

# SEP0201: Projeto da Fábrica

## Conceitos e tipos básicos de layout/arranjo físico

Prof. Kleber Francisco Espôsto

### Objetivo

- ▶ Apresentar aspectos básicos sobre projeto de fábrica e os arranjos físicos tradicionais

### Definições...

- ▶ O termo **arranjo físico** (*layout*) refere-se à configuração de departamentos, de centros de trabalho, e de instalações e equipamentos, com ênfase especial na movimentação otimizada, através do sistema dos elementos aos quais se aplica o trabalho (STEVENSON, 2001);
- ▶ O **arranjo físico** de uma operação produtiva preocupa-se com o posicionamento físico dos recursos de transformação [...], definir o arranjo físico é decidir onde colocar todas as instalações, máquinas, equipamentos e pessoal da produção (SLACK, 2002).

### Importância do projeto da fábrica

- ▶ Um bom projeto de arranjo físico pode visar tanto **eliminar** atividades que **não agregam valor** como **ênfatar atividades que agregam** (CORRÊA; CORRÊA, 2004);
- ▶ **Definição/Implantação/Alteração** do arranjo físico é, frequentemente, uma **atividade difícil e de longa duração** devido às **dimensões físicas de recursos de transformação movidos**;
- ▶ O **re-arranjo físico** de uma operação existente **pode interromper seu funcionamento suave**, levando à insatisfação do cliente ou perdas na produção.

## Importância do projeto da fábrica

- ▶ Os custos de implantação de um bom arranjo ou de um arranjo deficiente podem ser praticamente idênticos. Mas, uma vez implantado um arranjo deficiente, os custos relativos ao rearranjo, interrupção de produção e novos investimentos tornam quase impossível transformá-lo num arranjo eficiente (MUTHER, 1976).

## Decisões sobre o layout

- ▶ Quando se decide sobre o layout?
  - Durante o projeto de novas instalações;
  - Quando se reformulam projetos de instalações preexistentes;
    - A ineficiência das operações (por custos elevados, pela existência de restrições ao fluxo);
    - Acidentes, ou risco à integridade física e à segurança;
    - Mudança no projeto de produtos e serviços;
    - Introdução de novos produtos e serviços;
    - Mudanças no volume de produção, ou no mix (composição) de produtos;
    - Mudanças nos métodos ou nos equipamentos;
    - Mudanças em requisitos ambientais ou outros, de ordem legal;
    - Problemas relacionados com o moral do pessoal (por exemplo, falta de contato face a face).

## Decisões sobre o layout (cont.)

- ▶ Decisões muito importantes, basicamente porque:
  - Demandam investimentos substanciais de dinheiro e esforço;
  - Envolvem comprometimento de longo prazo – difícil contornar a posteriori os erros que porventura tenham sido cometidos;
    - Se o arranjo físico (examinado a posteriori) estiver ruim/errado, pode levar a padrões de fluxo excessivamente longos, estoque de materiais, filas de clientes formando-se ao longo da operação, tempos de processamento desnecessariamente longos, operações inflexíveis, fluxos imprevisíveis e altos custos;
  - As decisões têm um impacto significativo sobre o custo e a eficiência das operações de curto prazo.

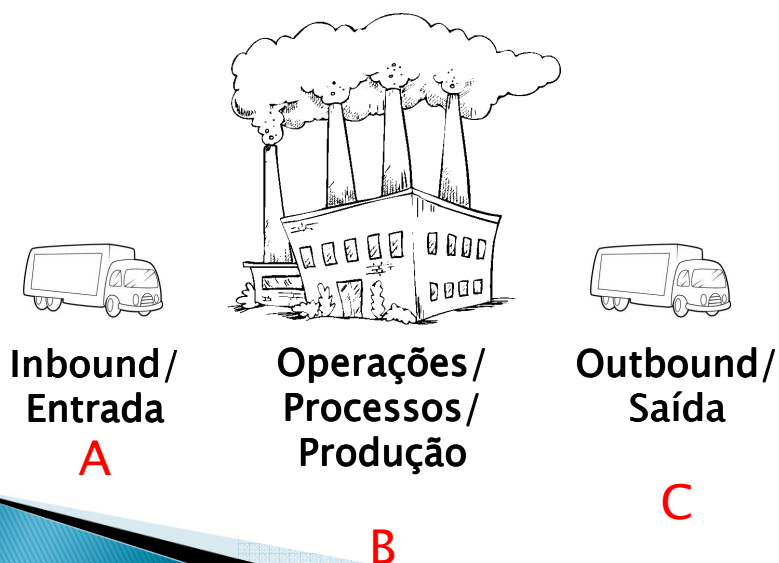
## Um bom arranjo físico deve...

- ▶ **Minimizar os custos** de manuseio e movimentação interna de materiais;
- ▶ **Utilizar o espaço físico** disponível **de forma eficiente**;
- ▶ **Apoiar o uso eficiente da mão-de-obra**, evitando que esta se movimente desnecessariamente;
- ▶ **Facilitar a comunicação** entre as pessoas envolvidas na operação;
- ▶ **Reduzir tempos de ciclo** dentro da operação, garantindo **fluxos mais linearizados**, sempre possível e coerente com a estratégia;

### Um bom arranjo físico deve... (cont.)

- ▶ **Facilitar a entrada, saída e movimentação** dos fluxos de **pessoas e de materiais**;
- ▶ **Facilitar manutenção** dos recursos, garantindo fácil acesso;
- ▶ **Facilitar acesso visual às operações**, quando adequado;
- ▶ **Incorporar medidas de qualidade** (por exemplo, respeitando distâncias entre setores que produzam produtos que possam ser contaminados um pelo outro) e **atender a exigências legais de segurança no trabalho** (por exemplo, mantendo isolado setores que possam necessitar de proteção especial do trabalhador).

