



# Eixo Tecnológico Produção Industrial

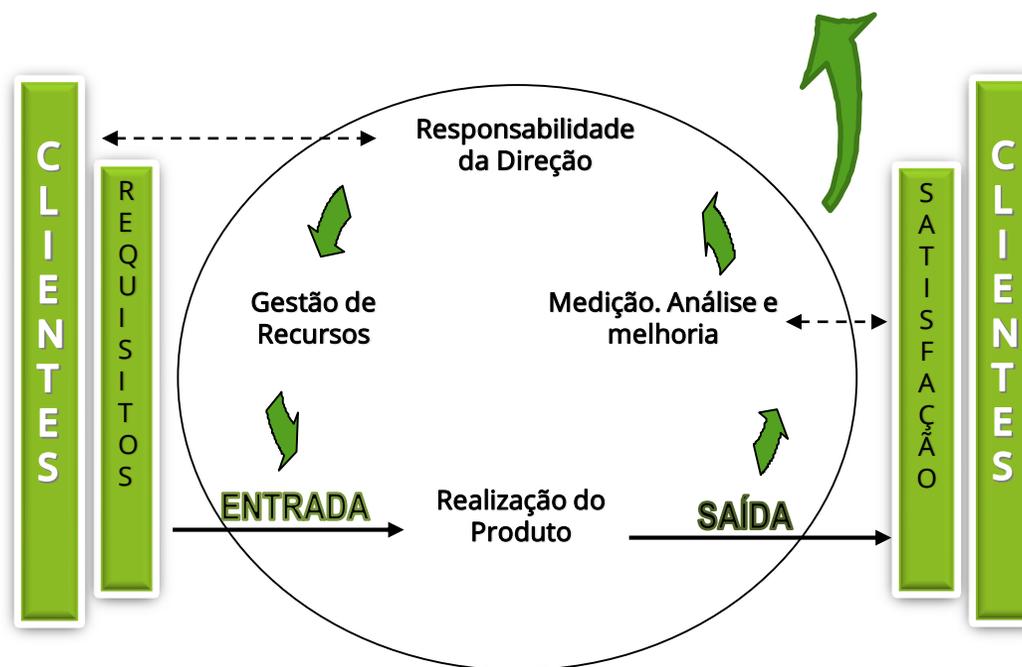
Planejamento e Controle da Produção  
Professor Cássio Aurélio Suski



