

# PMR 3100 - Introdução à Engenharia Mecatrônica

---

## Planejamento do processo de fabricação

Prof. Dr. Paulo Eigi Miyagi (coordenador)

Prof. Dr. José Reinaldo Silva

Prof. Dr. Fabrício Junqueira

Prof. Dr. Rafael Traldi Moura



# Agenda

1. Organização do chão de fábrica
2. Produção síncrona
3. Representação do processo de fabricação



# 1. Chão de fábrica

## Layout funcional

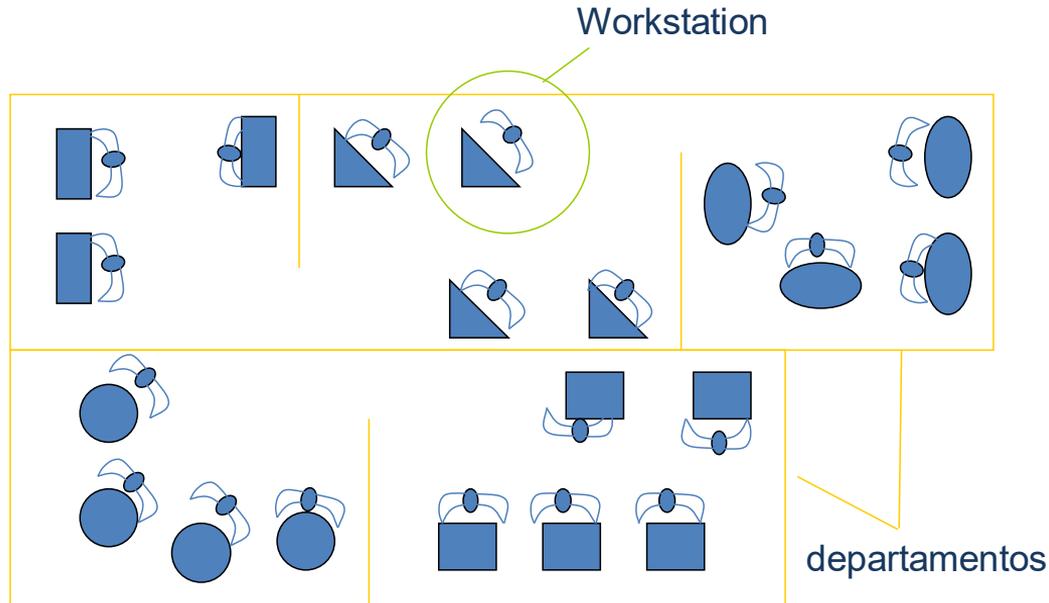
- Nesse tipo de *layout* o maquinário e os processos ficam divididos por tipo, criando um setor com máquinas destinadas a mesma área
- Utilizado quando precisa se produzir em lotes com grande variação de peças
- É possível encontrar esse *layout* em bancos, hospitais e mercados, no qual o cliente é direcionado ao setor específico para a sua necessidade
- Vantagens
  - Grande flexibilidade da produção, uma vez que o produto pode percorrer fluxos diferentes de acordo com a necessidade
  - Supervisão especializada por processo, a redução da vulnerabilidade de máquinas paradas, uma vez que elas estão agrupadas e podem ser substituídas com maior facilidade, e a possibilidade de trabalhar com alto volume de produção



