



Arranjo Físico (Layout)

Projeto do Arranjo Físico (Layout)

Projetar um arranjo físico é decidir onde colocar todas as instalações, máquinas, equipamentos e pessoal de produção.

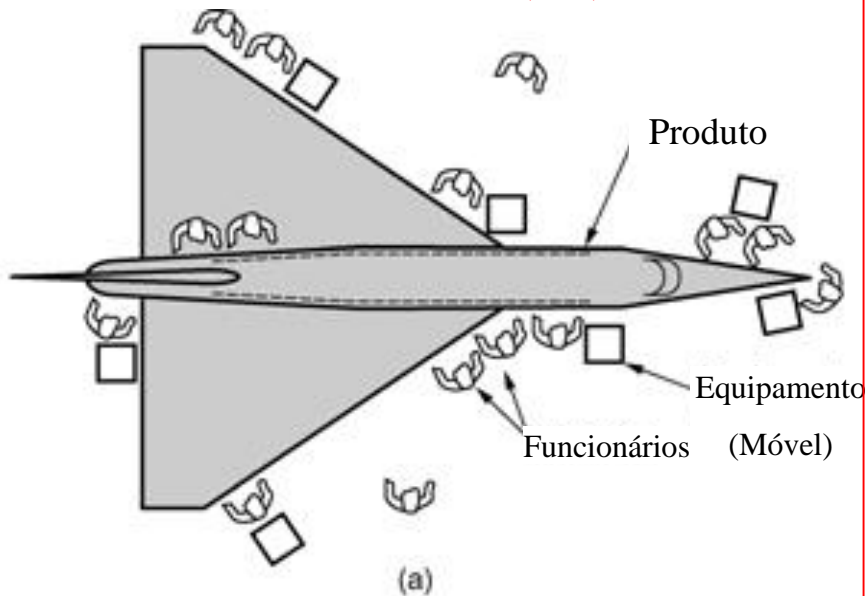
O arranjo físico determina a maneira pela qual os recursos transformados - materiais, informação e clientes - fluem através da operação.

Tipos Básicos de Arranjo Físico

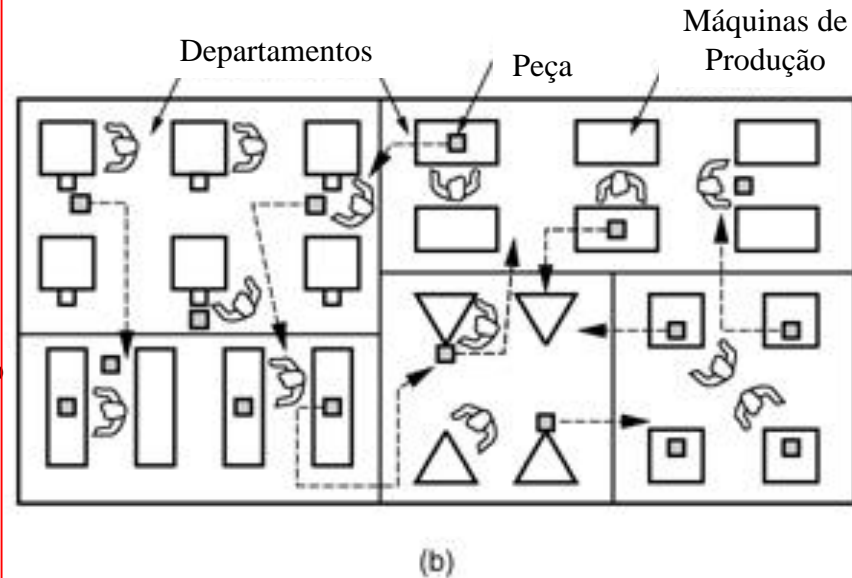
- Posicional (posição fixa)
- Por Produto (em linha)
- Celular (família)
- Por Processo (funcional)

Tipos de Layout

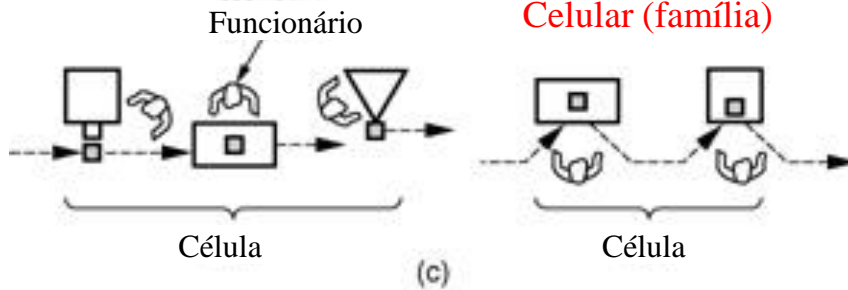
Posicional (fixo)



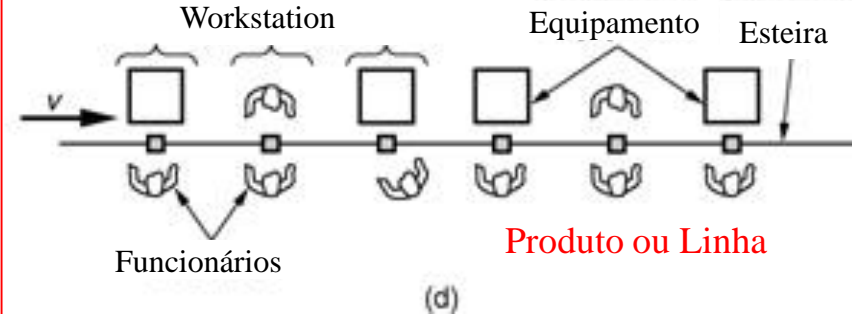
Processo ou Funcional



Celular (família)



