

Arranjo Físico e Análise do Fluxo

Depto. de Engenharia de Produção
Escola Politécnica da USP
Prof. Dr. Dario Ikuo Miyake

2023

Projeto do Arranjo Físico (AF)

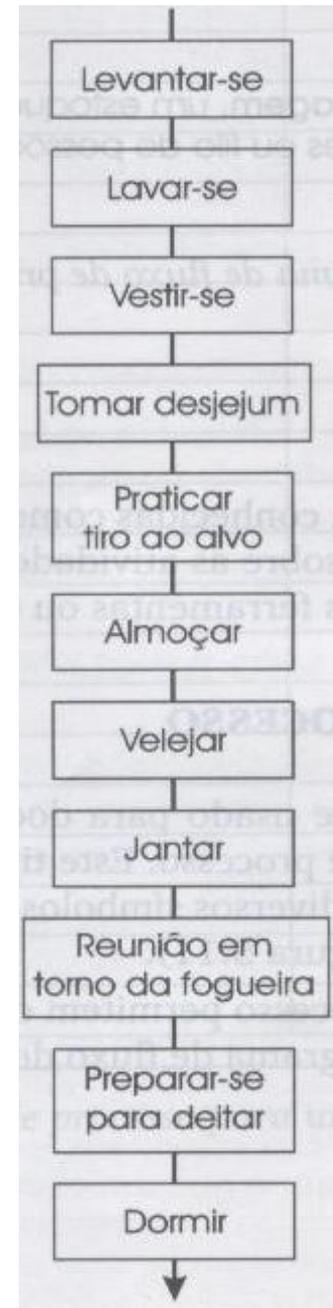
Principais objetivos:

- Minimizar espaços ociosos
- Minimizar transportes internos
- Minimizar retornos e cruzamentos de fluxos
- Minimizar interrupções dos fluxos de materiais
- Minimizar estoque intermediário
- Facilitar mudanças
- Criar boas condições ambientais e de segurança
- Promover a satisfação de necessidades sociais

Representação do fluxo de atividades

Diagrama de fluxo simples

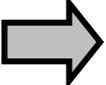
- ▶ Em sistemas de operação, podemos identificar diferentes tipos de fluxo.
- ▶ O Diagrama do exemplo à direita descreve a sequência de atividades de férias realizadas por uma pessoa em um dado dia no campo.



Objeto da análise de fluxo

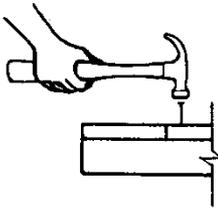
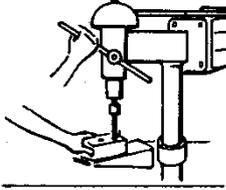
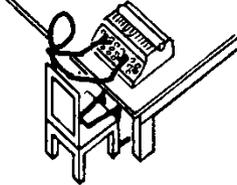
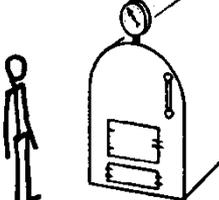
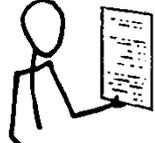
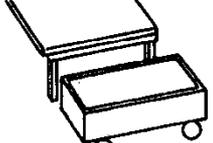
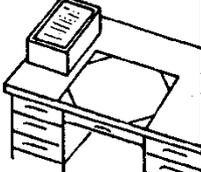
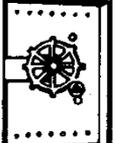
- ▶ Fluxo de pessoa (operador, cliente)
 - Foco de estudos de racionalização da produção, segundo abordagem tradicional de Administração Industrial
 - Foco em Projeto de Métodos e Estudo de Tempos
- ▶ Fluxo de material (percurso da matéria prima, material em processo, peça comprada, produto acabado na área considerada)
 - Foco em projeto ou reprojeto de arranjo físico
- ▶ Fluxo de informação (dado/informação em papel, e-mail, telefone, fax, reunião)
 - Foco na análise de processo administrativo

Símbolos para Gráfico do Fluxo de Processo (GFP)

Convenção básica da ASME*		Operação	<i>trabalho manual ou processo automatizado em que ocorre uma transformação no material: alteração de forma ou de propriedades físico-químicas</i>
		Inspeção	<i>verificação de quantidade, inspeção da qualidade de conformidade de um produto ou uma peça, teste</i>
		Transporte	<i>deslocamento de material de um ponto a outro</i>
		Estocagem	<i>armazenamento de matéria prima, itens intermediários ou produto acabado de forma controlada</i>
		Espera/Demora	<i>interrupção do fluxo que retarda o avanço do material em uma fila, bloqueio, espera pela disponibilidade de recurso</i>
Adaptações à realidade		Transporte com operação	
		Transporte com inspeção	
		Operação com inspeção	

* American Society of Mechanical Engineers

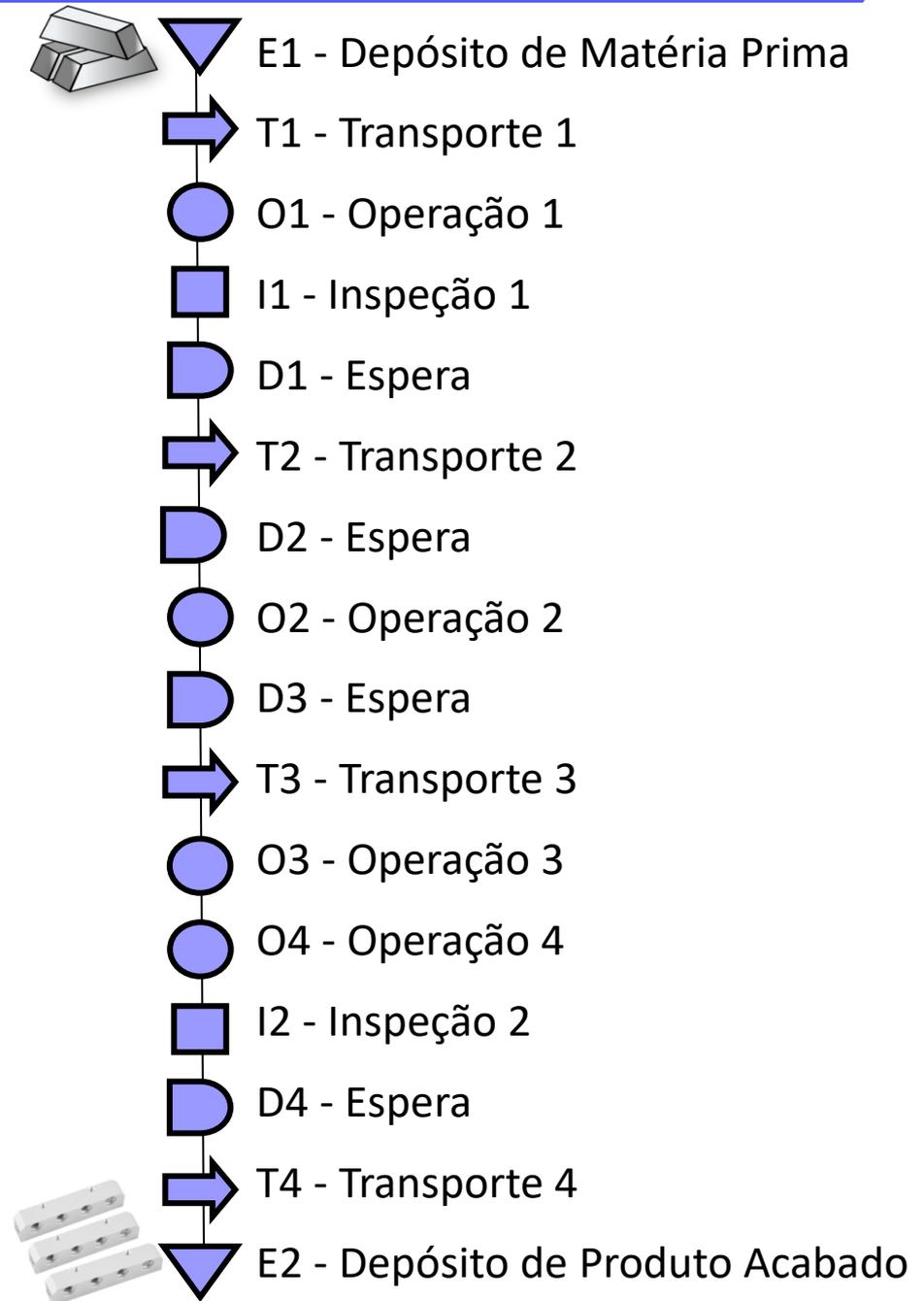
Símbolos padronizados para representação do fluxo de processo

