
Layouts e Balanceamento de Linhas

Maria Antónia Carravilla
FEUP, Maio 1997

Layout

Layout é o posicionamento no espaço de departamentos ou postos de trabalho, de modo a **minimizar um custo**, **satisfazendo** um conjunto de **restrições**

Layout

Factores determinantes para a construção de um Layout

- Tipo de **produto**
 - produto é um bem ou um serviço?
 - produção para stock ou para encomenda?
- Tipo de **processo de produção**
 - qual a tecnologia utilizada na produção?
 - que materiais são utilizados?
 - que meios são utilizados?
- **Volume** de produção
 - tem implicações no tamanho da fábrica
 - tem implicações na capacidade de expansão

Layout

Custos a minimizar

- Manuseamento de **materiais**
- **Distância** percorrida pelos **clientes**
- **Distância** percorrida pelos **empregados**
- **Distância** de **departamentos** relacionados

Layout

Restrições

- Limitação de **espaço**
- **Localizações fixas** para certos departamentos
- Regulamentos de **segurança**
- Regulamentos relativos a **incêndio**

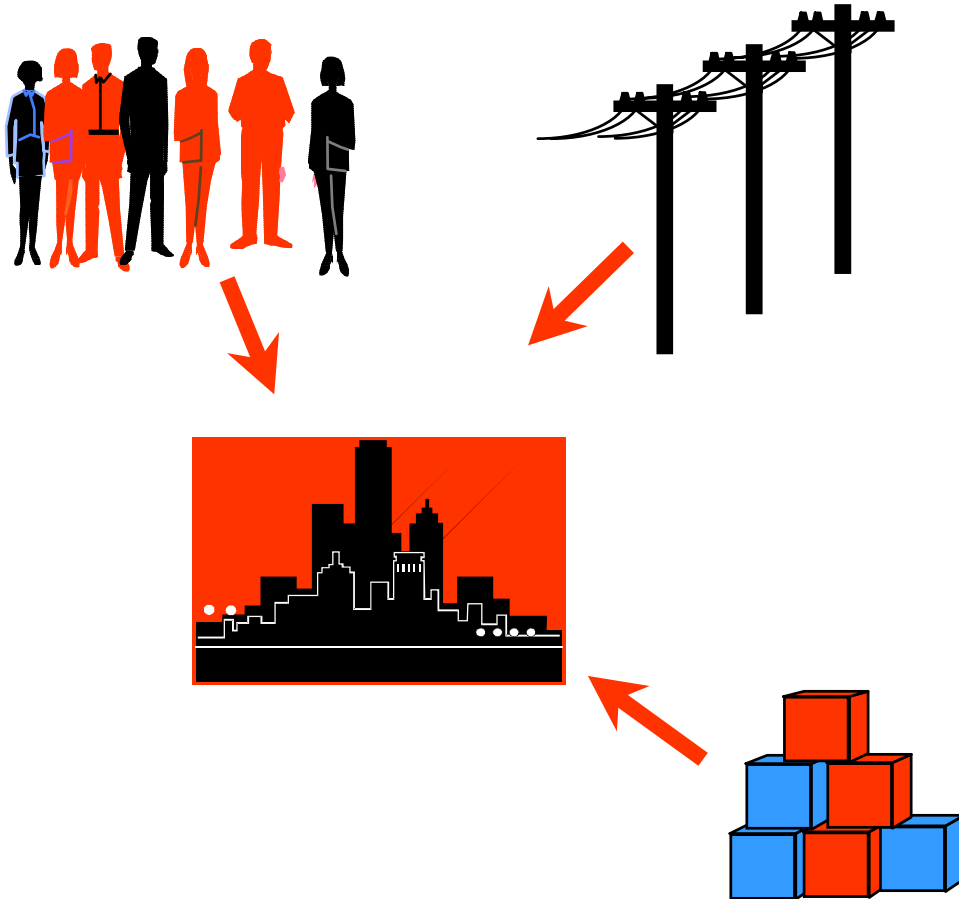
Layout

Tipos de Layouts

- Layouts **fixos**
- Layouts em **fluxo contínuo**
- Layouts de **processos intermitentes**
- Layouts em **linha**