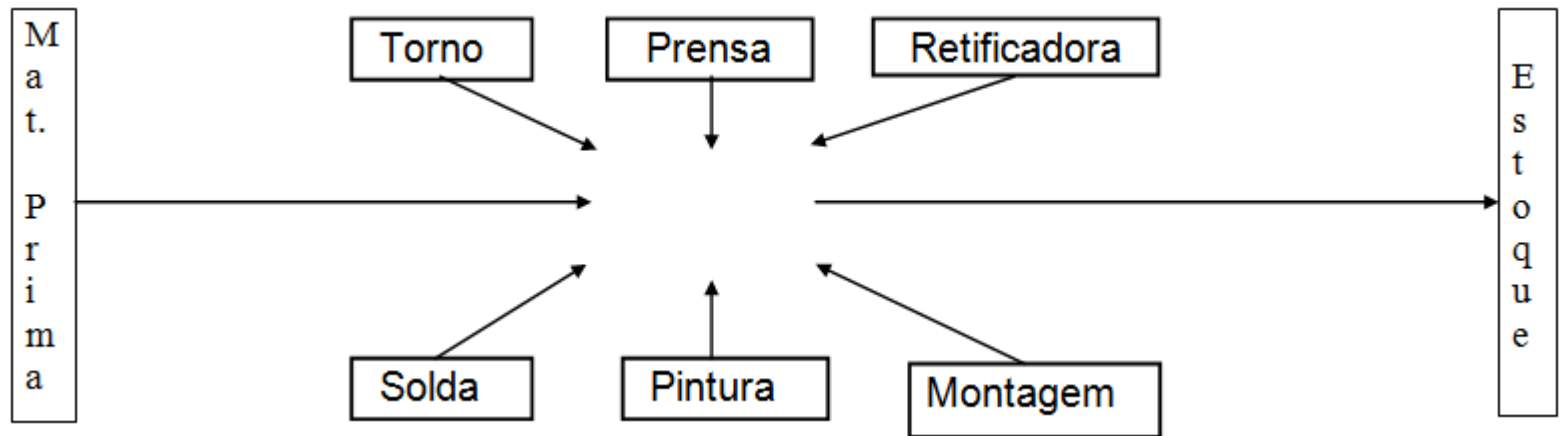
Workstation



Arranjo Físico Posicional

O arranjo físico posicional difere radicalmente dos outros três arranjos porque, enquanto nesses o material é transportado de uma estação de trabalho para outra, formando um fluxo de trabalho, no posicional as estações de trabalho é que são trazidas próxima ao produto sendo transformado.

Arranjo Físico Posicional



Arranjo Físico Posicional - Exemplos

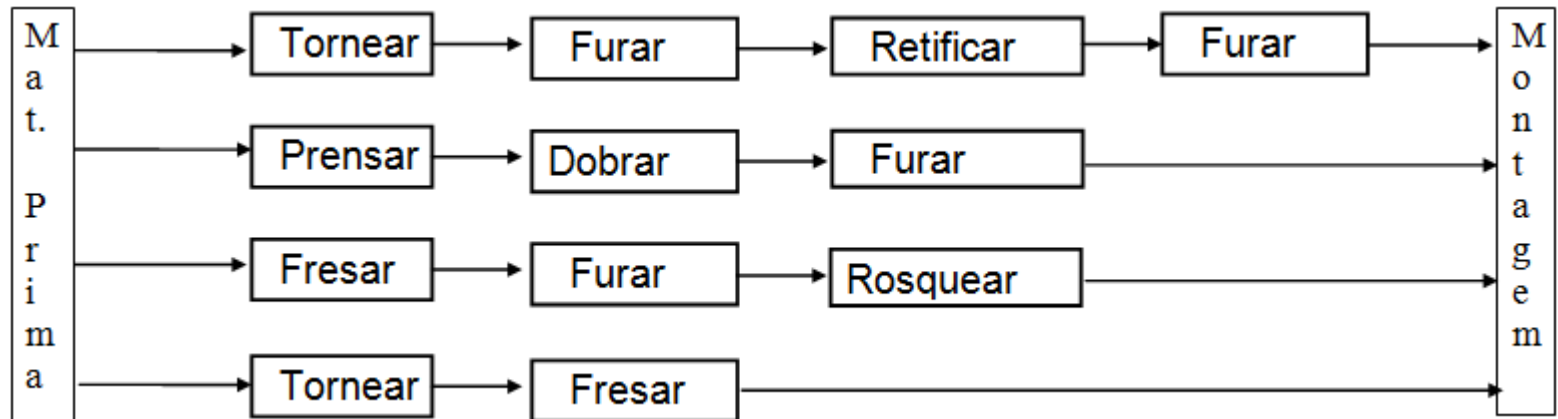
- **Cirurgia do coração** - pacientes não devem ser movidos do local e os recursos de transformação devem vir até o paciente.
- **Restaurante de alta classe** - clientes se recusariam em deslocar até a comida.
- **Manutenção de computadores de grande porte** - produto muito grande e delicado para ser movido até ao fabricante.
- **Montagem de aviões** - produto muito grande para ser movido e grande diversidade de operações de montagem.
- **Construção de um edifício** - espaço deve ser alocado aos vários recursos transformadores.

