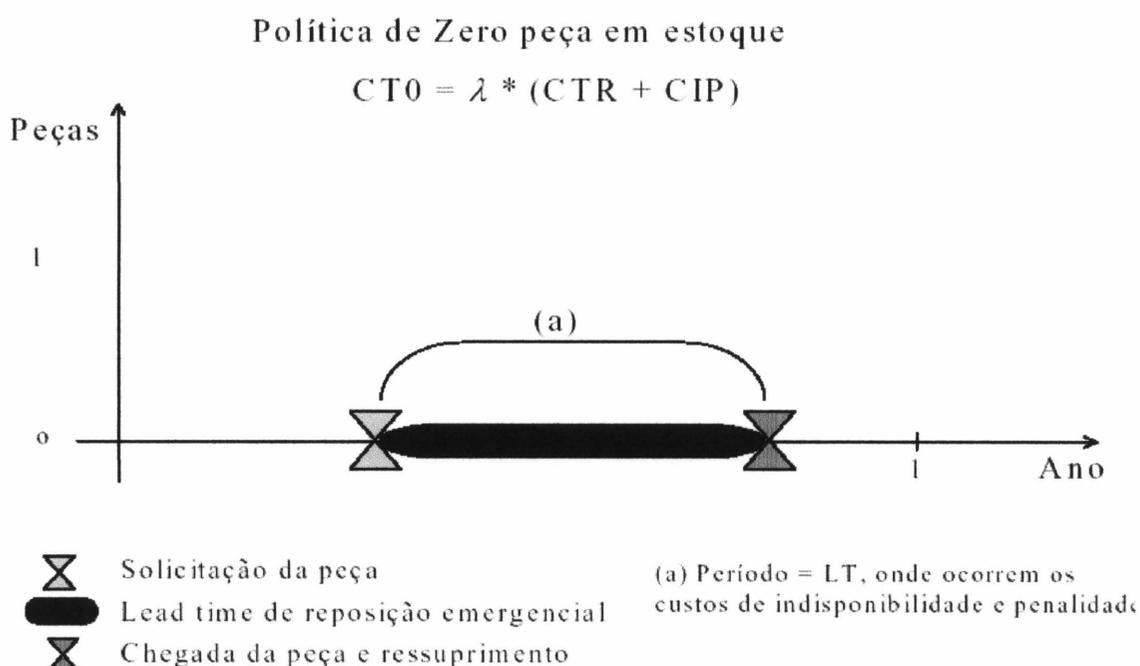
$\ddot{e}$  : é a taxa de consumo histórico por ano (peça/ano);

CTR : é o Custo Total de Reposição, composto de todos os gastos com a colocação de um pedido de suprimento (R\$);

Cip : é o Custo de Indisponibilidade e Penalidade, expresso em R\$ e incorre a toda solicitação da peça quando a mesma não se encontra em estoque.

A Figura 3 demonstra o período que o item não estará disponível.

**Figura 3 - Custos totais para manter zero peças em estoque**



Fonte: Wanke (2002)

Caso as organizações optem por uma política alternativa de manter uma unidade em estoque até que a demanda ocorra, observa-se um fenômeno, onde durante um período se detém o item no estoque e após o consumo, o estoque fica descoberto, durante o tempo necessário para a reposição.

Considerando um horizonte de tempo de 1 ano, o tempo esperado com estoque (TECE), medido em anos, é dado por:

$$TECE = 1 / (1 + \ddot{\epsilon} * LT) \quad (2)$$

Esta equação procura estimar qual fração do ano ou período de meses com estoque de reposição, em função de uma taxa de consumo peças/ano ( $\ddot{\epsilon}$ ) e o lead time de reposição (LT).

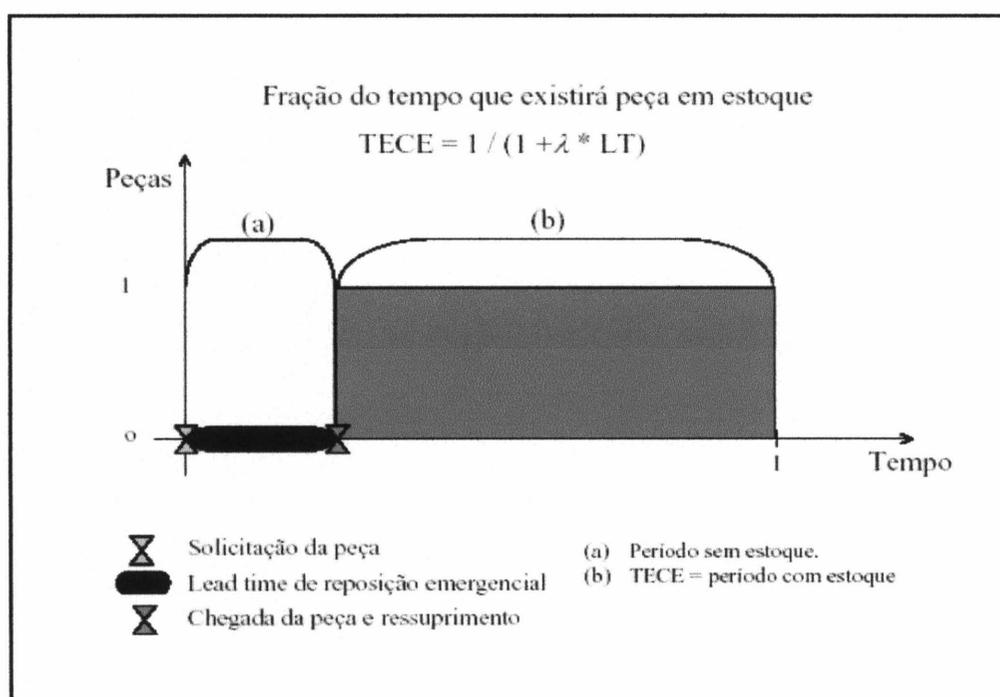
Wanke (2002) cita um exemplo: uma peça com o consumo histórico médio de 1 por ano e um lead time de reposição de 4 meses, o percentual esperado do período de um ano com estoque é de 75%, ou  $1 / (1 + 1*(1/3))$ . Neste caso durante 3 meses a peça não estaria presente no estoque, podendo provocar ruptura de

estoque. O número esperado de ocorrências durante o tempo esperado sem estoque é dado por:

$$\text{Nº. ocorrências durante tempo esperado sem estoque} = \lambda(1 - \text{TECE}) \quad (3)$$

A Figura 4 mostra que o lead time de reposição do item influencia diretamente no tempo de existência de estoque, quando considerado o universo de um ano.

**Figura 4 - Fração de tempo de permanência de uma peça em estoque**



Fonte: Wanke (2002)

### 5.3 Gerenciamento de peças de reposição utilizando simulação Monte Carlo

Itens de baixo giro (peças de reposição) são exemplos de casos nos quais a distribuição de probabilidades normal é raramente adequada para descrever a demanda durante certo intervalo de tempo, logo a tomada de decisão do

ressuprimento com base apenas nas estatísticas médias e desvio-padrão pode levar a um desempenho não satisfatório. O desempenho do processo de ressuprimento de peças de reposição de baixo giro podem ser avaliados através da simulação de Monte Carlo.

Segundo Garcia (2006), a simulação consiste na modelagem das regras e lógicas da gestão de estoques e do atendimento da demanda em um software, sendo as variáveis aleatórias geradas pelo computador onde qualquer distribuição de probabilidade pode ser replicada. Os experimentos de simulação são realizados para testar diferentes regras e parâmetros, sendo o desempenho medido pelas estatísticas da simulação.

A simulação Monte Carlo é uma técnica capaz de recriar o funcionamento de um sistema real dentro de um modelo teórico. Podemos definir o Método de Monte Carlo como sendo uma maneira de se transformar um conjunto de números aleatórios em um outro conjunto de números (variáveis aleatórias), com a mesma distribuição da variável considerada.

“Quando um sistema contém elementos que apresentam probabilidades em seu comportamento, pode se aplicar o método de Monte Carlo de simulação para estudar o comportamento das variáveis que compõem o modelo.” (Heizer; Render; 2001, p. 605).

A desvantagem da simulação Monte Carlo é segundo Garcia (2006), usualmente o esforço computacional requerido. Mesmo assim, esta é uma ferramenta muito útil para testar e validar regras e modelos analíticos.

A base da simulação de Monte Carlo é a experimentação sobre elementos probabilísticos por meio da amostragem aleatória. Segundo Heizer e Render (2001), a técnica se subdivide em 5 etapas simples:

- Encontrar ou estabelecer uma distribuição de probabilidades para as variáveis importantes.
- Construir uma distribuição de probabilidades cumulativas para cada variável.
- Determinar um intervalo de números aleatórios para cada variável.
- Gerar números aleatórios.
- Simular realmente uma série de experiências.

A idéia básica da simulação de Monte Carlo, segundo Heizer e Render (2001), é gerar valores para as variáveis compondo o modelo em estudo. Nos sistemas do mundo real, muitas variáveis são probabilísticas por natureza. A conversão de uma distribuição de probabilidades regular, em uma distribuição de probabilidade cumulativa é a soma do valor da probabilidade regular com a probabilidade cumulativa anterior.

Depois de construir uma distribuição de probabilidades cumulativas para cada variável da simulação, é preciso atribuir um conjunto de números para representar cada valor ou resultado possível. Estes são chamados de intervalo de números aleatórios, basicamente, um número aleatório é uma série de dígitos que foram selecionados por um processo totalmente aleatório – um processo em que cada número aleatório tem a mesma probabilidade de ser selecionado. (Heizer; Render, 2001, p.606)

Segundo Heizer e Render (2001) pode-se simular os resultados de um experimento pela simples geração de números aleatórios.

#### **5.4 Gestão de peças de reposição utilizando metodologia COTS (*COMMERCIAL OFF-THE-SHELF*)**

A seguir uma abordagem resumida sobre a metodologia COTS que pode ser aplicada a estoque de peças de reposição.