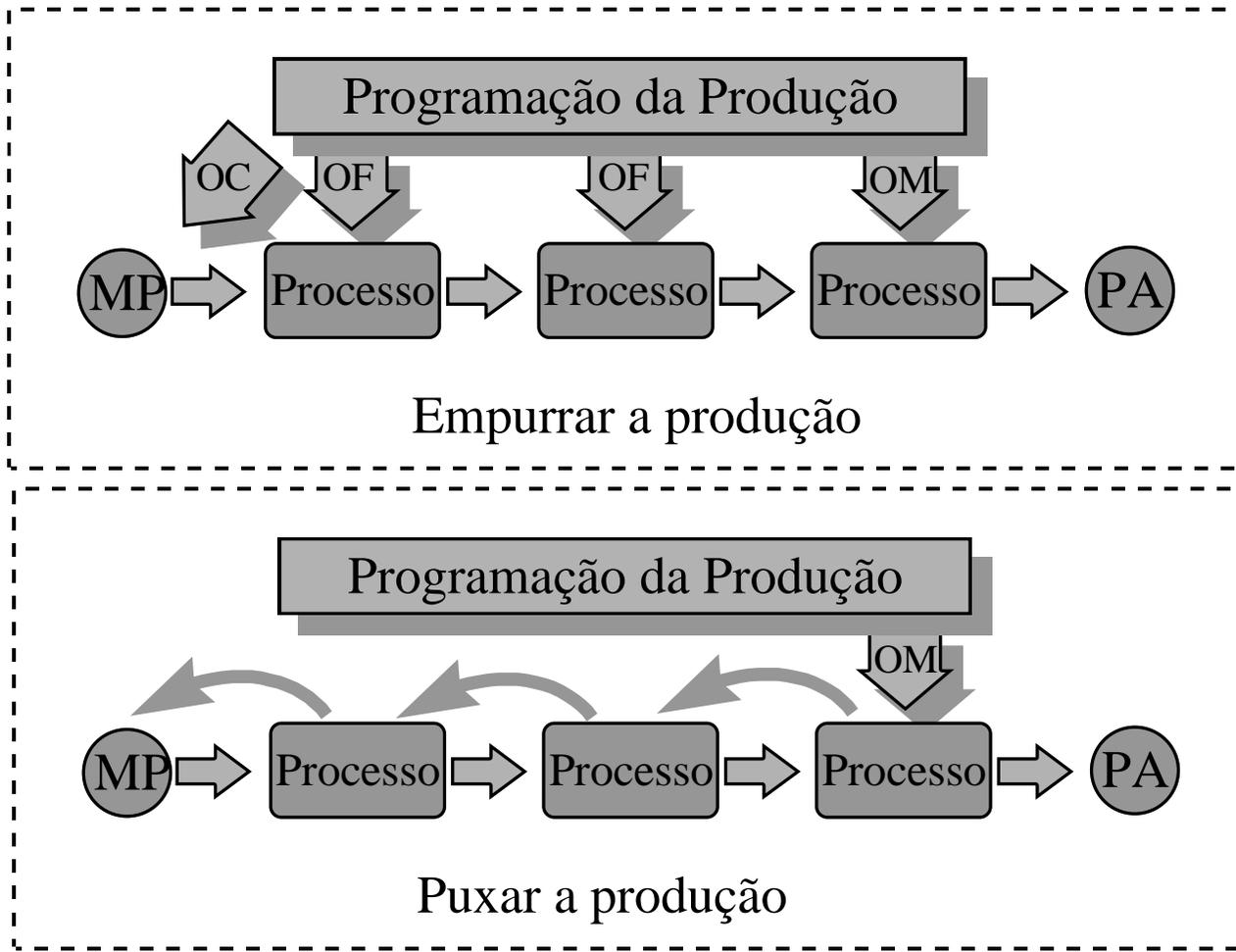
# PRODUÇÃO ARTESANAL

## MODELO DE PROCESSO:

Sistema de Gestão da Qualidade  
Melhoria Contínua



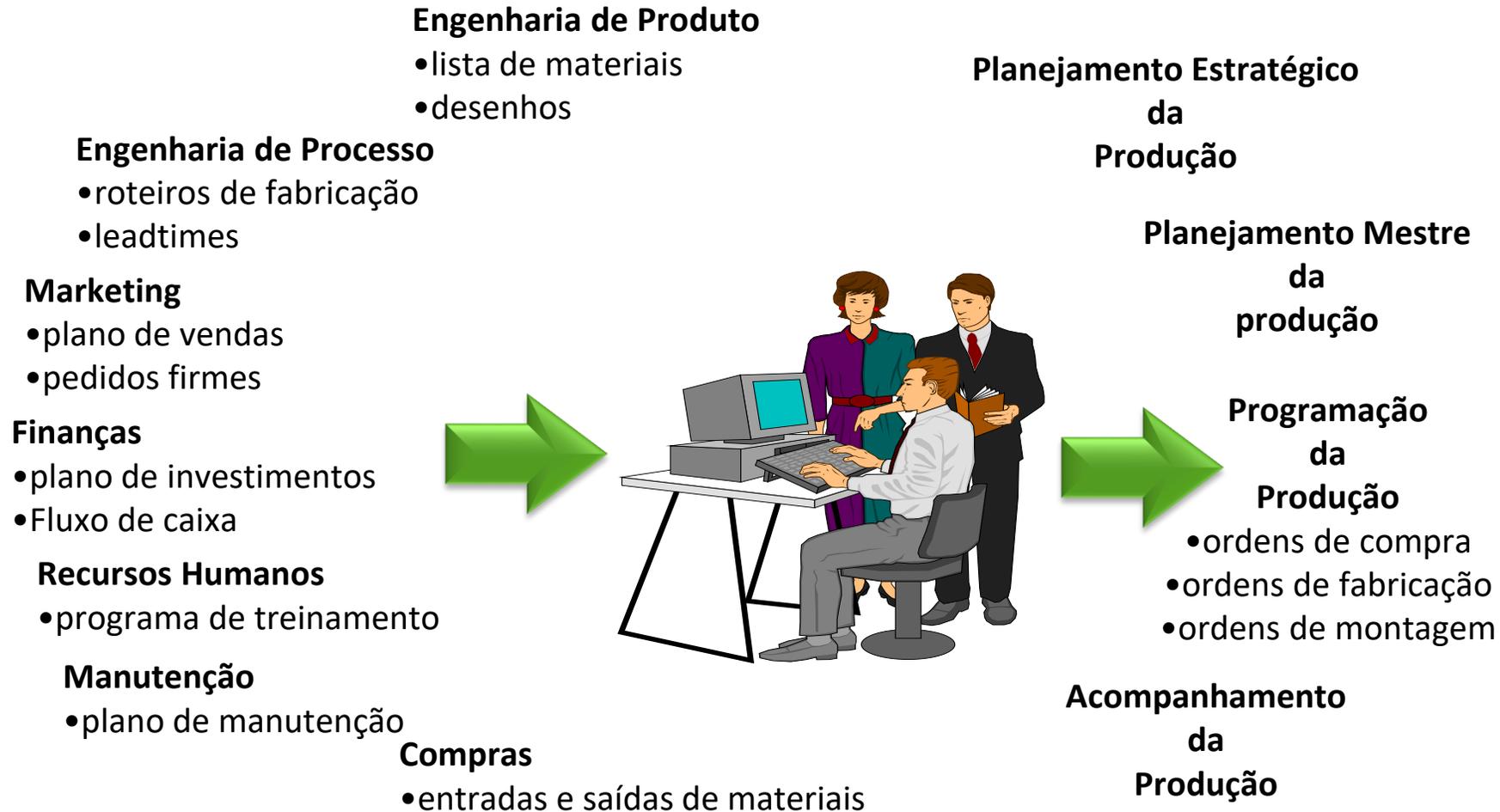