Arranjo Físico por Produto

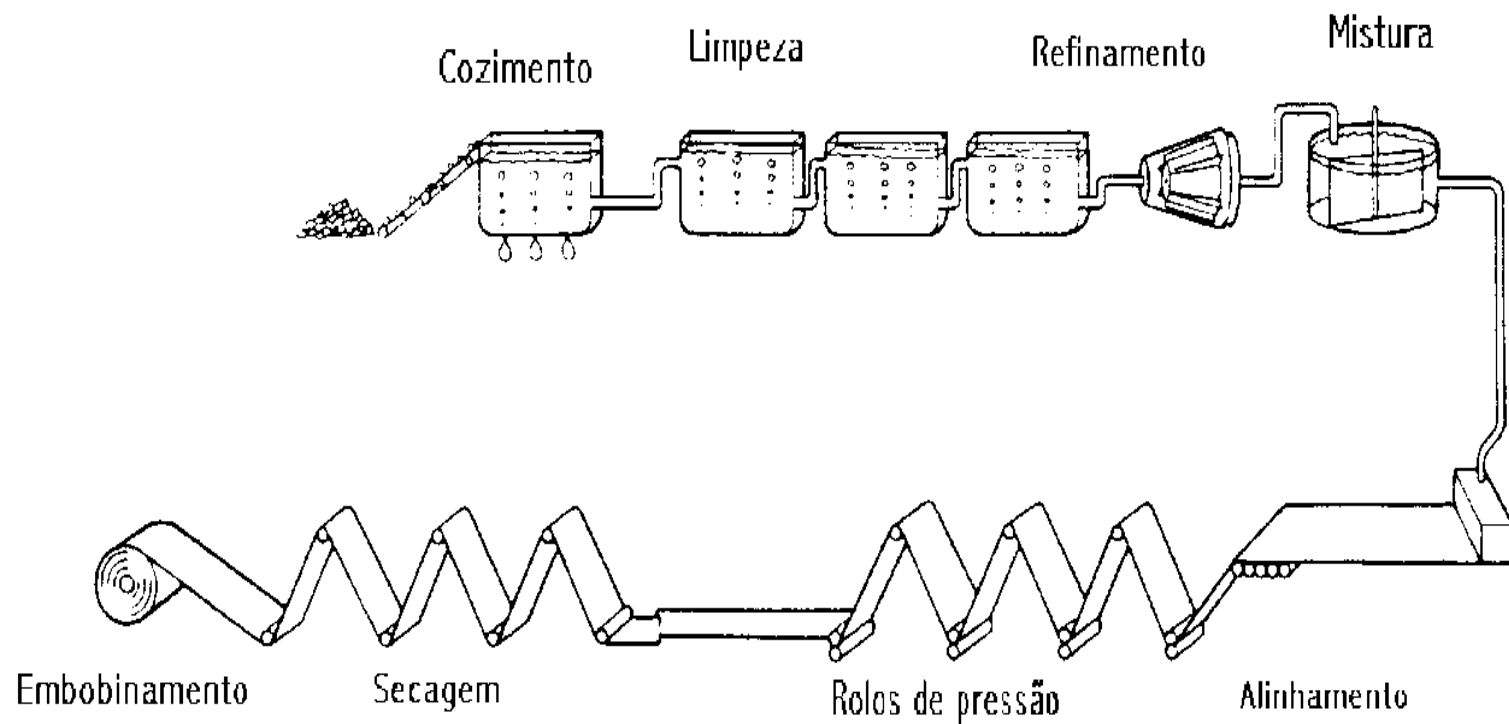
O arranjo físico por produto, também denominado linha de produção ou linha de montagem, procura definir a sequência em que os recursos produtivos devem ser dispostos de modo a processar o produto, cliente ou informação.

Uma linha de montagem é um conjunto de estações de trabalho, geralmente interligadas por um sistema contínuo de movimentação de materiais, projetado para montar peças e realizar quaisquer outras operações necessárias para produzir um produto.

Arranjo Físico por Produto



Arranjo Físico por Produto



Arranjo Físico por Produto - Exemplos

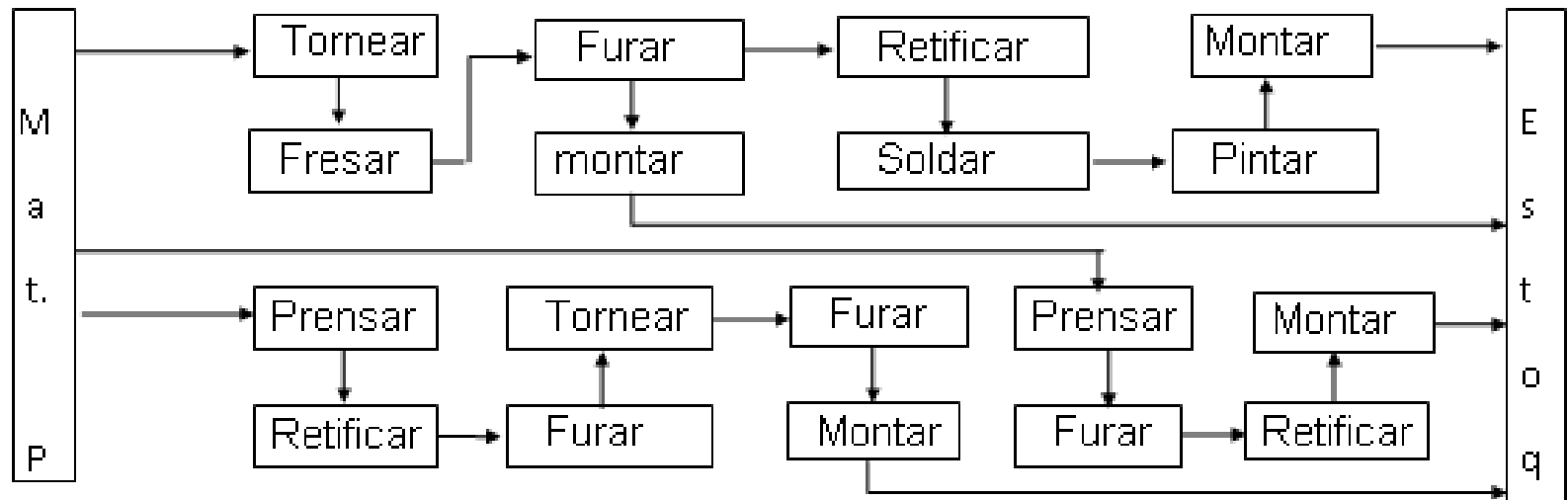
- **Montagem de automóveis** - uma mesma sequência de processos é usada para completar cada modelo.
- **Restaurante self-service** - Os clientes passam por várias seções (frios, prato principal, sobremesas, café) sempre na mesma sequência.
- **Programa de vacinação em massa** - todos os clientes requerem a mesma sequência de atividades tais como identificação, vacinação e aconselhamento.
- **Fabricação de sapatos** – as diversas peças são adicionadas segundo uma sequência determinada.