<p>OPERAÇÃO</p> <p>Um círculo maior indica uma operação como →</p> 	 <p>Pregar</p>	 <p>Furar</p>	 <p>Datilografar</p>
<p>TRANSPORTE</p> <p>uma flecha indica um transporte como →</p> 	 <p>Mover material com carrinho de mão</p>	 <p>Mover material com guindaste ou elevador</p>	 <p>Mover material carregando (Mensageiro)</p>
<p>INSPEÇÃO</p> <p>Um quadrado indica uma inspeção como →</p> 	 <p>Examinar material quanto à qualidade ou quantidade</p>	 <p>Ler manômetro do vapor da caldeira</p>	 <p>Examinar um folheto para obter informações</p>
<p>ESPERA</p> <p>A letra D indica uma espera como →</p> 	 <p>Material no carrinho ou no chão, ao lado da bancada, aguardando processamento</p>	 <p>Operário aguardando elevador</p>	 <p>Papéis aguardando arquivamento</p>
<p>ARMAZENAMENTO</p> <p>Um triângulo indica um armazenamento como →</p> 	 <p>Armazenamento a granel de matéria-prima</p>	 <p>Produto acabado no armazém</p>	 <p>Documentos e registros guardados no cofre</p>

Fonte: Ralph M. Barnes “Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho”, São Paulo, Ed. Edgard Blücher, 1977, Cap. 7. Fig. 22.

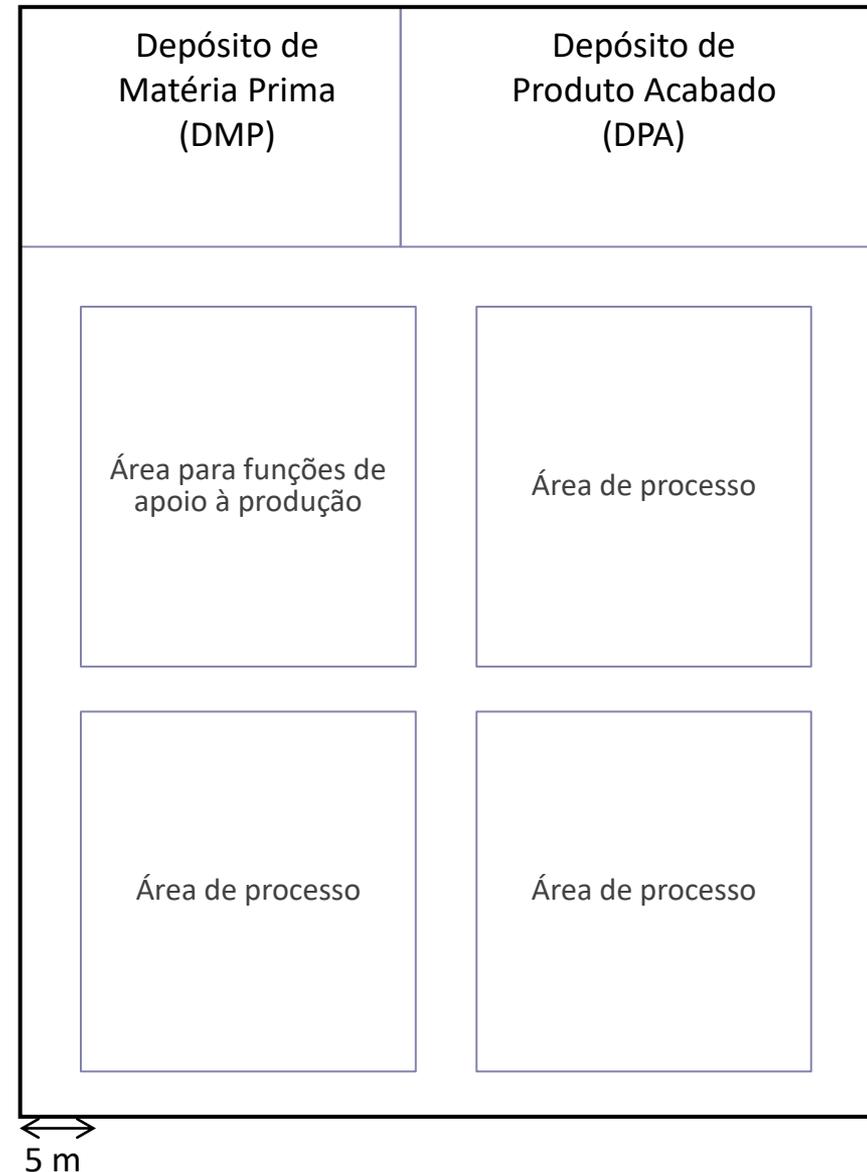
GFP simples

- Pode ser aplicado para registro do fluxo de pessoas, **materiais** e informação
- No exemplo ao lado, representa o fluxo de processo de um dado **material** (peça, produto)



Desenho do Arranjo Físico (layout) sobre a vista de planta baixa de uma fábrica

- Define como a fábrica está dividida em áreas destinadas a:
 - ✓ processos de transformação
 - ✓ movimentação e armazenagem de materiais e
 - ✓ funções de apoio à produção.