# EMPURRAR X PUXAR A PRODUÇÃO



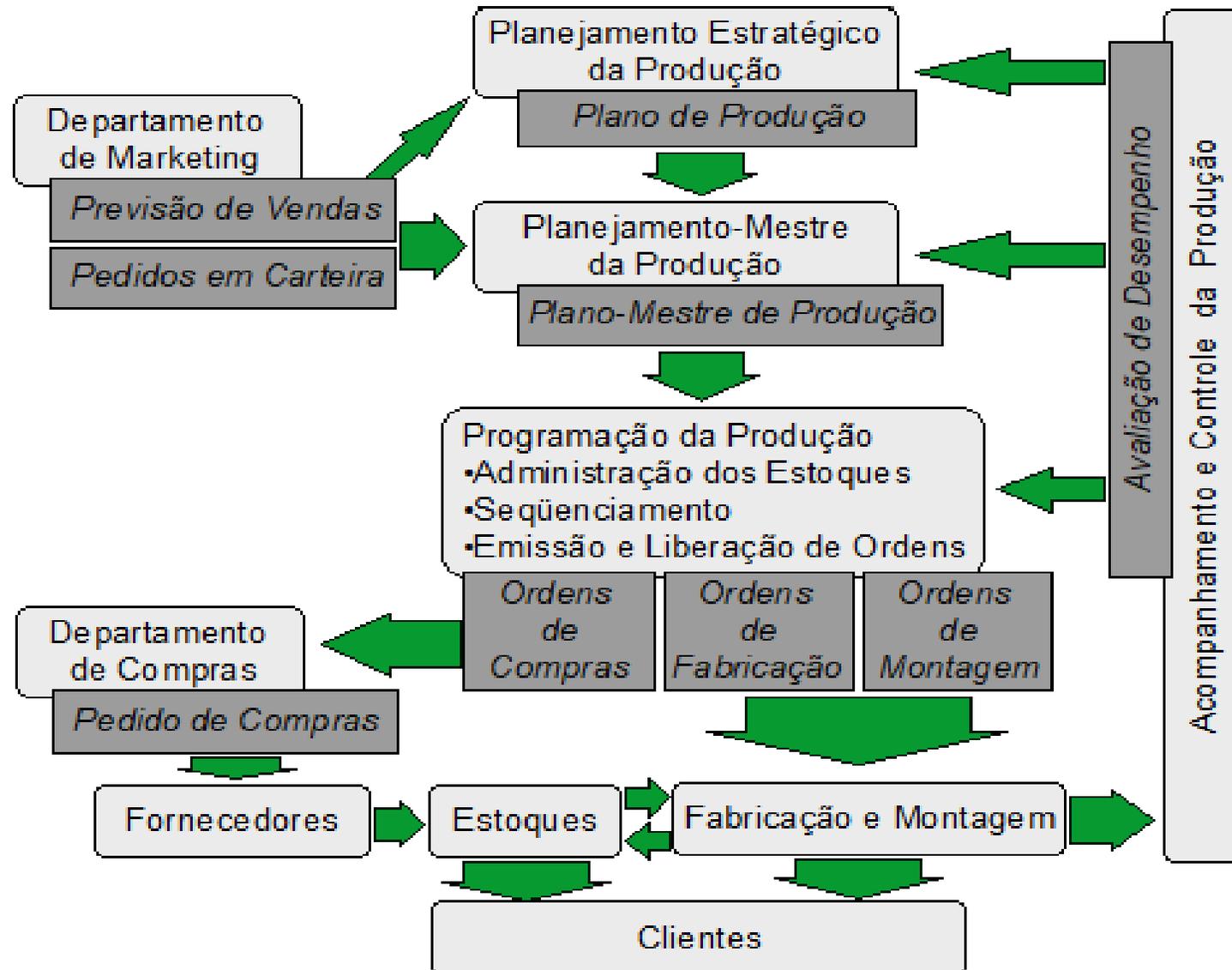
# FUNÇÕES DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO



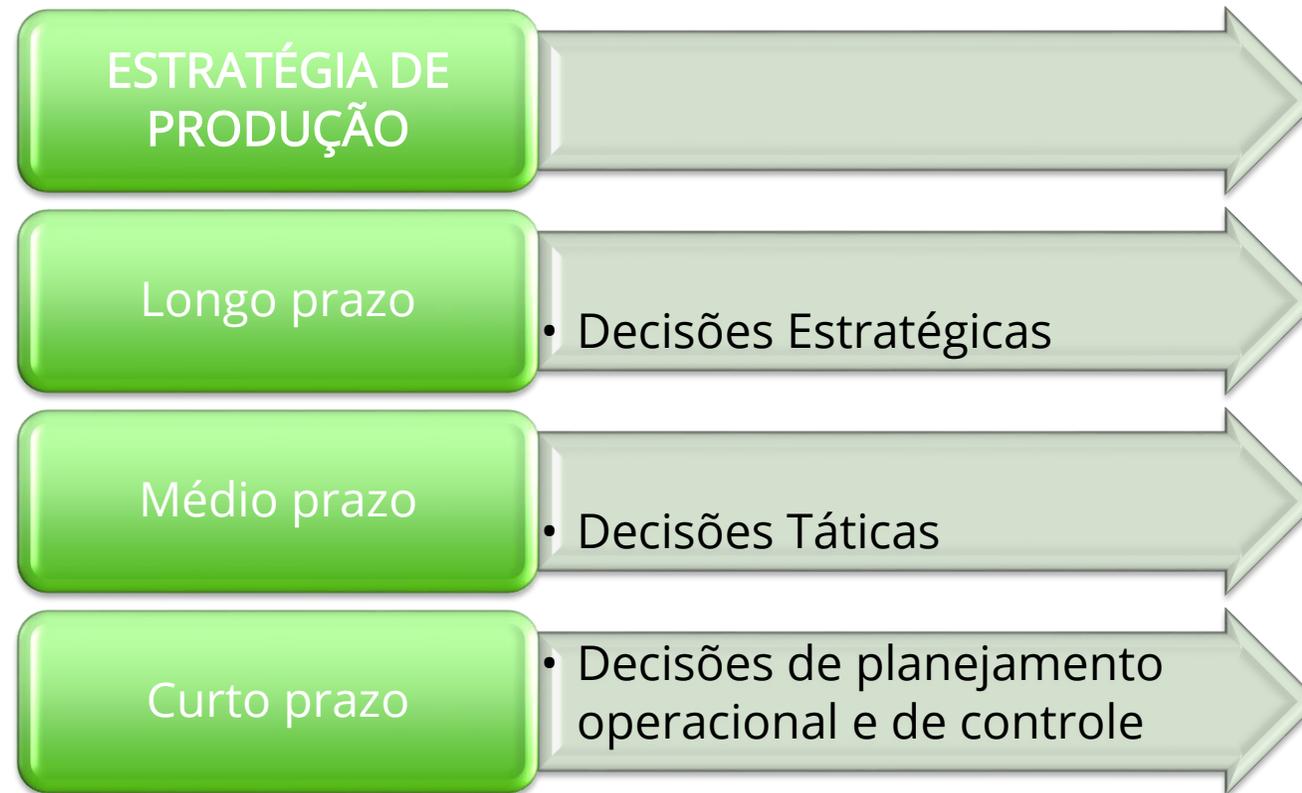
# PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO



# PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO DA PRODUÇÃO



# PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO



# PREPARANDO O 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, subcontratações, etc.);

# PREPARANDO O PLANO DE PRODUÇÃO

- ▶ 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.

# PROGRAMAÇÃO

## 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

Periodos	-	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

# EXEMPLO

- ▶ Desenvolver um plano de produção de uma família de produtos, para os próximos dois anos com períodos trimestrais. Os dados de estoques, previsão de demanda e custos são os seguintes:

Período	1 trim.	2 trim.	3 trim.	4 trim.	5 trim.	6 trim.	7 trim.	8 trim.	Total
<b>Demanda</b>	200	200	200	300	400	300	200	200	2000
<b>Estoque inicial = 50</b>									
<b>Custos:</b>									
<b>Produtivos:</b>									
Turno normal = \$4 por unid.									
Turno extra = \$6 por unid.									
Subcontratação = \$10 por unid.									
<b>De estocagem:</b> \$2 por unid. por trim. sobre o estoque médio									
<b>De atraso na entrega:</b> \$20 por unid. por trim.									

## EXEMPLO

- ▶ Na primeira alternativa a ser analisada, vamos supor que a estratégia adotada seja de manter a capacidade produtiva constante de 250 unidades ( $2000/8 = 250$ ) por trimestre, e utilizar os estoques para absorver as variações da demanda. Nesta primeira alternativa de plano vamos admitir atrasos e transferências de entregas para os períodos seguintes.

# EXEMPLO – ALTERNATIVA 1

<b>Período</b>	<b>1 trim.</b>	<b>2 trim.</b>	<b>3 trim.</b>	<b>4 trim.</b>	<b>5 trim.</b>	<b>6 trim.</b>	<b>7 trim.</b>	<b>8 trim.</b>	<b>Total</b>
<b>Demanda</b>	200	200	200	300	400	300	200	200	2000
<b>Produção:</b>									
<b>Normal</b>	250	250	250	250	250	250	250	250	2000
<b>T. extra</b>									
<b>Subcontr.</b>									
<b>Prod - Dem</b>	50	50	50	(50)	(150)	(50)	50	50	0
<b>Estoques:</b>									
<b>Inicial</b>	50	100	150	200	150	0	0	0	
<b>Final</b>	100	150	200	150	0	0	0	50	
<b>Médio</b>	75	125	175	175	75	0	0	25	650
<b>Atrasos</b>	0	0	0	0	0	50	0	0	50
<b>Custos \$</b>									
<b>Produção:</b>									
<b>Normal</b>	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	8000
<b>T. extra</b>									
<b>Subcontr.</b>									
<b>Estoques</b>	150	250	350	350	150	0	0	50	1300
<b>Atrasos</b>	0	0	0	0	0	1000	0	0	1000
<b>Total \$</b>	1150	1250	1350	1350	1150	2000	1000	1050	10300

## EXEMPLO

- ▶ Na segunda alternativa, vamos admitir a introdução de turnos extras de até 40 unidades por trimestre, um ritmo de produção normal de 230 unidades e a possibilidade de atrasar e entregar pedidos nos períodos seguintes.
- ▶ Para uma terceira alternativa, vamos supor que o ritmo de produção normal seja de 200 unidades por trimestre, e que até 40 unidades por trimestre possa ser obtida com turnos extras e o restante sub-contratado de terceiros em lotes de 25 unidades. Não se aceitam atrasos na entrega.

