



# CÁLCULO DO ESTOQUE DE SEGURANÇA

AS SUAS DIFERENTES ABORDAGENS



**Francielly Hedler Staudt**

Mestranda em Engenharia de Produção na Universidade Federal de Santa Catarina. Formada em Engenharia de Produção Elétrica pela mesma universidade e membro sênior do grupo de estudos logísticos da UFSC. Tem experiência na área de engenharia de produção, com ênfase em planejamento, projeto e controle de sistemas de produção.

[franhedler@gmail.com](mailto:franhedler@gmail.com)

Por meio das diversas opções que o consumidor possui para realizar suas compras, quem quiser sobreviver precisa ser competitivo através da satisfação dos clientes (SCHWITZKY, 2001).

Imagine uma situação utópica em que uma empresa reduziu a zero seu lead time entre a compra, a manufatura e a entrega. Em outras palavras, logo que o cliente encomendou um item – qualquer item –, o produto foi produzido e entregue imediatamente. Em tal situação, não haveria necessidade de previsão nem de estoque e, ao mesmo tempo, seria possível oferecer maior variedade ao cliente (CHRISTOPHER, 2007).

Como as empresas estão inseridas em um contexto no qual ocorrem atrasos na entrega da matéria-prima, quebra de máquinas e falta de informações sobre a demanda, dentre outras coisas, muitas considerações precisam ser feitas na prática.

A partir delas surge a necessidade de um “fôlego” para evitar perda de clientes por falta de produtos. Como todos os problemas ocorrem de forma imprevisível, os estoques se apresentam como uma ótima opção para absorver esta variabilidade e manter o nível de serviço.

Com exceção das empresas que trabalham sob pedidos (make to order), todas as outras possuem estoque de produtos acabados para absorver uma variação não prevista da demanda ou no suprimento de mercadorias. Por este motivo, a quantidade que deve ser mantida em estoque tem grande importância para a empresa manter o nível de serviço ao cliente desejado.

Os cálculos conhecidos de gestão de estoques por meio da revisão periódica ou ponto de pedido utilizam a variabilidade e média do histórico da demanda para encontrar os níveis de estoques ideais. Contudo, diversos tipos de demanda possuem tendência, variação cíclica ou sazonal. Estes fatores não conseguem ser captados pelas fórmulas usuais, o que pode gerar um “stockout” (falta de produtos) ou um excesso de estoques nos almoxarifados. No caso de excesso, o armazém pode ter problemas de espaço além de aumentar consideravelmente o valor do capital imobilizado.

Por estas questões, existem dois métodos para calcular o estoque de segurança. O mais tradicional utilizado na logística é o sistema de demanda, (DS), que calcula o estoque de segurança a partir da variabilidade da de-

Os dois principais métodos de gestão de estoques disseminados na literatura são ponto de pedido e revisão periódica. Em ambas concepções, o estoque de segurança tem o importante papel de compensar as incertezas na demanda e tempo de ressuprimento. Porém, pouco se trata dos diferentes métodos para calcular o estoque de segurança. Portanto, o trabalho apresenta duas abordagens para o seu cálculo: sistema de demanda (DS) e sistema de previsão (FS).

manda; e o sistema de previsão, (FS), que depende da variabilidade dos erros de previsão de demanda.

A previsão de demanda é um fator essencial para todas as empresas. Seu planejamento estratégico está baseado em algum modelo de previsão, que pode ser uma simples média até métodos sofisticados de pacotes computacionais. Todas as áreas da empresa são afetadas pelas previsões, direta ou indiretamente. Departamentos de produção e compras, por exemplo, precisam antever as vendas em famílias de produtos para programar a fabricação dos itens no período seguinte.

Dentro deste contexto, o trabalho apresenta os principais modelos de gestão de estoques existentes e as diferentes abordagens para o cálculo do estoque de segurança. Primeiramente, descreve-se sobre o modelo de gestão de estoque, ponto de pedido e revisão periódica. A seguir, relatam-se os dois principais métodos para o cálculo do estoque de segurança, o DS – baseado na demanda, e o FS – baseado nos erros da previsão de demanda, considerando as vantagens e desvantagens de cada um.