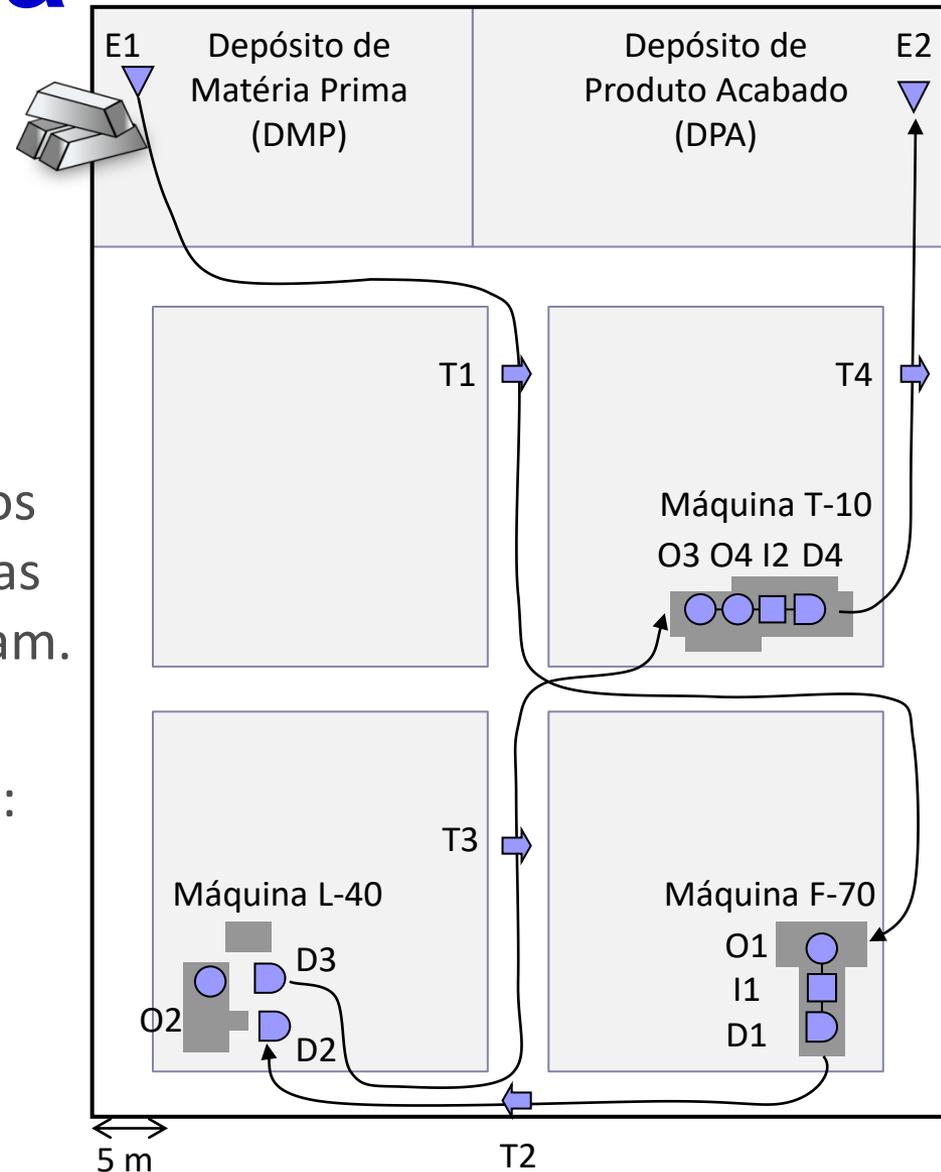


Mapa-fluxograma

Mapa-fluxograma de um produto

- Representa a sequência de um processo sobre um desenho de arranjo físico da fábrica.
- Exibe o percurso físico seguido pelos fluxos de material e a localização das áreas ou recursos pelos quais passam.
- Permite estimar as distâncias percorridas, como na tabela abaixo:

Transporte	Distância (m)
T1	125
T2	40
T3	75
T4	40
Total (m)	280

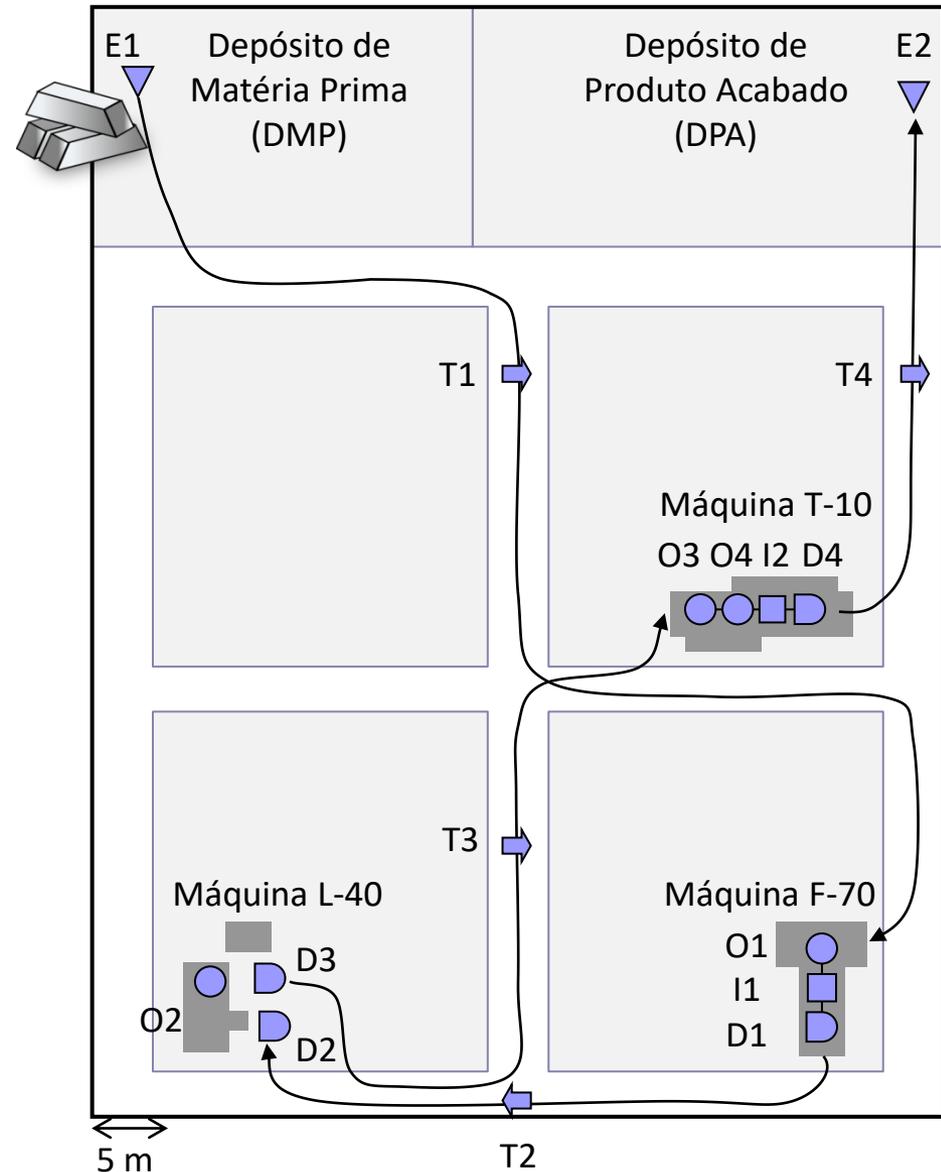


GFP simples e Mapa-fluxograma de um mesmo fluxo



Processo atual Gráfico do Fluxo do Processo
 Processo proposto Data: _____
 Assunto: _____ Resp.: _____
 Departamento: _____ Gráfico N°: _____
 Folha N°: _____

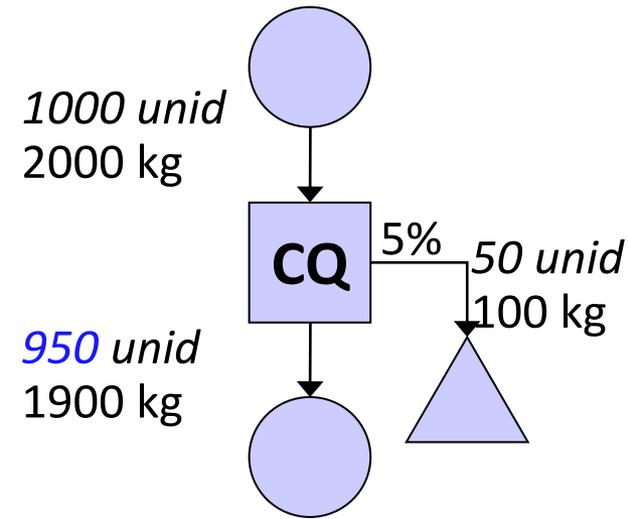
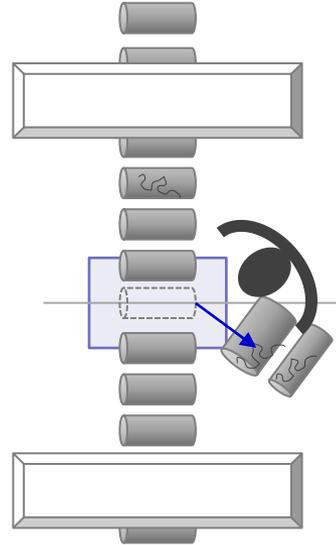
Dist. em m	Tempo em min.	Símbolos do gráfico	Descrição do processo
125		○ → □ → ▽	E1 - Depósito de Matéria Prima
	4,5	● → □ → ▽	T1 - Transporte 1 do DMP p/ F-70
	0,5	● → □ → ▽	O1 - Operação 1 na F-70
		● → □ → ▽	I1 - Inspeção 1
		● → □ → ▽	D1 - Espera
40		● → □ → ▽	T2 - Transporte 2 da F-70 p/ L-40
		● → □ → ▽	D2 - Espera
	15	● → □ → ▽	O2 - Operação 2 na L-40
		● → □ → ▽	D3 - Espera
75		● → □ → ▽	T3 - Transporte 3 da L-40 p/ T-10
	4	● → □ → ▽	O3 - Operação 3 na T-10
	5	● → □ → ▽	O4 - Operação 4 na T-10
	1	● → □ → ▽	I2 - Inspeção 2
		● → □ → ▽	D4 - Espera
40		● → □ → ▽	T4 - Transporte 4 da T-10 p/ DPA
		○ → □ → ▽	E2 - Depósito de Produto Acabado
280		4 4 2 4 2	Total



