

GESTÃO DE ESTOQUES

Prof. Hugo Yoshizaki

HTYY

Funções do Estoque:

- ☞ **Garantir produção econômica**
- ☞ **Melhorar nível de serviço**
- ☞ **Permitir ganhos de escala em compras/transporte**
- ☞ **Proteger contra sazonalidades**
- ☞ **Proteger contra inconstância na demanda ou no tempo de entrega**
- ☞ **Proteger contra contingências**
- ☞ **Atuar como segurança contra elevações de preço**

HTYY

Fatores fundamentais:

- **CUSTOS**
 - REQUISIÇÃO OU COMPRA
 - MANUTENÇÃO OU ARMAZENAGEM
 - FALTA
- **PADRÃO DE NECESSIDADE DE PRODUTO**
- **TEMPO DE RESSUPRIMENTO OU CARÊNCIA**
 - LEAD-TIME OU TEMPO MORTO
- **NÍVEL DE SERVIÇO**

(Ballou, 1985)

HTYY

A - CUSTOS:

- 1 - CUSTOS DE REQUISIÇÃO OU COMPRA**
 - EMISSÃO DO PEDIDO (TAMANHO DO PEDIDO)
 - PROCESSAMENTO INTERNO (CONTABILIDADE ETC)
 - TRANSMISSÃO DO PEDIDO AO FORNECEDOR
 - MANUSEIO NO RECEBIMENTO
 - RECEPÇÃO DO MATERIAL
 - INSPEÇÃO DE QUALIDADE
 - TRANSPORTE DO MATERIAL

HTYY

2. CUSTOS DE MANUTENÇÃO DO ESTOQUE

- ESPAÇOS DE ARMAZENAGEM FÍSICA
- CAPITAL (CUSTOS DE OPORTUNIDADE)
- SERVIÇOS (TAXAS, SEGUROS)
- RISCOS (DETERIORAÇÃO, EVASÃO, DANO, OBSOLÉSCENCIA)

ASSOCIADO AO ESTOQUE MÉDIO.

3. CUSTOS DE FALTAS

- VENDAS PERDIDAS
- RE-EMISSÃO DE PEDIDO
- PARADA DE OPERAÇÃO/PRODUÇÃO

HTYY

B - PADRÕES DE DEMANDA

1. PARTE PREVISÍVEL

- REGULARIDADE (MÉDIA CONSTANTE)
- TENDÊNCIA
- SAZONALIDADE

2. PARTE ALEATÓRIA

- VARIAÇÃO IRREGULAR

Uso de técnicas de previsão (as mesmas!)

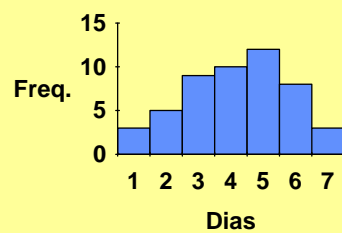
- MÉTODOS GRÁFICOS E HEURÍSTICOS
- MÉTODOS HISTÓRICOS (séries temporais, Box-Jenkins, regressão, redes neurais)
- MÉTODOS DE CAUSA-EFEITO (regressão, redes neurais)

HTYY

C - TEMPO DE RESSUPRIMENTO (LEAD-TIME)

- HISTOGRAMA (DISTRIBUIÇÃO)

