



## OBJETIVOS

- Apresentar os conceitos básicos de planejamento e controle da produção, envolvendo os sistemas de controle de estoque e custos de fabricação.

## Sumário

INTRODUÇÃO .....	3
Funções dos Sistemas de Produção.....	4
Planejamento e Controle de Produção.....	5
Estratégia de Produção .....	7
Plano de Produção.....	7
Análise da Capacidade de Produção.....	8
Técnica de Previsão .....	9
Planejamento-Mestre da Produção .....	11
O Tempo no PMP .....	14
Análise da Capacidade de Produção.....	17
Programação da Produção .....	18
Administração dos Estoque .....	18
Classificação ABC .....	19
Tamanho do Lote de Reposição .....	21
Lote Econômico Básico.....	23
Lote Econômico com Entrega Parcelada .....	25
Lote Econômico com Descontos .....	26
Algumas Considerações sobre o LE .....	28



## Eixo Tecnológico

# Produção Industrial

	2
Modelos de Controle de Estoques .....	29
Controle por Ponto de Pedido .....	29
Controle por Revisões Periódicas.....	30
Controle pelo MRP .....	31
Estoques de Segurança .....	36
REFERÊNCIAS .....	39



## INTRODUÇÃO

As empresas de bens ou serviços que não adaptarem seus sistemas produtivos para a melhora contínua da produtividade, não terão espaço no processo de globalização. A velha estratégia da produção em massa, derivada da noção de economia de escala, não é mais válida.

Hoje as empresas devem possuir um sistema flexível de produção, com rapidez no projeto e implantação de novos produtos, com baixos *leadtimes* e estoques no atendimento das necessidades dos clientes. A forma como planeja-se, programa-se e controla-se estes sistemas produtivos tem função primordial neste contexto.

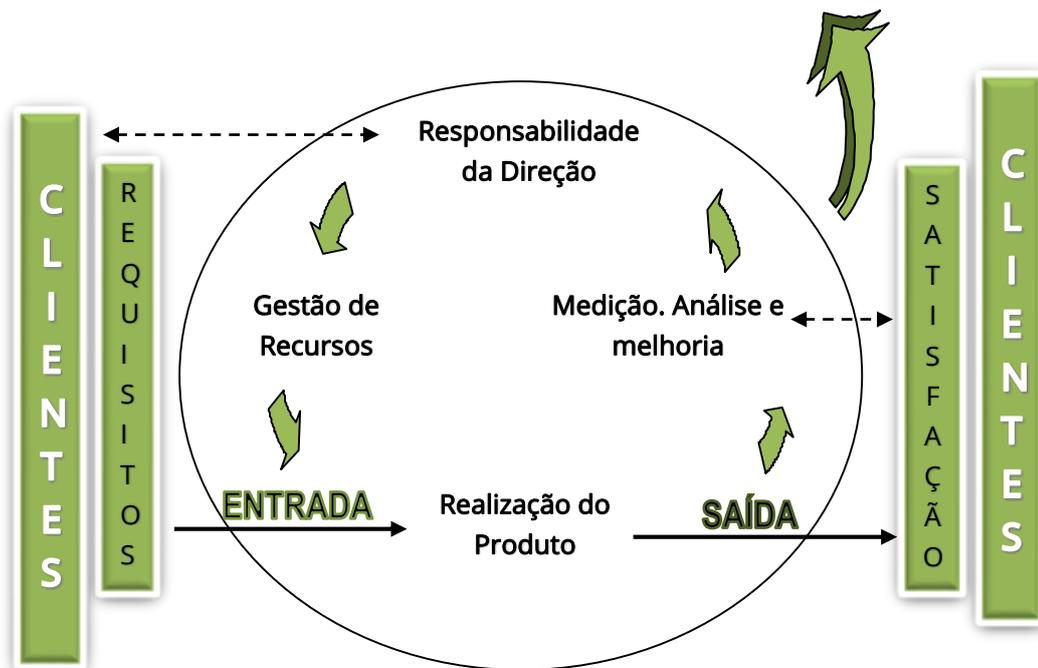
A conceituação de sistemas produtivos abrange tanto a produção de bens como a de serviços. A eficiência de qualquer sistema produtivo depende da forma como os problemas são resolvidos, ou seja, do planejamento, programação e controle do sistema.

O objetivo do planejamento e controle é garantir que a produção ocorra eficazmente e produza produtos e serviços como deve. Isto requer que os recursos produtivos estejam disponíveis, na quantidade adequada, no momento adequado e no nível de qualidade adequado. Uma forma de caracterizar todas as decisões de planejamento e controle é fazer uma conciliação do potencial da operação de fornecer produtos e serviços com a demanda de seus consumidores. Embora sejam teoricamente separáveis, o planejamento e controle, são usualmente tratados juntos. Planejamento é o ato de estabelecer as expectativas de o que deveria acontecer e Controle é o processo de lidar com mudanças quando elas ocorrem.



## MODELO DE PROCESSO:

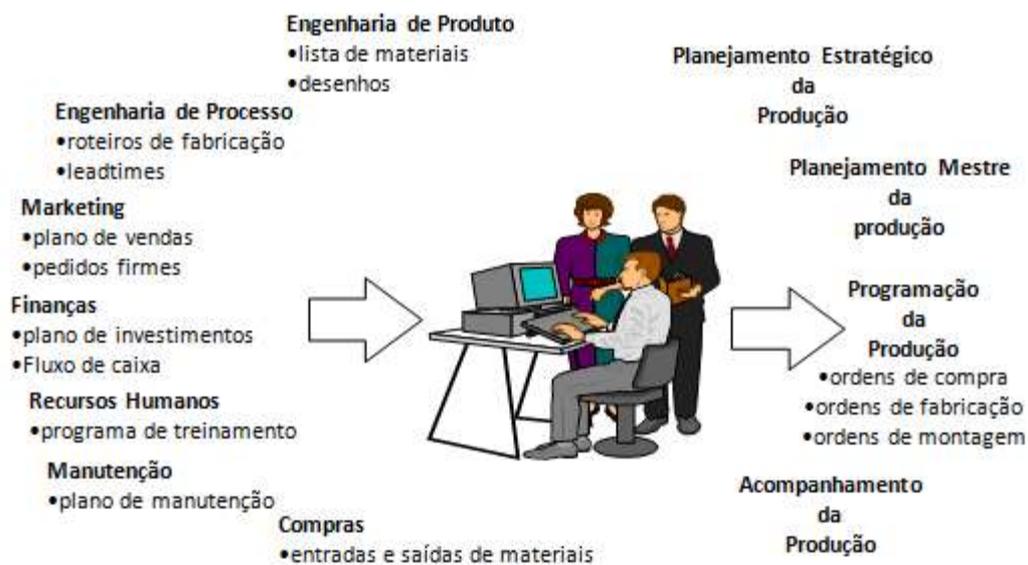
Sistema de Gestão da Qualidade  
Melhoria Contínua



Funções dos Sistemas de Produção



## Planejamento e Controle da Produção



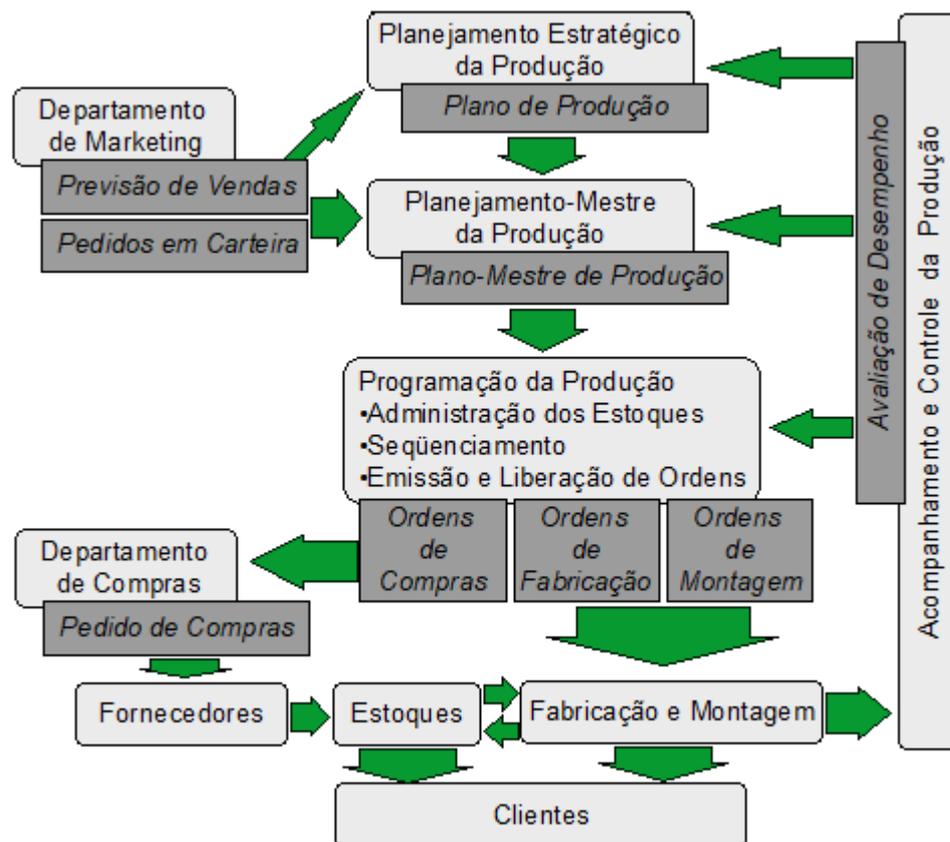
Fonte: Slack (1999).