##### **5.4.1 Gerenciamento de estoques**

Existem duas filosofias para gerenciamento dos níveis de estoque: “Empurrar” (push) e “Puxar” (pull). Segundo Oliveira (2007), a filosofia de “empurrar” ocorre quando as economias de escala de compra ou produção suplantam os benefícios dos níveis mínimos de estoques coletivos conseguidos pelo método de puxar. A filosofia de “puxar” (pull) prevê a demanda e determina a quantidade ótima para

estoque. Na filosofia de “puxar”, os métodos de controle de estoques utilizados são: o método do ponto de pedido e o método de revisão periódica. Uma variação do método do ponto de pedido é o método Min-Máx ou política (s-S), onde a demanda é estocástica e está associada com os itens de movimentação lenta. Além disso, o método Min-Máx considera que um pedido é colocado quando o nível de estoque alcança um valor mínimo e a quantidade a ser pedida é determinada pela diferença entre a quantidade-alvo M (nível máximo e ótimo) e a quantidade em mãos no estoque. Na literatura, a filosofia ‘puxar’ aplicando o método ponto de pedido – Min-Máx é a mais empregada para gestão de estoques de peças de baixo consumo como é o caso das peças de reposição.

Em muitas empresas, é prática comum estimar ou arbitrar um nível de custos associado à indisponibilidade da peça no estoque para uso imediato. Este custo será maior ou mais relevante quanto maior for a importância do sistema para a empresa.

Dois fatores importantes devem ser considerados ao estabelecer níveis de estoque:

- Custo de manutenção do estoque, representado em sua maioria pelo custo de oportunidade, é a parcela do capital da organização que poderia ser capital de giro para pagamentos de despesas correntes ou ser investida em negócios mais lucrativos, porém se encontra imobilizada no estoque, e
- O custo da falta de estoque de peças de reposição de bens de capital que pode causar a paralisação de uma área de trabalho por dias e até meses, dependendo do tempo de reposição da peça em falta.

O principal objetivo da gestão de estoque de peças de reposição é garantir que o produto esteja disponível. Esta disponibilidade de peças pode ser medida com base na probabilidade de atendimento do pedido ou nível de serviço que, para apenas um determinado item, pode ser obtido como:

$$\text{Nível de Serviço} = 1 - \frac{\text{Somatório do tempo inoperância devido à falta}}{\text{Tempo total ciclo de vida do sistema}}$$

Conhecer o nível de serviço da gestão de estoque torna-se fundamental para que ações possam ser tomadas em busca de melhorias nos serviços para unidades requerentes.

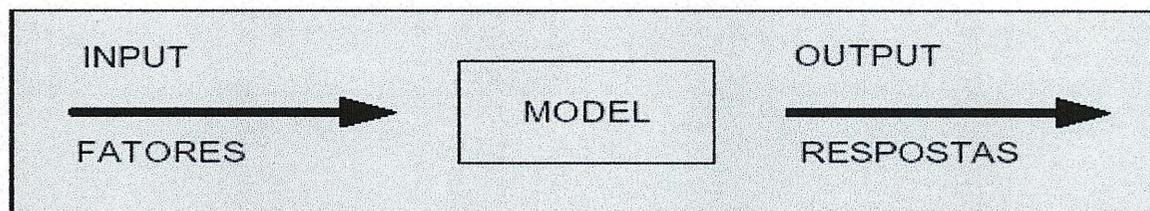
### 5.4.2 Projeto de experimento de simulação

Segundo Wanke (2002) a simulação consiste no processo de elaborar um modelo de um sistema real e conduzir experimentos com este modelo, tendo como propósito a compreensão do comportamento do sistema ou a avaliação de diversas estratégias (dentro do limite imposto por um critério ou um conjunto de critérios).

Uma maneira de observar o efeito de determinado fator de entrada é fixar os demais fatores em um determinado valor e realizar corridas variando-se os valores do fator de interesse e observar a resposta gerada (enfoque ONE-WAY). Entretanto, este planejamento não é muito eficiente, haja vista que a condução dos experimentos não permite medir interações entre os fatores. A condução dos experimentos deve ser realizada baseada em uma metodologia capaz de investigar os efeitos das múltiplas variáveis dos INPUTS na variável de OUTPUT (resposta). O planejamento de experimentos consiste em montar uma matriz de corridas, ou de testes, na qual são definidos os cenários ou as estratégias por meio de alterações nos valores das variáveis ou fatores de entrada. Cada linha desta matriz corresponde a um experimento e após a sua condução são registrados os resultados das variáveis de saída. O efeito de um determinado fator, neste método, será obtido de uma combinação aritmética dos resultados de cada corrida. O objetivo da aplicação deste método é obter o máximo possível de informações sobre os fatores de entrada, sobre seus efeitos na resposta e sobre suas eventuais inter-relações, ao menor custo possível. O projeto de experimento de simulação é fundamental para o entendimento dos resultados e, conseqüentemente, para a análise de sensibilidade dos parâmetros ou fatores do sistema.

A figura 5 apresenta um diagrama de experimento que representa a importância da definição dos fatores ou parâmetros de entrada, que são as variáveis que afetam o desempenho do sistema.

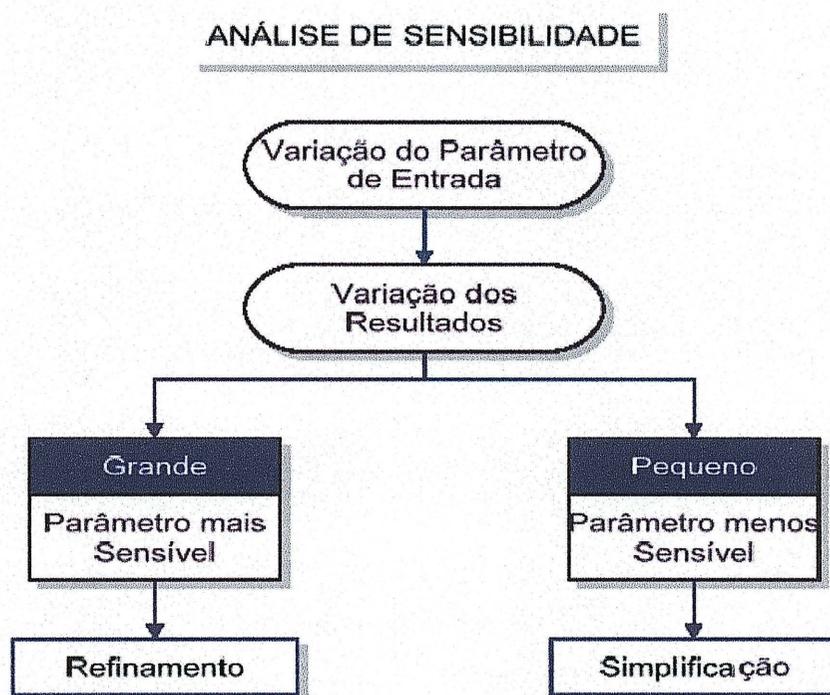
**Figura 5 – Diagrama de Experimento**



Fonte: Oliveira (2007)

A figura 6 apresenta um diagrama esquemático da análise de sensibilidade dos parâmetros que permite o seu refinamento ou simplificação

**Figura 6 - Diagrama esquemático da análise de sensibilidade**



Fonte: Oliveira (2007)

Segundo Oliveira (2007) o planejamento do experimento tem como característica básica o estudo simultâneo de vários fatores em contrapartida da idéia de variar um fator de cada vez. É desejado observar se um fator interage com o outro, ou seja, se o efeito de um fator depende do nível que o outro fator esteja. Desta forma o sistema atua como uma função, inicialmente desconhecida, agindo sobre as variáveis de entrada (parâmetros) e produzindo como saída as respostas

observadas que serão analisadas. Portanto, o planejamento do experimento consiste em definir os fatores com seus respectivos níveis, e a melhor metodologia para a aplicação da análise de sensibilidade.

Conforme Oliveira (2007), dentre as metodologias de planejamento de experimentos, a mais divulgada é a '2k Fatorial', onde o 2 (dois) indica o número de níveis para cada fator de entrada e o expoente K representa o número de fatores de controle empregados, ou seja, em um planejamento do tipo 3 2 existem 3 fatores de controle e 2 níveis ou valores pré-estabelecidos para cada fator.

Como ilustração suponha a matriz apresentada na Tabela 2 para um planejamento fatorial 2<sup>3</sup>:

**Tabela 2- Exemplo de matriz de planejamento**

<b>Combinação de Fatores</b>	<b>Fator 1</b>	<b>Fator 2</b>	<b>Fator 3</b>	<b>Resposta</b>
1	-	-	-	R1
2	+	-	-	R2
3	-	+	-	R3
4	+	+	-	R4
5	-	-	+	R5
6	+	-	+	R6
7	-	+	+	R7
8	+	+	+	R8

Fonte: Oliveira (2007)

Para se obter o efeito principal de um determinado fator (ej) deve-se realizar a soma das diferenças das respostas obtidas movendo o fator (ej) do nível (+) para o nível (-) enquanto todos outros fatores estão fixos e dividir por  $2^{k-1}$ , assim temos:

$$\text{Efeito do fator 1} = e_1 = \frac{(R2 - R1) + (R4 - R3) + (R6 - R5) + (R8 - R7)}{4}$$

$$\text{Efeito do fator 2} = e_2 = \frac{(R3 - R1) + (R4 - R2) + (R7 - R5) + (R8 - R6)}{4}$$

$$\text{Efeito do fator 3} = e_3 = \frac{(R5 - R1) + (R6 - R2) + (R7 - R3) + (R8 - R4)}{4}$$

Observe que para o cálculo de  $e_j$  utilizamos as médias das variações dos efeitos considerando os outros fatores em níveis diferenciados.