### Pontos a serem observados no projeto de uma fábrica



### **Pontos a serem observados no projeto de uma fábrica (cont.)**

#### **Inbound/Entrada (A):**

- ▶ Local para movimentação e manobra de caminhões;
- ▶ Local para manobra e movimentação de empilhadeiras;
- ▶ Local para descarga de caminhões;
- ▶ Local para separação de componentes/matérias-primas;
- ▶ Local para espera/testes/análises/controles de entrada;
- ▶ Local para armazenamento de matéria-prima.

### **Pontos a serem observados no projeto de uma fábrica (cont.)**

#### **Operações/Processos/Produção (B):**

- ▶ Definição do fluxo percorrido pelas peças e produto;
- ▶ Definição de corredores para pessoas;
- ▶ Definição de corredores para empilhadeiras, carrinhos transportadores, etc.;
- ▶ Definição do espaço necessário para as máquinas;
  - Área de entrada de matéria-prima;
  - Área necessária para o operador desempenhar as atividades;
  - Área necessária para o produto fabricado no posto de trabalho;
  - Área necessária para a realização da manutenção;

### **Pontos a serem observados no projeto de uma fábrica (cont.)**

#### **Operações/Processos/Produção (B):**

- ▶ Posicionamento de algumas áreas (áreas de convívio, áreas de gestão à vista, quadros de acompanhamento/report etc.);
  - Posicionamento de cabines de pintura: não podem estar próximas de locais que geram faíscas, como atividades de solda; não podem estar próximas a locais que geram poeiras para que não ocorram contaminação, ex.: atividades de lixamento;
  - As áreas de escritório não devem estar próximas a locais com níveis de ruído elevados – desenvolver sistemas de isolamento acústico; outros impactos – vibração, por exemplo.

### **Pontos a serem observados no projeto de uma fábrica (cont.)**

#### **Outbound/Saída (C):**

- ▶ Local para armazenagem de produto acabado;
- ▶ Local para movimentação e manobra de caminhões;
- ▶ Local para manobra e movimentação de empilhadeiras;
- ▶ Local para separação/montagem de cargas;
  - Espaço físico;
  - Organização carga/produto/cliente;
  - Sequência/rota de entrega;
  - Segurança;
- ▶ Local/recursos/estrutura para carregamento de caminhões – docas.

**Pontos a serem observados no projeto de uma fábrica – segundo Camarotto (2006)**

**A. Informações gerais sobre a empresa**

- ▶ A1. tamanho, produto;
- ▶ A2. nível de produção atual e futuro;
- ▶ A3. terrenos e capital disponível;
- ▶ A4. tipos de matéria prima e condições gerais do processo;

**B. Informações sobre o produto**

- ▶ B1. características físicas e geométricas;
- ▶ B2. manipulação e armazenamento;
- ▶ B3. condições de qualidade;
- ▶ B4. partes componentes.

**Pontos a serem observados no projeto de uma fábrica – segundo Camarotto (2006) (cont.)**

**C. Informações sobre o processo**

- ▶ C1. diagramas de operação e montagem;
- ▶ C2. Roteiros de produção (*worksheets*) e tempos de operação;
- ▶ C3. estoques e transportes;
- ▶ C4. outras informações;

**D. Informações sobre pessoas e serviços auxiliares**

- ▶ D1. pessoal necessário;
- ▶ D2. serviços administrativos e auxiliares.



## Pontos a serem observados no projeto de uma fábrica – segundo Camarotto (2006) (cont.)

### E. Informações sobre equipamento

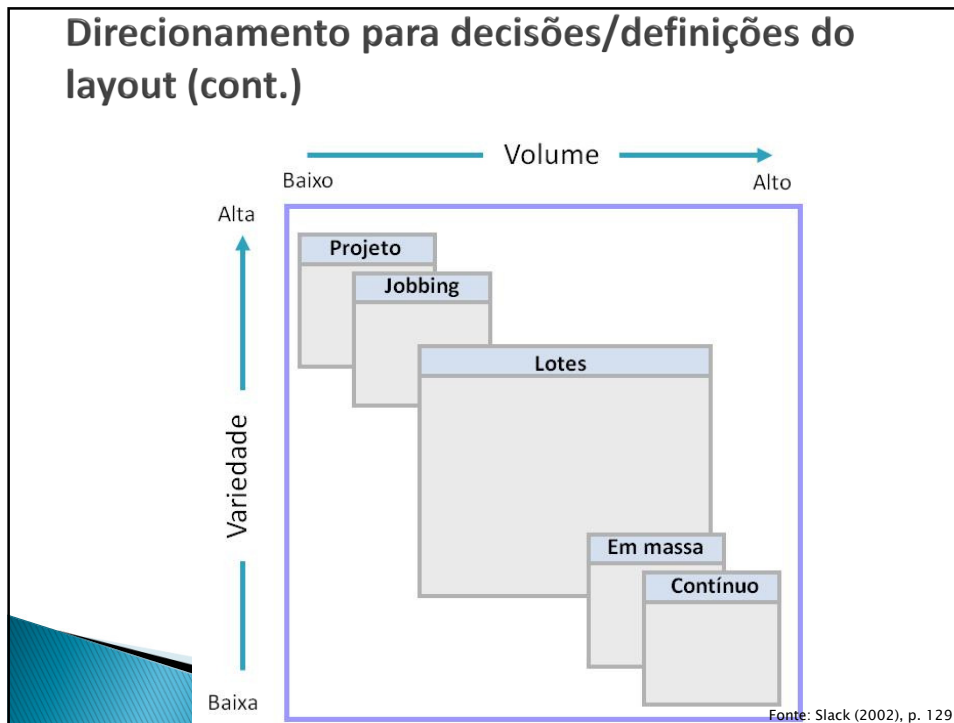
- ▶ E1. lista completa de equipamentos e “templates”;
- ▶ E2. características de operação;
- ▶ E3. custo dos equipamentos;