Cuidados na construção de GFPs e medição de fluxos

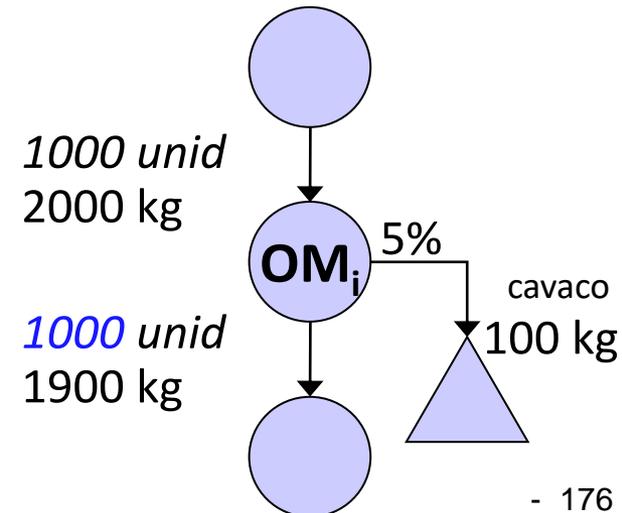
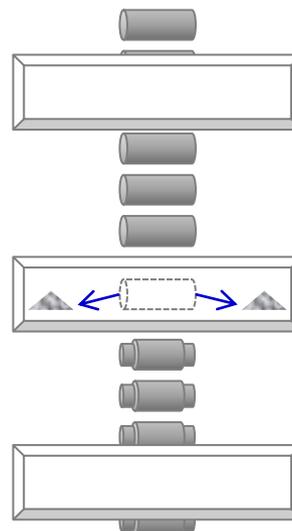
■ Representação da separação de itens

- Ex: Separação de itens conformes e não-conformes numa estação de inspeção de qualidade. O peso unitário das peças inspecionadas é de 2 kg.



■ Representação da perda de material inerente a um processo

- Ex: No processo de usinagem da máquina Mi, cada peça tem seu peso unitário reduzido em 5%. O peso unitário bruto é de 2,0 kg e o peso unitário final é de 1,9 kg.



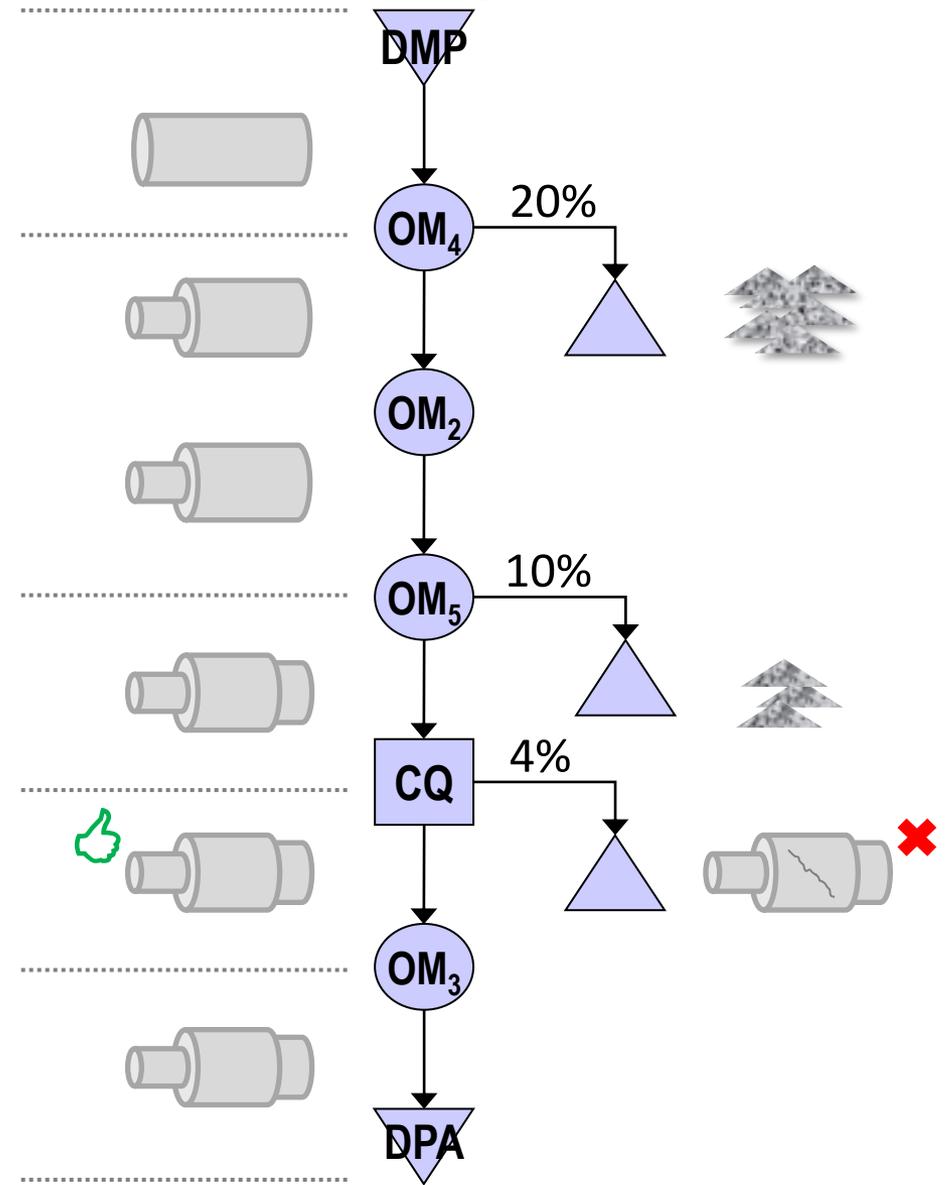
Medição de quantidades com base em um GFP

À direita, é apresentado o fluxo de uma peça P1 que:

- parte do Depósito de Matérias Primas (DMP),
- é processada na fábrica pelas máquinas M4, M2, M5 e M3, nesta sequência, sendo que a M4 e M5 executam operações de transformação para retirar parte da massa da peça*, e a M2 e M3 executam operações que não alteram o peso unitário da peça**,
- em CQ é feita uma inspeção de qualidade para separação de unidades não conformes (defeituosas), e
- finalmente, se aprovada pelo CQ, é armazenada no Depósito de Produtos Acabados (DPA).

* Ex: corte, furação, desbaste, chanfragem, rebarbação, rosqueamento, etc.
 ** Ex: lavagem, secagem, tratamento térmico, dobra sem corte, estampagem sem corte, etc.

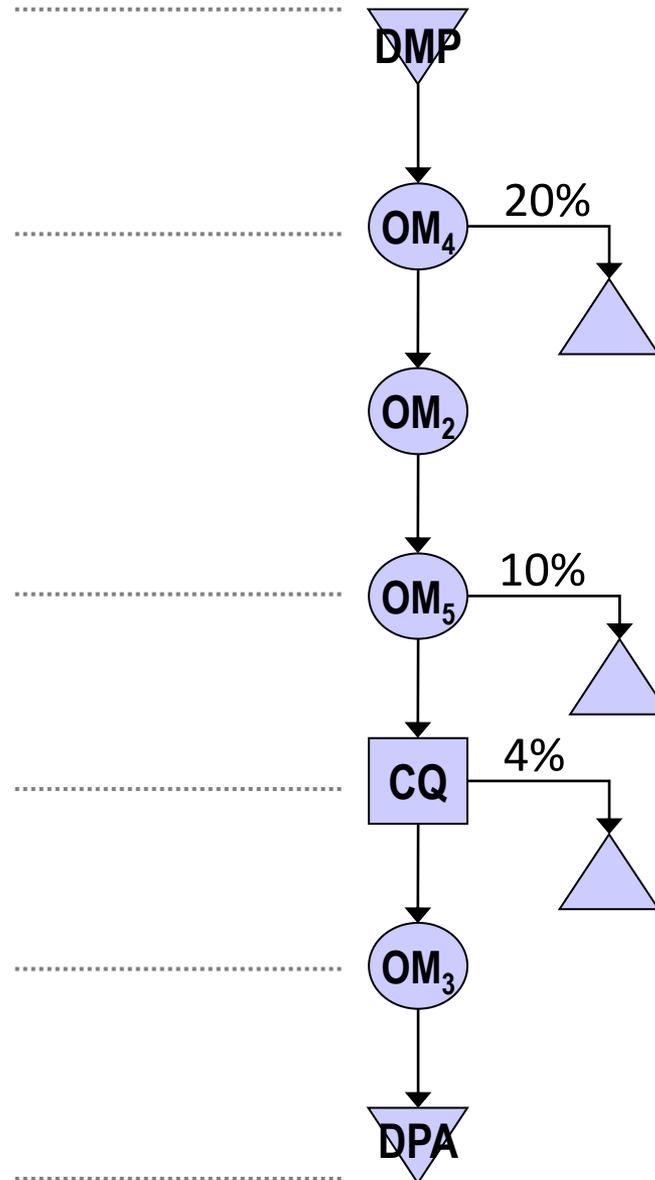
Exemplo ilustrativo de um fluxo físico de processo