- VALOR MÉDIO
- VARIABILIDADE (DESVIO PADRÃO)
- CAPABILIDADE

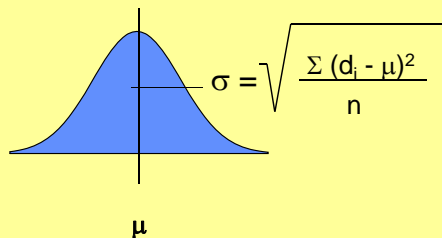


50 entregas
média= 4,2 dias
desvio= 1,6 dias

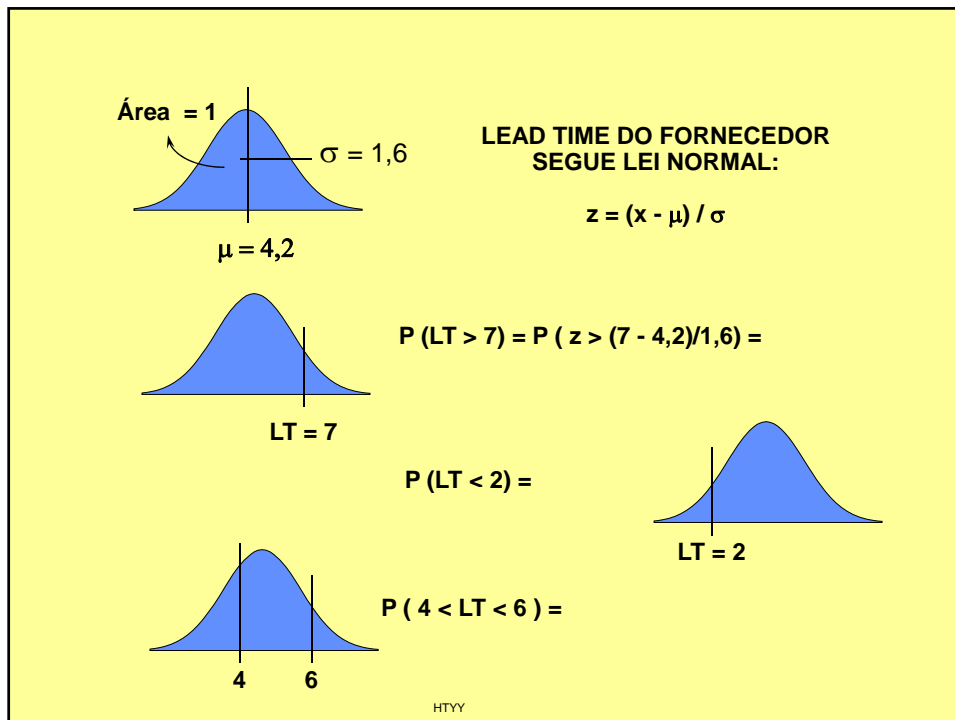
HTYY

Lembrando:distribuição normal

- Lei dos grandes números
- $P(a < x < b) =$ área sob a curva entre a e b



HTYY



D - NÍVEL DE SERVIÇO

- Para um único item i
 - α_i = probabilidade de falta de estoque
 - $NS_i = 1 - \alpha_i$ = disponibilidade do item
- Para diversos itens: “fill rate” do pedido
 - quando clientes costumam pedir mais de um item por pedido
 - taxa de preenchimento ponderada

HTYY

Estoque de Segurança

Exemplo:
venda
semanal de
batata
inglesa (cx).

semana	consumo (cx)
1	28
2	29
3	31
4	27
5	34
6	30
7	28
8	25
9	28
10	30
Total	290
Média semanal	29
Valor acima da média	5
Desvio-padrão	2,32

HTYY

Cálculo do ES

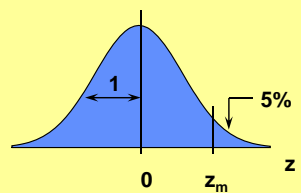
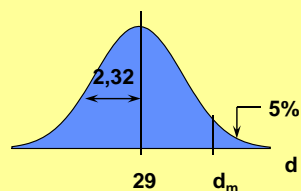
b) Usando distribuição normal

NS = 95%

$\alpha = 5\%$.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (d_i - 29)^2}{n}} = 2,32$$

$d_i =$ consumo i
 $n = 10$ valores d_i



HTYY

Cálculo do ES

- b) Usando distribuição normal (cont.):