### F. Informações gerais financeiros

- ▶ F1. preço final do produto;
- ▶ F2. estrutura de custos;
- ▶ F3. preço do terreno e custo de urbanização e construção.

## Direcionamento para decisões/definições do layout

- ▶ Alinhamento/desdobramento pela estratégia da organização (Corporativa, Unidade de Negócio, **Funcionais**);
- ▶ Tipos de processos:
  - contínuo, repetitivo e intermitente;
  - efeito das **dimensões volume e variedade de produção**.



### Tipos clássicos/tradicionais de layout

- ▶ Layout posicional (ou de posição fixa);
- ▶ Layout por processo (funcional ou departamental);
- ▶ Layout por produto (ou em linha);
- ▶ Layout celular (células de manufatura).

### Tipos clássicos/tradicionais de layout

- ▶ **Layout posicional (ou de posição fixa);**
- ▶ Layout por processo (funcional ou departamental);
- ▶ Layout por produto (ou em linha);
- ▶ Layout celular (células de manufatura).

### Layout posicional (ou de posição fixa)

- ▶ O item trabalhado permanece estacionário: os trabalhadores, materiais e equipamentos são deslocados conforme a necessidade;
- ▶ A natureza do produto dita este tipo de disposição;
  - Peso, dimensões, forma, ou alguns outros fatores fazem com que seja impossível, inconveniente ou extremamente difícil movimentar o produto;
- ▶ Utilizado em projetos de grandes empreendimentos;
  - Ex.: navios, usinas, estruturas prediais;

## Layout posicional (ou de posição fixa) (cont.)

- ▶ Pontos de atenção/necessidades:
  - Entrega pontual de materiais e alocação pontual de equipamentos;
  - São necessários esforços especiais para coordenar as atividades – a tolerância de controle pode ser bastante estreita:
    - Numerosas e diversificadas atividades;
    - Ampla faixa de habilidades requeridas.
- ▶ Os custos administrativos são, frequentemente, mais elevados do que seriam sob outra condição de arranjo físico.

## Layout posicional (ou de posição fixa)

Ilustração

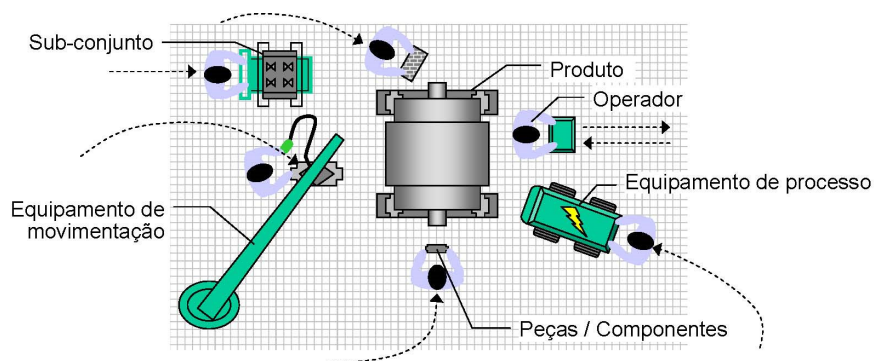


Figura: Prof. Dr. Dario Ikuo Miyake –PRO / EPUSP

## Layout posicional (ou de posição fixa) (cont.)

### ▶ Exemplos:



## Layout posicional (ou de posição fixa)

### Características:

- ▶ Movimentação reduzida de material;
- ▶ Aumento da movimentação de pessoal e equipamentos;
- ▶ Pode resultar em equipamentos duplicados;
- ▶ Requer grande habilidade do pessoal;
- ▶ Pode resultar em aumento de espaço e grande material em processo;
- ▶ Requer grande atenção no controle e na programação da produção;
- ▶ Baixo volume de produção (quantidade de produtos fabricados);
- ▶ Grande flexibilidade que permite alterações no projeto do produto, no volume da produção e até no tipo de produto (ETO).

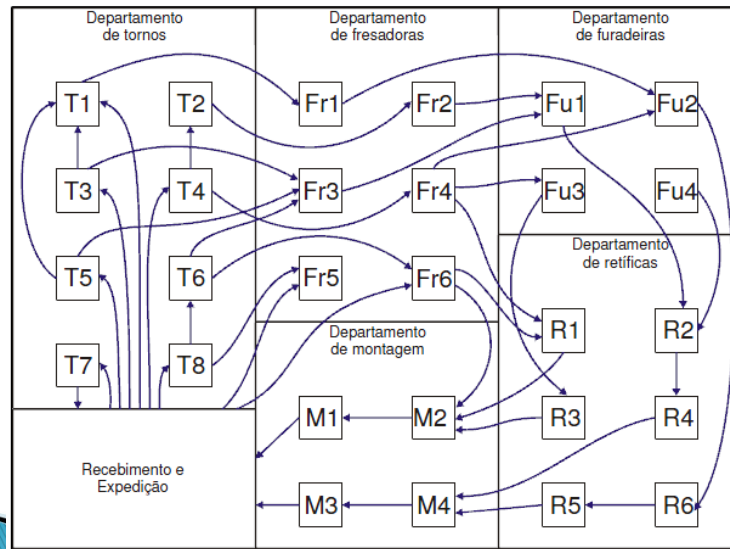
### Tipos clássicos/tradicionais de layout

- ▶ Layout posicional (ou de posição fixa);
- ▶ **Layout por processo (funcional ou departamental);**
- ▶ Layout por produto (ou em linha);
- ▶ Layout celular (células de manufatura).