Layouts

Layouts fixos



- **Vantagens**

- melhor planeamento e controlo (tudo orientado para um único objectivo)

- **Desvantagens**

- custos elevados de deslocação de pessoal
- falta de estruturas de apoio
 - energia eléctrica
 - água
- sub-aproveitamento de equipamento caro

Layouts

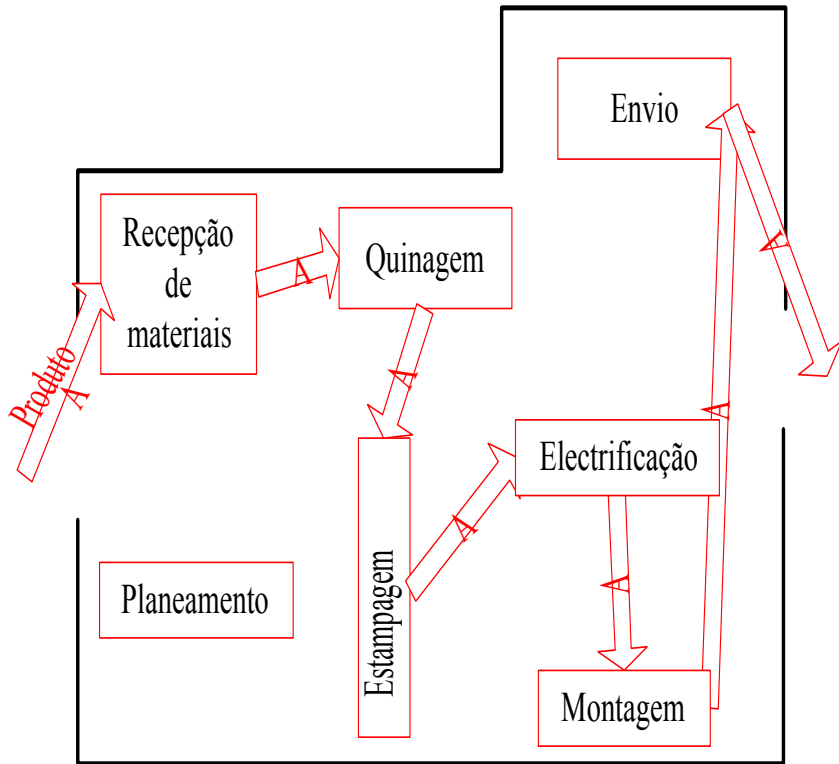
Layouts fluxo contínuo



- Indústria do processo
 - cimentos
 - produtos químicos
 - electricidade
- fábricas altamente automatizadas
- fábricas projectadas de modo a funcionarem como uma unidade
- layout ligado ao processo e à estrutura básica da fábrica.

Layouts

Layouts de processos intermitentes



- **Vantagens**

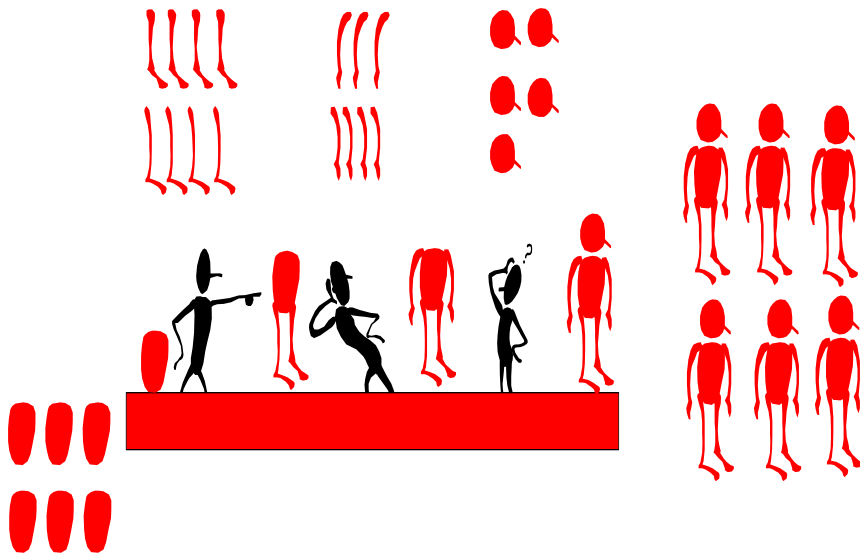
- flexível para produzir grande variedade de produtos
- pode-se investir em equipamento especializado e com elevada produtividade