Arranjo Físico Celular

O arranjo físico celular consiste no agrupamento de recursos de transformação em um determinado local da planta com o objetivo de processar uma família de produtos similares.

Esta similaridade pode ser, por exemplo, em termos de operações de fabricação e/ou de forma geométrica. Na verdade, peças diferentes podem ser agrupadas em famílias baseadas em uma seqüência comum de processamento, forma geométrica, composição de material, requisitos de ferramental, requisitos de movimentação/armazenamento/controle ou qualquer outro tipo de similaridade.

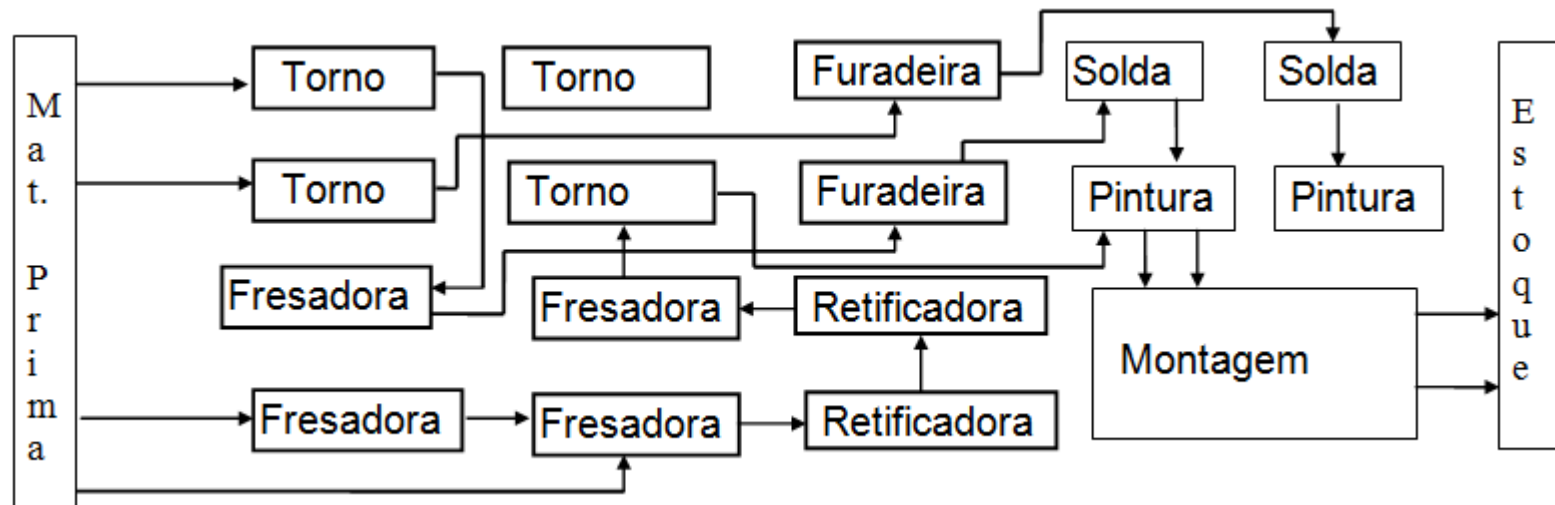
Arranjo Físico Celular



Arranjo Físico por Processo

- No arranjo físico por processo, também denominado arranjo físico funcional ou layout funcional, processos similares são localizados juntos um do outro.
- Produtos, informação ou clientes irão fluir através da operação, percorrendo um roteiro de processo a processo, conforme suas necessidades.

Arranjo Físico por Processo



Exemplos de Layout Funcional

- **Supermercado**
 - Setor de comida congelada
 - Setor de frutas e legumes
 - Setor de bebidas
- **Hospital**
 - Sala de cirurgia
 - Sala de Raios-X
 - Laboratórios
- **Usinagem de produtos feitos sob encomenda**
 - Setor de torneamento
 - Setor de furação
 - Setor de Tratamento térmico
 - etc

Vantagens e Desvantagens dos Layouts

Layout Posicional

Vantagens

- Flexibilidade de mix e produto muito alta
- Produto ou cliente não movido ou perturbado
- Alta variabilidade de tarefas para a mão de obra

Desvantagens

- Custos unitários muito altos
- Programação de espaço ou atividades pode ser complexa
- Pode significar muita movimentação de mão-de-obra e equipamentos

Vantagens e Desvantagens dos Layouts

Layout por Produto

Vantagens

- Baixos custos unitários para altos volumes
- Uso de equipamento especializado – máxima produtividade
- Movimentação de clientes e materiais conveniente

Desvantagens

- Pode ter baixa flexibilidade de mix
- Não muito robusto contra interrupções
- Trabalho pode ser repetitivo
- Investimento pode ser alto

Vantagens e Desvantagens dos Layouts

Layout Celular

Vantagens

- Balanço entre custo e flexibilidade
- Tempo de produção reduzido
- Baixo inventário em processo
- Maior motivação do operário

Desvantagens

- Pode ser caro reconfigurar o arranjo físico atual
 - Pode requerer capacidade adicional
 - Pode reduzir níveis de utilização de recursos
-