## EXEMPLO – ALTERNATIVA 2

<b>Período</b>	<b>1 trim.</b>	<b>2 trim.</b>	<b>3 trim.</b>	<b>4 trim.</b>	<b>5 trim.</b>	<b>6 trim.</b>	<b>7 trim.</b>	<b>8 trim.</b>	<b>Total</b>
<b>Demanda</b>	200	200	200	300	400	300	200	200	2000
<b>Produção:</b>									
<b>Normal</b>	230	230	230	230	230	230	230	230	1840
<b>T. extra</b>			20	40	40	40			140
<b>Subcontr.</b>									
<b>Prod - Dem</b>	30	30	50	(30)	(130)	(30)	30	30	(20)
<b>Estoques:</b>									
<b>Inicial</b>	50	80	110	160	130	0	0	0	
<b>Final</b>	80	110	160	130	0	0	0	30	
<b>Médio</b>	65	95	135	145	65	0	0	15	520
<b>Atrasos</b>	0	0	0	0	0	30	0	0	30
<b>Custos \$</b>									
<b>Produção:</b>									
<b>Normal</b>	920	920	920	920	920	920	920	920	7360
<b>T. extra</b>	0	0	120	240	240	240	0	0	840
<b>Subcontr.</b>									
<b>Estoques</b>	130	190	270	290	130	0	0	30	1040
<b>Atrasos</b>	0	0	0	0	0	600	0	0	600
<b>Total \$</b>	1050	1110	1310	1450	1290	1760	920	950	9840

## EXEMPLO – ALTERNATIVA 3

<b>Período</b>	<b>1 trim.</b>	<b>2 trim.</b>	<b>3 trim.</b>	<b>4 trim.</b>	<b>5 trim.</b>	<b>6 trim.</b>	<b>7 trim.</b>	<b>8 trim.</b>	<b>Total</b>
<b>Demanda</b>	200	200	200	300	400	300	200	200	2000
<b>Produção:</b>									
<b>Normal</b>	200	200	200	200	200	200	200	200	1600
<b>T. extra</b>	0	0	0	40	40	40	0	0	120
<b>Subcontr.</b>	0	0	0	25	150	75	0	0	250
<b>Prod - Dem</b>	0	0	0	(35)	(10)	15	0	0	(30)
<b>Estoques:</b>									
<b>Inicial</b>	50	50	50	50	15	5	20	20	
<b>Final</b>	50	50	50	15	5	20	20	20	
<b>Médio</b>	50	50	50	32,5	10	12,5	20	20	245
<b>Atrasos</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Custos \$</b>									
<b>Produção:</b>									
<b>Normal</b>	800	800	800	800	800	800	800	800	6400
<b>T. extra</b>	0	0	0	240	240	240	0	0	720
<b>Subcontr.</b>	0	0	0	250	1500	750	0	0	2500
<b>Estoques</b>	100	100	100	65	20	25	40	40	490
<b>Atrasos</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total \$</b>	900	900	900	1355	2560	1815	840	840	10110

# 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.

# ANÁLISE DA CAPACIDADE DE PRODUÇÃO

- ▶ 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.

# EXEMPLO

- ▶ Vamos admitir que uma unidade de negócios (ou uma fábrica focalizada) trabalhe com quatro famílias de produtos e possua uma linha de montagem e cinco células de fabricação na sua estrutura produtiva. Os dados padrões de consumo, em horas por unidade, para cada família em cada grupo de recursos e o plano de produção das quatro famílias são:

	<b>Montagem</b>	<b>Célula 1</b>	<b>Célula 2</b>	<b>Célula 3</b>	<b>Célula 4</b>	<b>Célula 5</b>
<b>Família 1</b>	0,3	0,5	0,4	0	0,2	0,5
<b>Família 2</b>	0,4	0,5	0	0,5	0,6	0,3
<b>Família 3</b>	0,5	0,3	0,2	0,6	0,4	0,5
<b>Família 4</b>	0,5	0,4	0,5	0	0	0,4

# EXEMPLO

	1 trim.	2 trim.	3 trim.	4 trim.	5 trim.	6 trim.	7 trim.	8 trim.	Total
<b>Família 1</b>	230	230	250	270	270	270	230	230	1980
<b>Família 2</b>	450	450	450	450	450	450	450	450	3600
<b>Família 3</b>	400	400	400	420	420	400	400	400	3240
<b>Família 4</b>	200	200	200	200	200	200	200	200	1600
<b>Total</b>	1280	1280	1300	1340	1340	1320	1280	1280	10420

$$\text{Montagem} = 230 \times 0,3 + 450 \times 0,4 + 400 \times 0,5 + 200 \times 0,5 = 549$$

	1 trim.	2 trim.	3 trim.	4 trim.	5 trim.	6 trim.	7 trim.	8 trim.	Total
<b>Montagem</b>	549	549	555	571	571	561	549	549	4.454
<b>Célula 1</b>	540	540	550	566	566	560	540	540	4.402
<b>Célula 2</b>	272	272	280	292	292	288	272	272	2.240
<b>Célula 3</b>	465	465	465	477	477	465	465	465	3.744
<b>Célula 4</b>	476	476	480	492	492	484	476	476	3.852
<b>Célula 5</b>	530	530	540	560	560	550	530	530	4.330
<b>Total</b>	2.832	2.832	2.870	2.958	2.958	2.908	2.832	2.832	23.022

# PRODUÇÃO

- ▶ **LEAD TIME** – intervalo de tempo entre ...
- MRP** – material requirements planning (plano de requisição de materiais).
- LIFE CYCLE** – ciclo de vida.
- PMP** – planejamento mestre de produção.
- CEP** – controle estatístico do processo.