### Layout por processo (funcional ou departamental) (cont.)

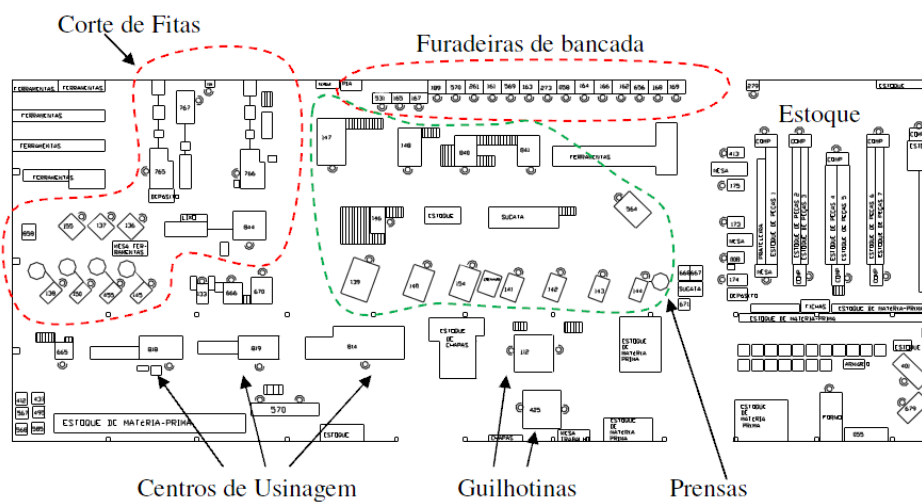
- ▶ Os recursos transformadores são dispostos/agrupados pela semelhança de operação/função que executam;
- ▶ Os produtos se deslocam pelos diferentes recursos para serem processados;
  - Itens movidos em lotes de uma área a outra;
- ▶ São necessários equipamentos de trajetória ou percurso variável para a movimentação de materiais (empilhadeiras de garfos, carrinhos de transporte, caçambas, etc):
  - Produtos diferentes: requisitos de processamento e sequências de operação diferentes
- ▶ Máquinas de uso geral:
  - Flexibilidade necessária para lidar com uma ampla faixa de requisitos de processamento;
  - Trabalhadores geralmente especializados.

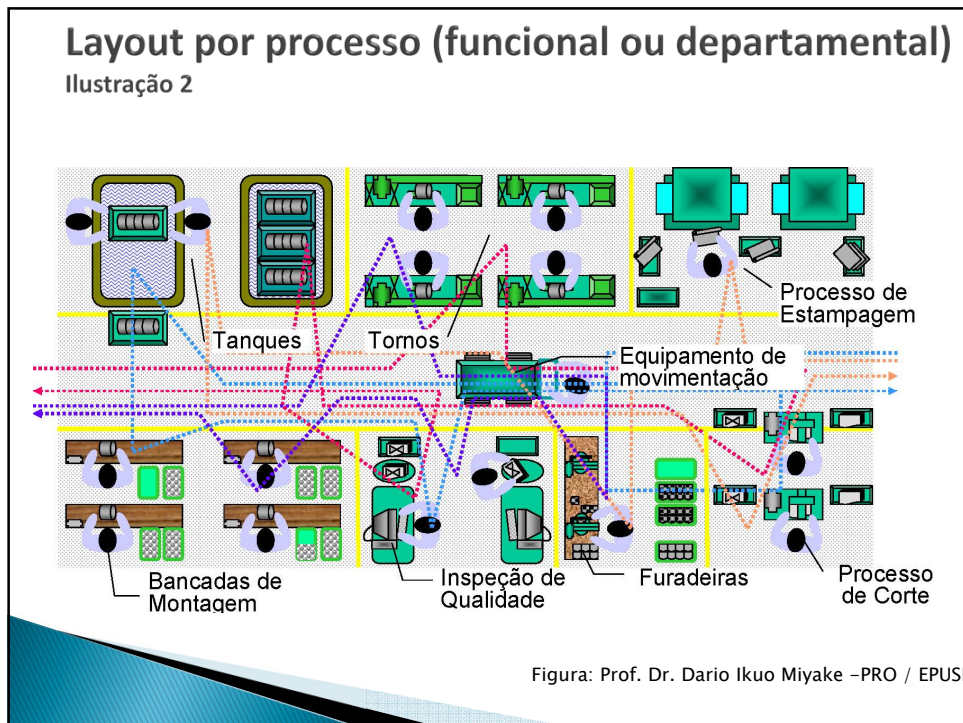
### Layout por processo (funcional ou departamental) (cont.)



Adaptado de Black (1991, p.55)

### Layout por processo (funcional ou departamental) Ilustração 1







### Layout por processo (funcional ou departamental) (cont.)

▶ Vantagens:

- Possibilidade de se atender a uma maior variedade de requisitos de processamento (mix de produção);
- Flexibilidade para mudança nos produtos;
- Não são muito vulneráveis à falhas dos equipamentos;
- Equipamentos de uso geral tem, normalmente, custo mais baixo do que os equipamentos de uso especial.