Acompanhamento da Produção: Através da coleta e análise dos dados, busca garantir que o programa de produção emitido seja executado a contento.



Quanto mais rápido os problemas forem identificados, mais efetivas serão as medidas corretivas visando o cumprimento do programa de produção.

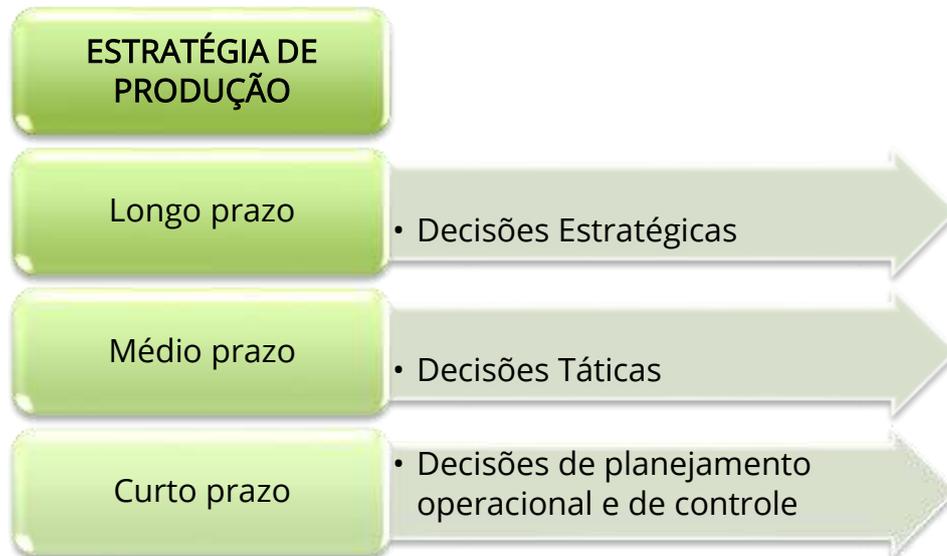
Os sistemas puxados de produção, baseados na filosofia Just-in-Time, simplificam em muito a necessidade de acompanhamento da produção pelo PCP, visto que os mesmos são autorreguláveis e projetados para apontar de forma imediata quaisquer problemas que ocorram.



Fonte: Slack (1999).



## Estratégia de Produção



Fonte: Slack (1999).

## Plano de Produção

Os passos básicos para gerar um plano de produção são os seguintes:

1. Agrupar os produtos em famílias afins;
2. Estabelecer o horizonte e os períodos de tempo a serem incluídos no plano;
3. Determinar a previsão da demanda destas famílias para os períodos, no horizonte de planejamento;
4. Determinar a capacidade de produção pretendida por período, para cada alternativa disponível (turno normal, turno extra, sub-contratações, etc.);
5. Definir as políticas de produção e estoques que balizarão o plano (por exemplo: manter um estoque de segurança de 10% da demanda, não atrasar entregas, ou buscar estabilidade para a mão-de-obra para pelo menos 6 meses, etc.);



6. Determinar os custos de cada alternativa de produção disponível;
7. Desenvolver planos de produção alternativos e calcular os custos decorrentes;
8. Analisar as restrições de capacidade produtiva;
9. Eleger o plano mais viável estrategicamente.

## Exemplo de Aplicação de um Plano de Produção

Ex.: Plano de produção de item sem estoque mínimo

- ✓ Item: tampa de marcador para quadro branco
- ✓ Lote mínimo (1 unidade)
- ✓ Lead time (3 dias)
- ✓ Estoque segurança: 0

Períodos	-	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
Demanda		100			230	400		380	600	1710
Recebimentos programados			100							100
Estoque	380	280	380	380	150	0	0	0	0	380
Recebimentos planejados						250		380	600	1230
Liberação de OP / OC			250		380	600				1230

Fonte: Tubino (2007).

## Análise da Capacidade de Produção

Um bom planejamento estratégico da produção deve se preocupar em balancear os recursos produtivos de forma a atender a demanda com uma carga adequada para os recursos da empresa.



Se os recursos disponíveis e previstos não forem suficientes, mais recursos deverão ser planejados, ou o plano reduzido.

Se os recursos forem excessivos e gerarem ociosidade, a demanda planejada no plano poderá ser aumentada, ou os recursos excessivos poderão ser dispensados e transformados em capital.

Uma rotina que pode ser seguida para a análise da capacidade de produção é apresentada a seguir:

1. Identificar os grupos de recursos a serem incluídos na análise;
2. Obter o padrão de consumo (horas/unidade) de cada família incluída no plano para cada grupo de recursos;
3. Multiplicar o padrão de consumo de cada família para cada grupo de recursos pela quantidade de produção própria prevista no plano para cada família;
4. Consolidar as necessidades de capacidade para cada grupo de recursos.

### Técnicas de previsão

As técnicas de previsão podem ser subdivididas em dois grandes grupos:

As técnicas **qualitativas** privilegiam principalmente dados subjetivos, os quais são difíceis de representar numericamente. Estão baseadas na opinião e no julgamento de pessoas chaves, especialistas nos produtos ou nos mercados onde atuam estes produtos;



As técnicas **quantitativas** envolvem a análise numérica dos dados passados, isentando-se de opiniões pessoais ou palpites. Empregam-se modelos matemáticos para projetar a demanda futura. Podem ser subdivididas em dois grandes grupos: as técnicas baseadas em **séries temporais**, e as técnicas baseadas em **correlações**.

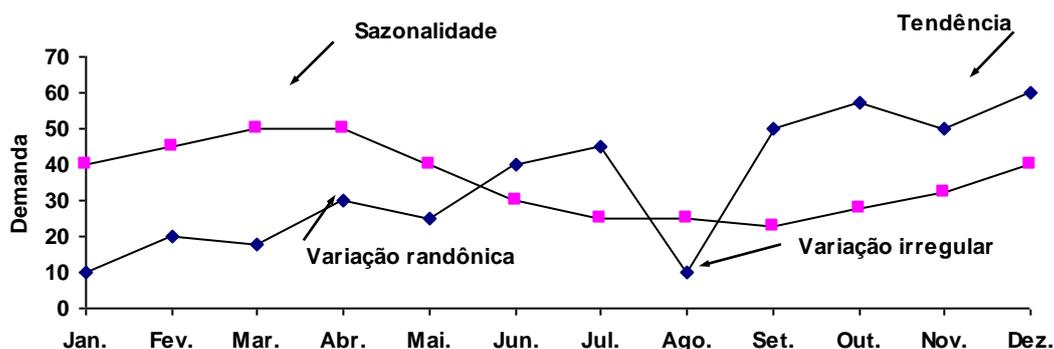
Previsões baseadas em séries temporais;

Partem do princípio de que a demanda futura será uma projeção dos seus valores passados, não sofrendo influência de outras variáveis;

É o método mais simples e usual de previsão, e quando bem elaborado oferece bons resultados;

Para se montar o modelo de previsão, é necessário plotar os dados passados e identificar os fatores que estão por trás das características da curva obtida.

Uma curva temporal de previsão pode conter tendência, sazonalidade, variações irregulares e variações randômicas (aleatória).





Fonte: Tubino (2007)

## Planejamento-Mestre da Produção

O PMP diferencia-se do plano de produção sob dois aspectos: o nível de agregação dos produtos e a unidade de tempo analisada.

Onde o plano de produção tratava de famílias de produtos, o PMP, já voltado para a operacionalização da produção, tratará de produtos individuais.