# 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

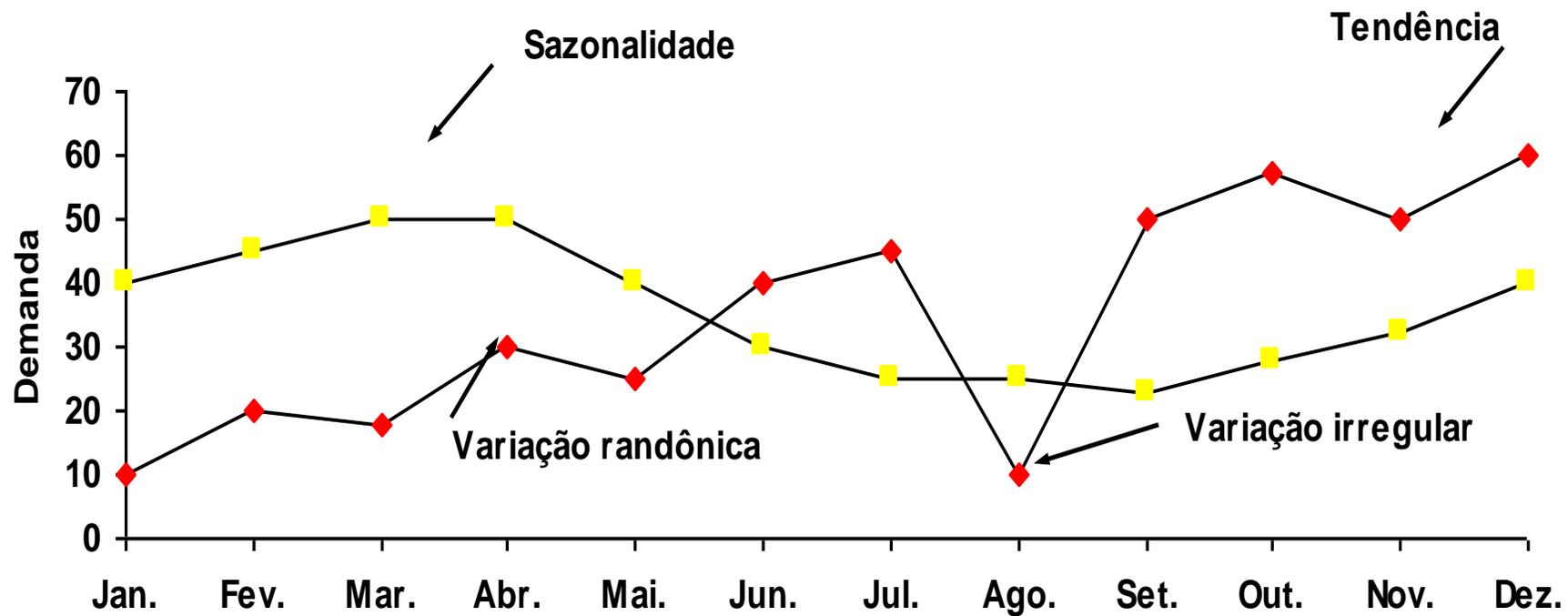
- ▶ Partem do princípio de que a **demanda futura** será uma projeção dos seus **valores passados**, não sofrendo influência de outras variáveis.

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

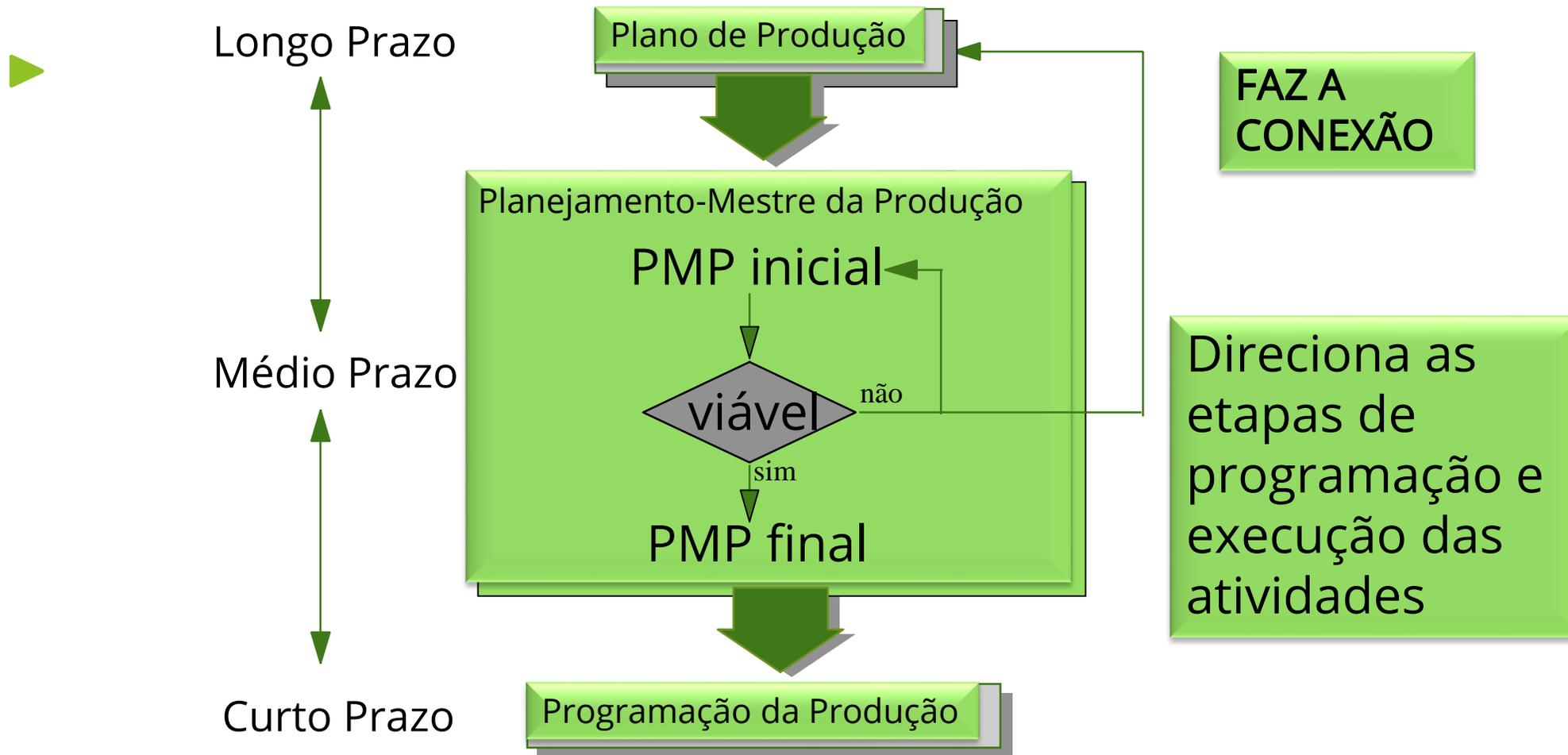
Para se montar o modelo de previsão, é necessário plotar os dados passados e identificar os fatores que estão por trás das características da curva obtida.