Exercício: Medição de quantidades com base em um GFP

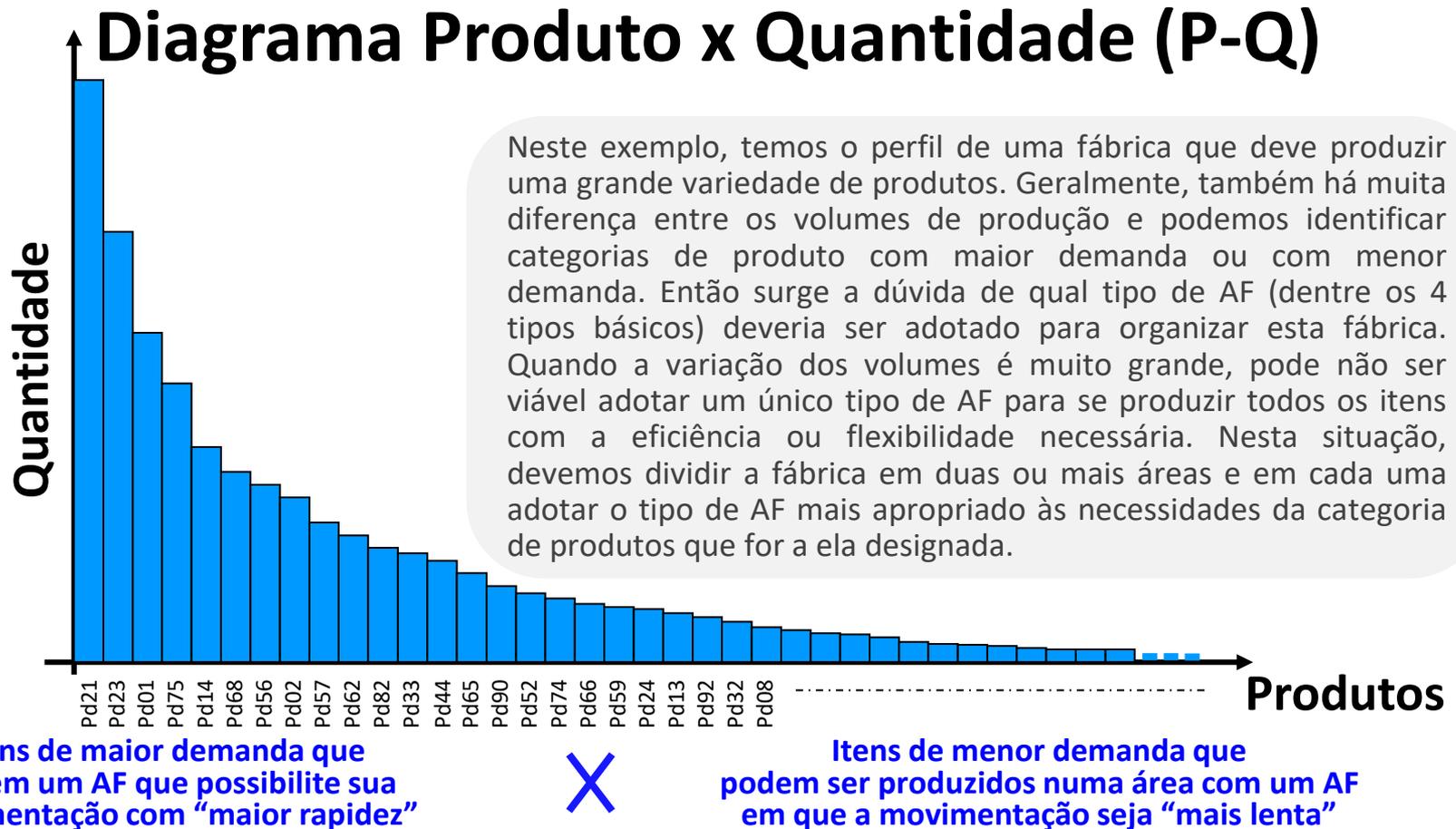
O GFP ao lado representa o fluxo de uma peça P1 que parte do Depósito de Matérias Primas (DMP), é processada na fábrica e, finalmente, é armazenada no Depósito de Produtos Acabados (DPA). Um total de 5000 unidades da P1 que inicialmente tem peso bruto unitário de 10 kg foram processadas seguindo este fluxo. Pede-se calcular:

- O peso total das peças P1 retiradas de DMP (em kg)
- A quantidade de P1 e o peso unitário de P1 nos 5 trechos indicados (em kg)
- O peso total das P1 acabadas armazenadas no DPA (em kg)
- O peso do material perdido ou separado em M4, M5 e CQ (em kg)
- O peso total das perdas de material (em kg)



Análise de fluxo para projeto de Arranjo Físico

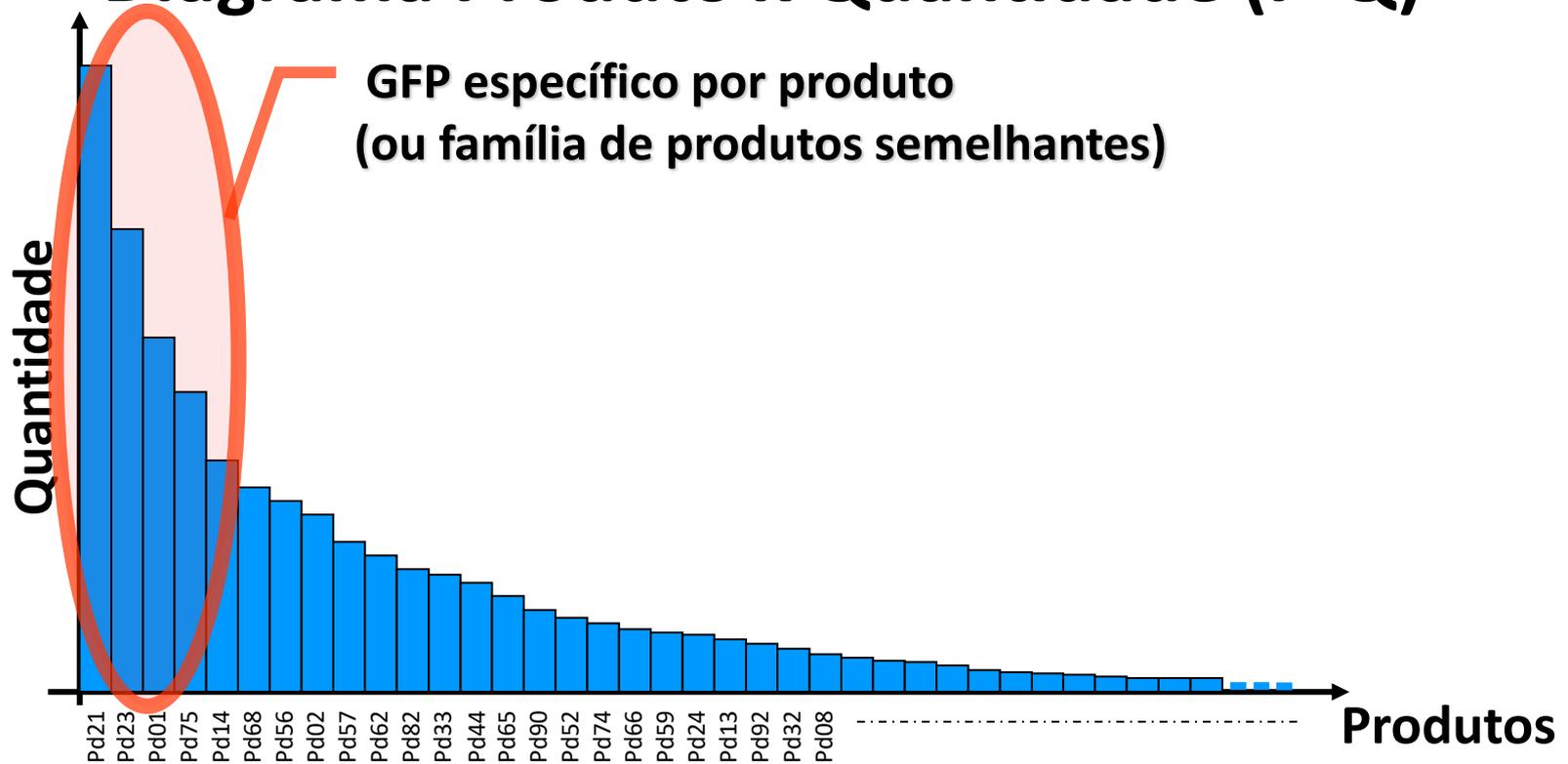
Para se projetar (ou reprojeter) o AF de uma fábrica, inicialmente, devemos identificar todos os produtos que serão (ou são) fabricados nela e obter os respectivos volumes de produção. Após classificar os produtos em ordem decrescente de volume, devemos plotar os dados coletados num Diagrama Produto x Quantidade (P-Q) e analisar o seu perfil.