▶ Desvantagens:

- Os custos dos estoques em processamento (WIP) são usualmente altos;
- Complexidade na roteirização e programação (otimização) da produção;
- Complexidade para definição de padrões de desempenho;
- A movimentação dos materiais tende a ser lenta e ineficiente;
- É necessária atenção especial para cada produto ou cliente;
- As funções de contabilidade, compras e controle de estoques são muito exigidas.

### Layout por processo (funcional ou departamental) (cont.)

Existe um **trade-off** em relação ao layout funcional, pois este: “**privilegia a flexibilidade dos fluxos** (permite, por exemplo, que independente da preferência ou necessidade do cliente de percorrer diferentes trajetos, mais longos ou mais curtos todos possam ser acomodados), **à custa da eficiência**, pois as **distâncias percorridas tendem a ser longas** onerando todo desempenho e, **consequentemente, o lead time** (CORRÊA; CORRÊA, 2004).

### Tipos clássicos/tradicionais de layout

- ▶ Layout posicional (ou de posição fixa);
- ▶ Layout por processo (funcional ou departamental);
- ▶ **Layout por produto (ou em linha);**
- ▶ Layout celular (células de manufatura).

### Layout por produto (ou em linha)

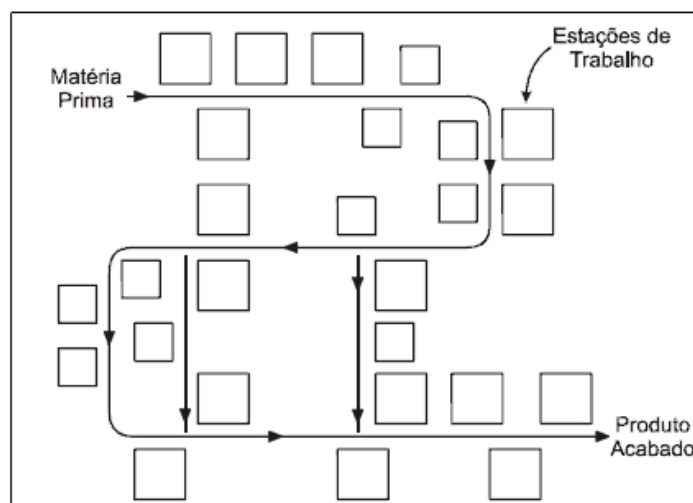
- ▶ Consiste em se configurar o arranjo físico para corresponder aos requisitos de processamento do produto;
- ▶ Envolvimentos de poucos itens muito semelhantes (padronizados), as vezes apenas um único, com alto volume;
- ▶ Com frequência é possível a utilização de equipamento com percurso fixo para a movimentação de materiais entre as operações;
  - Ex.: correias transportadoras, esteiras rolantes, tubulações;

### Layout por produto (ou em linha) (cont.)

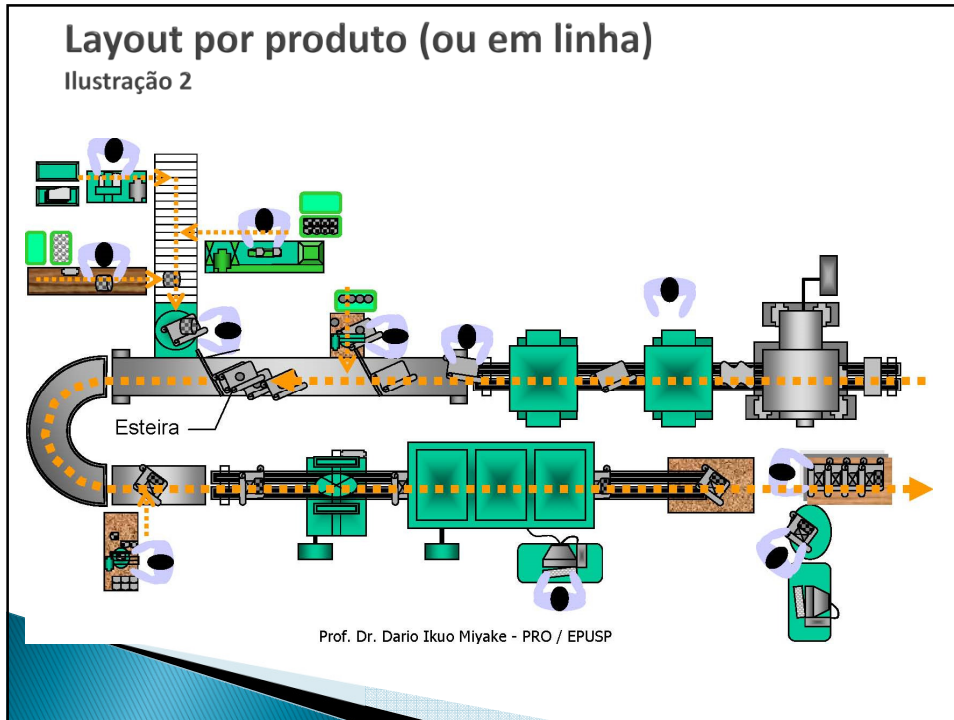
- ▶ O sistema é altamente vulnerável a paralisações;
  - Operações muito vinculadas;
  - Falhas mecânicas ou absenteísmo;
- ▶ Alto grau de utilização da mão-de-obra e do equipamento;
  - Tende a contrabalançar seus elevados investimentos em equipamentos;
- ▶ Disposição resultante forma uma linha que em ambientes industriais são comumente denominadas **linhas de produção\_ou linhas de montagem.**