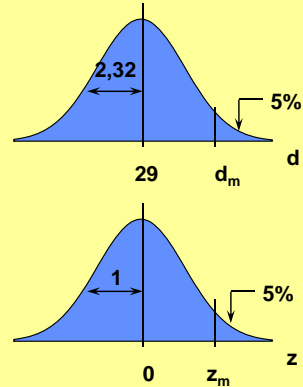
$$z = \frac{d - 29}{\sigma}$$

$$z_m = z_{5\%} = 1,645 \text{ (tabela)}$$

$$ES = z_m \cdot s = 1,645 \cdot 2,32 = 3,82 \sim 4 \text{ cx}$$

$$d_{\max, 5\%} = 29 + 4 = 33 \text{ cx}$$

$$ES = 4 \text{ cx}$$



HTYY

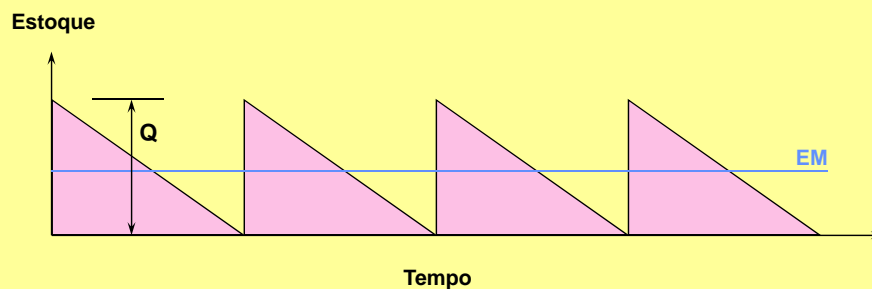
Modelos de gestão de estoques

- Demanda independente
 - necessidade gerada pelo usuário final
 - natureza aleatória
 - modelos clássicos
- Demanda dependente
 - ou cálculo de necessidades (MRP)
 - necessidades encadeadas
 - conhecida necessidade final, as derivadas são determinísticas

HTYY

Modelos básicos de demanda independente

- Pedido único
- Pedidos repetidos: modelos de lote econômico e ponto de reposição



Pedido único

- Quando é venda única (Ovos de Páscoa, maionese, etc): problema do jornaleiro
- Usar balanceamento entre lucro unitário e perda unitária
- $F(n)$ = probabilidade de vender pelo menos n unidades do produto

$$F(n) \cdot \text{Perda} = (1 - F(n)) \cdot \text{Lucro}$$

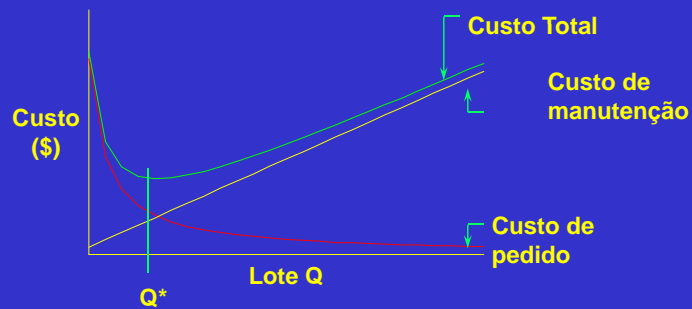
$$F(n) = \text{Lucro} / (\text{Lucro} + \text{Perda})$$

$$Q^* = \mu + Z(P(n)) \cdot \sigma$$



HTYY

Pedidos repetidos: lote econômico e ponto de reposição



Lote econômico de compra = Q^*

HTYY

Lote econômico Q^*

- Mínimo custo total de estoque

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot CP \cdot D}{CM \cdot PU}}$$

CP = custo por pedido

D = consumo por período

PU = custo unitário do item

CM = custo de manutenção por período (% de PU)