Vantagens e Desvantagens dos Layouts

Layout por Processo

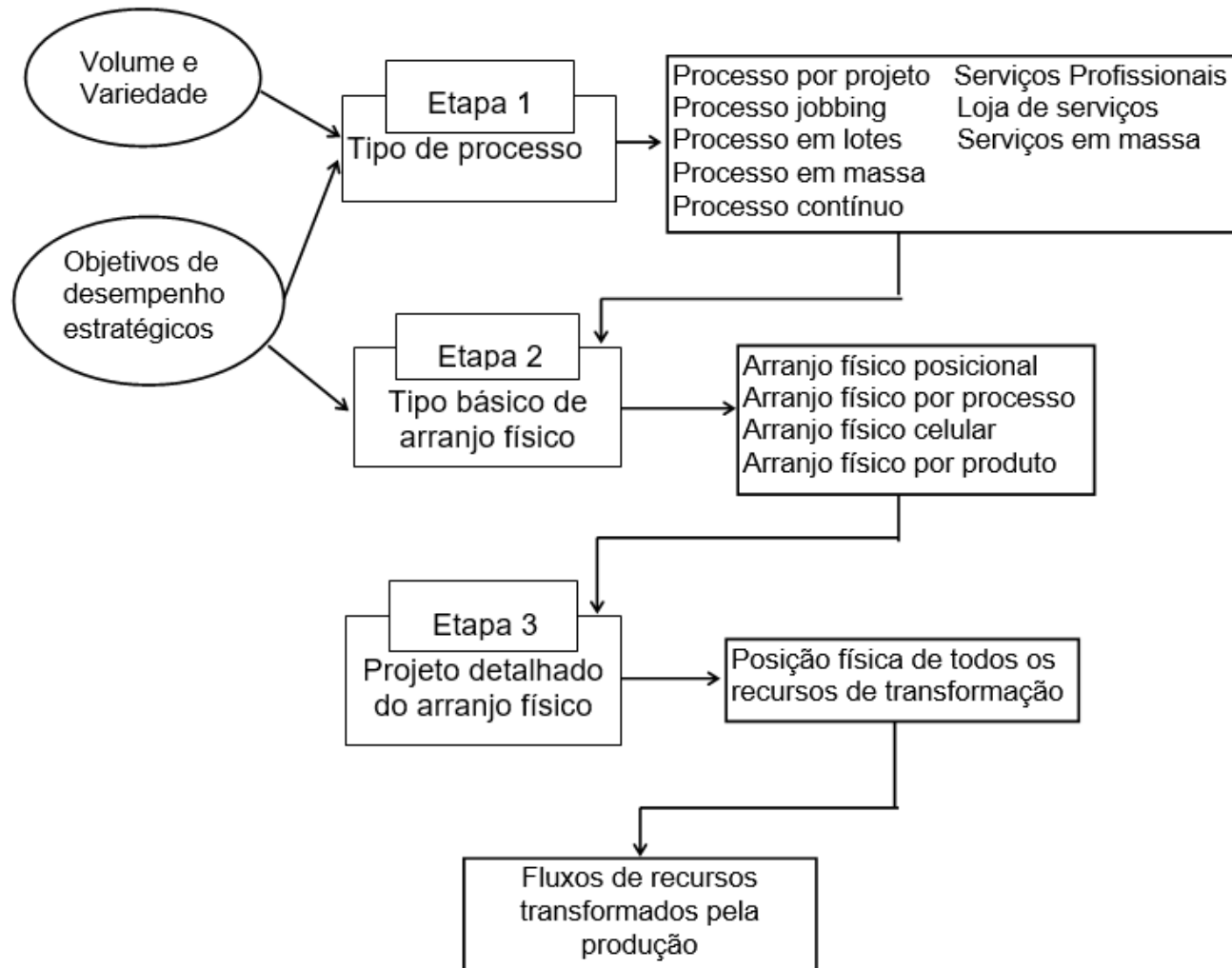
Vantagens

- Flexibilidade de mix e produto muito alta
- Relativamente robusto em caso de interrupção de etapas
- Supervisão de equipamentos e instalações relativamente fácil

Desvantagens

- Baixa utilização de recursos
- Pode ter alto estoque em processo
- Fluxo complexo pode ser difícil de controlar

Passos do Projeto do Arranjo Físico



Projeto Detalhado do Arranjo Físico

Saída do projeto detalhado:

- a localização física de todas as instalações, equipamentos, máquinas e pessoal que constituem os centros de trabalho da operação
- o espaço a ser alocado a cada centro de trabalho
- as tarefas que serão executadas por cada centro de trabalho

Qualidades de um Bom Arranjo Físico

- Segurança inerente
- Extensão adequada do fluxo
- Visibilidade do fluxo
- Conforto da mão-de-obra
- Coordenação gerencial
- Acesso fácil visando limpeza e manutenção
- Uso adequado do espaço
- Flexibilidade de longo prazo

Arranjo Físico por Produto

- O arranjo físico por produto tem por objetivo arranjar os recursos produtivos de forma a conformar-se às necessidades de processamento do produto ou serviço.



Montagem = \sum (elementos de trabalho)

Arranjo Físico por Produto

- Princípio da Intercambiabilidade
- Princípio da Divisão do Trabalho

Situação desejável

Alto volume de produção de um único item

Arranjo Físico por Produto

Linhas de Montagem para Múltiplos Produtos (Multiple Product Line)

- Família de Produtos muito similares.
- Periodicamente a linha tem de ser preparada para a produção de um outro produto da família.
- Somente 1 produto é montado por vez na linha.

Arranjo Físico por Produto

Linhas de Montagem para Vários Produtos Simultâneos (Mixed Product Line)

Família de Produtos muito similares.

Estações são projetadas para montar vários produtos simultaneamente presentes na linha.

Em um determinado instante, vários produtos estão sendo montados na linha em diferentes estações de trabalho.

Questões Envolvidas no Projeto

- Quantas linhas devemos adotar?
- Qual o objetivo do projeto?

Tempo de Ciclo (Tc)

- O tempo de ciclo dos arranjos físicos por produto é o tempo gasto entre a finalização de dois produtos consecutivos.

$$T_c = T_d / Q_p$$

Q_p = Demanda provável do produto durante certo período de tempo

T_d = Tempo disponível para a produção durante o mesmo período

Exemplo

Queremos produzir 160 produtos por semana e o tempo disponível para isso é de 40 horas. Determinar o T_c .