### Layout por produto (ou em linha)

Ilustração 1



Adaptado de Groover (1987, p.29)



### Layout por produto (ou em linha) (cont.)

► Exemplos:



### Layout por produto (ou em linha) (cont.)

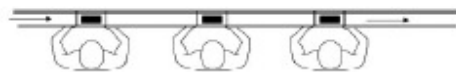
▶ **Vantagens:**

- Maior velocidade de produção;
- Custos unitários menores devido ao volume elevado;
- Baixo custo unitário de movimentação de materiais;
- Alto grau da utilização da mão-de-obra e do equipamento;
- Roteiro e programação estabelecidos no projeto inicial do sistema;
- As funções de contabilidade, compras e controle de estoques são rotineiras.

▶ **Desvantagens:**

- A divisão intensiva do trabalho geralmente cria funções monótonas – acarretam moral baixo e estresse;
- O sistema é pouco flexível (mudanças de volume ou projeto do produto / processo);
- O sistema é altamente suscetível a paralisações (falhas ou absenteísmo).

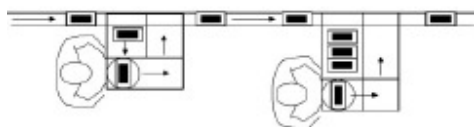
### Layout por produto (ou em linha) (cont.)



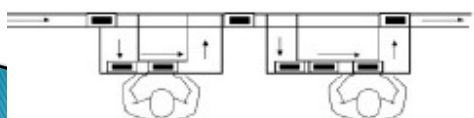
*Layout em linha sem pulmão*



*Layout em linha com terminal sem pulmão*



*Layout em linha com terminal com pulmão*



### Tipos clássicos/tradicionais de layout

- ▶ Layout posicional (ou de posição fixa);
- ▶ Layout por processo (funcional ou departamental);
- ▶ Layout por produto (ou em linha).
- ▶ **Layout celular (células de manufatura).**

### Layout celular (células de manufatura)

- ▶ Alternativa intermediária entre o layout por processo (funcional) e o layout por produto (linha);
- ▶ Máquinas diferentes (funções diferentes) arranjadas em um só local (células) de forma a poderem executar todas as etapas de fabricação de uma família de produtos;
- ▶ A formação das famílias de produtos se baseia no conceito de tecnologia de grupo:
  - Itens que possuem algumas características físicas (tamanho, forma, função) ou de fabricação (tipo e sequência de operações de fabricação) comuns;

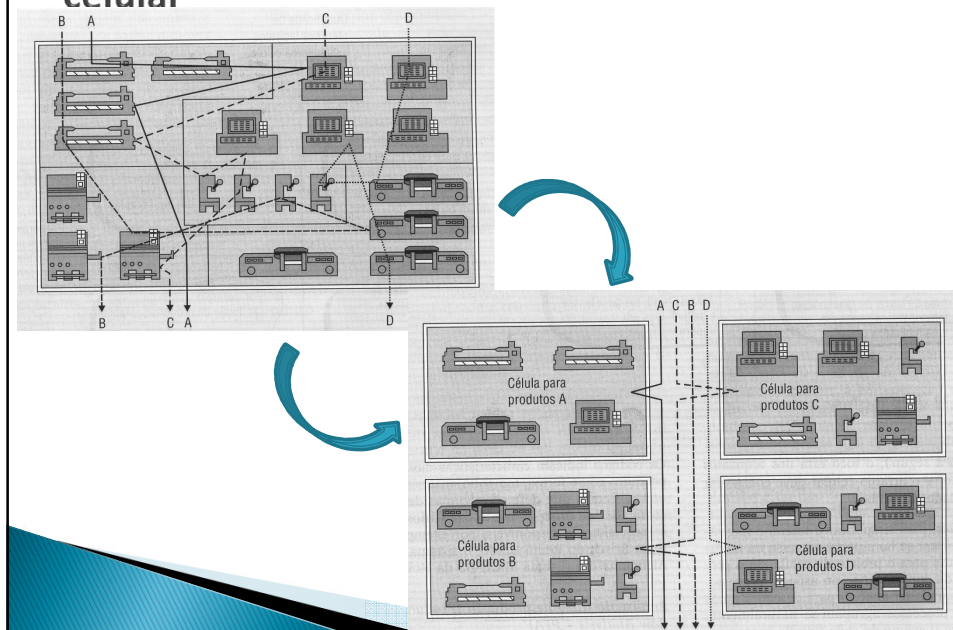
## Layout celular (células de manufatura) (cont.)

- ▶ Método comumente usado: análise do fluxo de produção:

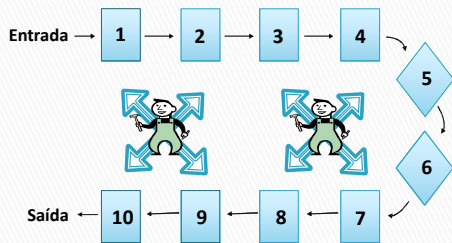
	Etapas de Montagem & Equipamentos								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
PRODUTOS	A	X	X	X		X	X		
	B	X	X	X	X	X	X		
	C	X	X	X		X	X	X	
	D		X	X	X			X	X
	E		X	X	X			X	X
	F	X		X		X	X	X	
	G	X		X		X	X	X	