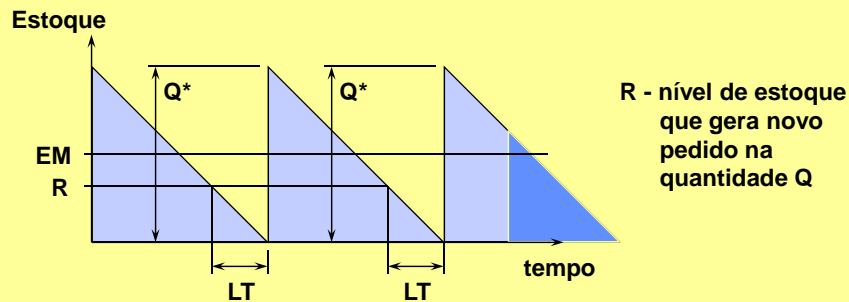
HTYY

Ponto de reposição: lead time > 0

- $R = d \cdot LT$

d = taxa de consumo, na unidade de tempo adequada

LT = lead time, na mesma unidade de tempo acima



HTYY

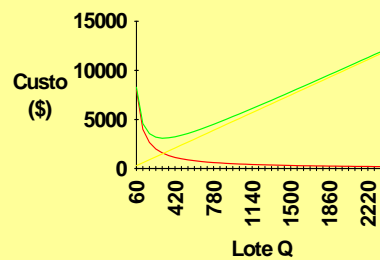
Exemplo: lote econômico

Demanda anual: 2.400 un.
 Ano operacional: 240 dias
 Preço unitário: \$ 50/un.
 Custo de manutenção: 20% a.a.
 Custo de um pedido: \$ 200/pedido
 LT = 1,5 semanas

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \times 200 \times 2400}{0,20 \times 50}} =$$

$$= \sqrt{96000} = 310 \text{ un.}$$

$$Q^* = 300 \text{ un. (arredondado)}$$



$$EM = 0,5 Q^* = 150 \text{ un.}$$

$$d = 2400/52 = 46,16 \text{ un./sem}$$

$$R = 46,16 \times 1,5 = 70 \text{ un.}$$

HTYY

Modelos de demanda independente

- **Demanda e/ou lead time aleatórios**
- **Englobam estoque de segurança: consideram a possibilidade de faltas explicitamente**
- **Dois tipos:**
 - **PONTO DE REPOSIÇÃO (SISTEMAS Q)**
 - **REVISÃO PERIÓDICA (SISTEMAS P)**
- **Adaptações e aperfeiçoamentos dos mesmos estão no núcleo de sistemas VMI/CRP**

HTYY

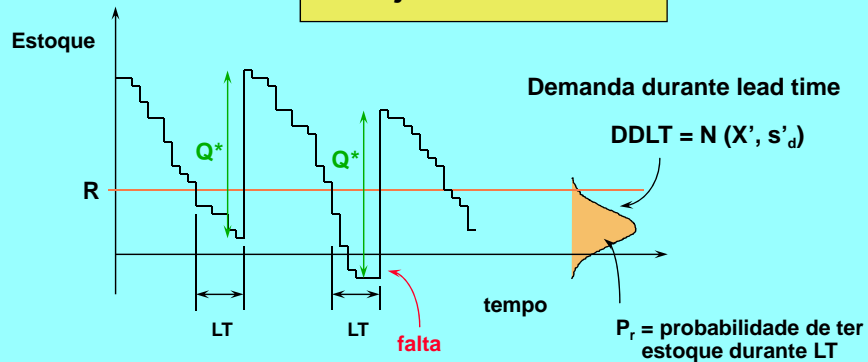
SISTEMA Q COM DEMANDA INCERTA

- **Assume demanda perpétua**
- **Pedido disparado quando nível efetivo de estoque chega no ponto R**
- **Nível efetivo de estoque = quantidade disponível mais pedidos em carteira (em trânsito) menos outros compromissos**
- **Risco (incerteza) apenas com respeito à demanda durante o lead time**