Solução:

$T_c = (\text{tempo disponível}) / (\text{quantidade a ser processada})$

$T_c = 40/160 = 0,25 \text{ horas} = 15 \text{ minutos}$

O arranjo físico deve ser capaz de produzir um produto a cada 15 minutos.

Decisões Envolvidas no Projeto

- Que tempo de ciclo é necessário?
- Quantos estágios são necessários?
- Como lidar com variações no tempo de cada tarefa?
- Como balancear o arranjo físico?
- Como arranjar os estágios?

Número de Estágios

- O número de estágios depende do tempo do ciclo e do tempo ou quantidade de trabalho necessária para produzir um produto.
- Exemplo: Tempo médio para produzir um produto = 60 min e tempo do ciclo = 15 min.

$$\text{Número de estágios} = 60/15 = 4$$

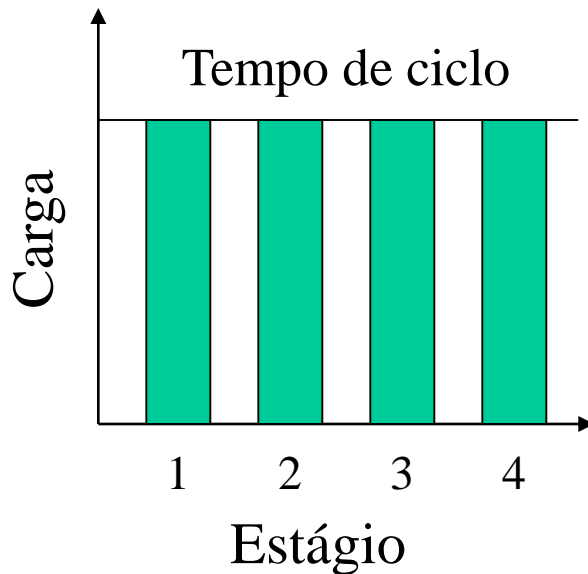
Variação do Tempo da Tarefa

- Na prática haverá variação do tempo de processamento requerido em cada estágio devido a:
 - Cada produto ou serviço processado pode ser diferente dos outros. Ex: diferentes modelos de carros processados na mesma linha.
 - Produtos ou serviços em série, embora essencialmente semelhantes, podem requerer pequenas diferenças de tratamento.
 - Variações na coordenação física e no esforço da pessoa que executa a tarefa

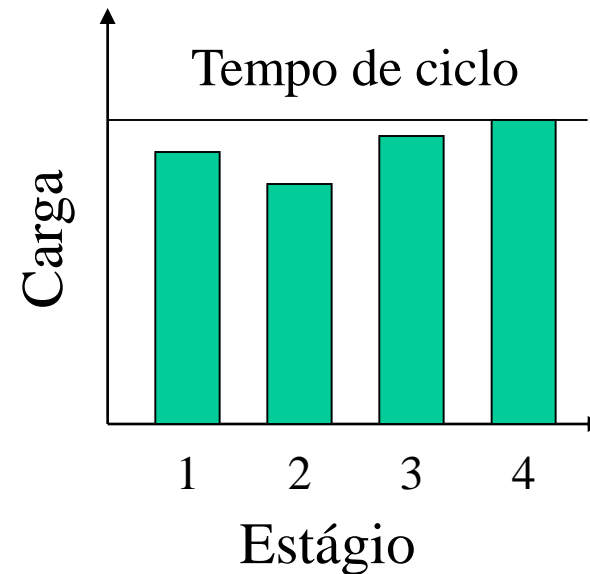
Balanceamento da Linha

Consequências

- Criação de filas temporárias
- Perda de tempo disponível de trabalho

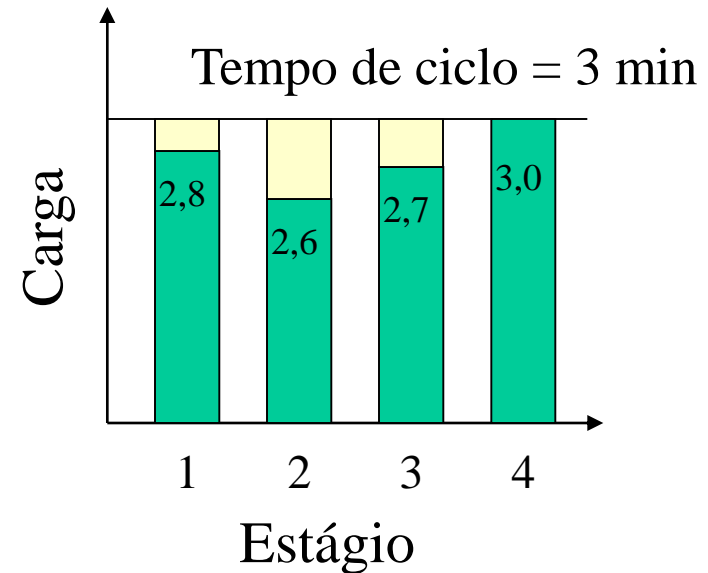
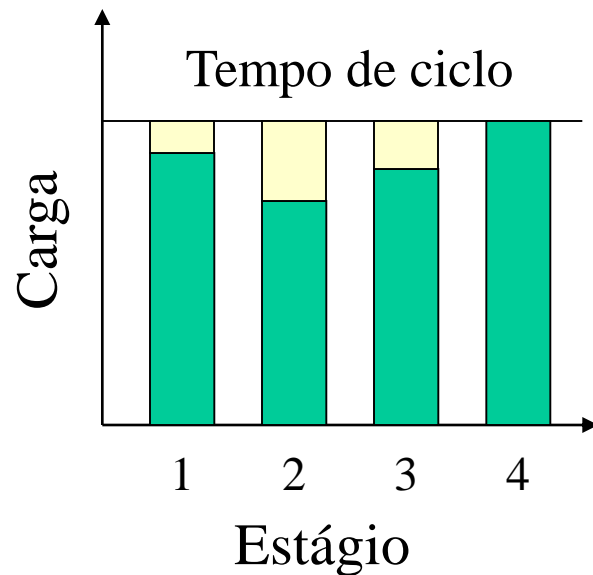