Uma Família de Produtos

## De Layout por processo (funcional) para Layout celular



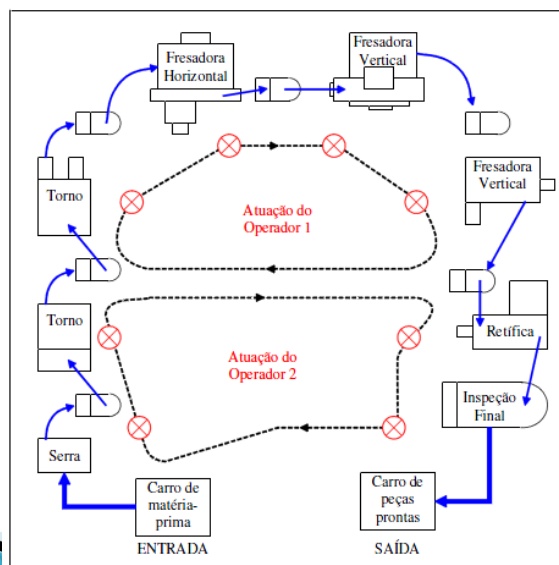
## Layout em “U” – linhas e células



### ▶ Vantagens:

- Menos problemas para o deslocamento de trabalhadores e veículos pela a linha;
- É mais compacta – requer frequentemente cerca da metade do tamanho de uma linha de produção retilínea;
- Permite uma aumento de comunicação entre os trabalhadores da linha – facilita o trabalho em equipe;
- Entrada e saída de materiais atendidos em um mesmo corredor (desvantagem?).

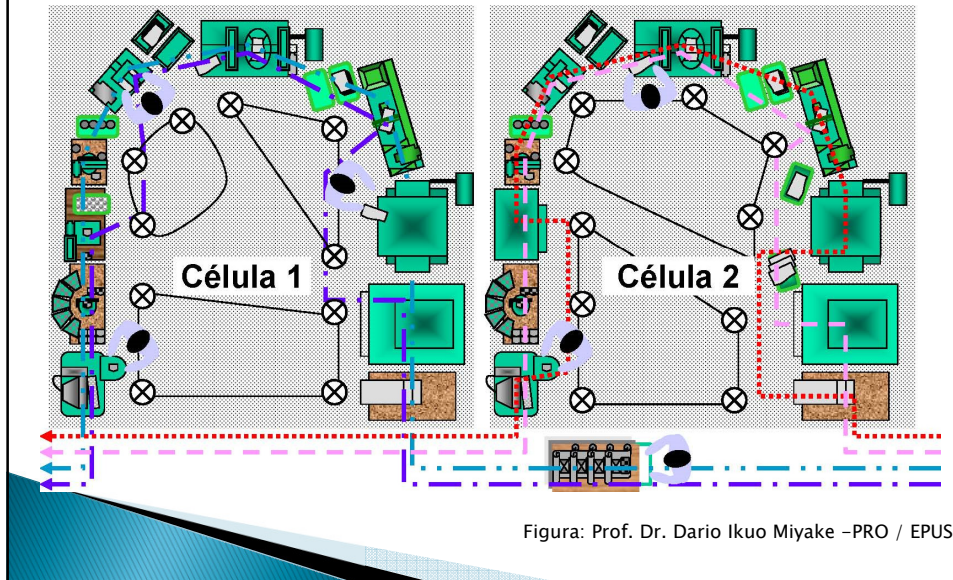
## Layout celular (células de manufatura) (cont.)



Adaptado de Black (1991, p.93)



### Layout celular (células de manufatura) (cont.)



### Layout celular (células de manufatura)

#### ▶ Vantagens:

- Grande flexibilidade para variações de demandas e tamanhos de lotes;
- Facilidade no transporte de produtos – arranjo na sequência do processo;
- Aumenta flexibilidade de pessoal pelo uso de grupos multifuncionais;
- Pouco estoque de materiais em processo (WIP);
- Maiores oportunidades para ajuda mútua em uma célula;

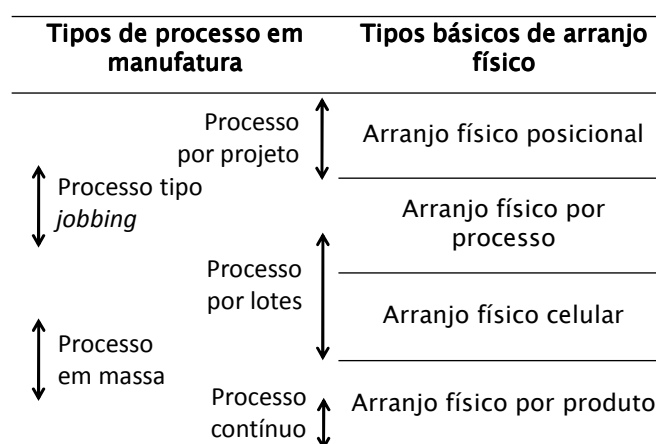
#### ▶ Desvantagens:

- Média flexibilidade para variação de produtos;
- Necessidade de treinamento dos operadores em múltiplas funções;
- O senso de responsabilidade pode “pesar” para o operador.