Análise de fluxo para projeto de AF Linear

- Arranjo Físico para produção de itens de alto volume e variedade baixa/nula que requerem rápida movimentação

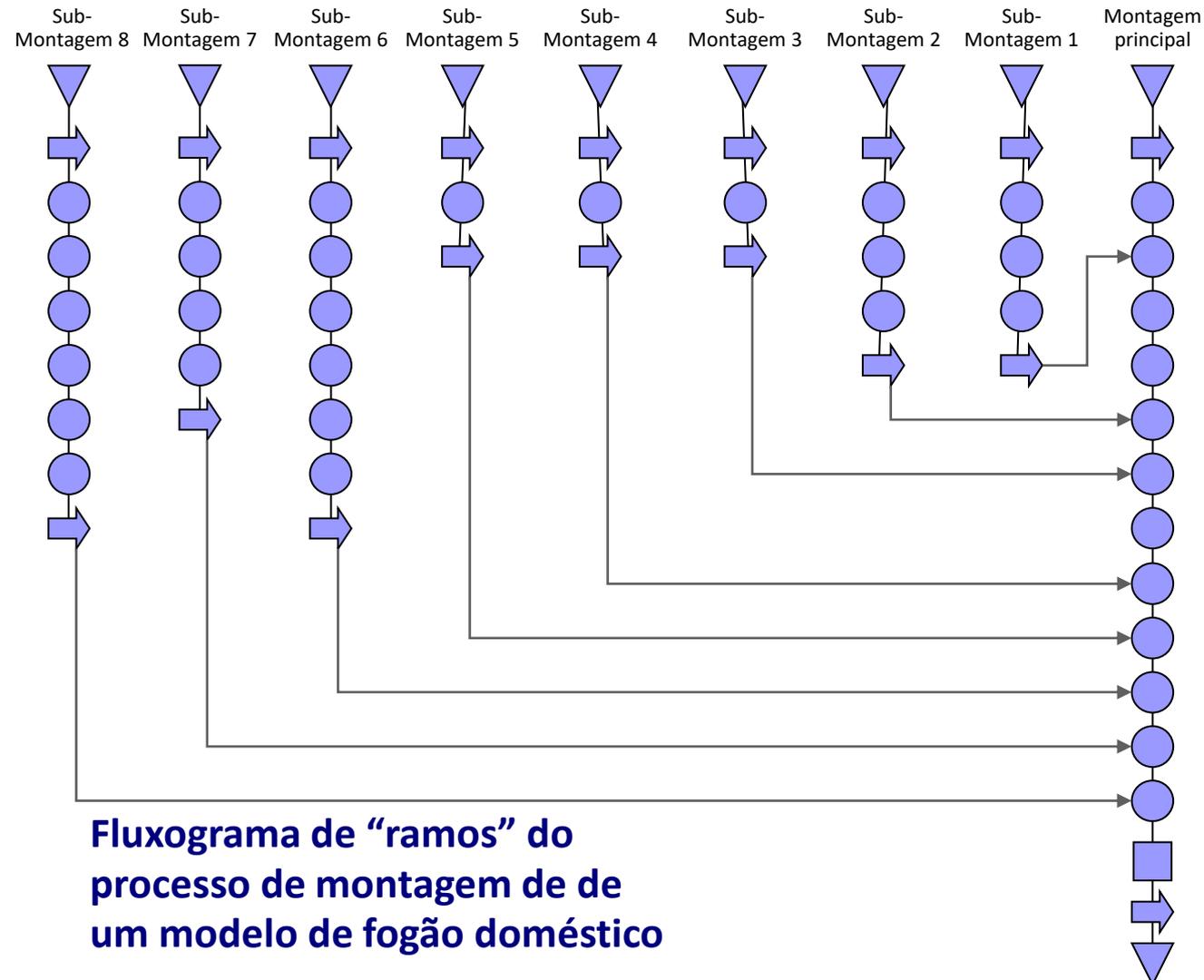
Diagrama Produto x Quantidade (P-Q)



Itens de maior demanda que exigem um AF que possibilite sua movimentação com “maior rapidez”

Itens de menor demanda que podem ser produzidos numa área com um AF em que a movimentação seja “mais lenta”