Da mesma forma, onde o plano de produção empregava meses, trimestres e anos, o PMP empregará uma unidade de planejamento mais curta, normalmente semanas, ou no máximo meses para produtos com ciclos produtivos longos.

Na elaboração do PMP estão envolvidas todas as áreas que têm um contato mais direto com a manufatura.





Fonte: Tubino (2007).

Para facilitar o tratamento das informações e, na maioria dos casos, informatizar o sistema de cálculo das operações referentes à elaboração do PMP, empregamos um arquivo com as informações detalhadas por item que será planejado. Neste arquivo, constam informações sobre a demanda prevista e real, os estoques em mãos e projetados e a necessidade prevista de produção do item.

	Julho				Agosto				
	1	2	3	4	1	2	3	4	
Demanda prevista	50	50	50	50	60	60	60	60	
Demanda confirmada	55	40	10	5	0	0	0	0	
Recebimentos Programados	100								
Estoques Projetados	5	50	100	50	100	40	80	20	60
PMP		100		100		100		100	

Fonte: Tubino (2007).

PMP com estoque mínimo de 50

	Julho				Agosto				
	1	2	3	4	1	2	3	4	
Demanda prevista	50	50	50	50	60	60	60	60	
Demanda confirmada	55	40	10	5	0	0	0	0	
Recebimentos Programados	100								
Estoques Projetados	5	50	100	50	100	140	80	120	60
PMP		100		100	100		100		

Fonte: Tubino (2007).

PMP para itens sob encomenda



	Julho				Agosto			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Demanda prevista	10	10	10	10	10	10	10	10
Demanda confirmada	9	5	3	1	0	0	0	0
Recebimentos Programados	0	0	0	0	0	0	0	0
Estoques Projetados	2	2	2	2	2	2	2	2
PMP	10	10	10	10	10	10	10	10
Disponibilidade de entrega	3	5	7	9	10	10	10	10

Fonte: Tubino (2007).

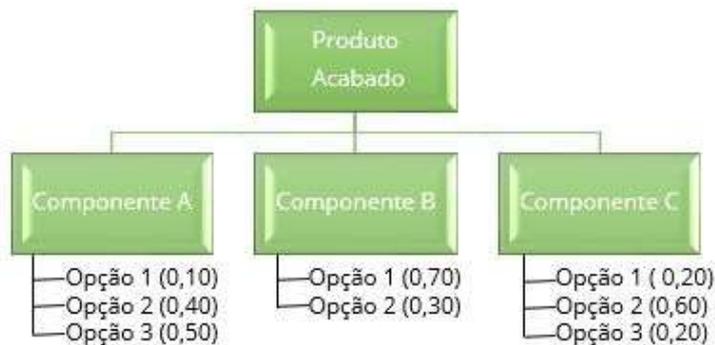
Itens que entram no PMP

Se não tivermos uma quantidade excessiva de produtos acabados que venha a inviabilizar os cálculos, incluímos todos no planejamento. Agora, se a quantidade de produtos acabados for grande, devemos controlá-los através de um programa de montagem final, e deixar para planejar via PMP os componentes do nível abaixo;

Ao invés de elaborarmos um PMP para cada produto, elaboramos para cada componente;

Exemplo: para produzir um produto acabado, necessitamos de três componentes, cada um com três, duas e três alternativas;

Tendo-se uma previsão de demanda de 500 unidades nas próximas semanas, a previsão de demanda para os componentes será?



Previsão de demanda:

#### Componente A

Opção 1 =  $500 \times 0,1 = 50$   
Opção 2 =  $500 \times 0,4 = 200$   
Opção 3 =  $500 \times 0,5 = 250$

#### Componente B

Opção 1 =  $500 \times 0,7 = 350$   
Opção 2 =  $500 \times 0,3 = 150$

#### Componente C

Opção 1 =  $500 \times 0,2 = 100$   
Opção 2 =  $500 \times 0,6 = 300$   
Opção 3 =  $500 \times 0,2 = 100$

**Quantos Produtos Acabados =**

**$3 \times 2 \times 3 = 18$  variedades**

**Componentes =  $3 + 2 + 3 = 8$  variedades**

Fonte: Tubino (2007)

## O tempo no PMP

O planejamento-mestre da produção trabalha com a variável tempo em duas dimensões.

*Uma é a determinação da unidade de tempo para cada intervalo do plano.*

*Outra é a amplitude, ou horizonte, que o plano deve abranger na sua análise.*

A determinação dos intervalos de tempo que compõem o PMP dependerá da velocidade de fabricação do produto incluído no plano e da possibilidade prática de alterar o plano.



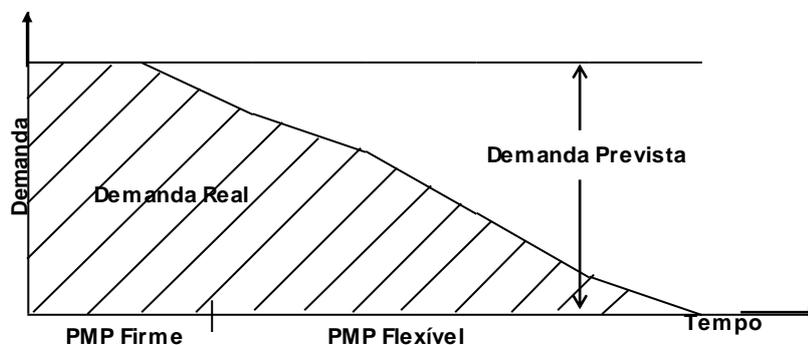
Normalmente trabalha-se com intervalos de semanas. Raramente empregam-se dias, mesmo que os produtos sejam fabricados em ritmos rápidos, pois a velocidade de coleta e análise dos dados inviabiliza a operacionalização diária do PMP.

Não há necessidade de se usar o mesmo intervalo de tempo para todo o plano. Pode-se começar com semanas, e, na medida em que se afastar da parte firme do plano, passar a usar meses e depois trimestres.

O planejamento-mestre da produção desmembra o PMP em dois níveis de horizontes de tempo, com objetivos diferenciados:

No nível firme, o PMP serve de base para a programação da produção e a ocupação dos recursos produtivos,

No nível sujeito a alterações, o PMP serve para o planejamento da capacidade de produção e as negociações com os diversos setores envolvidos na elaboração do plano.



Fonte: Tubino (2007)



A parte firme do plano deve abranger no mínimo o tempo do caminho crítico da produção do lote do item que está se planejando.

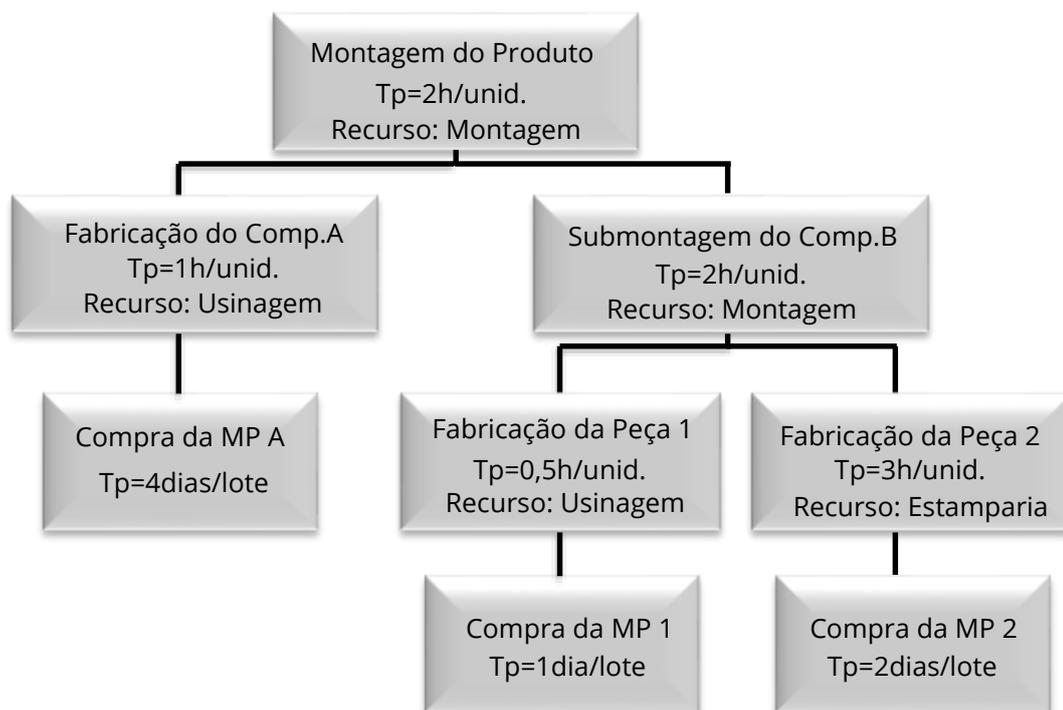
Exemplo:

Lote de 20 unid. - 8 h/dia de trabalho por semana.