# 1. Chão de fábrica

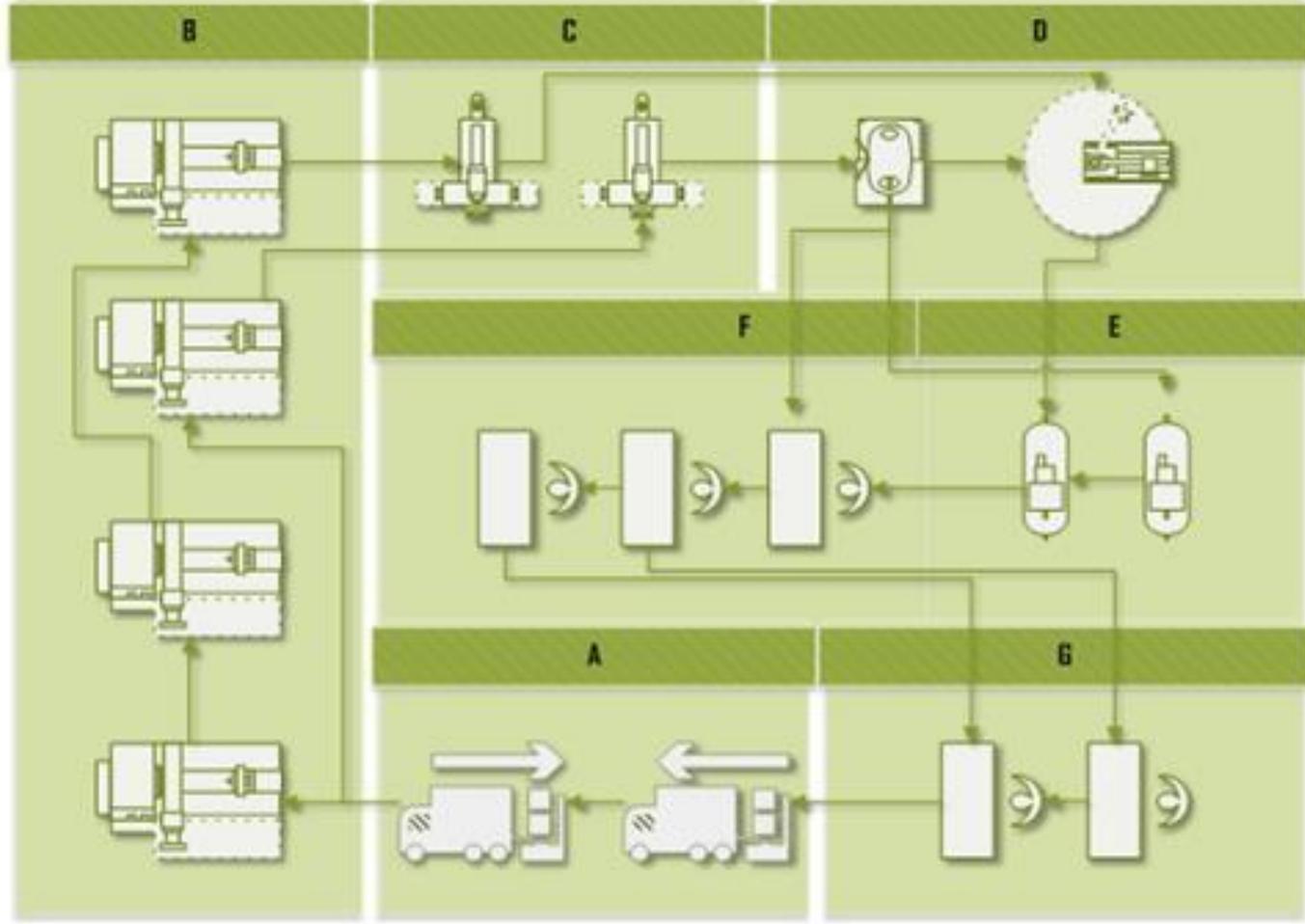
## Layout funcional

- Desvantagens
  - Distância percorrida pela peça ao longo do processo, entre as estações de trabalho, que pode gerar um fluxo complexo
  - Maior área requerida
  - Dificuldade de balanceamento da produção
  - Maior tempo de produção



# 1. Chão de fábrica

## Layout funcional





# 1. Chão de fábrica

## Layout em linha

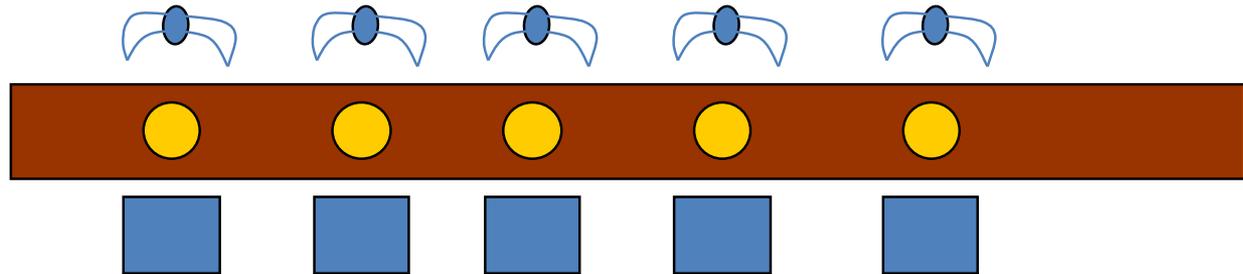
- Também conhecido como layout por produto
- Máquinas são dispostas lado a lado, seguindo a linha de produção, normalmente dedicada à fabricação de um tipo exclusivo de produto
- Tudo acontece sempre da mesma maneira em uma sequência única
- Vantagem
  - A disposição linear favorece a automatização do processo
  - Produção de um grande volume de produtos
  - Melhor controle da produtividade