Balanceamento ideal



Balanceamento não ideal

Perda por Balanceamento



-  Trabalho alocado para o estágio
-  Tempo ocioso

$$\text{Tempo ocioso a cada ciclo} = (3-2,8) + (3-2,6) + (3-2,7) = 0,9 \text{ min}$$

Perda por Balanceamento

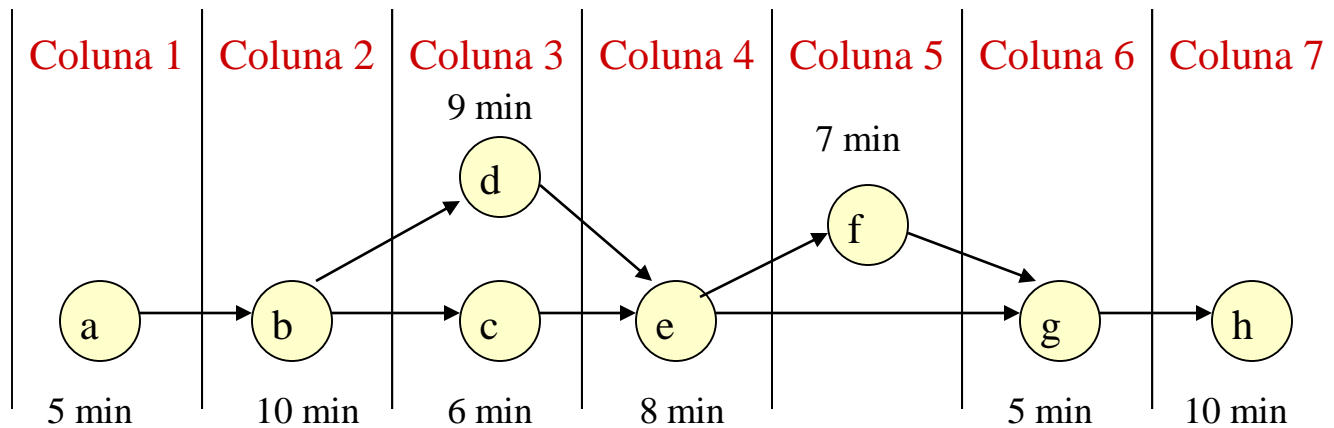
$$\text{Perda} = 0,9/(4 \times 3) = 0,9/12 = 0,075 \text{ ou}$$

$$\text{Perda} = 7,5 \%$$

$$\text{Perda} = \frac{\sum_{i=1}^n (Tc - te_i)}{n \times Tc}$$

Diagrama de Precedência

Operação a	5 min	Operação e	8 min
Operação b	10 min	Operação f	7 min
Operação c	6 min	Operação g	5 min
Operação d	9 min	Operação h	10 min



Balanceamento - Abordagem Geral

- Alocar os elementos do diagrama de precedência ao primeiro estágio, começando da esquerda, na ordem das colunas até que a quantidade de trabalho (tempo) alocada ao estágio se encontre próxima, mas não superior, ao tempo de ciclo.
- Repita o mesmo procedimento com os outros estágios até que todos os elementos de trabalho (operações) tenham sido alocados.

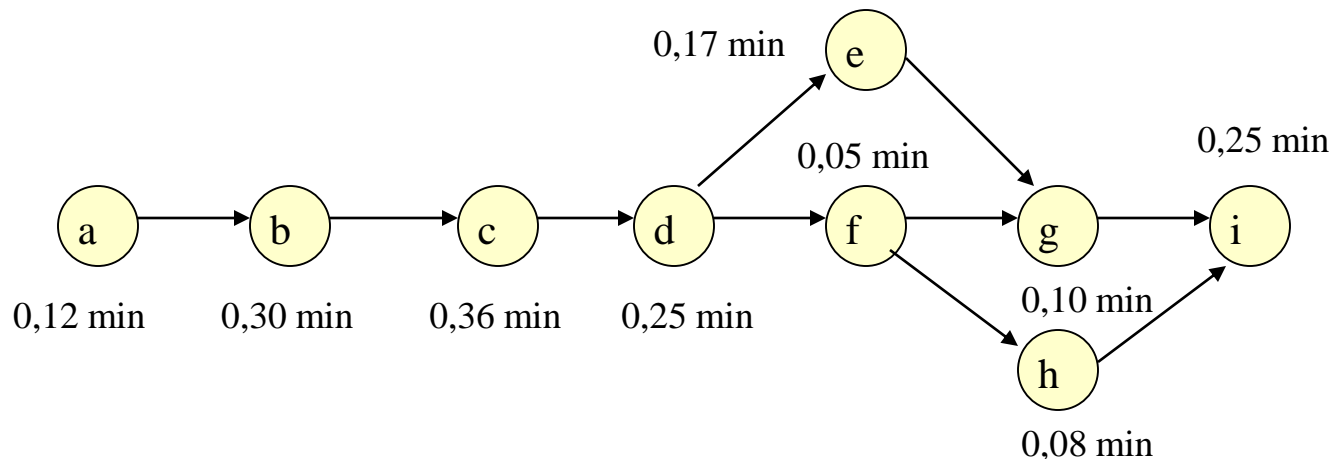
Balanceamento - Abordagem Geral

Questão Chave: Como selecionar um elemento a ser alocado quando mais de um elemento puder ser escolhido?