- **Desvantagens**

- custos de manipulação do material
- trabalho mais especializado e menos flexível
- controlo da produção é muito difícil
- tempos de setup

Layouts

Layouts em linha

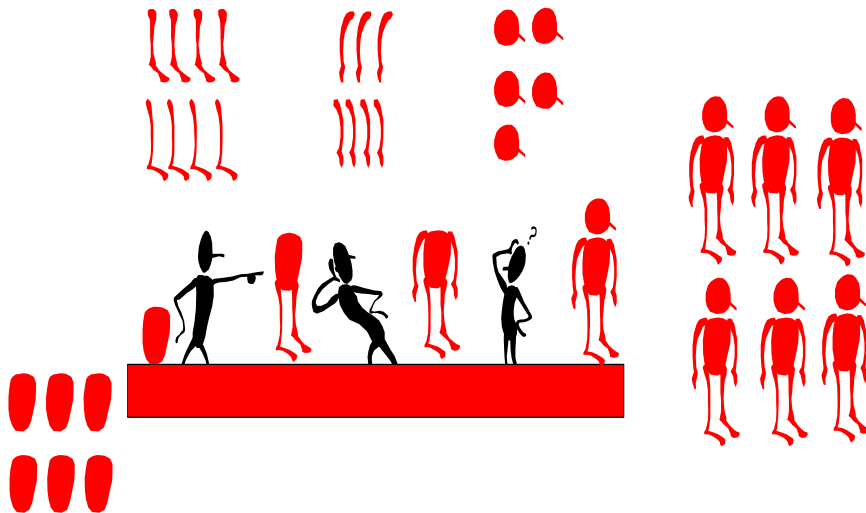


- **Vantagens**

- resultados muito eficientes
- custos baixos de manipulação de materiais
- operações simplificadas, utilização de mão-de-obra pouco qualificada
- pequenos stocks intermédios;
- simplificação do controlo da produção

Layouts

Layouts em linha



- **Desvantagens**

- pouca flexibilidade
- aborrecimento dos operários e taxas elevadas de absentismo
- dependência elevada entre as diversas operações
- importante que a linha esteja bem balanceada.

Layouts de processos intermitentes

Critérios de decisão quantitativos

- Função custo $C = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N T_{ij} C_{ij} D_{ij}$

T_{ij} número de viagens entre departamento i e departamento j

C_{ij} custo por unidade de distância e por viagem de i para j

D_{ij} distância de i para j

C custo total

N número de departamentos

Layouts de processos intermitentes

Critérios de decisão quantitativos

- Função custo $C = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N T_{ij} C_{ij} D_{ij}$

T_{ij} independentes da localização dos departamentos i e j

C_{ij} independentes da localização dos departamentos i e j

Problema de layouts de processos intermitentes:

Pretende-se encontrar uma combinação de D_{ij} (ou Layout) que resulte num valor mínimo para C

Layouts de processos intermitentes

Critérios de decisão quantitativos

		Departamento					
		1	2	3	4	5	6
Departamento	1		75	100	30	40	0
	2			100	0	150	0
	3				0	70	0
	4					30	70
	5						20
	6						

T_{ij}

		Departamento					
		1	2	3	4	5	6
Departamento	1		0.05	0.08	0.04	0.05	0.1
	2			0.04	0.05	0.06	0.1
	3				0.06	0.05	0.1
	4					0.06	0.1
	5						0.1
	6						

C_{ij}

		Departamento					
		1	2	3	4	5	6
Departamento	1		30	50	30	60	80
	2			40	50	80	70
	3				30	50	40
	4					30	50
	5						30
	6						

D_{ij}

		Departamento					
		1	2	3	4	5	6
Departamento	1		112.5	400	36	120	0
	2			160	0	720	0
	3				0	175	0
	4					54	350
	5						60
	6						

$T_{ij} C_{ij} D_{ij}$

Layouts de processos intermitentes

Critérios de decisão quantitativos

- Função custo $C = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N T_{ij} C_{ij} D_{ij}$

Custo é uma função linear da distância.