# 1. Chão de fábrica

## Layout em linha

- Desvantagem
  - Quase impossível realizar adaptações e variações de peças, já que é um sistema fixo
  - O gargalo dita o ritmo de produção





# 1. Chão de fábrica

## Layout celular

- Híbrido entre o *layout* em linha e o funcional
- Cada célula é auto-suficiente e auto-gerenciável e é responsável pela produção de determinado produto ou família de produtos, possuindo todas as ferramentas necessárias para o trabalho
- O processo inteiro é feito em um mesmo local, sem a necessidade de grandes movimentações
- Vantagens
  - Menor distância entre as operações, o que reduz o tempo morto do processo, redução do custo variável de produção, o que barateia o produto, ao mesmo tempo em que permite a produção em massa
  - A padronização das máquinas e o consumo constante de material permitem ter maior controle da produtividade e redução dos estoques

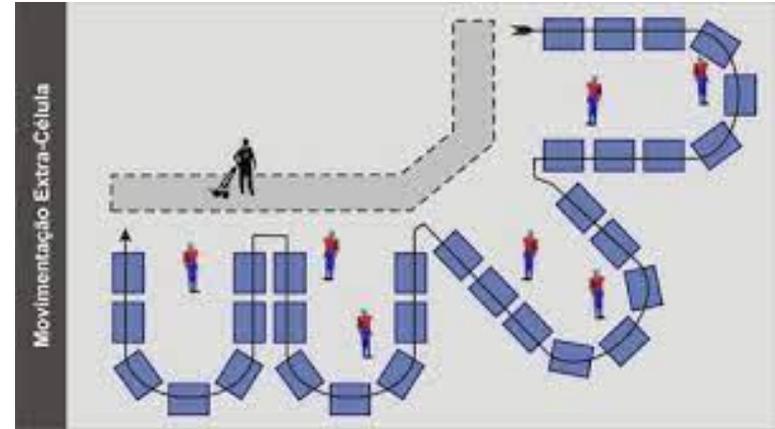
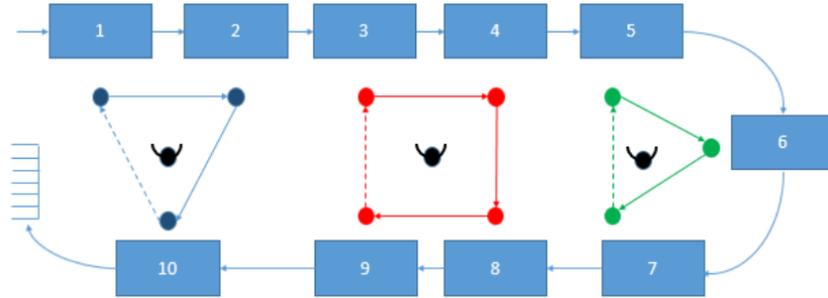


# 1. Chão de fábrica

## Layout celular

- Desvantagens

- Baixa variedade de produtos produzidos, já que a célula é especializada para fazer um produto ou família específico
- O processo em linha dentro da célula faz com que todo o trabalho pare caso haja um problema em uma das áreas
- Complexidade em elaborar o *layout*





# 1. Chão de fábrica

## Layout posicional

- Também conhecido como “*layout* fixo”
- A natureza do produto final determina o *layout*
- O produto permanece parado enquanto os trabalhadores e máquinas se organizam ao redor dele, como na fabricação de aviões de grande portes, foguetes e navios
- Qualquer movimentação do produto pode prejudicar a montagem
- Esse *layout* possui alto valor agregado e baixa produção em termos de volume
- Vantagem
  - Fácil acesso ao produto para fazer as alterações necessárias
  - Possibilidade de terceirização de grande parte do projeto