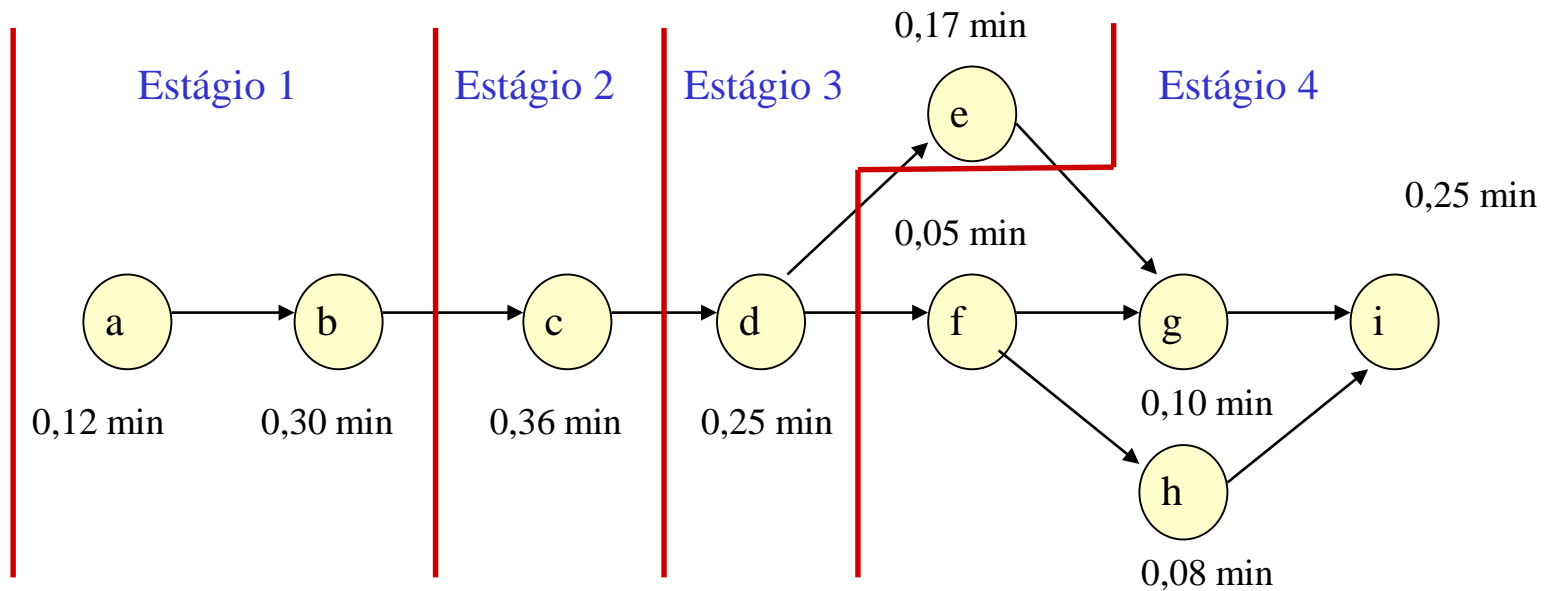
- Simplesmente escolha o maior que caiba no tempo remanescente daquele estágio.
- Escolha o elemento com o maior número de atividades subsequentes, ou seja, aquele com o maior número de elementos que só podem ser alocados depois que aquele o for.

Exemplo

Operação a - Recebimento da matéria-prima da fundição	0,12 min
Operação b - Esquadreamento	0,30 min
Operação c - Usinagem interna (cavidades)	0,36 min
Operação d - Usinagem externa (ilhas e paredes)	0,25 min
Operação e - Usinagem dos furos	0,17 min
Operação f - Usinagem das roscas	0,05 min
Operação g - Montagem do conjunto	0,10 min
Operação h - Identificação do modelo, série e ano	0,08 min
Operação i - Embalagem e expedição	0,25 min
Conteúdo total de trabalho	1,68 min

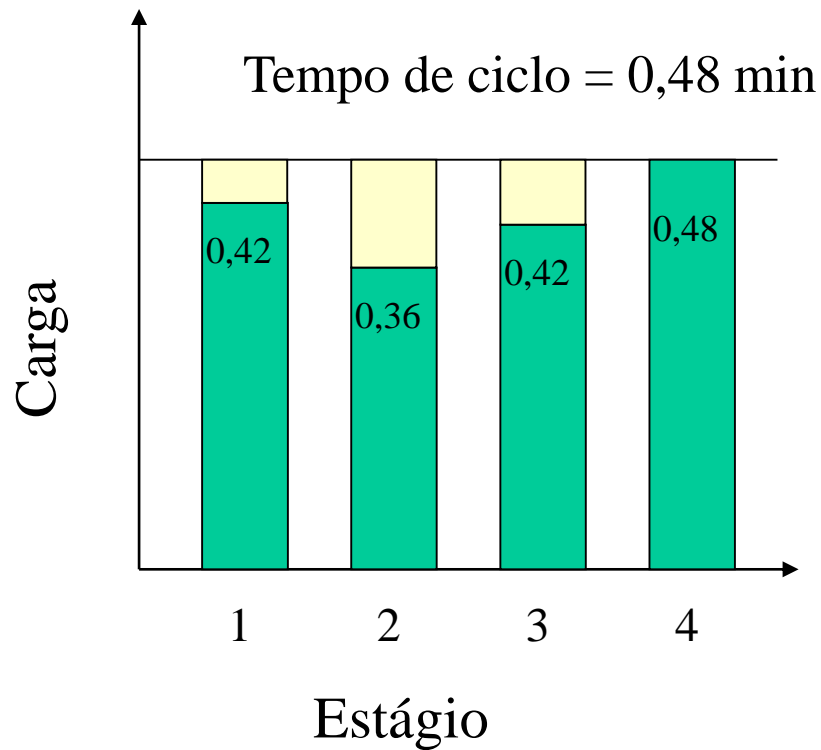


Exemplo



$T_c = 0,48 \text{ min}$

Exemplo



$$\text{Tempo ocioso} = (0,48-0,42) + (0,48-0,36) + (0,48-0,42) + (0,48-0,48) = 0,24 \text{ min}$$

$$\text{Perda} = 0,24 / (4 \times 0,48) = 12,5\%$$