Para se obter o grau de interação entre dois fatores calcula-se o efeito das mudanças nas respostas (enfoque TWO-WAY) da seguinte maneira:

$$\text{Interação entre os fatores 1 e 2} = e_{12} = \frac{1}{2} \left[ \frac{(R4 - R3) + (R8 - R7)}{2} - \frac{(R2 - R1) + (R6 - R5)}{2} \right]$$

$$\text{Interação entre os fatores 1 e 3} = e_{13} = \frac{1}{2} \left[ \frac{(R6 - R5) + (R8 - R7)}{2} - \frac{(R2 - R1) + (R4 - R3)}{2} \right]$$

$$\text{Interação entre os fatores 2 e 3} = e_{23} = \frac{1}{2} \left[ \frac{(R7 - R5) + (R8 - R6)}{2} - \frac{(R3 - R1) + (R4 - R2)}{2} \right]$$

Para se obter o grau de interação entre os três fatores calcula-se o efeito das mudanças nas respostas da seguinte maneira:

$$\text{Interação entre os fatores 1, 2 e 3} = e_{123} = \frac{1}{2} \left[ \frac{(R8 - R7) - (R6 - R5)}{2} - \frac{(R4 - R3) - (R2 - R1)}{2} \right]$$

Naturalmente, existem softwares tais que montam a matriz de experimento e realizam os cálculos necessários para a obtenção dos efeitos dos fatores e suas interações.

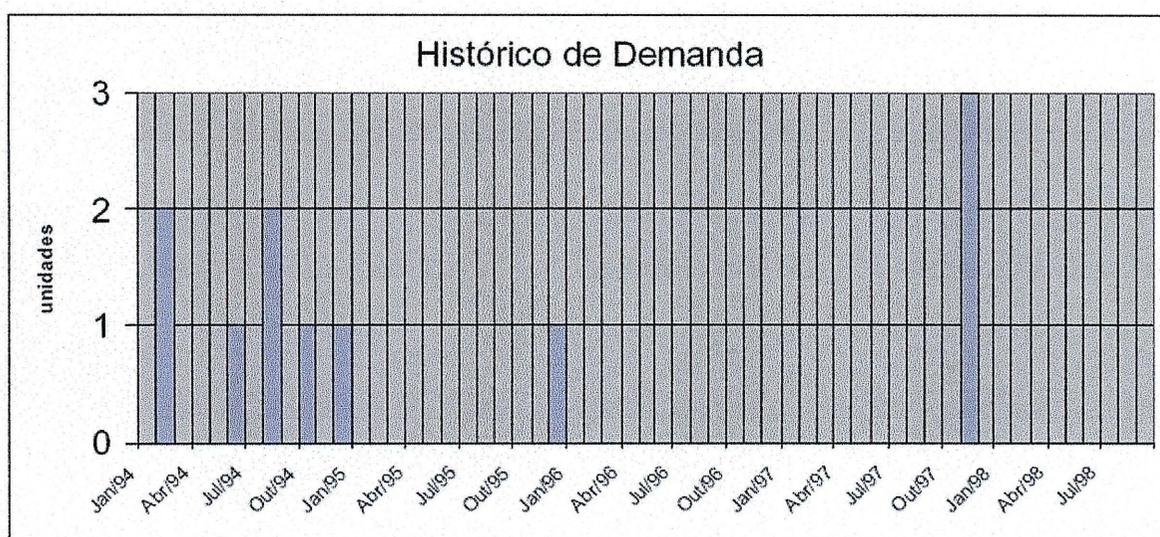
### 5.4.3 Aplicação de simulação na gestão de peças de reposição de equipamentos produtivos

A utilização da técnica de simulação para apoio à tomada de decisão gerencial sobre gestão de estoques de peças de reposição surge com o objetivo de redução do nível de estoques dessas peças. Notou-se que para determinada quantidade, (Oliveira, 2007), das peças consideradas, as hipóteses assumidas pelos modelos mais "clássicos" encontrados na literatura poderiam ser aceitas como aderentes. Por exemplo, para itens de demanda mais regular, como O-rings, rolamentos ditos "de prateleira" e outros, a análise da demanda passada, embora

carregando diferentes graus de flutuação aleatória, mostrou que esta flutuação se dava em torno de um patamar, permitindo que a hipótese de permanência (demanda constante) pudesse ser considerada plausível. Já outras peças, de demanda chamada irregular, apresentavam um comportamento passado de demanda que, além de não ser constante, não parecia apresentar nenhum padrão de comportamento modelável por distribuições probabilísticas usuais.

A Figura 7 representa um exemplo real do perfil de demanda dessas peças. Estas peças, também, eram aquelas responsáveis pelo volume predominante de recursos investidos em estoque (considerado muito alto), demandando assim algum tipo de ação urgente. A gestão deste tipo de peça basicamente a definição de qual é o nível de estoque no qual deveria ser disparada uma ação de ressurgimento e, quando disparada esta ação, qual a quantidade a comprar era feita de forma intuitiva. Havia a forte impressão dos gestores que melhorias substanciais poderiam ser obtidas com uma abordagem mais sistemática (CORREA e DIAS, 1998). Na falta absoluta de modelos analíticos, mas na presença de dados abundantes de demanda passada, resolveu-se que esta poderia ser uma situação de bom potencial para o uso de modelos de simulação.

**Figura 7 - Exemplo de perfil da demanda de peças de reposição**



Fonte: Oliveira (2007)

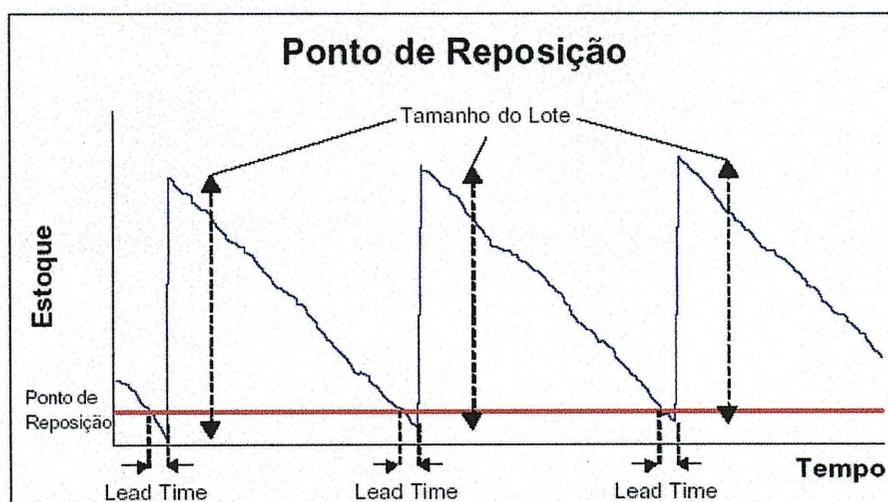
No exemplo dado abaixo por Oliveira (2007), a metodologia utilizada será a sugerida por HEIZER; RENDER (1999) com a ressalva de que estamos ainda

sugerindo a utilização da simulação para solução do problema e algumas atividades ainda não foram executadas.

#### 5.4.3.1 Definição do problema

O objetivo da simulação será a formulação de uma política para gestão dos estoques de peças sobressalentes de equipamentos produtivos que tenham demanda passada irregular. O modelo terá como função a redução dos custos de falta das peças e seus custos de estocagem. Em outras palavras, a política formulada deverá servir de ferramenta para que a empresa decida quanto capital será imobilizado em estoques para garantir determinado nível de serviço para manutenção dos equipamentos. Mais especificamente, no nível das peças individuais, as decisões apoiadas serão aquelas referentes ao modelo geral de gestão adotado, descrito abaixo. Segundo Oliveira (2007) o modelo geral utilizado é o de ponto de reposição com lote fixo que está representado na figura 8 (com a ressalva, evidentemente, de que a demanda do tipo de peça de que estaremos tratando não é tão bem comportada como na figura). A formulação da política será na verdade a definição de dois parâmetros, o ponto de reposição e o tamanho do lote que são as variáveis controláveis na situação. A taxa de demanda e os lead times serão considerados como variáveis não controladas.

**Figura 8 - Ponto de reposição com lote fixo**



#### **5.4.3.2 Características da demanda independente de peças de reposição**

Segundo Oliveira (2007), as fontes da demanda independente de peças sobressalentes ocorrem principalmente pelas manutenções corretivas, ou seja, nas quebras (inesperadas) de peças. Podemos afirmar que a quebra das peças sobressalentes ocorre segundo uma função de probabilidade associada a vida média das peças. Entretanto, além desta função não ser em absoluto determinística para a maioria das peças, durante uma manutenção corretiva quando a máquina já está parada, o mecânico usualmente aproveita para substituir outros itens. Essa característica da manutenção tem como efeito um comportamento irregular quando analisamos os dados históricos desses itens.

Não foi possível enquadrar o comportamento encontrado nos dados históricos em nenhuma das funções de densidade de probabilidade tradicionais. Isso nos obriga a executar a simulação de uma maneira diferente da usual: não será possível a execução da simulação com várias replicações uma vez que não conhecemos uma função que represente o comportamento da demanda. A alternativa será a simulação de diferentes políticas para os dados históricos de demanda. Com isso poderemos fazer a seguinte afirmação: "Caso a política X tivesse sido adotada então Y seria o resultado".

A utilização de simulação com apenas um conjunto de dados é desaconselhada, sendo verdade que essa alternativa diminui a generalidade do modelo de simulação, mas ainda assim está-se assumindo aqui que esta "modalidade" de simulação pode ser uma ferramenta útil para apoiar a tomada de decisão dada a complexidade do problema em questão.