### Considerações sobre os tipos tradicionais de layout

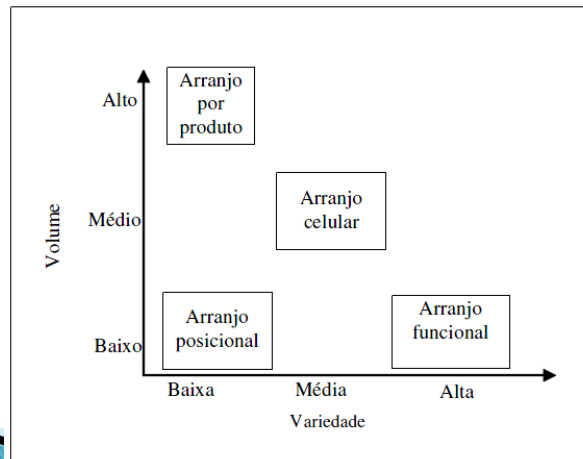
- ▶ Divisão considerada para fins didáticos;
- ▶ Dificilmente existem fábricas/operações que adotam um único desses tipos de layout tradicionais;
  - Necessidade de instalações especiais
    - Estrutura especial para o processo (fundações para prensas, tubulações para líquidos, característica do próprio processo (ex. pintura));
  - Volume de produção/Demanda requerida;
- ▶ Na prática, comumente se encontra a adoção conjunta e combinada desses tipos de layout - Layout misto ou híbrido;
  - Exemplo: linha de montagem abastecida por várias células de fabricação ou pré-montagem de componentes e conjuntos.

### Tipos de processos *versus* tipos de layout



### Tipos de processos *versus* tipos de layout (cont.)

- ▶ Classificação dos arranjos físicos tradicionais segundo volume-variedade produzidos



### Comparação

	Vantagens	Desvantagens
Posicional Posição Fixa		
Por Processos Funcional		
Por Produto Linha		
Celular		

Comparação		
	Vantagens	Desvantagens
<b>Posicional</b> <b>Posição Fixa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ flexibilidade: produto e mix</li> <li>■ produto não se move</li> <li>■ variedade de tarefas para a equipe é alta</li> <li>■ colaborador conhece o trabalho como um todo: aumenta a sua responsabilidade;</li> <li>■ investimento baixo na planta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ custos unitários: altos</li> <li>■ dificulta a programação</li> <li>■ alta movimentação na planta</li> </ul>
<b>Por Processos</b> <b>Funcional</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ flexibilidade: produto e mix</li> <li>■ relativa robustez: rupturas</li> <li>■ relativa facilidade: supervisão</li> <li>■ compartilhamento no uso dos equipamentos</li> <li>■ melhor controle de processo complexos ou precisos</li> <li>■ acompanhamento individual do colaborador</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ flexibilidade: produto e mix</li> <li>■ filas: produtos – clientes</li> <li>■ movimentação: alta</li> <li>■ programação e controle da produção: difícil</li> </ul>
<b>Por Produto</b> <b>Linha</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ baixo custo para grandes volumes</li> <li>■ movimentação facilitada</li> <li>■ especialização: equipamento</li> <li>■ tempo total de produção: menor</li> <li>■ quantidade de material em processo: menor</li> <li>■ acompanhamento de grupos de colaboradores</li> <li>■ simplicidade de controles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Baixa flexibilidade: produto e mix</li> <li>■ Pouco robusto: ruptura</li> <li>■ trabalho repetitivo: desmotivação</li> </ul>
<b>Celular</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ custo x flexibilidade x variedade</li> <li>■ processamento rápido</li> <li>■ favorece qualidade</li> <li>■ tempo de trabalho: motivação, trabalho diversificado</li> <li>■ controles e movimentação simplificada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Exige supervisão geral</li> <li>■ geralmente demanda: mais espaços e equipamentos</li> <li>■ balanceamento: entre e intra células</li> </ul>

## Outros tipos de layout

- ▶ Mini-fábricas (layout modular);
- ▶ Layout fictício – para um produto fictício;
- ▶ Layout de armazéns e Centros de Distribuição (CDs);
- ▶ Layout de escritórios.

## Demais considerações importantes nas definições do Layout

- ▶ Segurança inerente - os processos que podem representar perigo, tanto para a mão-de-obra como para os clientes, não devem ser acessíveis a pessoas não autorizadas;
- ▶ Clareza de fluxo - todo o fluxo de materiais e clientes deve ser sinalizado de forma clara e evidente para clientes e para mão-de-obra;
- ▶ Conforto da mão-de-obra - o arranjo físico deve prover um ambiente de trabalho bem ventilado, iluminado, livre de ruídos exagerados e demais situações degradantes;
- ▶ Coordenação gerencial - supervisão e coordenação devem ser facilitados pela localização da mão-de-obra e dispositivos de comunicação;
- ▶ Acesso - todas as máquinas, equipamentos e instalações devem estar acessíveis para permitir adequada limpeza e manutenção;
- ▶ Flexibilidade de longo prazo – visão e expectativa em relação às potenciais necessidades futuras da operação.

## Referências

- ▶ CAMAROTTO, J. A. **Projeto de Unidades Produtivas: Apostila**. Disponível em <[http://www.simucad.dep.ufscar.br/apostila\\_projeto\\_fabrica.pdf](http://www.simucad.dep.ufscar.br/apostila_projeto_fabrica.pdf)>. Acesso em 22 jan. 2010.
- ▶ MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P.; **Administração da produção**. 2a. Edição. São Paulo: Saraiva, Cap. 5, pp. 135 – 168, 2005.
- ▶ ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício**. São Paulo: Lean Institute Brasil, v. 1.2, 1999. 100 p.
- ▶ SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 2a. Edição. São Paulo: Atlas, Cap. 7, pp. 200 – 239, 2002.
- ▶ STEVENSON, W. J. **Administração das operações de produção**. Rio de Janeiro: LTC, Cap. 6, pp. 199 – 231, 2001.