Um exemplo de projeto de arranjo físico do tipo Linear

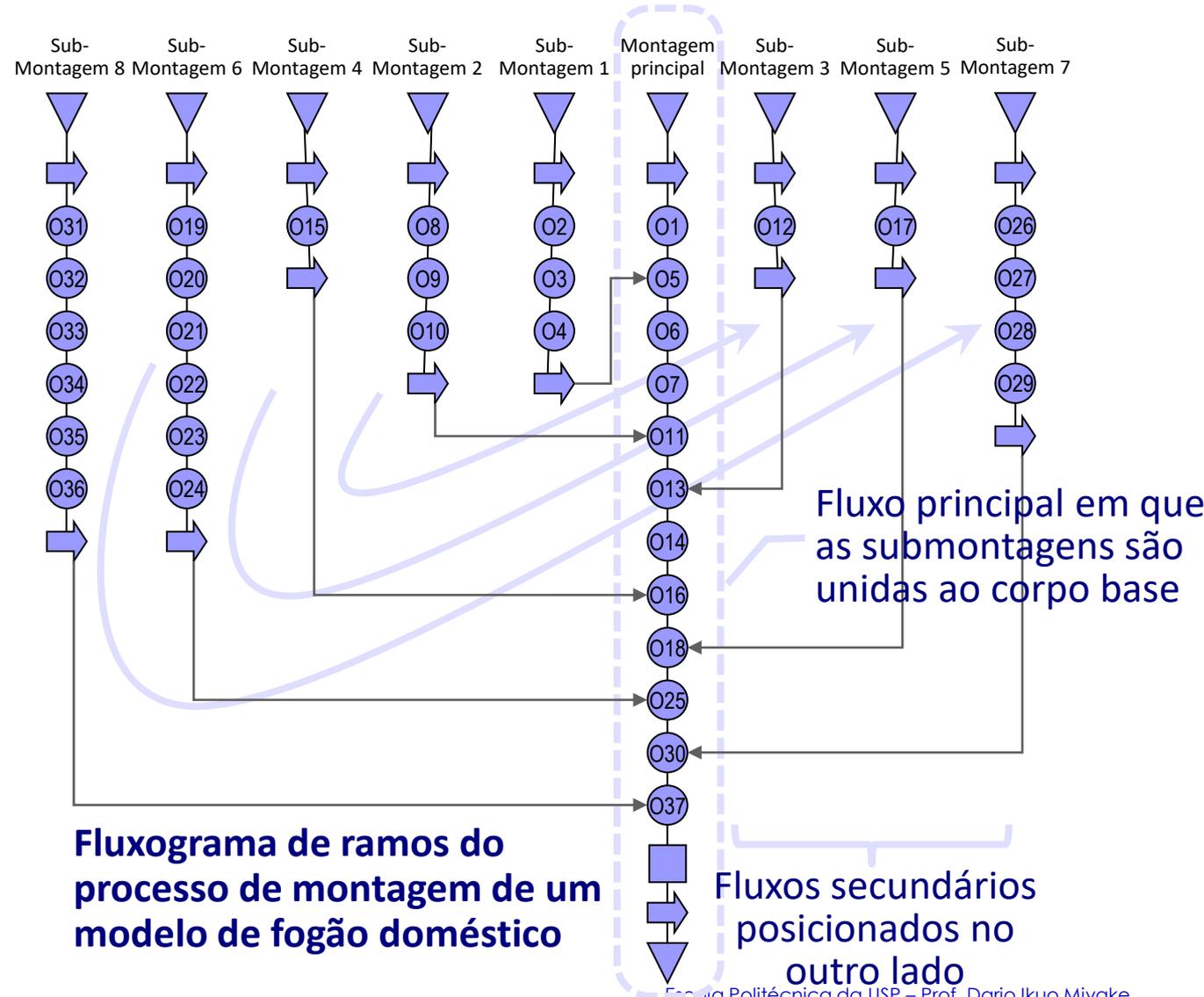


Fluxograma de “ramos” do processo de montagem de de um modelo de fogão doméstico

- Exemplo do projeto de uma linha de montagem de fogões de uma dada família de produtos com elevada demanda



Um exemplo de projeto de arranjo físico do tipo Linear

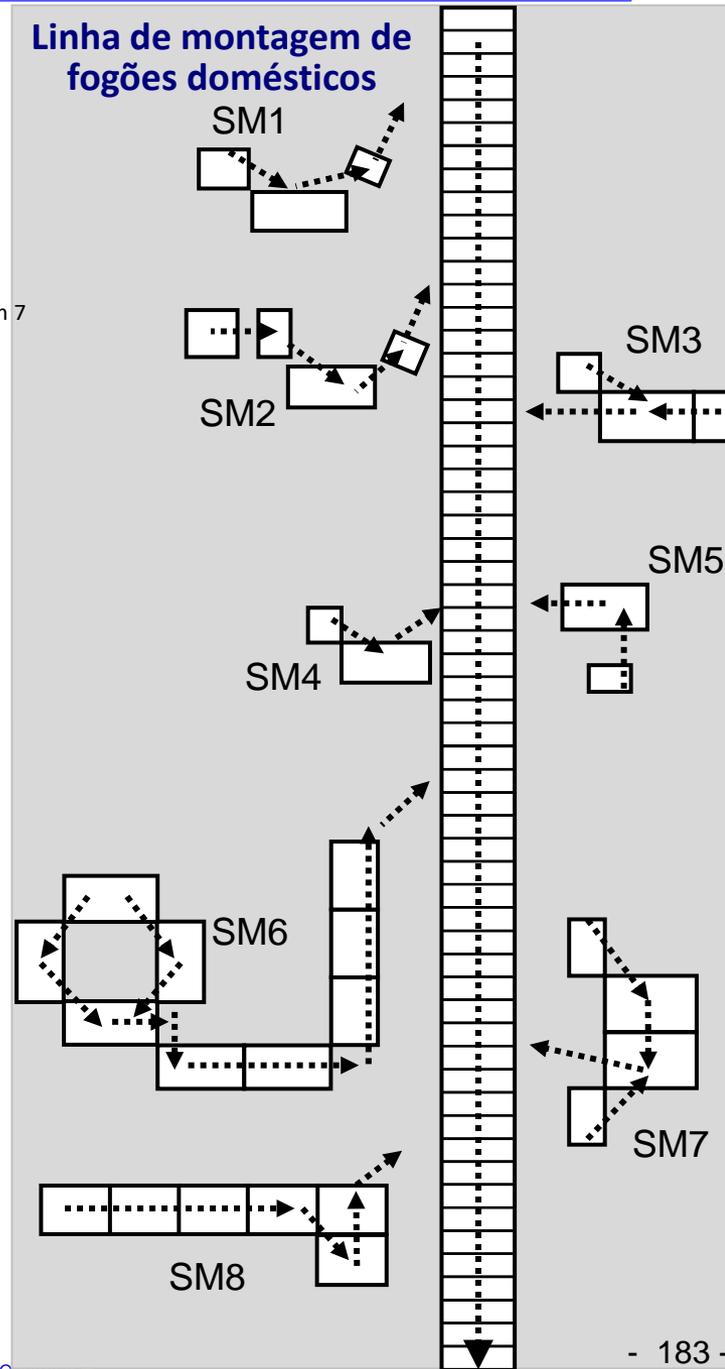
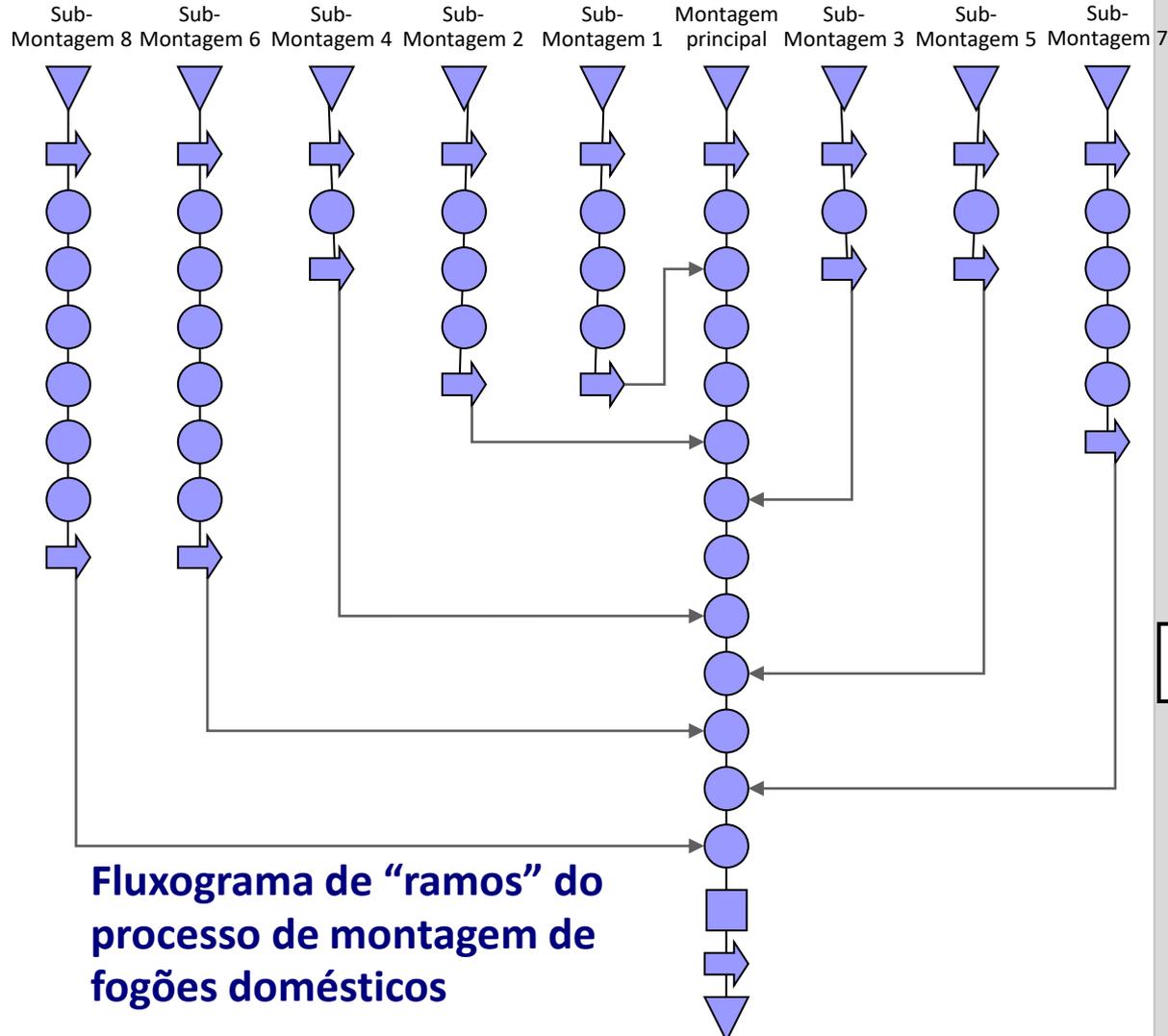