#### **5.4.3.3 Definição das variáveis associadas ao problema**

Seguindo com o exemplo de Oliveira (2007), além do histórico de demanda cujas características foram exploradas anteriormente as informações necessárias para o modelo são:

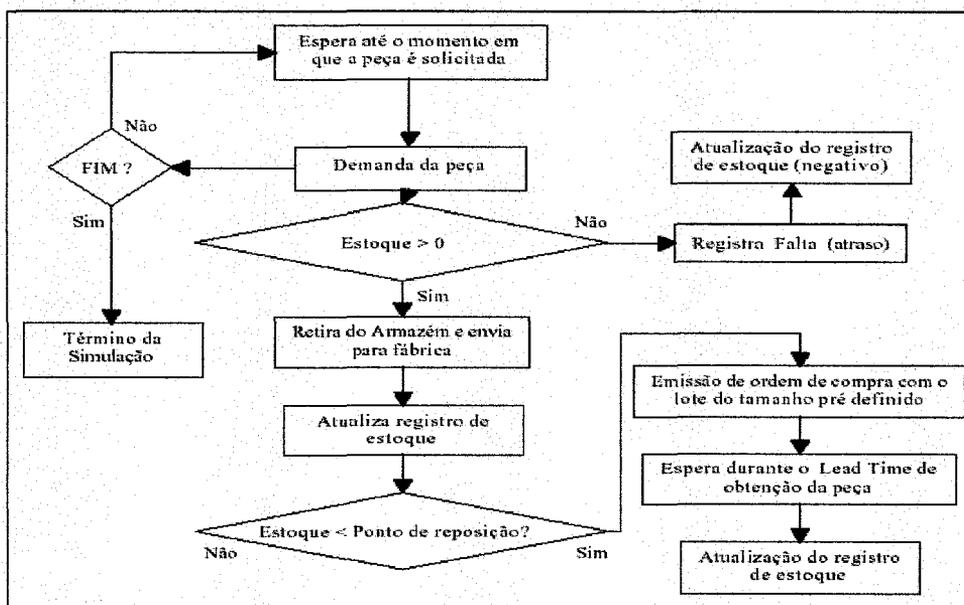
- Lead time de cada peça - tempo entre o surgimento da necessidade e a disponibilização da peça para o departamento de Manutenção;
- Custos associados à falta de cada peça;
- Custos de armazenagem das peças - custos operacionais de manter uma peça em estoque e custo de oportunidade do capital imobilizado;
- Custo de pedido - custo administrativo relacionado à emissão de um pedido.

Essas informações servirão de dados de entrada para a construção do modelo mais adequado.

#### 5.4.3.4 Construção do modelo

O modelo para solução do problema é relativamente simples, seu fluxograma pode ser visto na figura 9. Inicialmente serão armazenadas as informações de entrada para a peça que estiver sendo analisada: o histórico de demanda, o lead time de obtenção da peça e os valores de ponto de reposição e tamanho de lote que deverão ser testados (são as políticas viáveis).

**Figura 9 - Fluxograma para construção do modelo**



Seguindo o exemplo de Oliveira, o estoque inicial será igual ao ponto de reposição testado. A partir daí inicia-se a simulação: quando a primeira necessidade ocorrer verifica-se a disponibilidade da peça no estoque em caso afirmativo então a demanda é atendida e o registro de estoque atualizado.

Quando a demanda não for atendida então se registra uma falta e atualiza-se o registro de estoque negativamente considerando um atraso, ou seja, a demanda ainda deverá ser atendida.

Voltando à situação em que o estoque estava disponível, uma peça é retirada do estoque e seu valor final é comparado com o ponto de reposição. Caso o nível de estoque fique inferior ao ponto de reposição, então uma ordem de compra de quantidade igual ao tamanho de lote é emitida e espera-se o tempo correspondente ao lead time. Nesse instante o registro de estoque é atualizado para representar o recebimento do pedido. Após a demanda de cada peça é feito um teste para verificar se o arquivo de demanda chegou ao fim. Caso afirmativo então a simulação é encerrada, se negativo espera-se até o instante da próxima demanda e assim sucessivamente.

#### **5.4.3.5 Programação do modelo em um software de simulação**

No exemplo de Oliveira (2007), o modelo foi programado utilizando o Promodel que é um dos vários pacotes de simulação disponíveis no mercado, mas pode ser utilizado qualquer outro disponível.

Na Figura 10 podemos observar a representação gráfica do modelo construído. Nele foram considerados os seguintes pontos:

- 1 - Representa o armazém com um medidor (gauge) que permite a visualização do nível do estoque durante a simulação.
- 2 - Representa a requisição da peça por parte do Departamento de Manutenção para execução de manutenções corretivas nos equipamentos da fábrica.
- 3 - Representa a liberação do material requisitado assim que ele estiver disponível no armazém.

4 - Quando o nível do estoque for menor do que o ponto de reposição então um pedido é emitido. Este detalhe do modelo serve para que o tempo interno de emissão de pedidos possa ser considerado separadamente quando isso for relevante.

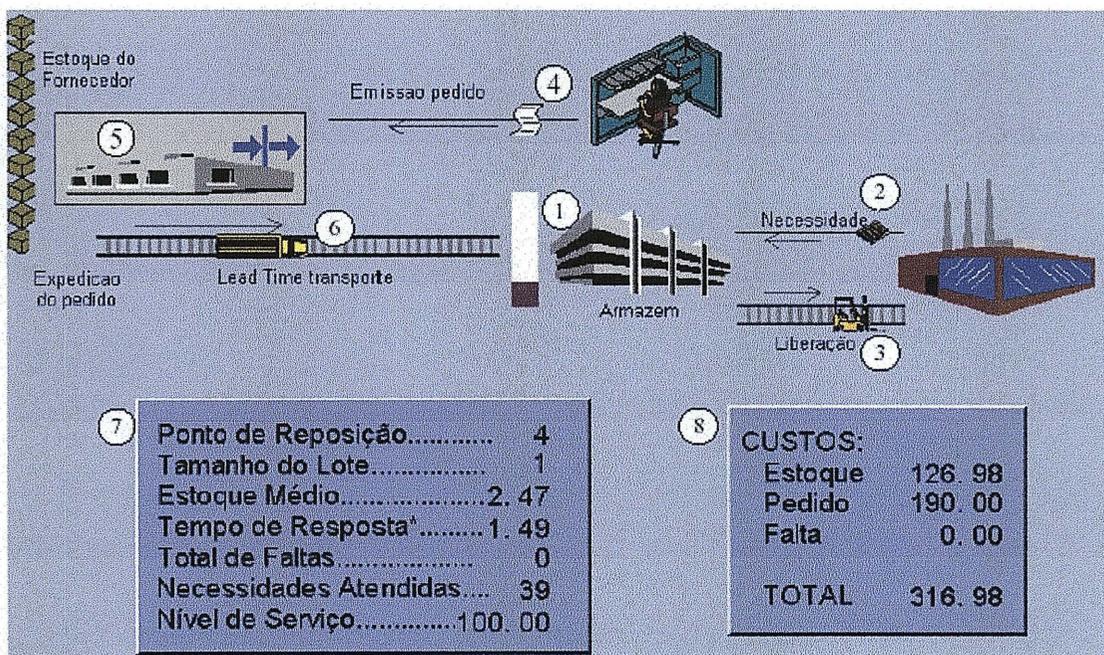
5 - Representa o fornecedor, seu estoque e sua expedição. No modelo construído o fornecedor é confiável com relação a disponibilidade e qualidade, ou seja, as peças estão sempre disponíveis em estoque e com boa qualidade. Nada impede que um modelo de simulação considere também taxas e distribuições médias de possíveis problemas de qualidade. Os modelos de simulação são flexíveis nesse sentido.

6 - Representa o lead time de entrega da peça. Este valor assume valores de acordo com uma função densidade de probabilidade, ou seja, as entregas variam em torno de uma média podendo chegar com antecedência ou atraso.

7 - Apresenta um resumo dos dados da simulação com destaque para política simulada (ponto de reposição e tamanho do lote) e o nível de serviço (porcentagens das necessidades da Manutenção atendidas prontamente pelo Armazém).

8 - Apresenta a evolução dos custos de estoque, de pedir e de faltar durante a simulação.

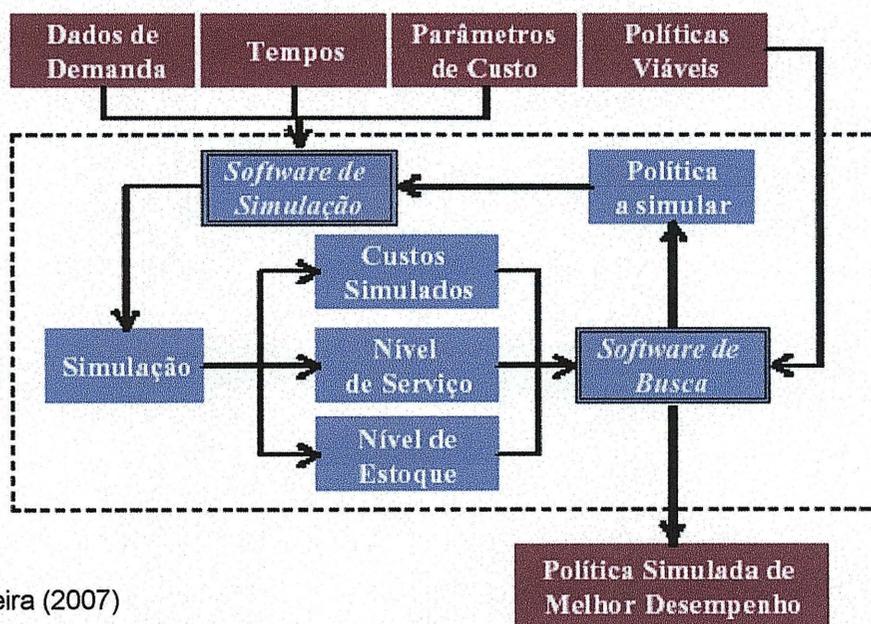
**Figura 10 - Representação gráfica do modelo**



Fonte: Oliveira (2007)

Como a simulação será feita para determinação da política de estoques, cada "rodada" da simulação deverá ser feita com diferentes valores de ponto de reposição e tamanho de lote. Para isso deverá existir um cadastro com os valores de lote mínimo e as faixas para variação do ponto de reposição para cada peça. A execução da simulação será feita com dois softwares. Além do software de simulação será utilizado um outro aplicativo que direcionará a busca da melhor política. Como pode ser visto na figura 11, ao software de simulação caberá a determinação do desempenho da política simulada através do cálculo do nível de serviço, do estoque médio e dos custos associados. A cada política simulada este o aplicativo utilizado deve definir quais devem ser os próximos valores de tamanho de lote e ponto de reposição a serem testados, na busca da política de menor custo.

**Figura 11 - Lógica de execução da simulação**



Fonte: Oliveira (2007)

O modelo construído com apoio de softwares retornará diretamente a política de melhor desempenho. Esse formato é útil especialmente para os casos em que o número de peças de reposição é grande e revisões individuais para todos os itens não são possíveis. Desta forma é quase sempre apropriado que se avalie o nível de serviço das políticas de custo próximo ao da escolhida pelo simulador, resultando assim nas diversas informações que levarão a tomada de decisão em relação a cada item.