Qual o caminho crítico?

1. Montagem do produto =  $2\text{h/unid.} \times 20\text{unid.} = 40\text{h}/8\text{h/dia} = 5$  dias
2. Submontagem do componente B =  $2\text{h/unid.} \times 20\text{unid.} = 40\text{h}/8\text{h/dia} = 5$  dias
3. Fabricação da peça 2 =  $3\text{h/unid.} \times 20\text{unid.} = 60\text{h}/8\text{h/dia} = 7,5$  dias
4. Compra da matéria-prima 2 = 2 dias

Este caminho nos dá um tempo total de 19,5 dias aproximadamente





Fonte: Tubino (2007).

### Análise da capacidade de produção

Análise da capacidade de produção para o plano de produção considerou a possibilidade de trabalhar variáveis de longo prazo. Já as decisões relativas ao PMP envolvem a negociação com variáveis de médio prazo.

A função da análise da capacidade produtiva do PMP consiste em equacionar os recursos produtivos da parte variável do plano, de forma a garantir uma passagem segura para sua parte fixa e posterior programação da produção.

Rotina de análise da capacidade produtiva do PMP:

Identificar os recursos a serem incluídos na análise. Como forma de simplificação pode-se considerar apenas os recursos críticos, ou gargalos;

Obter o padrão de consumo da variável que se pretende analisar (horas-máquina/unidade, horas-homem/unidade,  $m^3$ /unidade, etc.) de cada produto acabado incluído no PMP para cada recurso;

Multiplicar o padrão de consumo de cada produto para cada recurso pela quantidade de produção em cada período prevista no PMP;

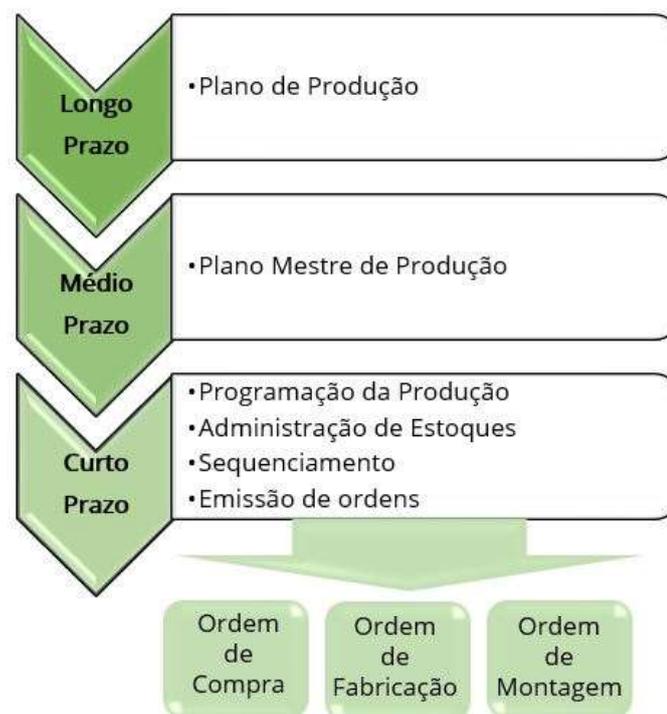
Consolidar as necessidades de capacidade para cada recurso.

Fazendo o cálculo de ocupação para cada recurso que nos interessa analisar, e confrontando-a com a disponibilidade do recurso, podemos concluir se o PMP que estamos planejando é viável, ou se devemos alterar os planos de alguns produtos para torná-lo viável.



O uso dos perfis de carga unitários dos produtos para calcular as necessidades de capacidade de produção é uma forma rápida e simples de validação do PMP. Porém, ela não leva em consideração duas questões importantes: o **tamanho dos lotes** e os **estoques disponíveis** das partes componentes.

### Programação da Produção



Fonte: Tubino (2007).

### Administração dos Estoques

As empresas trabalham com estoques de diferentes tipos que necessitam ser administrados. Visam:

- Garantir a independência entre etapas produtivas;
- Permitir uma produção constante;

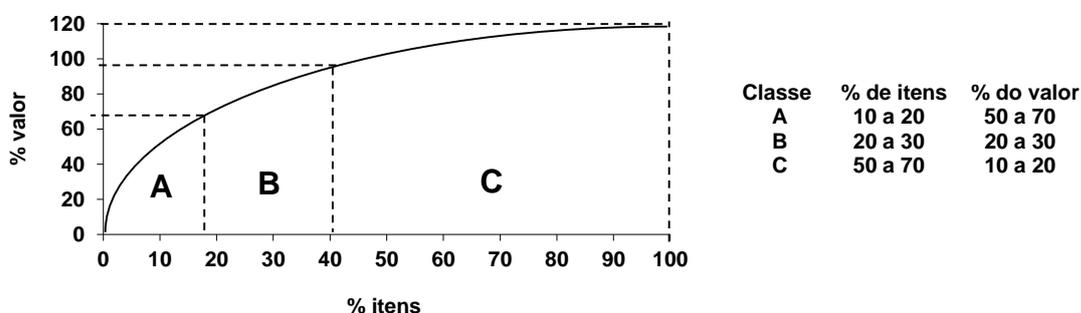


- Possibilitar o uso de lotes econômicos;
- Reduzir os *lead times* produtivos como fator de segurança para obter vantagens de preço.

Como os estoques não agregam valor aos produtos, quanto menor o nível de estoques com que um sistema produtivo conseguir trabalhar, mais eficiente este sistema será.

### Classificação ABC

É um método de diferenciação dos estoques segundo sua maior ou menor abrangência em relação a determinado fator, consistindo em separar os itens por classes de acordo com sua importância relativa.



Fonte: Tubino (2007)

Pode-se elaborar a classificação ABC por demanda valorizada empregando a seguinte rotina:



Calcula-se a demanda valorizada de cada item, multiplicando-se o valor da demanda pelo custo unitário do item;

Colocam-se os itens em ordem decrescente de valor de demanda valorizada;

Calcula-se a demanda valorizada total dos itens;

Calculam-se as percentagens da demanda valorizada de cada item em relação a demanda valorizada total, podendo-se calcular também as percentagens acumuladas;

Em função dos critérios de decisões, estabelecem-se as classes A, B e C (ou quantas quisermos).

Exemplo:

Item	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
Demanda Anual	9000	4625	1075	15000	59500	16000	10000	4250	13500	1000
Custo Unitário	10	4	80	1	5	5	2	50	1	17

Ordem	Item	Demanda Valorizada	% Individual	Demanda Valorizada Acumulada	% Acumulado	Classe
1	X5	297500	35,0	297500	35,0	A
2	X8	212500	25,0	510000	60,0	A
3	X1	90000	10,6	600000	70,6	B
4	X3	86000	10,1	686000	80,7	B
5	X6	80000	9,4	766000	90,1	B
6	X7	20000	2,4	786000	92,5	C
7	X2	18500	2,1	804500	94,6	C
8	X10	17000	2,0	821500	96,6	C
9	X4	15000	1,8	836500	98,4	C
10	X9	13500	1,6	850000	100,0	C

Fonte: Tubino (2007)



### Tamanho do Lote de Reposição

Custo Direto: É aquele incorrido diretamente com a compra ou fabricação do item. É proporcional a demanda para o período e aos custos unitários do item (de fabricação ou de compra).

$$CD = D \cdot C$$

$CD$  = Custo direto do período;

$D$  = Demanda do item para o período;

$C$  = Custo unitário de compra ou fabricação do item.

Custo de Preparação: São todos aqueles custos referentes ao processo de reposição do item pela compra ou fabricação do lote de itens, é proporcional ao custo de uma preparação de compra ou de fabricação do item e ao número de vezes em que este item foi requerido durante o período de planejamento.

$$CP = N \cdot A \qquad N = \frac{D}{Q} \qquad CP = \frac{D}{Q} \cdot A$$

$CP$  = Custo de preparação do período;

$N$  = Número de pedidos de compra ou fabricação durante o período;

$Q$  = Tamanho do lote de reposição;

$A$  = Custo unitário de preparação.