# 1. Chão de fábrica

## Layout posicional

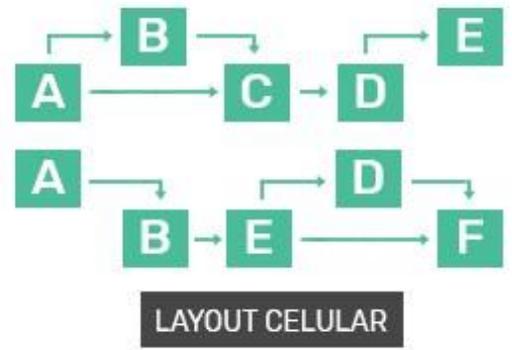
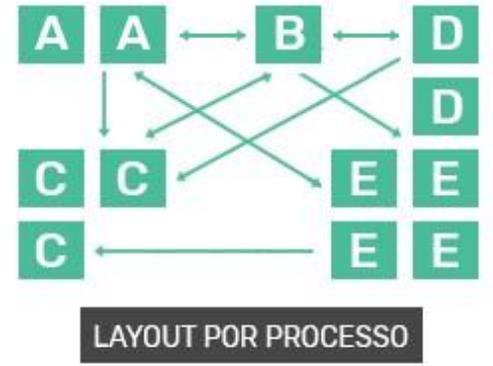
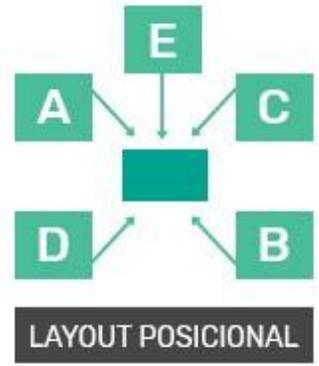
- Desvantagem
  - Alto custo em relação a movimentação do produto
  - Necessidade de galpões e áreas com dimensões proporcionais ao que será produzido
  - Baixo volume de produção e padronização





# 1. Chão de fábrica

## Em resumo



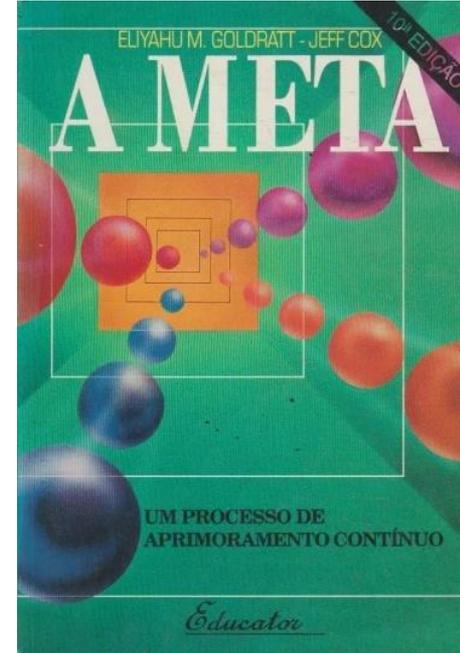


- O que levar em consideração na escolha do *layout*
  - Quantidade do produto a ser produzido
    - Ex: quanto maior for o número de peças a ser produzido, maior será a necessidade que os processos sejam automatizados
  - Variedade de produtos
    - Ex: ao longo do dia, semana ou mês, a indústria irá produzir diferentes tipos de produto
  - Tipo de produto a ser produzido
    - Ex: as características do próprio produto irá influenciar no *layout* industrial a ser escolhido, o tamanho ou a natureza do produto poderá exigir um *layout* diferenciado

## 2. Produção síncrona



- Linhas de produção ou células podem ser organizadas de acordo com os princípios de Produção Síncrona
- Ideias centrais:
  - Fluxo unitário: a cada “intervalo de tempo”, um novo produto é produzido
  - Fluxo contínuo: estoque zero
  - Divisão do trabalho pelas estações





## 2. Produção síncrona

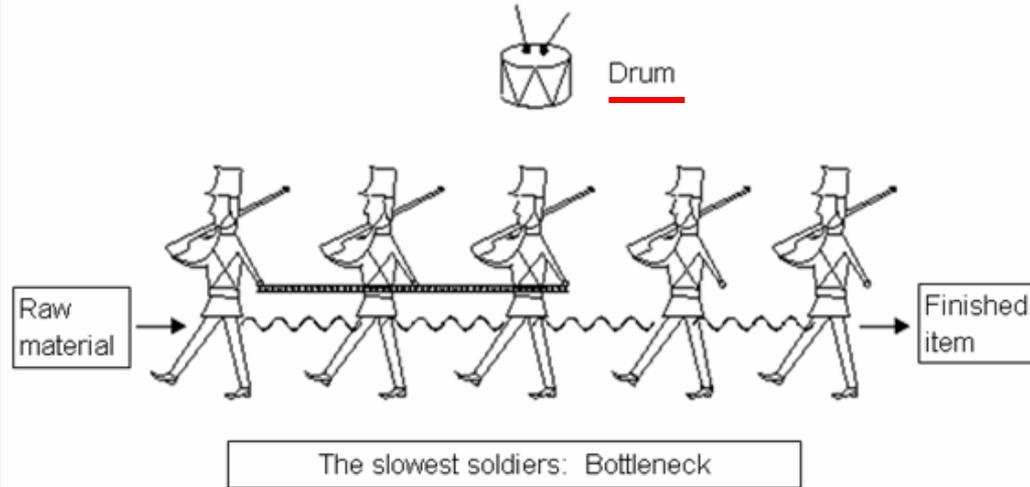
1. Todo sistema tem um gargalo (*bottleneck*)
2. O gargalo se manifesta quando a demanda excede a capacidade de servir
3. A produção (*throughput*) de todo sistema é igual à produção do gargalo
4. Dado que 1/2/3 são verdade, para máxima produção, deve-se manter o gargalo produzindo a 100% da capacidade, com zero defeitos
5. Dado que 4 é verdade, os processos não-gargalo devem trabalhar abaixo da capacidade (ou seja, abaixo dos 100%) para não sobrecarregar o gargalo com lotes (*batches*) grandes demais, que se tornarão estoque (WIP, *work-in-process*)