Desvantagens em termos práticos:

o valor da função custo será o mesmo para uma escola que tem 50 alunos que moram a 1km de distância e para uma escola que tem 50 alunos dos quais 49 moram mesmo ao lado e um mora a 50km!

Layouts de processos intermitentes

Critérios de decisão quantitativos

- Para problemas muito pequenos pode ser simples enumerar todos os layouts possíveis:
 - 9 departamentos → 45360 combinações possíveis
- Mas...
 - 20 departamentos → 608 triliões de combinações possíveis

Critérios de decisão quantitativos

- Algoritmo
 - definir um layout inicial (já existente ou arbitrário)
 - verificar se custo diminui pela troca de departamentos dois a dois
 - escolher a melhor solução
 - verificar se custo diminui pela troca...

correr o algoritmo com diferentes layouts iniciais
e comparar soluções

Layouts de processos intermitentes

Critérios de decisão qualitativos

- por considerações de segurança
- por conveniência dos clientes
- conhecendo fluxos aproximados entre os departamentos
- localização de um departamento junto de outro é
 - absolutamente necessário
 - especialmente importante
 - importante
 - aceita-se uma proximidade normal
 - pouco importante
 - indesejável

Layouts de processos intermitentes

Critérios de decisão qualitativos

- Algoritmo:
 - seleccionar aleatoriamente um departamento e posicioná-lo no plano de layout
 - percorrer todos os departamentos, procurando um com alta relação de proximidade relativamente ao anterior e posicionando-o no layout junto ao anterior
 - repetir o processo de selecção até que todos os departamentos estejam posicionados no layout
 - calcular um valor para o layout, convertendo todas as relações de proximidade numa escala numérica

Balanceamento de linhas de produção

Distribuição de actividades sequenciais
por postos de trabalho, de modo a

- permitir uma elevada utilização de trabalho e equipamentos
- minimizar o tempo em vazio

Balanceamento de linhas de produção

- Dado um tempo de ciclo
 - encontrar o menor número de postos de trabalho necessários
- Dado um certo número de postos de trabalho
 - minimizar o tempo de ciclo