Custo de manutenção de estoques: São aqueles custos decorrentes do fato do sistema produtivo necessitar manter itens em estoques para o seu funcionamento, é proporcional à quantidade de estoques médio do período de



planejamento, ao custo unitário do item, e à taxa de encargos financeiros que incidem sobre os estoques.

$$CM = Q_m \cdot C \cdot I$$

$CM$  = Custo de manutenção de estoques do período;

$Q_m$  = Estoque médio durante o período;

$I$  = Taxa de encargos financeiros sobre os estoques.

Custo total do sistema:

$$CT = CD + CP + CM$$

$$CT = D \cdot C + (D/Q) \cdot A + Q_m \cdot C \cdot I$$

Exemplo 5.2: Um comerciante trabalha com máquinas fotográficas compradas em Manaus a um custo de \$ 50,00 cada e vendidas aqui. Em cada viagem a Manaus gasta \$ 1.300,00, independente da quantidade trazida. A demanda anual pelas máquinas é de 600 unidades, e sobre o capital empatado paga uma taxa de 78% ao ano. Quantas viagens ele deve fazer por ano, ou qual o tamanho do lote a ser comprado em cada viagem?

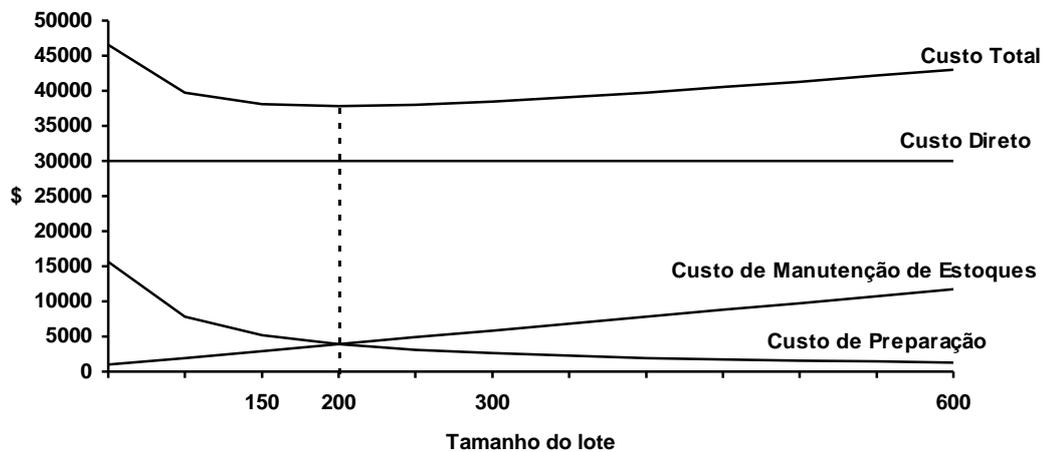
Quando ele faz uma viagem ao ano ele é obrigado a comprar todas as 600 máquinas de uma vez, ficando com um estoque médio de 300 máquinas

- $CD = D \cdot C = 600 \cdot 50 = 30.000$
- $CP = (D/Q) \cdot A = (600/600) \cdot 1300 = 1.300$
- $CM = Q_m C \cdot I = (600/2) \cdot 50 \cdot 0,78 = 11.700$



- $CT = D \cdot C + (D/Q) \cdot A + Q_m \cdot C \cdot I = 600 \cdot 50 + (600/600) \cdot 1300 + (600/2) \cdot 50 \cdot 0,78 = 43.000$

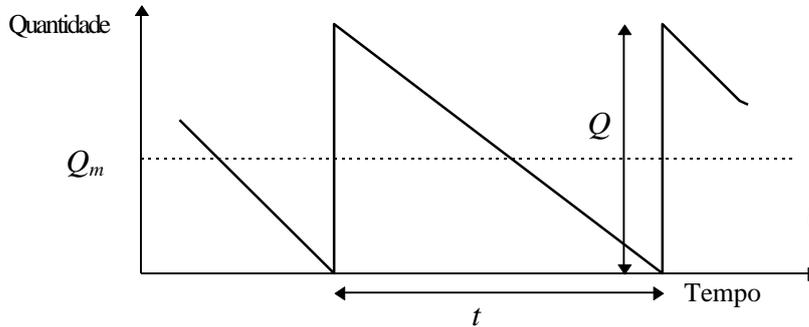
Viagens	Lotes	CD	CP	CM	CT
1	600	30.000	1.300	11.700	43.000
2	300	30.000	2.600	5.850	38.450
3	200	30.000	3.900	3.900	37.800
4	150	30.000	5.200	2.925	38.125



Fonte: Tubino (2007)

## Lote Econômico Básico

O custo unitário do item é fixo e a entrega do lote de reposição é realizada de uma única vez. É conhecido como lote econômico de compra.



$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot A}{C \cdot I}}$$

$$Q_m = \frac{t \cdot Q}{2} \cdot \frac{1}{t} = \frac{Q}{2}$$

$$N^* = \sqrt{\frac{D \cdot C \cdot I}{2 \cdot A}}$$

$$CT = D \cdot C + \frac{D}{Q} \cdot A + Q_m \cdot C \cdot I = D \cdot C + \frac{D}{Q} \cdot A + \frac{Q}{2} \cdot C \cdot I$$

$$\frac{\partial CT}{\partial Q} = 0 - \frac{D \cdot A}{Q^2} + \frac{C \cdot I}{2} = 0$$

Para ilustrar a aplicação destas fórmulas vamos aproveitar os dados do exemplo anterior, que são:

- $D = 600$  unidades por ano;
- $C = \$ 50,00$  por unidade;
- $I = 0,78$  ao ano;
- $A = \$ 1.300,00$  por ordem.

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot A}{C \cdot I}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 600 \cdot 1300}{50 \cdot 0,78}} = 200$$

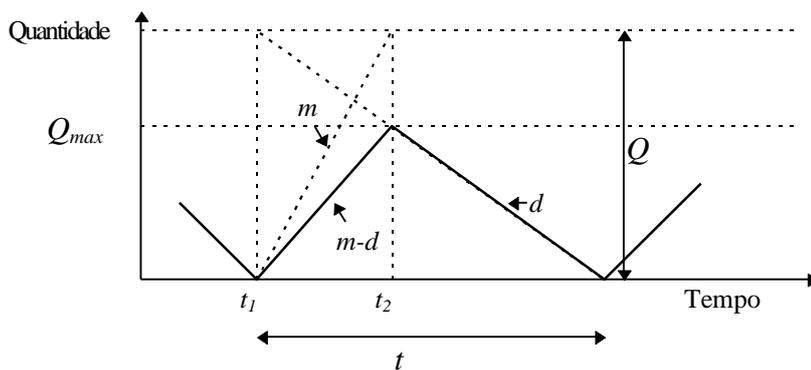
$$N^* = \sqrt{\frac{D \cdot C \cdot I}{2 \cdot A}} = \sqrt{\frac{600 \cdot 50 \cdot 0,78}{2 \cdot 1300}} = 3$$

$$CT = D \cdot C + \frac{D}{Q} \cdot A + \frac{Q}{2} \cdot C \cdot I = 600 \cdot 50 + \frac{600}{200} \cdot 1300 + \frac{200}{2} \cdot 50 \cdot 0,78 = 37.800,00$$



### Lote Econômico com Entrega Parcelada

O custo unitário do item permanece constante, porém a entrega deixa de ser feita de uma única vez, e passa a ser feita segundo uma taxa de entrega ( $m$ ). É conhecido como lote econômico de fabricação.



$$N^* = \sqrt{\frac{D \cdot C \cdot I \cdot \left(1 - \frac{d}{m}\right)}{2 \cdot A}}$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot A}{C \cdot I \cdot \left(1 - \frac{d}{m}\right)}}$$

$$Q_m = \frac{t \cdot Q_{max}}{2} \cdot \frac{1}{t} = \frac{Q_{max}}{2} = \left(1 - \frac{d}{m}\right) \cdot \frac{Q}{2}$$

$$CT = D \cdot C + \frac{D}{Q} \cdot A + Q_m \cdot C \cdot I = D \cdot C + \frac{D}{Q} \cdot A + \left(1 - \frac{d}{m}\right) \cdot \frac{Q}{2} \cdot C \cdot I$$

Vamos aproveitar os dados do exemplo anterior, acrescentando o fato da entrega do lote ser feita segundo uma velocidade de 4 unidades por dia, com 300 dias úteis de trabalho por ano.

$D = 600$  unidades por ano;  $C = \$ 50,00$  por unidade;



$I = 0,78$  ao ano;  $A = \$ 1.300,00$  por ordem;  $m = 4$  unidades por dia;

$d = 600$  unidades por ano / 300 dias por ano = 2 unidades por dia.