## Métodos de controle de estoques

### Ponto de pedido

No modelo ponto de pedido, a empresa realiza um pedido quando ainda há estoque suficiente para atender a demanda no período de ressuprimento. A quantia a ser requisitada é sempre a mesma e pode ser descrita pela fórmula do lote econômico de compra. As fórmulas 1 e 2 apresentam o ponto de pedido e a quantidade a ser obtida.

$$PP + DDLT + ES \quad (1)$$

Em que:

PP = ponto de pedido

DDLT = demanda durante o lead time

ES = estoque de segurança

$$Q = \sqrt{\frac{2AD}{iC}} \quad (2)$$

Em que:

A = custo do pedido

D = taxa de demanda

C = preço de compra unitário

i = taxa de manutenção dos estoques

A demanda durante o lead time é a multiplicação da taxa de demanda diária pelo número médio de dias do ressuprimento. Portanto, o estoque de segurança é utilizado somente em casos em que a demanda ou o tempo de ressuprimento tiveram uma variabilidade maior do que a esperada.

### Revisão periódica

O modelo de revisão periódica avalia o nível de estoque em períodos constantes de tempo. Devido a variabilidade da demanda, o tamanho dos lotes não é fixo, uma vez que em cada revisão é ressuprida a diferença entre o nível de reposição fixo (estoque máximo) e a posição de estoque efetiva. A equação 3 dimensiona o nível de reposição (NR):

$$NR = D \cdot (IR + TR) + ES \quad (3)$$

Em que:

D = taxa de demanda

TR = tempo de ressuprimento

IR = intervalo de revisão para colocação do pedido

ES = estoque de segurança

O tamanho do lote (Q) a ser pedido ao final de cada IR é a diferença entre NR e a posição de estoque (PE). Normalmente define-se a PE no instante do pedido como a soma do estoque disponível (ED) com os pedidos pendentes colocados e não recebidos (PPCNR), menos o consumo esperado no tempo de resposta ( $D \cdot TR$ ) (WANKE, 2003). As equações 4 e 5 apresentam estes conceitos:

$$PE=ED+PPCNR-D*TR \quad (4)$$

$$Q=NR-PE \quad (5)$$

Avaliando os dois métodos, observa-se que o estoque de segurança é comum aos dois modelos. Por este motivo, a próxima seção demonstrará as duas formas de calcular este parâmetro.

### Estoque de segurança

O estoque de segurança tem a função de compensar variações do tempo de atendimento (tempo de ressuprimento), as variações da demanda e os desvios da previsão em relação à demanda. Com o suprimento da demanda pelos estoques, anula-se qualquer problema que surgir durante o tempo de ressuprimento que poderia comprometer algum prazo de entrega aos clientes.

Os dois métodos mais utilizados para calcular o estoque de segurança são baseados no sistema de demanda (sigla DS – também denominado reativo) e no sistema de previsão (sigla FS – também denominado ativo). O método reativo quantifica o estoque de segurança a partir da variabilidade da demanda, já o método ativo, pela variabilidade dos erros de previsão de demanda.

#### Sistema de Demanda – DS

No modelo DS a previsão implícita para cada período é a demanda média. Como resultado, o desvio-padrão da demanda equivale ao desvio-padrão da “previsão” de erros. O FS é mais complexo e caro de implementar que o DS, mas potencialmente mais eficiente, pois requer a estimação do erro de previsão, o que é obtido usando aproximações baseadas, por exemplo, na teoria de regressão ou análise de séries temporais, para prever a demanda para cada período futuro (FIGUEIREDO; NETTO, 2001).

Para a formulação do método DS, será considerado o caso onde ocorre variabilidade da demanda e do tempo de ressuprimento simultaneamente. Wanke (2003) apresenta duas fórmulas para o cálculo do estoque de segurança. A primeira delas (equação 6) é mais conservadora, o que resulta em maior estoque de segurança. Este resultado avalia a demanda e o tempo de resposta como duas variáveis independentes. A segunda equação, equação 7, entretanto, considera que podem existir compensações na variabilidade da demanda diária durante o tempo de resposta, implicando em um desvio-

-padrão da demanda no tempo de resposta menor. A demonstração desta formulação pode ser encontrada em Wanke (2003), conforme indicado na bibliografia.

$$ES= Z_{\alpha} \sqrt{\mu_{TR} * \sigma_D^2 + \mu_D^2 * \sigma_{TR}^2} \quad (6)$$

$$ES= Z_{\alpha} \sqrt{(\mu_{TR} * \sigma_D)^2 + (\mu_D * \sigma_{TR})^2 + \sigma_D^2 * \sigma_{TR}^2} \quad (7)$$

Em que:

$Z_{\alpha}$  – nível de atendimento

$\mu_{TR}$  – tempo médio de ressuprimento

$\mu_D$  – demanda média

$\sigma_D$  – desvio-padrão da demanda

$\sigma_{TR}$  – desvio-padrão do tempo de ressuprimento

O nível de serviço  $Z_{\alpha}$  a ser praticado por uma empresa é uma decisão que envolve custos de capital imobilizado. Figueiredo e Netto (2001) relatam que a grande vantagem de expressar o

nível de serviço desta forma ocorre devido às tabelas já existentes da probabilidade de faltar estoque medido em números de desvios padrão em relação à média da amostra de dados. Os autores comentam ainda que a tabela foi originalmente desenvolvida por Brown (1967) e os valores nela contidos foram obtidos a partir da premissa de que a demanda e os erros de sua previsão apresentam uma distribuição normal. Embora tal premissa pareça atender à maioria dos casos práticos, é ressalvado que, quando tal não ocorrer, os valores tabelados poderiam ser recalculados para a distribuição acertada, sem prejuízo para a especificação funcional do cálculo do estoque de segurança, válida para qualquer distribuição da demanda e dos erros de sua estimativa.

Para que a base de dados possua características de uma distribuição normal padrão, as probabilidades acima e abaixo da média devem ser iguais, ou seja,  $\mu=0$  e  $\sigma=1$ . Porém, na maioria das situações, a média é diferente de zero, o que desloca a curva de distribuição. Assim, Devore (2006) apresenta na equação 8 o cálculo de  $Z_{\alpha}$  se a demanda  $x$  tem distribuição normal com média  $\mu$  e desvio-padrão  $\sigma$ :

$$Z_{\alpha} = \frac{x - \mu}{\sigma} \quad (8)$$

#### Sistema de Previsão – FS

Conforme exposto, no modelo DS, utiliza-se o desvio

**O estoque de segurança tem a função de compensar variações do tempo de atendimento (tempo de ressuprimento), as variações da demanda e os desvios da previsão em relação à demanda.**

padrão da variação da demanda durante um período de tempo para calcular o estoque de segurança. O modelo FS, por sua vez, calcula o estoque de segurança a partir das diferenças entre previsão e demanda.

Contudo, todas as previsões estão propensas a erro; quanto mais distante do horizonte de previsão, maior será o erro, sendo que ele aumenta mais do que proporcionalmente (CHRISTOPHER, 2007).

Entretanto, Junior (2007) destaca que a previsão de demanda é um dos principais fatores que contribui para a eficiência na cadeia produtiva das empresas. Ela é fundamental para o planejamento da demanda e, por extensão, para o início do processo de suprimento. Neste sentido, quanto maior a acuracidade da previsão de demanda menor serão os impactos no nível de atendimento e custos da cadeia de suprimentos. O não-atendimento destas condições aumenta os custos do produto e afeta a lucratividade do negócio.

Como consequência natural de considerar demandas com tendências, sazonalidades e saltos, e a filosofia JIT,

surgiram decisões de compra baseadas diretamente em previsões, nas quais se compra o estritamente necessário para atender as necessidades (SANTORO; FREIRE, 2008).

Portanto, para a avaliação das demandas com suas respectivas características, faz-se necessária a utilização do método ativo. Para sua implantação, necessita-se de um histórico da demanda do produto que pode variar de acordo com o método de previsão a ser aplicado. A partir do histórico, aplicam-se os métodos de previsão de demanda. Posteriormente, avalia-se o desempenho de cada modelo pela mensuração dos erros conforme a equação 9.

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_m)^2}{n-1}} \quad (9)$$

Em que:

$x_i$  – valor de determinada diferença entre previsão de demanda e demanda

$x_m$  – média das diferenças entre previsão de demanda e demanda

$n$  – número de períodos analisados

**Todas as previsões estão propensas a erro; quanto mais distante do horizonte de previsão, maior será o erro.**

Posteriormente, os parâmetros ponto de pedido, lote de compra e nível de reposição podem ser calculados conforme exposto na seção 2. O estoque de segurança para o sistema ponto de pedido é apresentado pela equação 10 e para o sistema de revisão periódica pela equação 11:

$$ES = Z_{\alpha} * \sigma_D * \sqrt{TR} \quad (10)$$

$$ES = Z_{\alpha} * \sigma_D * \sqrt{IR + TR} \quad (11)$$

O valor do desvio-padrão da demanda provém da equação 9, e o intervalo entre revisões (IR) e o tempo de ressurgimento (TR) são conhecidos. O cálculo de Z é realizado através da equação 8.