HTYY

Sistema Q com demanda incerta

Ajustar R e/ou Q^*



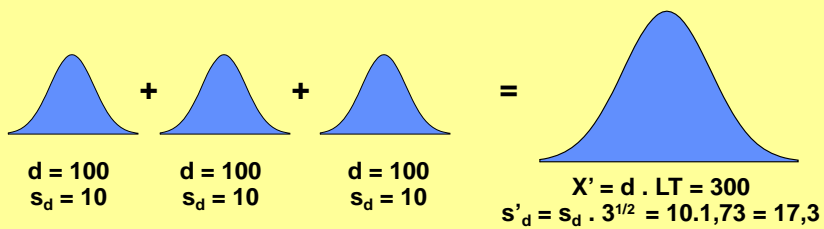
HTYY

- Se DDLT desconhecida, estimar de forma conveniente:

$$DDLT = N(X', s'_d)$$

$$LT = 3 \text{ semanas}$$

$$d = N(100, 10), \text{ semanal}$$



HTYY

Sistema Q com demanda incerta

- Fazer:

Q^* = valor tradicional (Harris)

$$R = d.LT + z \cdot s'_d$$

onde z é o valor da Normal para P_r (Tab. A)

- Se $R > Q^*$, não esquecer que deve-se usar nível efetivo de estoque.

HTYY

Estoque Médio e Custo Total Final

EM = Estoque Regular + Estoque da Segurança

$$EM = \frac{1}{2} Q + z \cdot s'_d$$

Custo Total = CT = $C_p + C_{er} + C_{es} + C_f$

$$CT = \frac{D}{Q} CP + CM.PU \frac{1}{2} Q + CM PU z s'_d + \frac{D}{Q} CF s'_d E(z)$$

CF = custo unitário de falta
 $E(z)$ = integral de perda normal unitária (Tab.2)

HTYY

Nível de serviço

**NS = 1 - (Número Esperado de Faltas)/Demanda Total
= Função da Probabilidade de Faltas**

$$NS = 1 - \frac{(D/Q) s'_d E(z)}{D} = 1 - \frac{s'_d E(z)}{Q}$$

HTYY

- **Se custo de falta é conhecido, pode-se tentar balancear NS e faltas, como no problema do jornaleiro, usando um processo iterativo:**

1. Calcular Q pela fórmula básica de Harris
2. Calcular a probabilidade de ter estoque por:
 $P_r = 1 - (Q \cdot CM \cdot PU) / (D \cdot CF)$
Achar s'_d e o valor de z equivalente a P_r (tab. A).
Achar $E(z)$ a partir da tabela B.
3. Encontrar Q revisado por:

$$Q = \sqrt{2 D [CP + CF \cdot s'_d \cdot E(z)] / CM \cdot PU}$$

4. Repetir passos 2 e 3 até P_r e Q convergirem
5. Calcular R e outras estatísticas

HTYY

Sistema Q com demanda e lead time incertos

- Calcular desvio combinado por:

$$s'_d = \sqrt{LT \cdot s_d^2 + d^2 s_{LT}^2}$$

onde s_{LT} é o desvio padrão do lead time, assume independência entre LT e demanda

- O estoque de segurança pode aumentar muito

- Fazer levantamento da distribuição conjunta
- Ou usar maior LT com $s_{LT} = 0$, e $s'_d = s_d \sqrt{LT}$

HTYY

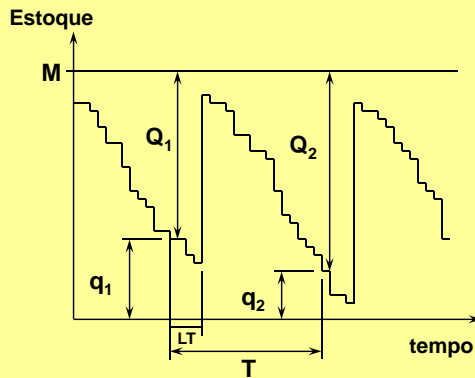
Modelo de duas gavetas

Caso particular do sistema de ponto de pedido:

- Lote de material é separado em duas partes: assim que a primeira é consumida, é feita a encomenda do novo lote, sendo a segunda parte consumida até a chegada do novo lote
- Muito usada em itens de manutenção e no kanban/JIT

HTYY

SISTEMA P (REVISÃO PERIÓDICA) COM DEMANDA INCERTA



O estoque é verificado em intervalos de tempo fixos (T), quando são feitos pedidos com tamanhos de lote definidos pela diferença entre um estoque máximo (M) e o nível de estoque (q_i) no instante da verificação.