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot A}{C \cdot I \cdot \left(1 - \frac{d}{m}\right)}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 600 \cdot 1300}{50 \cdot 0,78 \cdot \left(1 - \frac{2}{4}\right)}} = 283$$

$$N^* = \sqrt{\frac{D \cdot C \cdot I \cdot \left(1 - \frac{d}{m}\right)}{2 \cdot A}} = \sqrt{\frac{600 \cdot 50 \cdot 0,78 \cdot \left(1 - \frac{2}{4}\right)}{2 \cdot 1300}} = 2,12$$

$$CT = 600 \cdot 50 + \frac{600}{283} \cdot 1300 + \left(1 - \frac{2}{4}\right) \cdot \frac{283}{2} \cdot 50 \cdot 0,78 = 35515,00$$

### Lote Econômico com Descontos

A maioria dos fornecedores consegue reduzir seus custos à medida que produzem quantidades maiores de itens, diluindo melhor seus custos fixos. Frequentemente transportam parte destas reduções para os preços dos itens vendidos, estimulando os compradores a adquirirem lotes maiores.



O custo unitário ( $C$ ) do item será:

$C_1$  se  $Q < Q_1$

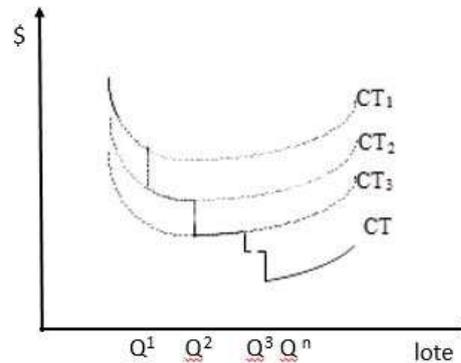
$C_2$  se  $Q_1 \leq Q < Q_2$

$C_3$  se  $Q_2 \leq Q < Q_3$

.....

$C_n$  se  $Q_{n-1} \leq Q$

Onde  $C_1 > C_2 > C_3 \dots > C_n$



Exemplo: Um fornecedor estabelece seu preço de venda para um item de acordo com a seguinte tabela de preços:

- Lotes menores de 50 unidades custam \$ 5,00 por unidade;
- Lotes de 50 a 199 unidades custam \$ 4,00 por unidade;
- Lotes de 200 a 399 unidades custam \$ 3,00 por unidade;
- Lotes de 400 a 999 unidades custam \$ 2,50 por unidade;
- Lotes acima de 1000 unidades custam \$ 2,40 por unidade.

Admitindo que a demanda anual prevista deste item é de 5000 unidades, que o custo de colocação de uma ordem de compra é de \$ 30,00 e que a taxa de encargos financeiros sobre os estoques é de 150% ao ano, qual o tamanho do lote de reposição deste item?



Para  $C = \$ 5,00$   $Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot A}{C \cdot I}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 5000 \cdot 30}{5 \cdot 1,5}} = 200 > 50$

Para  $C = \$ 4,00$   $Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot A}{C \cdot I}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 5000 \cdot 30}{4 \cdot 1,5}} = 223 > 200$

Para  $C = \$ 3,00$   $Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot A}{C \cdot I}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 5000 \cdot 30}{3 \cdot 1,5}} = 258$

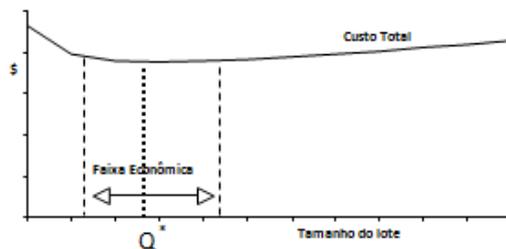
Para  $Q = 258$   $CT = 5000 \cdot 3 + \frac{5000}{258} \cdot 30 + \frac{258}{2} \cdot 3 \cdot 1,5 = \$16.162,00$

Para  $Q = 400$   $CT = 5000 \cdot 2,5 + \frac{5000}{400} \cdot 30 + \frac{400}{2} \cdot 2,5 \cdot 1,5 = \$13.562,00$

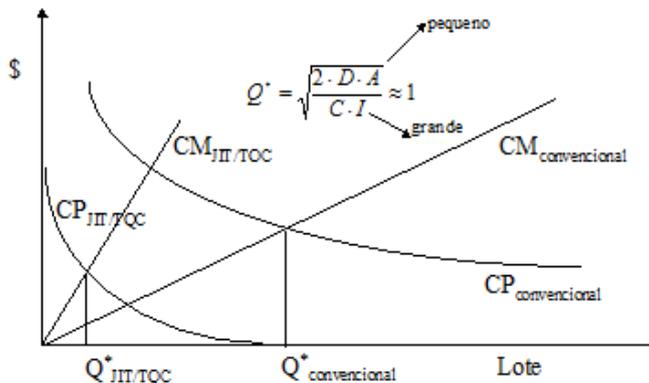
Para  $Q = 1000$   $CT = 5000 \cdot 2,4 + \frac{5000}{1000} \cdot 30 + \frac{1000}{2} \cdot 2,4 \cdot 1,5 = \$13.950,00$

Como o lote de 400 unid. apresentou o menor custo total ele será o escolhido.

## Algumas Considerações sobre o LE



Devemos falar em faixa econômica, dentro da qual os custos totais serão menores. O LE é apenas um indicativo do valor de reposição.



Tendência atual do LE com a implantação do JIT/TQC

Fonte: Tubino (2007).



## Modelos de Controle de Estoques

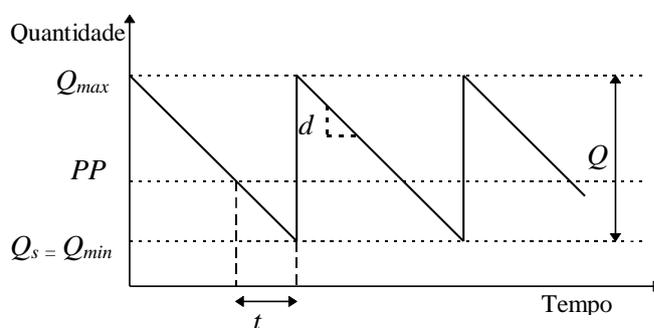
Podem-se dividir os modelos convencionais de controle de estoques em dois grupos. Os modelos que indiretamente se encarregam de determinar o momento da emissão das ordens de reposição:

1. Controle por ponto de pedido e o de reposições periódicas.
2. Os modelos que buscam diretamente emitir as ordens de reposição:

São os baseados na lógica do MRP (Material Requirement Planning), também chamado de cálculo das necessidades de materiais, que emprega o conceito de dividir os itens em itens de demanda dependente e itens de demanda independente.

### Controle por Ponto de Pedido

Consiste em estabelecer uma quantidade de itens em estoque, chamada de ponto de pedido ou de reposição, que quando atingida dá partida ao processo de reposição do item em uma quantidade preestabelecida.



$$PP = d \cdot t + Q_s$$

$PP$  = Ponto de Pedido;

$d$  = demanda por unidade de tempo;

$t$  = tempo de ressuprimento;

$Q_s$  = estoque de segurança.



Suponhamos que um item tenha uma demanda anual de 1200 unidades, um custo de preparação do pedido de \$ 200,00, uma taxa de encargos financeiros sobre os estoques de 50% ao ano e um custo unitário de \$ 10,00. Vamos admitir que este item tenha um estoque de segurança de 80 unidades, e um tempo de ressuprimento de 15 dias. Supondo um ano com 300 dias úteis e a reposição se dando através de lotes econômicos, podemos montar o modelo de controle por ponto de pedido da seguinte forma:

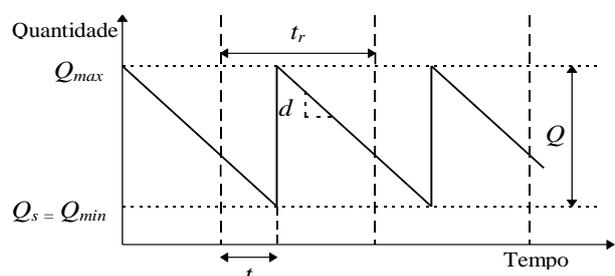
$$D = 1200 \text{ unidades por ano;}$$
$$A = \$ 200,00 \text{ por ordem;}$$
$$I = 0,50 \text{ ao ano;}$$
$$C = \$ 10,00 \text{ por unidade;}$$
$$t = 15 \text{ dias;}$$
$$Q_s = 80 \text{ unidades;}$$
$$PP = d \cdot t + Q_s = 4 \cdot 15 + 80 = 140$$
$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot A}{C \cdot I}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1200 \cdot 200}{10 \cdot 0,5}} = 310$$
$$Q_{max} = Q_s + Q^* = 80 + 310 = 390$$
$$Q_{min} = Q_s = 80$$
$$d = \frac{1200}{300} = 4$$