Schwitzky (2001) avalia que quando a produção é realizada em função de previsões de demanda, recomenda-se calcular o desvio-padrão das diferenças entre previsão e demanda para o dimensionamento do estoque de segurança. Isto se justifica em duas situações:

- Quando a variação da demanda é pequena e os erros de previsão são grandes – o estoque de segurança dimensionado pelo desvio-padrão da variação da demanda (método reativo) não consegue garantir um nível de atendimento escolhido.
- Quando a variação da demanda é grande e os erros de previsão são pequenos – o estoque de segurança dimensionado pelo desvio-padrão da variação da demanda resulta num estoque de segurança muito além do necessário para garantir um nível de atendimento previamente escolhido.

Depois de obter a acuracidade de cada método de previsão através da equação 9, pode-se realizar um comparativo da acuracidade de previsão de demanda versus nível de estoque de produtos acabados para concluir o melhor método de gestão a adotar.

Figueiredo e Netto (2001) descrevem os resultados dos estudos de Zin & Marmorstein (1990) em que simulações indicaram que o método de previsão (FS), embora menos utilizado na literatura da área de logística, resulta em aproximadamente 15% menos estoque de segurança para assegurar o mesmo nível de serviço ao cliente que o modelo de demanda (DS).

Santoro e Freire (2008) compararam o desempenho dos métodos de estoque ativo e reativo. Os modelos ativos utilizam previsão de demanda para tomada de decisões, e os reativos não utilizam. A proposta do trabalho foi verificar se o desempenho dos modelos ativos supera os reativos mesmo com baixa previsibilidade de demanda. Realizaram-se simulações com diversos padrões de demanda: constante, com tendência, com sazonalidade, com tendência e sazonalidade. Dentre as conclu-

sões dos autores, destaca-se que o modelo ativo só não superou os reativos na demanda constante. Portanto, a possibilidade de prever, mesmo que com desvios, gera uma vantagem competitiva dificilmente superada pelos modelos reativos.

## Considerações finais

O estoque tornou-se um mal necessário nas empresas. Isto porque através dele consegue-se absorver variações na demanda e no suprimento de mercadorias garantindo o nível de serviço desejado ao cliente. Em contrapartida, um nível de estoques mal dimensionado acarreta prejuízos para a empresa visto que estoques constituem capital imobilizado.

Por este motivo, torna-se imprescindível quantificar adequadamente os estoques da companhia. O artigo demonstrou os métodos de gestão de estoques mais difundidos no meio logístico. Inserido nestes modelos, o estoque de segurança tem a função específica de absorver variações não previstas na demanda e no tempo de ressurgimento.

Os dois principais métodos de mensuração do estoque de segurança foram descritos. O primeiro, (DS), o mais utilizado, calcula o desvio-padrão da demanda considerando que a previsão de demanda futura é a média do histórico. O segundo modelo, (FS), avalia o histórico de demanda com métodos de previsão mais apurados como séries temporais ou regressão linear. A partir dos erros de previsão, o estoque de segurança é calculado. Diversos autores avaliaram as duas metodologias concluindo que o modelo de previsão de demanda oferece o mesmo nível de serviço com menores quantidades de estoque de segurança.

## Referências

- CHRISTOPHER, M. *Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: criando redes que agregam valor*. 2. ed. São Paulo: Thomson Learning, 2007.
- DEVORÉ, J. L. *Probabilidade e estatística: para engenharia e ciências*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.
- FIGUEIREDO, E. D.; NETTO, M. A. C. *Modelo de centralização de estoques para a logística de suprimento da exploração e produção da Petrobras*. *Pesquisa Operacional*, v. 21, n.2, p. 137-158, julho a dezembro de 2001.
- JUNIOR, A. M. *Análise de métodos de previsão de demanda baseados em séries temporais em uma empresa do setor de perfumes e cosméticos*. 2007. *Dissertação (mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Programa de pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, PUC, Curitiba*.
- SANTORO, M. C.; FREIRE, G. *Análise comparativa entre modelos de estoque*. *Produção*, v. 18, n.1, p.089-098, janeiro a abril de 2008.
- SCHWITZKY, M. *Acuracidade dos métodos de previsão e a sua relação com o dimensionamento dos estoques de produtos acabados*. 2001. *Dissertação (mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de pós-graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis*.
- WANKE, P. *Gestão de estoques na cadeia de suprimento: decisões e modelos quantitativos*. São Paulo: Atlas, 2003.

✱