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

# PREVISÕES BASEADAS EM SÉRIES TEMPORAIS



# PLANEJAMENTO-MESTRE DA PRODUÇÃO



# 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 estratégico 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.

# ARQUIVO DO PLANO-MESTRE DE PRODUÇÃO

- ▶ 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.

$$100-55(\text{confirmada})=45 \quad \text{----} \quad 45-50(\text{prevista})+100=95$$

		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
Disponível	100	45	95	45	95	35	75	15	55
PMP			100		100		100		100

# ARQUIVO DO PLANO-MESTRE DE PRODUÇÃO

$5+100=105-55(\text{confirmada})=50$  -----  $50-50(\text{prevista})+100(\text{PMP})=100$

		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	

PMP com estoque mínimo de 50

$2-9(\text{confirmada})= -7+10(\text{PMP})=3$  ---- manter 2 de estoque ----  $10(\text{PMP})-5(\text{prevista})=5$

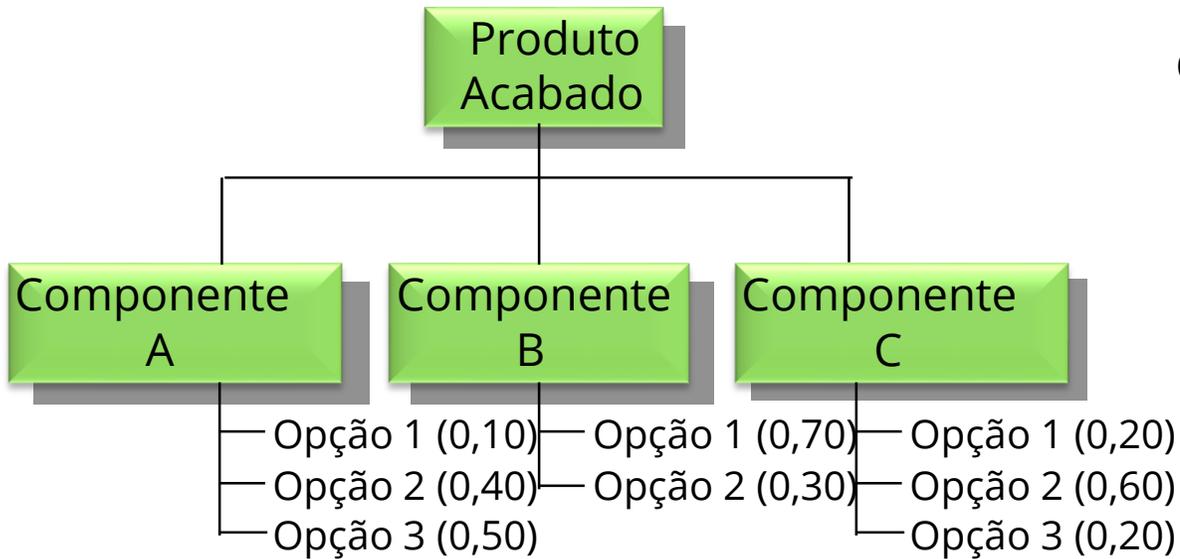
		Julho				Agosto			
		1	2	3	4	1	2	3	4
Demanda prevista		10	10	10	10	10	10	10	10
Demanda confirmada		9	5	3	1	0	0	0	0
Recebimentos Programados		0	0	0	0	0	0	0	0
Estoques Projetados	2	2	2	2	2	2	2	2	2
PMP		10	10	10	10	10	10	10	10
Disponibilidade de entrega		3	5	7	9	10	10	10	10

PMP para itens sob encomenda

# ITENS QUE ENTRAM NO PMP

- ▶ 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?