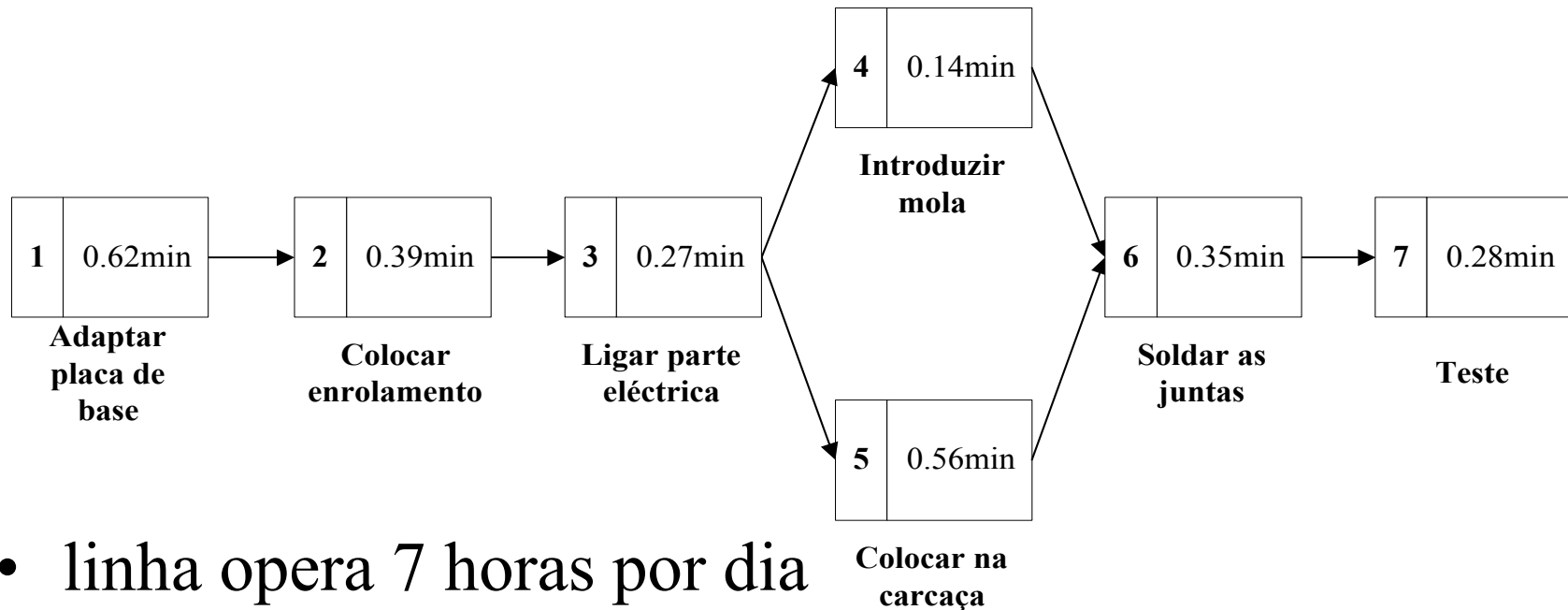
Balanceamento de linhas de produção

Definições

<i>Estação</i>	posto de trabalho de uma linha
<i>N</i>	número de estações ao longo da linha
<i>C</i>	tempo de ciclo tempo máximo permitido em cada estação tempo entre a produção de unidades sucessivas à saída da linha
<i>T_i</i>	tempo de operação para a i-ésima operação
ΣT_i	tempo total necessário para a produção de uma unidade soma das durações de todas as operações
$N_{min} = \Sigma T_i / C$	corresponde ao número mínimo de estações necessárias à linha
<i>Eficiência</i>	$E = \Sigma T_i / (NC)$
<i>NC</i>	tempo gasto com cada unidade, incluindo tempos de paragem
<i>Folga</i>	$F = NC - \Sigma T_i$

Balanceamento de linhas de produção

Exemplo 1



- linha opera 7 horas por dia
- taxa de saída da linha = 600 unidades por dia
 - calcular tempo de ciclo
 - calcular número mínimo de estações necessárias

Balanceamento de linhas de produção

Exemplo 1

- Tempo de ciclo

$$C = \frac{7 \frac{\text{horas}}{\text{dia}}}{600 \frac{\text{unidades}}{\text{dia}}} = \frac{420}{600} = 0.70 \frac{\text{min}}{\text{unid}}$$

- Número mínimo de estações

$$N_{\min} = \frac{\sum T_i}{C} = \frac{2.61}{0.70} = 3.73$$

Balanceamento de linhas de produção

Procedimento a seguir:

- determinar
 - número de estações
 - tempo disponível em cada uma delas
- agrupar as tarefas individuais, formando grupos para cada estação
- avaliar a eficiência do agrupamento escolhido

Balanceamento de linhas de produção

Observações

- Acrescentar mais operadores à estação se:
tempo numa estação
>
tempo que pode ser gasto por um operador
- Para obter um bom balanceamento:
agrupar actividades de tal maneira que os tempos de produção em cada estação correspondam ao tempo de ciclo (ou a um múltiplo do tempo de ciclo se for necessário mais do que um operador) ou que estejam pouco abaixo
- Um balanceamento eficiente minimiza o tempo em vazio

Heurística 1

- ordenar as operações por ordem decrescente de tempo de operação
- repetir para todas as estações:
 - atribuir operações a uma estação, até perfazer o tempo de ciclo, respeitando sempre as precedências

Se a última operação tiver a maior duração,
estará sempre no topo da lista.