## **6.0 ABORDAGEM SOBRE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL**

Uma simulação computacional é a tentativa de replicação de um sistema real através da construção de um modelo matemático que se aproxime o máximo possível com a realidade. Segundo Corrêa (2001), a idéia geral é:

- Imitar uma situação real matematicamente
- Estudar seu comportamento, e
- Tirar conclusões e tomar decisões com base na simulação

Em contraposição aos métodos analíticos que encontram as melhores soluções possíveis para o problema (ou soluções ótimas), a simulação procura modelar um sistema e observar como as variações nos parâmetros (entradas) do sistema afetam suas variáveis de saída. O resultado da simulação é o entendimento e quantificação da inter-relação das variáveis do sistema modelado. Esse entendimento não leva necessariamente à solução ótima, mas existem técnicas e procedimentos para gerar resultados mais próximos do suposto ponto ótimo. A escolha que se deve fazer é entre um método analítico que gera soluções ótimas, mas tem um modelo bastante simplificado em relação ao problema real, e outro método (a simulação) que não garante soluções estritamente ótimas, mas permite que o modelo utilizado seja mais próximo da realidade.

Especialistas acreditam que até mesmo os problemas que possuem métodos analíticos de solução podem e às vezes até devem ser simulados, pois a simulação permite uma experimentação mais fácil do problema.

### **6.1 Vantagens da simulação computacional**

Algumas das vantagens da simulação computacional de acordo com Correa (2001), em relação às organizações são:

1. Permite entender cada componente do sistema e suas interações.

2. Possibilita determinar os parâmetros do sistema que são controláveis dos que não são controláveis e a influência de cada um.
3. Permite a tomada de decisão em relação aos recursos que serão necessários e/ou como os recursos que estão disponíveis devem ser gerenciados.
4. Flexibilidade em relação as limitações impostas aos modelos.
5. Pode ser aplicado à análise de problemas de grande escala e complexidade que não podem ser resolvidos por técnicas tradicionais de gestão de operações.
6. Particularidades da situação real podem ser consideradas, como por exemplo a utilização de qualquer curva de probabilidade que o problema exija, e que seja diferente do padrão assumido por técnicas analíticas.
7. Permite a análise de longos períodos num curto espaço de tempo.
8. Permite a análise de sensibilidade do tipo *what-if* (*o que aconteceria se...*). Várias políticas de decisão podem ser testadas e comparadas rapidamente.
9. Possibilita o estudo individual de todos os componentes e/ou variáveis do modelo em questão, servindo para determinar a importância de cada uma delas.
10. Apoio à tomada de decisão para os problemas que na prática são resolvidos intuitivamente, possibilitando encontrar boas soluções.

## **6.2 Desvantagens da simulação**

Podem-se relacionar também algumas desvantagens da simulação em computador que influenciam na decisão de utilizar ou não esse processo conforme lista Oliveira (2007):

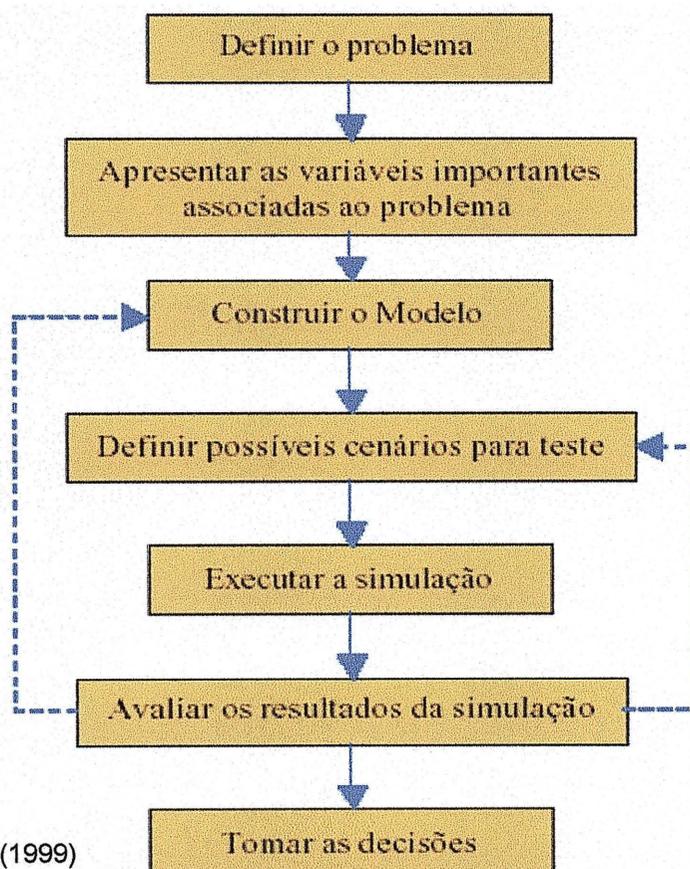
1. Um bom modelo de simulação pode se tornar caro e levar vários meses para desenvolvimento, especialmente quando os dados são de difícil obtenção.

2. Apesar dos novos *software* de simulação possuírem ferramentas de busca que podem ajudar na obtenção de bons resultados, a simulação não é uma técnica otimizante.
3. A simulação não gera bons resultados sem *inputs* adequados. A construção e a alimentação do modelo requerem um trabalho árduo e criterioso.
4. Cada modelo de simulação é único. Geralmente não é possível a utilização de um modelo em diferentes situações, prejudicando a possibilidade de ganhos de escala.

### 6.3 Etapas durante um processo de simulação

Existem logicamente etapas importantes a seguir durante um estudo de simulação que ajudam a montar o melhor modelo que garanta aproximação da realidade e permita gerar resultados que ajudem na tomada de decisão. Essas etapas são demonstradas por HEIZER; RENDER (1999) na figura abaixo:

**Figura 12 – Etapas de um processo de simulação**



Fonte: Heizer;Render (1999)

## 7.0 ANÁLISE PARA TOMADA DE DECISÃO

Após todos os dados formatados, classificados e disponibilizados de maneira que podem ser analisados inicia o processo de análise da decisão que envolve diversas alternativas que deverão ser analisadas com cuidado, a fim de escolher a melhor decisão possível. O processo da tomada de Decisão é saber qual a melhor decisão a ser tomada, em relação à mudança nas atividades da organização, necessita ter informações corretas e precisas para que possa ser implementada e direcioná-las para a melhoria contínua dos processos. É o momento em que as decisões são colocadas em prática, por isso é necessário que o gestor esteja convicto da sua decisão antes de colocá-la em ação.

Alguns pontos relevantes podem acontecer durante o processo de tomada de decisão e influenciar no resultado final. São exemplos:

- **Precipitação:** conclusões sem analisar os aspectos, considerados importantes para tentar compreender como as decisões devem ser tomadas;
- **Falta de controle estrutural:** decisões influenciadas pelas estruturas dos outros ou que não definem o problema de maneira consciente, ou seja, de mais de uma forma;
- **Excesso de confiança no próprio julgamento:** segurança demasiada com relação às próprias hipóteses e opiniões deixando de colher informações factuais importantes;
- **Fracasso em grupo:** deixar de gerenciar o processo de tomada de decisão do grupo acreditando que as escolhas serão automaticamente boas, devido a presença de pessoas inteligentes no grupo;
- **Deixar de conferir seu processo de decisão:** erro que pode abranger todos os demais uma vez que os gestores/executivos não elaboram uma abordagem organizada para compreender sua própria decisão;
- **Questões Rotineiras:** ocorrem quando uma mesma circunstância se repete e elegem-se questões específicas para resolvê-las;
- **Questões de Emergência:** este tipo de questão pode ocupar muito tempo do gerente, pois, são as questões inéditas que surgem e as decisões precisam ser baseadas nos fatos que as cercam;

- **Questões Estratégicas:** envolvem a fixação de metas e prioridades, além dos decorrentes projetos de implementação, ou subdecisões, que são ainda mais difíceis, mas que constituem a principal tarefa de um gerente;
- **Questões Operacionais:** estas escolhas são relacionadas especialmente com questões que envolvem funcionários, como contratação e demissão, exigindo na maioria das vezes atenção especial;
- **Estruturar a questão:** simplificar o processo de tomada de decisões. Determinar critérios para o raciocínio da tomada de decisão;
- **Colher informações:** buscar fatos recomendáveis ou não ao problema/oportunidade e analisar estes dados positivos ou negativos da mesma maneira, não se deixando influenciar por sua opinião particular;
- **Chegar a conclusões:** não podemos acreditar apenas em pontos intuitivos, mas sim ter uma sistemática para resolução do problema, a partir da interpretação de dados coletados;
- **Aprender com Feedback:** é saber ouvir sua equipe, saber analisar opiniões, tendo a decisão correta e aperfeiçoar realizando a melhora do processo;
- **Tomada de decisão de racional:** é aquela que o administrador analisa os fatos sendo que a tomada de decisão é em cima de relatórios e escolhe a melhor alternativa;
- **Tomada de decisão intuitiva:** são as tomadas de decisões baseadas em experiência, verificações, conhecimento e por intuição acaba escolhendo a tomada de decisão. São de forma inconsciente e automática segue sua intuição;
- **Tomada de decisão racional:** é aquela onde o administrador dentre várias alternativas escolhe a que tem a melhor chance de sucesso, segue a razão;
- **Tomada de decisão intuitiva:** é o modo de racionar baseado na experiência, a avaliação e o julgamento das alternativas, são feitas de forma inconsciente e automática, segue a intuição.