## Controle por Revisões Periódicas

O modelo por revisões periódicas trabalha no eixo dos tempos, estabelecendo datas nas quais serão analisadas a demanda e as demais condições dos estoques, para decidir pela reposição dos mesmos.

$$t_r^* = \frac{t_{ano}}{N^*} = \frac{Q^* \cdot t_{ano}}{D}$$

$t_r^*$  = tempo ótimo entre revisões;  
 $t_{ano}$  = número de dias no ano.



$$Q = d \cdot (t_r + t) - Q_f - Q_p + Q_r + Q_s$$

$Q_f$  = quantidade de saldo final em estoque;

$Q_p$  = quantidades pendentes de



Vamos supor que um item tenha demanda anual de 12000 unidades, custo de colocação do pedido de \$ 400,00, taxa de encargos financeiros sobre os estoques de 96% ao ano, e custo unitário de \$ 10,00. Suponhamos ainda que o estoque de segurança do item seja de 250 unidades e o tempo de ressurgimento de 10 dias, com a empresa trabalhando 240 dias úteis por ano.

$D = 12000$  unidades por ano;

$A = \$ 400,00$  por ordem;

$I = 0,96$  ao ano;

$C = \$ 10,00$  por unidade;

$t = 10$  dias;

$Q_s = 250$  unidades;

$d = 12000/240 = 50$  unidades por dia;

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot A}{C \cdot I}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 12000 \cdot 400}{10 \cdot 0,96}} = 1000$$
$$t_r^* = \frac{Q^*}{D} = \frac{1000}{12000} = 20$$

$$Q = d \cdot (t_r + t) - Q_f - Q_p + Q_r + Q_s = 50 \cdot (20 + 10) - 730 - 0 + 0 + 250 = 1020$$

### Controle pelo MRP

Os modelos de controle de estoques baseados na lógica do MRP, ou do cálculo das necessidades de materiais, são modelos normalmente incorporados a um sistema de informações gerenciais mais amplo, conhecidos como MRPII (Manufacturing Resource Planning), que busca, via informatização do fluxo de informações, integrar os diversos setores da empresa, como marketing, engenharia e finanças, ao sistema de produção. É possível implantar este modelo sem necessariamente envolver o MRPII;

Partindo-se das quantidades de produtos acabados a serem produzidas período a período, determinadas no PMP, passamos a calcular as necessidades brutas dos demais itens dependentes de acordo com a estrutura do produto.



Começamos pelos componentes de nível superior e vamos descendo de nível até chegarmos às matérias-primas.

Tendo-se as necessidades brutas do item em cada período, podemos descontar da mesma as quantidades em estoque e as quantidades já programadas para chegar neste período, obtendo-se o valor das necessidades líquidas do item. Caso este valor no período tenha atingido determinado nível, planejamos a emissão da ordem de reposição. Desta forma, geram-se as necessidades brutas no nível inferior.

Visando facilitar o tratamento das informações é utilizada uma tabela, de certa forma semelhante a empregada na elaboração do PMP, para armazenar e operacionalizar o cálculo dos dados necessários ao controle de estoques.

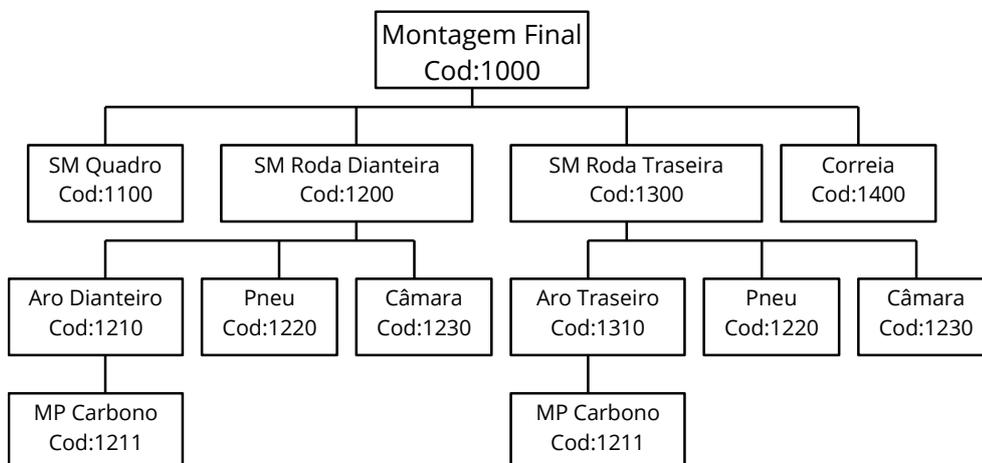
Tabela 1

Item: quadro Cod: 1100	Q: 300 unid.			Q <sub>s</sub> : 15 unid.		Leadtime: 2 semanas			
Período	18	19	20	21	22	23	24	25	
Necessidades Brutas	0	200	0	200	0	200	0	200	
Reposições	10	10	10	10	10	10	10	10	
Recebimentos Programados	0	300	0	0	0	0	0	0	
Estoques Projetados	50	40	130	120	-90	-100	-310	-320	-530
Necessidades Líquidas	0	0	0	105	10	210	10	210	
Liberação Planejada de Ordens		300		300					

Fonte: Tubino (2007)



Gráfico 2



Fonte: Tubino (2007)

Tabela 3

Item	Código	Consumo Padrão	Leadtime (semanas)	Lote	Estoque Segurança
Bicicleta	1000	1 unid.	1	30	0
Roda Dianteira	1200	1 unid.	1	L4L	0
Roda Traseira	1300	1 unid.	1	50	0
Pneu	1220	2 unid.	2	100	20
Câmara	1230	2 unid.	2	50	10
Aro Dianteiro	1210	1 unid.	1	QPP: 2 sem.	0
Aro Traseiro	1310	1 unid.	1	QPP: 3 sem.	0
MP Carbono	1211	0,2 kg/aro.	2	40	0

Fonte: Tubino (2007)

Tabela 4

Item: bicicleta	Cod: 1000	Q: 30 unid.			Q <sub>s</sub> : 0 unid.			Leadtime: 1 semana	
Período		26	27	28	29	30	31	32	33
Demanda Prevista		20	20	20	20	20	20	20	20
Demanda Confirmada		25	18	15	10	5	0	0	0
Recebimentos Programados		30	0	0	0	0	0	0	0
Estoques Projetados	15	20	30	10	20	30	10	20	30
PMP		0	30	0	30	30	0	30	30
Liberação Planejada de Ordens		30	0	30	30	0	30	30	0



Fonte: Tubino (2007)

Tabela 5

Item: roda dianteira Cod:	1200	Q: L4L unid.			Q <sub>s</sub> : 0 unid.		Leadtime: 1 semana		
Período		26	27	28	29	30	31	32	33
Necessidades Brutas		30	0	30	30	0	30	30	0
Reposições		0	0	0	0	0	0	0	0
Recebimentos Programados		30	0	0	0	0	0	0	0
Estoques Projetados	0	0	0	-30	-60	-60	-90	-120	-120
Necessidades Líquidas		0	0	30	30	0	30	30	0
Liberação Planejada de Ordens		0	30	30	0	30	30	0	0

Fonte: Tubino (2007)

Tabela 6

Item: roda traseira Cod:	1300	Q: 50 unid.			Q <sub>s</sub> : 0 unid.		Leadtime: 1 semana		
Período		26	27	28	29	30	31	32	33
Necessidades Brutas		30	0	30	30	0	30	30	0
Reposições		0	0	0	0	0	0	0	0
Recebimentos Programados		0	0	0	0	0	0	0	0
Estoques Projetados	40	10	10	-20	-50	-50	-80	-110	-110
Necessidades Líquidas		0	0	20	30	0	30	30	0
Liberação Planejada de Ordens		0	50	0	0	50	50	0	0

Fonte: Tubino (2007)



Tabela 7

Item: aro dianteiro Cod: 1210	QPP: 2 semanas.			Q <sub>s</sub> : 0 unid.		Leadtime: 1 semana		
Período	26	27	28	29	30	31	32	33
Necessidades Brutas	0	30	30	0	30	30	0	0
Reposições	5	5	5	5	5	5	5	5
Recebimentos Programados	0	0	0	0	0	0	0	0
Estoques Projetados   50	45	10	-25	-30	-65	-100	-105	-110
Necessidades Líquidas	0	0	25	5	35	35	5	5
Liberação Planejada de Ordens	0	30	0	70	0	10	0	0