Permite agrupar itens na mesma data e período de reposição, de forma a permitir melhores condições de compra e de transporte.

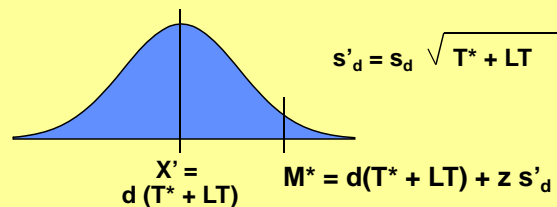
☞ Achar T^* e M^*

HTYY

Sistema P

- Sistema funciona com a definição de T^* e M^* :

1. Iniciar calculando Q^* pela fórmula de Harris
2. $T^* = Q^*/D$ ou um valor arbitrário (de conveniência)
3. Encontrar distribuição da demanda no período mais o lead time [$DD(T^* + LT)$]:



4. Estoque médio fica $EM = (dT^*/2) + z s'_d$

HTYY

Sistema P com pedidos casados

- Achar o valor de T comum e M* individuais

$$T^* = 2 \sqrt{(CP' + \sum_i CP_i) / (CM \sum_i PU_i D_i)}$$

onde CP' é o custo comum de pedido e o nível de estoque do item i:

$$M_i^* = d_i (T^* + LT) + z_i (s'_d)_i$$

e o custo total fica:

$$CT = \frac{CP' + \sum_i CP_i}{T} + \frac{T \cdot CM \sum_i PU_i D_i}{2} + CM \sum_i PU_i z_i (s'_d)_i + (1/T) \sum_i CF_i z_i (s'_d)_i E(z_i)$$

HTYY

Centralizar ES: demandas independentes

–Consumo semanal de biscoitos (milhares de unidades)

Semana	Demanda combinada	Demanda por local		
		A	B	C
1	18	9	0	9
2	22	6	3	13
3	24	7	5	12
4	20	8	4	8
5	17	2	4	11
6	29	10	5	14
7	21	7	6	8
8	26	7	7	12
9	18	5	6	7
10	24	9	5	10
11	23	8	4	11
12	23	12	2	9
TOTAL	265	90	51	124
Média				
Valor acima	22,1	7,5	4,3	10,3
	6,9	4,5	2,7	3,7

Lei da raiz quadrada

HTYY

Centralizar ES: correlação positiva

–Consumo semanal de biscoitos (milhares de unidades)

Semana	Demanda combinada	Demanda por local		
		A	B	C
1	21	7	5	9
2	24	7	4	13
3	21	5	4	12
4	22	9	5	8
5	25	8	6	11
6	33	12	7	14
7	23	9	6	8
8	23	6	5	12
9	18	7	4	7
10	20	8	2	10
11	13	2	0	11
12	22	10	3	9
TOTAL	265	90	51	124
Média				
Valor acima	22,1	7,5	4,3	10,3
	10,9	4,5	2,7	3,7

HTYY

Centralizar ES: correlação negativa

–Consumo semanal de biscoitos (milhares de unidades)

Semana	Demanda combinada	Demanda por local		
		A	B	C
1	28	12	7	9
2	28	9	6	13
3	23	6	5	12
4	19	7	4	8
5	21	8	2	11
6	16	2	0	14
7	21	10	3	8
8	24	7	5	12
9	18	7	4	7
10	19	5	4	10
11	25	9	5	11
12	23	8	6	9
TOTAL	265	90	51	124
Média				
Valor acima	22,1	7,5	4,3	10,3
	5,9	4,5	2,7	3,7

HTYY