## 8.0 GERENCIAMENTO E DESENVOLVIMENTO DE FORNECEDORES

De acordo com Braga, o mundo corporativo cada vez mais acredita na idéia de que uma empresa, para competir e sobreviver, deve construir e manter relações com fornecedores competentes e extrair o maior valor possível destas relações. Em outras palavras, a competência especializada dos fornecedores pode ter uma influência substancial na capacidade inovadora da empresa compradora e na sua habilidade de oferecer produtos com alta qualidade, contribuindo para elevação de suas vantagens competitivas. Em determinadas indústrias, os gastos com fornecedores respondem por cerca de 60% a 70% do custo anual de produção, o que mais uma vez reforça a idéia da necessidade de integração com esses parceiros. Felizmente, as relações entre comprador e fornecedor têm evoluído nos últimos anos, acompanhando todo crescimento do setor de Compras/Suprimentos na conquista do seu posicionamento estratégico nas organizações. Os modernos gerentes de suprimentos deixaram de lado aquela visão oportunista na relação com os fornecedores e passaram a enxergá-los como recursos necessários às operações e crescimento da empresa e, portanto, parceiros do negócio, buscando maior aproximação entre eles. Estudos sobre o assunto comprovam que esses relacionamentos mais estreitos trazem, entre outras vantagens, a redução da base de fornecedores, com benefícios para o gerenciamento dos mesmos, que passa a ser efetuado sobre um número menor de integrantes daquela base. Por outro lado, a seleção de fornecedores passa a ser uma atividade mais complexa e desafiadora, em função dos fatores que devem ser observados para garantir que os relacionamentos estreitos serão cultivados e mantidos numa perspectiva de longo prazo. Vários caminhos podem ser estabelecidos para a integração com os fornecedores.

A indústria automobilística no Japão introduziu a aproximação com seus fornecedores através de formações denominadas de Keiretsu, termo que designa um modelo empresarial em que há uma coalizão de empresas unidas por certos interesses econômicos. O interesse, neste caso, era decorrente da aquisição de uma fatia da empresa fornecedora pela montadora. Uma alternativa bastante eficaz comprovada por resultados práticos e estudos acadêmicos foi a criação dos Programas de Desenvolvimento de Fornecedores (PDF), que também surgiram como uma iniciativa de integração na cadeia de suprimentos da indústria

automobilística e que ficou conhecida como um esforço organizacional para se criar e manter uma base de fornecedores competentes que contribuísse para maior produtividade da montadora, aumento da satisfação dos seus clientes e melhoria no faturamento.

De maneira geral o trabalho conjunto com fornecedores vem se desenvolvendo a cada dia em uma política que possa beneficiar a ambas as partes. Nesse contexto surgem também as questões de como gerenciar os fornecedores, como escolher e ter garantias do nível de serviço desejado.

### **8.1 Desenvolvimento de novos fornecedores**

Tradicionalmente, como nos diz Ataíde Ramos Braga, uma das mais importantes atividades desempenhadas pelo setor de Compras é a seleção das empresas que integrarão a base de fornecedores e que, portanto, serão responsáveis pela manutenção do fluxo de produtos e serviços do comprador.

O processo de seleção é composto de diversas etapas que devem ser interdependentes e com diversos filtros para se chegar à eleição daqueles que serão considerados os mais indicados, de acordo com parâmetros estabelecidos.

A identificação de potenciais fontes de suprimentos é uma das primeiras etapas da seleção de fornecedores e é revestida de contornos especiais quando as alternativas de fornecimento são poucas ou quase nenhuma. O contínuo monitoramento do mercado supridor através de iniciativas como o estabelecimento de estrutura de inteligência de mercado pode facilitar muito a tarefa de busca de novos parceiros. É preciso que o comprador esteja captando todos os sinais de oscilações no conjunto de fornecedores. Quanto mais o comprador tem conhecimento sobre os participantes de um determinado mercado, maior é a sua capacidade de identificar fontes alternativas de suprimento.

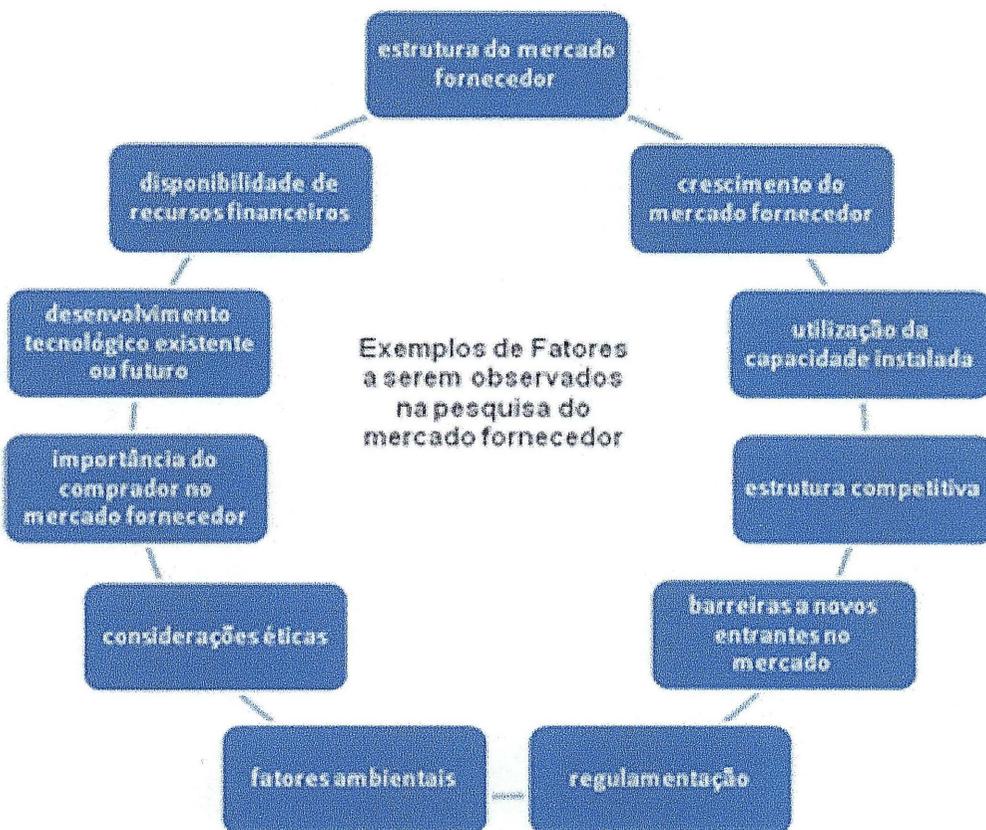
Desse modo, alguns questionamentos emergem em decorrência do debate sobre o tema e devem então ser respondidos no decorrer do processo investigatório de novos fornecedores.

São alguns exemplos de interrogações que passam pela mente do pesquisador:

- Que informações devem ser levantadas a respeito do mercado fornecedor?
- Com que freqüência deve ser feita essa análise?
- Que produtos e serviços devem ser contemplados na pesquisa?

No que se refere à análise do mercado fornecedor, Braga exemplifica alguns fatores a serem observados como mostrado na figura 13.

**Figura 13 - Fatores de inteligência do mercado fornecedor**



Fonte: Braga (2008)

Como exemplo, nos diz Braga (2008) que em tempos de crise financeira global como a que estamos atravessando, é recomendável que os compradores conheçam detalhes sobre a fonte de suprimento de capital para os fornecedores, taxa de juros desses recursos, dificuldade para obtê-los e onde eles serão aplicados. Estas questões assumem importância, pois a facilidade na captação de recursos financeiros pode causar reflexos na capacidade de aquisição de máquinas e tecnologia para acompanhar o crescimento do comprador, suportar esforços de

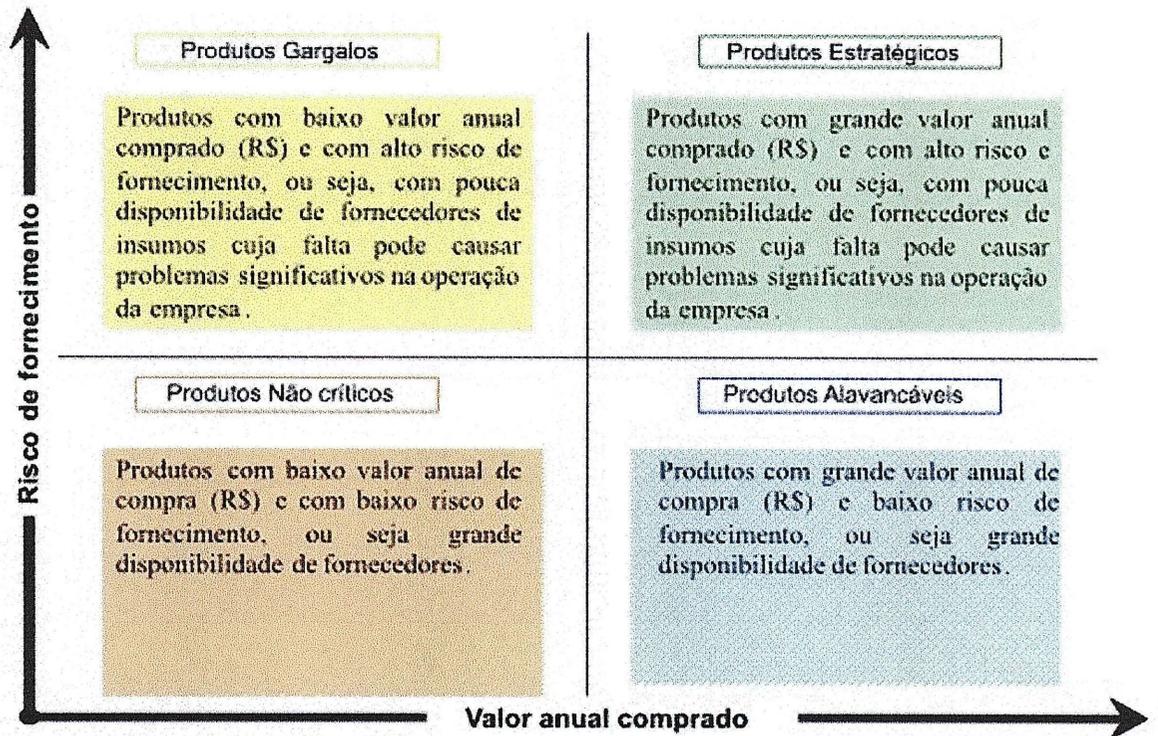
pesquisa e desenvolvimento de novos produtos ou processos, manter os níveis atuais de recursos de informação tecnológica ou até mesmo investir em estoques para suportar as operações em andamento com o comprador.