Fonte: Tubino (2007)

Tabela 8

Item: aro traseiro Cod: 1310	QPP: 3 semanas.			Q <sub>s</sub> : 0 unid.		Leadtime: 1 semana		
Período	26	27	28	29	30	31	32	33
Necessidades Brutas	0	50	0	0	50	50	0	0
Reposições	5	5	5	5	5	5	5	5
Recebimentos Programados	30	0	0	0	0	0	0	0
Estoques Projetados   5	30	-25	-30	-35	-90	-145	-150	-155
Necessidades Líquidas	0	25	5	5	55	55	5	5
Liberação Planejada de Ordens	35	0	0	115	0	0	5	0

Fonte: Tubino (2007)

Tabela 9

Item: pneu Cod: 1220	Q: 100 unid.			Q <sub>s</sub> : 20 unid.		Leadtime: 2 semanas		
Período	26	27	28	29	30	31	32	33
Necessidades Brutas	0	80	30	0	80	80	0	0
Reposições	0	0	0	0	0	0	0	0
Recebimentos Programados	0	100	0	0	0	0	0	0
Estoques Projetados   20	20	40	10	10	-70	-150	-150	-150
Necessidades Líquidas	0	0	10	0	80	80	0	0
Liberação Planejada de Ordens	100	0	0	100	0	0	0	0

Fonte: Tubino (2007)



Tabela 10

Item: câmara	Cod: 1230	Q: 50 unid.			Q <sub>s</sub> : 10 unid.		Leadtime: 2 semanas		
Período		26	27	28	29	30	31	32	33
Necessidades Brutas		0	80	30	0	80	80	0	0
Reposições		0	0	0	0	0	0	0	0
Recebimentos Programados		0	50	0	0	0	0	0	0
Estoques Projetados	60	60	30	0	0	-80	-160	-160	-160
Necessidades Líquidas		0	0	10	0	80	80	0	0
Liberação Planejada de Ordens		50	0	50	100	0	0	0	0

Fonte: Tubino (2007)

Tabela 11

Item: mp carbono	Cod:	Q: 40 Kg.			Q <sub>s</sub> : 0 Kg.		Leadtime: 1 semana		
1211		26	27	28	29	30	31	32	33
Necessidades Brutas		7	6	0	37	0	2	1	0
Reposições		0	0	0	0	0	0	0	0
Recebimentos Programados		40	0	0	0	0	0	0	0
Estoques Projetados	0	33	27	27	-10	-10	-12	-13	-13
Necessidades Líquidas		0	0	0	10	0	2	1	0
Liberação Planejada de Ordens		0	0	40	0	0	0	0	0

Fonte: Tubino (2007)

## Estoques de Segurança

São projetados para absorver as variações na demanda durante o tempo de resuprimento, ou variações no próprio tempo de resuprimento, dado que é apenas durante este período que os estoques podem acabar e causar problemas ao fluxo produtivo.

Quanto maiores forem estas variações, maiores deverão ser os estoques de segurança do sistema.



Na realidade os estoques de segurança agem como amortecedores para os erros associados ao lead time interno ou externo dos itens.

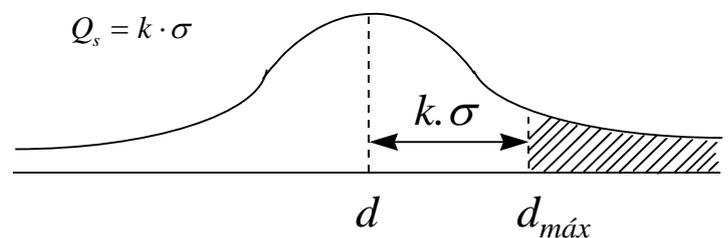
A determinação dos estoques de segurança leva em consideração dois fatores que devem ser equilibrados: os custos decorrentes do esgotamento do item e os custos de manutenção dos estoques de segurança.

Podemos calcular os custos de manutenção de certo nível de estoque de segurança atribuindo-lhe uma taxa de encargos financeiros (I), por outro lado o custo de falta na prática não é facilmente determinável, o que faz com que as decisões gerenciais sejam tomadas em cima de um determinado risco que queremos assumir, o que indiretamente significa imputarmos um custo de falta ao item.

A determinação do risco que queremos correr, ou em outras palavras do nível de serviço do item, é função de quantas faltas admitimos durante o período de planejamento como suportável para este item.

$$\text{Nível de Serviço} = 1 - \frac{4}{52} = 0,92\%$$

Nível de Serviço	$k$
80%	0,84
85%	1,03
90%	1,28
95%	1,64
99%	2,32
99,99%	3,09



$Q_s$  = estoque de segurança;  
 $k$  = número de desvios padrões;  
 $\sigma$  - desvio padrão.

$$Q_s = k \cdot \sigma = 1,03 \cdot 15 = 15,45 \text{ ou } \cong 16 \text{ unidades}$$



$$Q_s = k \cdot \sigma = 2,32 \cdot 15 = 35,25 \quad \text{ou} \quad \cong 36 \text{ unidades}$$

Em sistemas computacionais é mais simples trabalharmos com o valor do desvio médio absoluto (*MAD*) do que com o desvio padrão. O valor do *MAD* é de aproximadamente 1,25 desvios padrões.

$D_{atual}$	$D_{prevista}$	<i>Erro</i>	$Erro^2$	$ Erro $
160	170	10	100	10
150	140	-10	100	10
160	140	-20	400	20
150	160	10	100	10
160	150	-10	100	10
160	180	20	400	20
Total			1200	80

$$MAD = \frac{\sum |D_{atual} - D_{prevista}|}{n}$$

$$MAD = \frac{\sum |Erro|}{n} = \frac{80}{6} = 13,33$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum Erro^2}{n}} = \sqrt{\frac{1200}{6}} = 14,14$$

$$Q_s = k \cdot MAD = 1,28 \cdot 13,33 = 17,06 \quad \text{ou} \quad \cong 17 \text{ unidades}$$

Outras formas de cálculo dos estoques de segurança:

- Considerá-lo como uma porcentagem da demanda durante o tempo de resuprimento, ou usar uma distribuição mais simples como a de Poisson;
- Ao invés de considerar a segurança em unidades, considerá-la como tempo (timer buffer);
- Alguns consideram que os estoques de segurança só devem ser planejados para os itens de demanda independente, ou quando se emprega modelos de controle de estoques que consideram os itens como independentes entre si.



- Algumas situações como um recurso gargalo ou *leadtimes* muito variáveis podem fazer com que se projete segurança também dentro dos itens dependentes.

## REFERÊNCIAS

BARNES, R.M. **Estudo de movimentos e de Tempos Projeto e Medida do Trabalho**, 6ª Edição, Editora Blucher, 1999.

CHIAVENATO, I. **Planejamento e Controle da Produção**, 2ª Edição, Editora Manole, 2008.

COSTA, A. C. F.; JUNGLES, A. E. **O Mapeamento do Fluxo de Valor Aplicado a uma Fábrica de Montagem de Canetas Simulada**. XXVI ENEGEP, Fortaleza, 2006.

FERREIRA, J. C. E. **Layouts de Sistemas de Manufatura**. UFSC, 2021.

HUTCHINS, D. **Just in Time**. São Paulo: Atlas, 1993.

JURAN, J. M; GRZYNA, F.M. **Controle de Qualidade - Handbook - volume VI** - Makron Books, 1993.

LIKER, J. K. **O Modelo Toyota: 14 Princípios de Gestão**. 1 ed. São Paulo: Bookman, 2005.

LOURENÇO FILHO, R. C. B. **Controle Estatístico de Qualidade**- LTC, 1986.

LUBBEN, R. T. **Just in Time – Uma Estratégia Avançada de Produção**. São Paulo: MacGraw-Hill, 1989.

MASP - **Metodologia de Análise e Solução de Problemas**. Equipe Grifo. 2. ed. São Paulo: Pioneira, 1997.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala**. São Paulo: Editora Bookman, 1997.

SHINGO, S. **Sistema Toyota de Produção: Do ponto de vista da engenharia de produção**. Porto Alegre: Bookman, 1996.



SILVA, A.V; COIMBRA, R.R. **Manual de Tempos e Métodos**. São Paulo. Hemus, 1980.

SLACK, Nigel et al. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 1999.

TUBINO, D. F. **Planejamento e Controle da Produção**. 1 ed, São Paulo, Atlas, 2007.