# ITENS QUE ENTRAM NO PMP



Quantos Produtos Acabados =

$$3 \times 2 \times 3 = 18$$

variedades

$$\text{Componentes} = 3 + 2 + 3 = 8 \text{ variedades}$$

## Previsão de demanda:

Componente A

$$\text{Opção 1} = 500 \times 0,1 = 50$$

$$\text{Opção 2} = 500 \times 0,4 = 200$$

$$\text{Opção 3} = 500 \times 0,5 = 250$$

Componente B

$$\text{Opção 1} = 500 \times 0,7 = 350$$

$$\text{Opção 2} = 500 \times 0,3 = 150$$

Componente C

$$\text{Opção 1} = 500 \times 0,2 = 100$$

$$\text{Opção 2} = 500 \times 0,6 = 300$$

$$\text{Opção 3} = 500 \times 0,2 = 100$$

# O TEMPO NO PMP

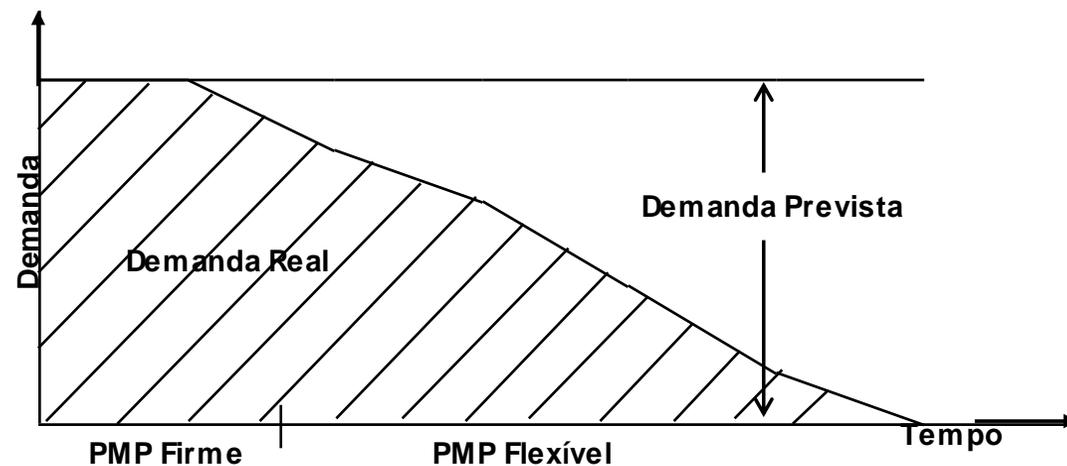
- ▶ O planejamento-mestre da produção trabalha com a variável tempo em duas dimensões.  
Uma é a determinação da unidade de tempo para cada intervalo do plano.  
Outra é a amplitude, ou horizonte, que o plano deve abranger na sua análise.

# O TEMPO NO PMP

- ▶ 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 trabalham-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, a medida em que se afastar da parte firme do plano, passar a usar meses e depois trimestres.

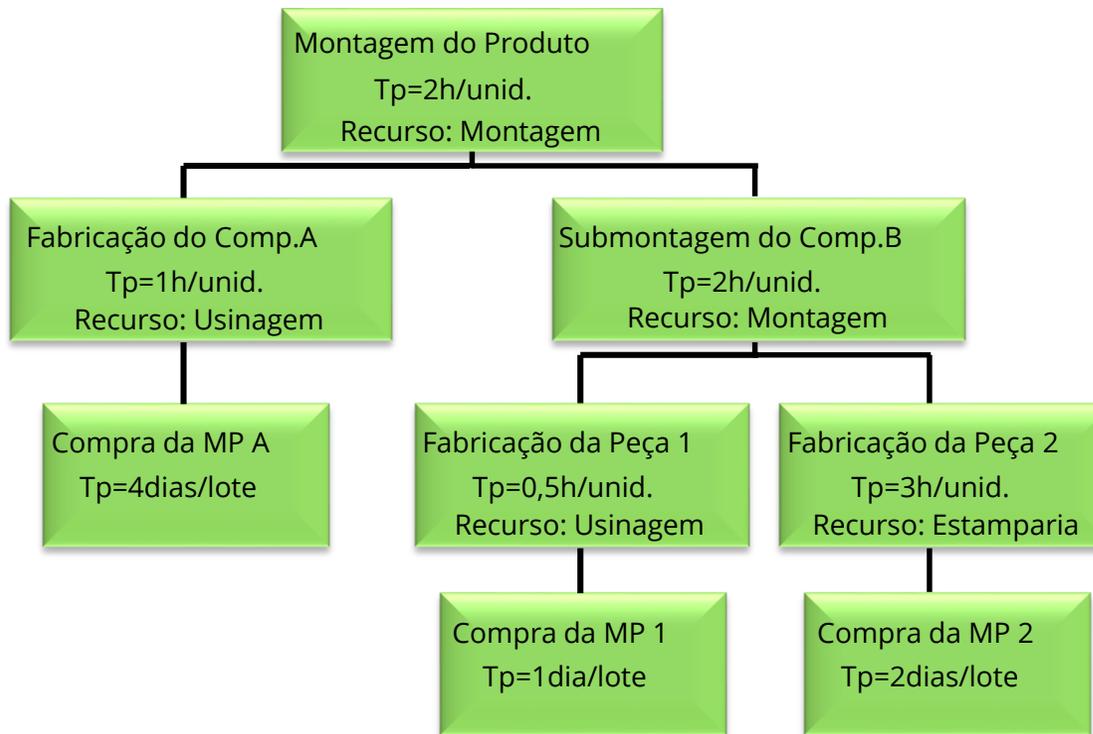
# O TEMPO NO PMP

- ▶ 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.



# O TEMPO NO PMP

- ▶ 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 ?

# SOLUÇÃO

- ▶ 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**

# ANÁLISE DA CAPACIDADE DE PRODUÇÃO

- ▶ A 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.

# ANÁLISE DA CAPACIDADE DE 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<sup>3</sup>/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.

# 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.