A procura por inovações tecnológicas, por outro lado, está relacionada à constante preocupação das empresas por inovação dos seus produtos e melhorias de qualidade para permanecerem competitivas. Novas tecnologias podem ser obtidas através de desenvolvimento interno ou em conjunto com fornecedores que realizam o investimento de pesquisa e desenvolvimento. O conhecimento de quem possui a inovação é o primeiro desafio. O segundo é o convencimento do fornecedor inovador de que o comprador é um caminho lógico para que ele possa introduzir sua inovação. O dinamismo do mercado supridor diz respeito aos constantes movimentos desse mercado, devidos, por exemplo, a alterações políticas entre países, influenciando a disponibilidade de fornecedores, e também a alterações em função de aquisições e fusões entre fornecedores e em decorrência de instabilidade financeira, levando à quebra de alguns deles.

No tocante aos produtos e serviços que devem ser contemplados na investigação, vale ressaltar que o levantamento estruturado das informações e a análise do mercado fornecedor é um processo que demanda tempo e custo. Logo, não é recomendável que seja utilizado para todo e qualquer produto ou serviço adquirido. Recomenda-se a elaboração de estudos que identifiquem os itens mais importantes que mereçam os esforços da pesquisa sofisticada, como é o caso de peças de reposição identificadas com alto custo e baixo consumo.

Segundo Braga, uma alternativa bastante conhecida pelas empresas é a utilização da matriz de categorias ou famílias, representada na figura 14. Observa-se que emergem da análise da figura quatro grandes famílias de produtos correspondentes aos quadrantes da matriz, que é uma adaptação do trabalho de Kraljic.

**Figura 14 - Matriz de classificação dos produtos**



Fonte: Pesquisa CEL/Coppead - 2007

Desse modo, sugere-se que o esforço de inteligência sobre o mercado fornecedor abordando os fatores da Figura 14 comece com os itens estratégicos, depois com os gargalos e, finalmente, com os itens de alavancagem. Não se justifica o emprego deste levantamento de dados para os itens considerados como não-críticos, devido a sua pouca representatividade e baixo risco de fornecimento. Para estes últimos, a pesquisa simplificada utilizando as fontes de informações tradicionais atende aos objetivos de seleção dos novos fornecedores e garantira uma melhor gestão das peças de reposição, de elevado custo e críticas por si só. A iniciativa da organização de um programa de desenvolvimento de fornecedor pode envolver riscos para ambos os lados da relação. Logo, comprador e vendedor devem estar dispostos ao investimento de tempo, recurso e ativos dedicados ao programa.

## 9.0 TEORIA DAS RESTRIÇÕES

A Teoria das Restrições, também denominada de TOC (*Theory of Constraints*) é um desenvolvimento relativamente recente no aspecto prático da tomada de diversas decisões organizacionais nas quais existem restrições. Uma restrição é qualquer coisa numa empresa que a impede ou limita seu movimento em direção aos seus objetivos. É claro que a aplicação da TOC requer uma apropriada definição dos objetivos a serem atingidos. Para a maior parte das empresas, o objetivo principal é o lucro presente e sua sustentabilidade no futuro. Existem dois tipos básicos de restrições: físicas e não-físicas. As restrições físicas na maior parte das vezes estão relacionadas a recursos: máquinas, equipamentos, veículos, instalações, sistemas etc. As restrições não-físicas podem ser a demanda por um produto, um procedimento corporativo ou mesmo um paradigma mental no encaminhamento de um problema.

Numa empresa industrial, a TOC envolve três indicadores de desempenho que permitem avaliar se o conjunto das operações está se movendo em direção aos objetivos (lucro):

- **Rentabilidade:** é a taxa pela qual a empresa constrói seu lucro através da comercialização de seus produtos. Em essência, a rentabilidade de um produto poderia ser aproximada pela margem de contribuição (preço de venda - custo variável das matérias-primas). Os custos de mão de obra e outros custos fixos são considerados como parte das despesas operacionais.
- **Despesas operacionais:** todo o dinheiro gasto pela empresa na conversão de seus estoques em margem de contribuição.
- **Estoques:** todo o dinheiro imobilizado pela empresa em coisas que podem ou poderiam ser comercializadas. Os estoques incluem não apenas os itens convencionais (matérias-primas, produtos em processamento e produtos acabados), mas também edifícios, terras, veículos, equipamentos. Não é incluído nos estoques, portanto, o valor do trabalho adicionado aos estoques dos produtos em processamento.

Percebe-se que a TOC possui uma ligação bastante forte com a contabilidade gerencial, especificamente com a abordagem de custeio pela margem de contribuição. Está claro que a utilização dos princípios geralmente aceitos na contabilidade financeira ou para fins legais pode levar a decisões não otimizadas, basicamente pela necessidade de alocar e ratear todos os custos fixos aos centros de custo, os quais, eventualmente, podem ser restrições. Outros quatro indicadores de desempenho podem ser calculados a partir da Rentabilidade, das Despesas operacionais e dos Estoques:

Margem líquida = rentabilidade - despesas operacionais

Retorno Sobre o Investimento (RSI) = (rentabilidade - despesas operacionais) /  
estoque

Produtividade = rentabilidade / despesas operacionais

Giro = rentabilidade / estoques

Deve ser observada a ligeira diferença destes indicadores, especificamente o Giro e o RSI, quando feita a transposição dos princípios da contabilidade financeira para a gerencial. Por exemplo, na contabilidade financeira, o Giro é definido como vendas / estoques.

## 9.1 Aplicação e Implementação

A TOC tem sido aplicada em três diferentes níveis de tomada de decisão: gerência da produção, na resolução de problemas relacionados aos gargalos, à programação e à redução dos estoques; análise de rentabilidade, levando à mudança de decisões baseadas em custo para decisões baseadas na melhoria contínua das operações que afetam a rentabilidade; e, gestão de processos, na identificação de fatores organizacionais, que não são necessariamente recursos, que impedem as empresas e atingirem seus objetivos.

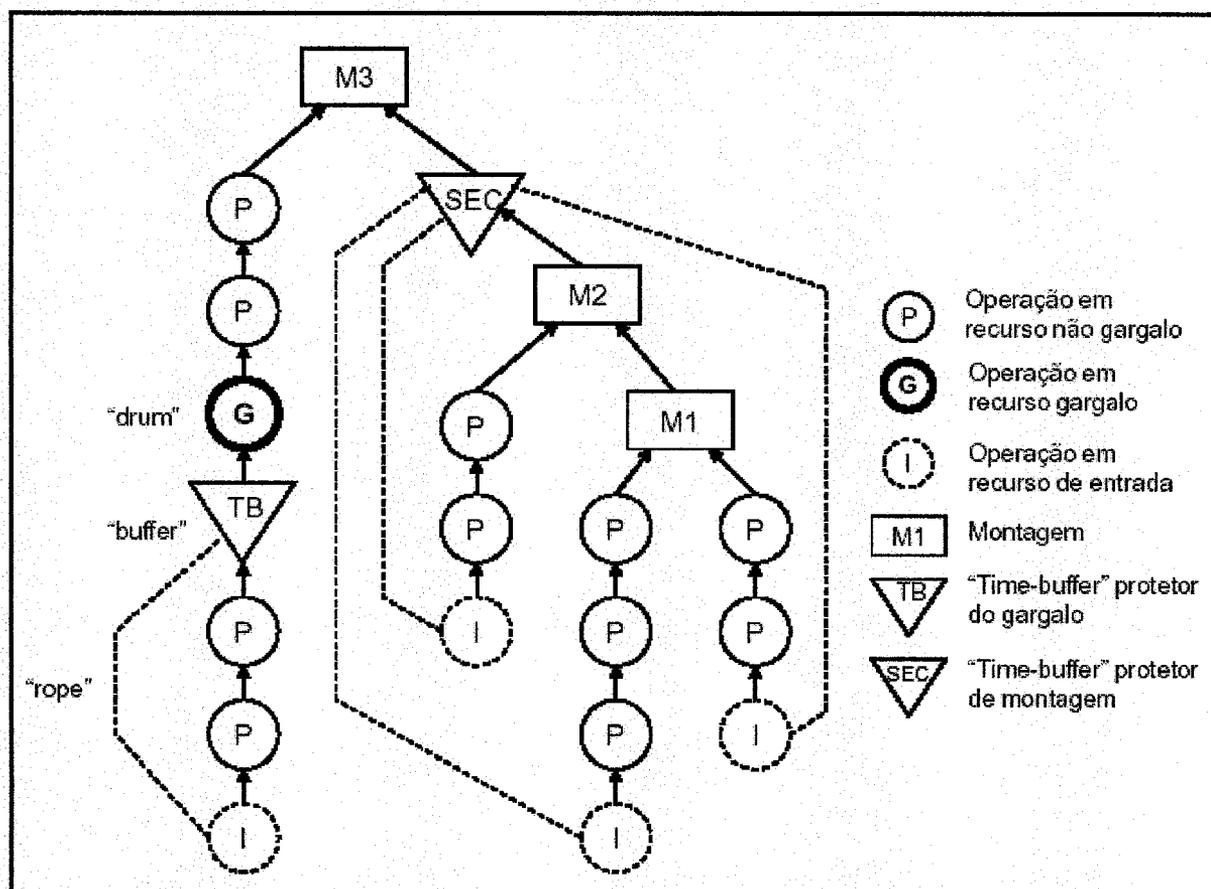
São cinco os passos para aplicação da TOC como descreve Wanke (2009):

- **Identificar a restrição do sistema:** Numa empresa industrial, a restrição pode ser o tempo disponível ou a capacidade de uma máquina, de um departamento ou de uma estação de trabalho. Para empresas de serviços ou de alta tecnologia, a restrição pode ser o tempo disponível dos funcionários mais capacitados.
- **Calcular a rentabilidade por unidade de recurso consumida na restrição:** Este valor é obtido pela divisão da rentabilidade ou margem de contribuição unitária pelo consumo de recursos da restrição para produzir um produto. A chave para maximizar o lucro é concentrar na produção e na comercialização de produtos com a maior rentabilidade por unidade de recurso consumida na restrição.
- **Subordinar o sistema à restrição:** Os recursos e estoques devem ser gerenciados de modo a prover exatamente o necessário para atingir os objetivos definidos para a restrição. Este passo pode implicar na ociosidade de recursos que não são restrições. Normalmente o sistema é subordinado a restrição através de um método de programação e controle da produção chamado de Tambor-Pulmão-Corda (*Drum-Buffer-Rope* ou *DBR*).
- **Romper ou elevar a restrição do sistema:** Através da melhoria contínua das operações, da aquisição de capacidade ou de flutuações na demanda, por exemplo, a restrição do sistema pode ser rompida ou elevada, de modo que a esta restrição deixe de existir. Uma nova restrição física ou no física, interna ou externa, assumirá o papel da restrição anterior.
- **Identificar a nova restrição do sistema caso a restrição seja rompida:** Deve ser observado, no entanto, que a implementação da TOC pode exigir uma mudança substancial na maneira com que a empresa opera. Por exemplo, suponha que, numa empresa, produzir e comercializar o produto de menor preço unitário e maior demanda maximize o lucro (objetivo). Se a empresa remunera sua força de vendas com base em comissões como um percentual da receita, pode existir um incentivo implícito para vender os produtos mais caros. Este cenário demandaria uma nova política de remuneração da força de vendas.