6. O gargalo muda de acordo com o mix de produção (*shifting bottleneck*)
7. Uma hora perdida no gargalo é uma hora perdida para todo o sistema
8. A produção deve estar ajustada à demanda
9. Uma hora economizada no não-gargalo é uma miragem...

## 2. Produção síncrona

March of soldiers: The slowest soldiers determine the speed of the march.



- \* Synchronizes by beating a drum keeping pace with the slowest soldiers.
- \* Prevents the troop from spreading by tying other soldiers with the slowest soldiers (i.e. bottleneck) by a rope.
- \* The length of the rope provides a buffer and constraint to the range of fluctuation in the speed of each soldier.



- DRUM
  - *Takt time* (do alemão *Taktzeit*, onde *Takt* significa compasso, ritmo e *Zeit* significa tempo, período) é a taxa de produção, ou seja, uma nova peça deve ser produzida neste intervalo de tempo
  - O *Takt time* é o intervalo de batidas do DRUM
  - Se uma fábrica trabalha 9 horas/dia (540 minutos) e a demanda do mercado é de 180 unidades/dia, o *Takt time* é de 3 minutos
  - O *Takt time* é o tempo do gargalo; ou seja, o gargalo deve ser projetado para produzir nesta taxa
  - O objetivo do *Takt time* é alinhar a produção à demanda e não o oposto!!



- BUFFER
  - Coloque um *buffer* na frente do gargalo, para garantir que ele estará sempre alimentado
- ROPE
  - Planeje o momento de entrada das ordens no sistema, para não “sufocar” o gargalo



### 3. Representação do processo de fabricação

- O processo de fabricação deve ser representado em uma folha de processo (*process sheet*)

Operation		<input type="radio"/>							
Transport		<input checked="" type="checkbox"/>							
Inspection		<input type="checkbox"/>							
Storage		<input type="checkbox"/>							
Delay		<input type="checkbox"/>							
Step	Description: DCF capsule line	Distance (feet)	Time (seconds)	Symbol	<input type="checkbox"/>				
1	Setup material on pleater #1								X
2	Pleating process	2	35	X					
3	Repeat step #2 99 times		3465						X
4	Put tub in queue								X
5	Repeat steps 2-4 two times		7000						X
6	Transport to seamer	25		X					
7	Seaming process	3	61	X					
8	Repeat step #7 49 times		2989						X
9	Put tub in queue								X
10	Repeat steps 7-9 two times		6100						X
11	Transport to endcapping	97		X					
12	Endcapping process		53	X					
13	Sample test 5	28			X				
14	Repeat step #12 99 times		2623						X
15	Put tub in queue								X
16	Repeat steps 12, 14, and 15 two times		5300						X
17	Transport to test queue	15		X					
18	Delay at test queue (two days)		172800						X
19	9-station process		510	X					
20	Drying process (four hours)		14400	X					
21	Delay/Transport to release area	4		X					X
22	Transport to module inventory	90		X					
23	Storage at module inventory								X
<b>Totals</b>		<b>264</b>	<b>215336</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>9</b>	
<b>5 value-added elements (operations) of 24 elements</b>									
Total value-added time = 1975 sec. = 32.9 min.									
Total processing time = 215,336 sec. = 59.8 hrs.									
% of value-added time vs. total processing time = 0.9%									





# 3. Representação do processo de fabricação