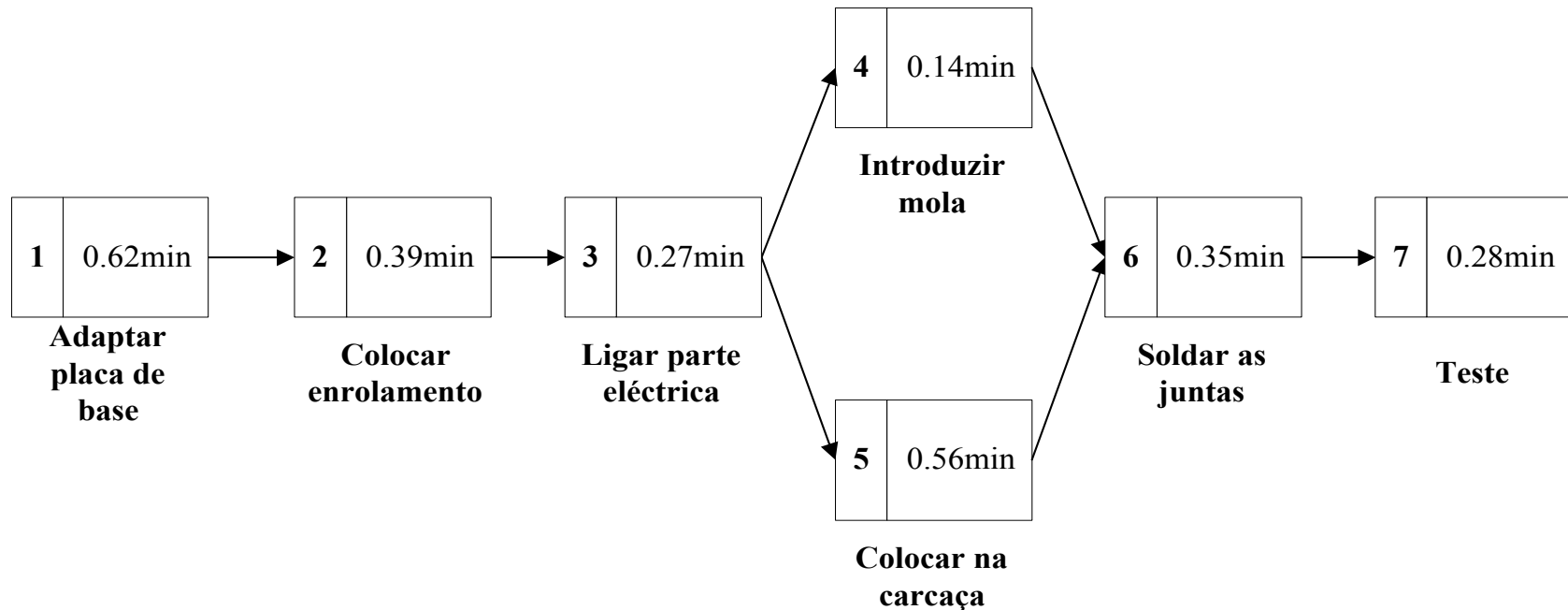
Balanceamento de linhas de produção

Heurística 2

- seleccionar os diferentes elementos a distribuir pelas estações de trabalho, de acordo com a sua posição no diagrama de precedências
- construir o diagrama de precedências, de modo que as operações com idêntica precedência sejam colocadas verticalmente em colunas (os elementos que puderem ser colocados em mais do que uma coluna, devem ser representados a tracejado)
- listar os elementos seguindo uma ordem crescente de colunas (listar também os tempos de operação e o somatório dos tempos de operação para cada coluna)
- atribuir elementos a estações, começando pela coluna I
- repetir o processo, seguindo a numeração das colunas, até atingir o tempo de ciclo

Balanceamento de linhas de produção

Exemplo 2



- Agrupe as tarefas da linha de montagem num número apropriado de estações
- Calcule a eficiência do balanceamento

Balanceamento de linhas de produção

Exemplo 2

- Tempo de ciclo $C = 0.70 \text{ min/unid}$
- Eficiência $E = \sum T_i / (NC) = 93\%$