### 9.1.1 Método Tambor-Pulmão-Corda (DBR)

O DBR é o método de programação e controle da produção que permite subordinar o sistema à restrição. Seu objetivo é assegurar a máxima utilização da restrição para atender à demanda. O Tambor (Drum) é a programação detalhada da restrição, com os itens a serem produzidos, suas quantidades, os horários de início e de término. A demanda é o ponto de partida para a determinação do Tambor.

Figura 15 - Terminologia Drum-Buffer-Rope



Fonte: Correa, Gianesi, Caon (2006)

Ensina-nos Wanke (2009) que os recursos que não são restrição devem seguir o ritmo da restrição. É por isto que a programação da restrição é chamada de Tambor, por "determinar o ritmo de toda a tropa". Os recursos que não são restrição devem ser gerenciados de modo a não faltarem itens na restrição, caso contrário, o

objetivo será ameaçado. Como os recursos que não são restrição possuem maior capacidade que a demanda, não é necessário programá-los. O método DBR sinaliza para a liberação dos itens necessários para a alimentação do Tambor e para que os recursos que não são restrição processem esta quantidade o mais rápido possível.

Em função das incertezas, uma proteção deve ser criada para a liberação dos itens algum tempo antes de seu processamento na restrição. Esta proteção é chamada de Pulmão (Buffer), e na TOC, o Pulmão é medido em unidades de tempo, e não quantidades de itens. A duração do Pulmão é influenciada pela velocidade dos outros recursos que não são restrições e pela variância do tempo de resposta das operações. Maior a variância, maior a duração do Pulmão. Maior a velocidade dos outros recursos, menor o Pulmão. Em linhas gerais o Pulmão é criado para proteger a programação. É uma antecipação do instante de liberação dos itens de modo a garantir o cumprimento do programa de produção.

Na TOC pode haver três tipos de pulmão:

**Pulmão da Restrição (Constraint Buffer)** - objetiva proteger o Tambor com a liberação antecipada dos itens para a restrição.

**Pulmão do Carregamento (Shipping Buffer)** - a restrição não é o único elemento com programas a serem observados. O carregamento dos produtos acabados também deve ser protegido com um pulmão, de modo a ser assegurada a confiabilidade dos prazos para os clientes.

**Pulmão da Montagem (Assembly Buffer)** - quando os itens que foram processados pela restrição devem ser montados com itens que não passaram pela restrição, é necessário criar outra proteção. Neste caso, todas as partes que passaram pela restrição devem ser utilizadas para formar o produto acabado e desta forma, nenhum item "não-restrição" deve estar faltando.

Nem todas as empresas industriais necessitam dos três tipos de pulmão. Esta decisão depende do tipo de processo e da localização da restrição. Se existe uma restrição física, associada a um recurso, haverá pelo menos 2 pulmões, o da restrição e o do carregamento. O Pulmão da Montagem será necessário se houver uma operação que conjuga itens que foram com outros que não foram processados por restrições.

Todos os itens se enquadram em duas alternativas:

- Os itens que são processados pela restrição terão em seu fluxo dois pulmões: da Restrição e do Embarque.
- Os itens que são montados com outros itens que são processados pela restrição terão em seu fluxo dois pulmões: da Montagem e do Embarque.

Tomando o Tambor como o ponto de partida e subtraindo o Pulmão da Restrição é possível determinar o instante da liberação dos itens. A Corda assegura que será liberada a quantidade exata de itens que será processada pela restrição. Em outras palavras, através da Corda é assegurado que todos os recursos operarão no mesmo ritmo que a restrição, sem elevação nos níveis de estoque em processamento.

A aplicação do método DBR para subordinação do sistema à restrição, deve observar outros passos adicionais, além dos cinco passos comentados anteriormente:

- **Representar num gráfico de Gantt o Tambor**, ou seja, a programação detalhada da restrição ao longo do tempo;
- **Decidir o tamanho adequado dos pulmões** de Restrição, de Montagem e de Carregamento para cada produto;
- **Subtrair o Pulmão da Restrição do início da operação da correspondente restrição**, representada no gráfico de Gantt, para determinar o instante de liberação dos itens de modo a apoiar o Tambor.
- **Subtrair o Pulmão da Montagem do final da operação da correspondente restrição** para determinar a liberação dos itens de modo a apoiar a montagem de itens que não foram processados pela restrição com itens que foram processados pela restrição.
- **Adicionar o Pulmão do Carregamento ao final da operação da correspondente restrição** para determinar a data de carregamento do produto, se a produção for para estoque. Se a produção for contra-pedido, o Pulmão do Carregamento deve ser subtraído da data de entrega para determinação do instante de liberação dos itens.
- **Desenvolver uma programação para a produção de itens em pontos divergentes**, ou seja, uma operação onde dois ou mais produtos podem ser fabricados a partir do mesmo item em comum com base nas programações da restrição, do carregamento e da montagem.

## 10.0 CONCLUSÃO

Escolher ou determinar qual a melhor política de gerenciamento de estoques, torna-se uma difícil tarefa de uma vez que não existe um padrão específico da demanda referente a peças de reposição ou peças sobressalentes. A simulação de diferentes políticas com base nos dados históricos de demanda mostra-se como uma ferramenta de bom potencial, na solução do problema de gestão de estoque de peças de reposição, ainda mais quando consideramos que na prática este problema tem sido analisado mais de forma intuitiva do que metodológica.

O comportamento da demanda dessas peças é bastante irregular e a simulação permite flexibilidade na construção de um modelo para análise. Como vimos, partindo da determinação dos itens que realmente são críticos, para facilitar o trabalho, podemos aplicar alguns métodos de análise como a curva ABC, a política de gestão de estoque de peças de baixo giro de Wanke, o gerenciamento de peças de reposição utilizando simulação Monte Carlo ou uma aplicação de simulação construindo um modelo computacional baseado em amostragens da realidade. De qualquer maneira, independente dos resultados que cada método fornecer, nenhum deles prescindirá de uma análise do gestor que, com base nas informações geradas por esses métodos terá que tomar uma decisão, seja de manter ou retirar o item do estoque, seja de determinar a quantidade que deve permanecer no estoque ou o momento correto de gerar o pedido e essas decisões são realmente o que levarão ao sucesso ou fracasso da gestão de estoques de peças de reposição. Não podemos esquecer ainda, que um bom gerenciamento de fornecedores e até mesmo o desenvolvimento de um novo, são fatores importantes que influenciarão nas decisões finais do gestor de estoque.

Adequar o estoque da maneira mais eficiente possível e disponibilizar ferramental para as análises que se fazem necessárias durante o dia-a-dia dos controles de estoque sem dúvida garantirá uma vantagem competitiva importante para qualquer empresa.

## 11.0 REFERÊNCIAS E SITES VISITADOS

BRAGA, A.R.. **Inteligência de Mercado Aplicada a Compras/Suprimentos**. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: [http://www.ilos.com.br/site/index.php?option=com\\_content&task=view&id=734&Itemid=74](http://www.ilos.com.br/site/index.php?option=com_content&task=view&id=734&Itemid=74)>. Acesso em: 10 maio 2009.

CORREA, Henrique L.; GIANESI, Irineu G. N. **Planejamento, Programação e Controle da Produção MRP II/ERP: Conceitos, Uso e Implantação**. São Paulo: Atlas, 2001.

COSTA, Jener de Castro; GONÇALVES, Mirian Buss; GIACOBO, Fabiano. **Gestão de estoque de materiais de baixíssimo giro considerando processos críticos para organização**. Florianópolis: 2007.

OLIVEIRA, Cleber Almeida de; Ribeiro, Joana Ramos; Silva, Amanda Cecília Simões da; Belderrain, Mischel Carmen N. **Gestão de estoques de peças de reposição de sistemas construídos com tecnologia COTS utilizando simulação**. Rio de Janeiro: nov. 2007.

GARCIA,E.S. **Gestão de estoques: otimizando a logística e a cadeia de suprimentos**. Rio de Janeiro: E-Papers Serviços Editoriais, 2006.

HEIZER, J.; RENDER, B. **Administração de Operações**. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

MARTINS, P. G.; ALT. P. R. C. **Administração de Materiais e Recursos Patrimoniais**. São Paulo: Saraiva, 2005.

NOGUEIRA, Amarildo. **Classificação ABC para melhor gestão do estoque**. São Paulo,abr. 2007. Disponível em: [www.ogerente.com.br/novo/colunas\\_ler.php?canal=11&local=41&Sub2](http://www.ogerente.com.br/novo/colunas_ler.php?canal=11&local=41&Sub2)>. Acesso em: 6 mai. 2009.

NOVAES, Antônio Galvão. **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição: estratégia, operação e avaliação**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

VIANA, João José. **Administração de materiais: um enfoque prático**. São Paulo: Atlas, 2002.

WANKE, Peter. **Gestão de estoques na cadeia de suprimento: decisões e modelos quantitativos**. São Paulo: Atlas, 2003.