- Exemplo do projeto de uma linha de montagem de fogões de uma dada família de produtos com elevada demanda

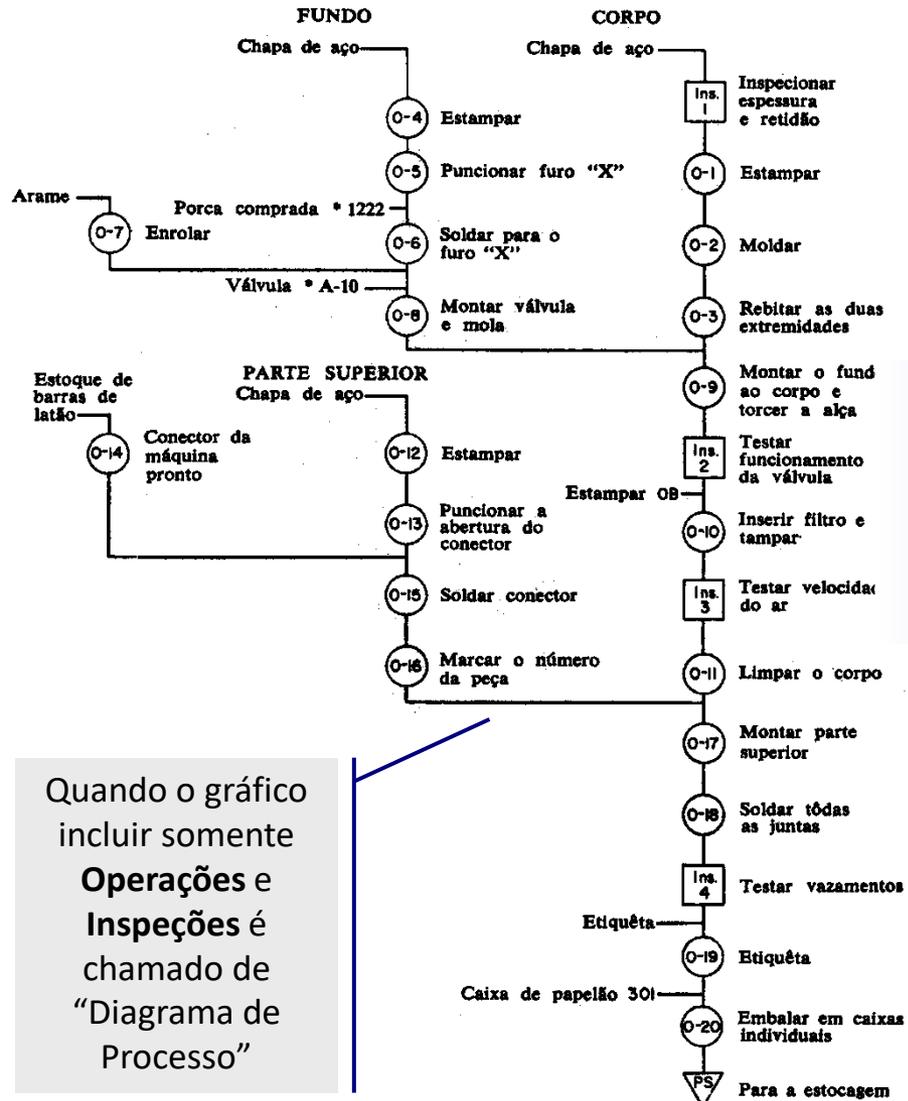


Fluxograma de ramos do processo de montagem de um modelo de fogão doméstico

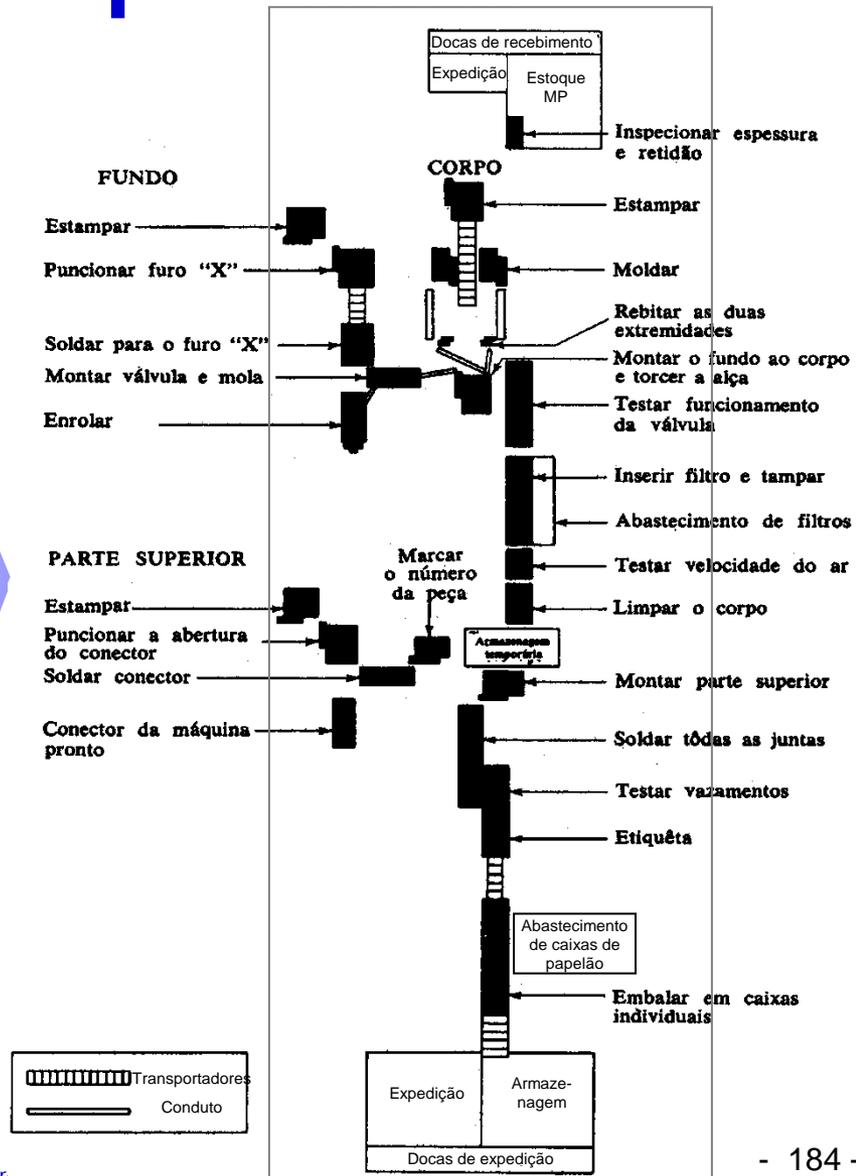
Um exemplo de projeto de arranjo físico do tipo Linear



Outro exemplo de projeto de arranjo físico do tipo Linear



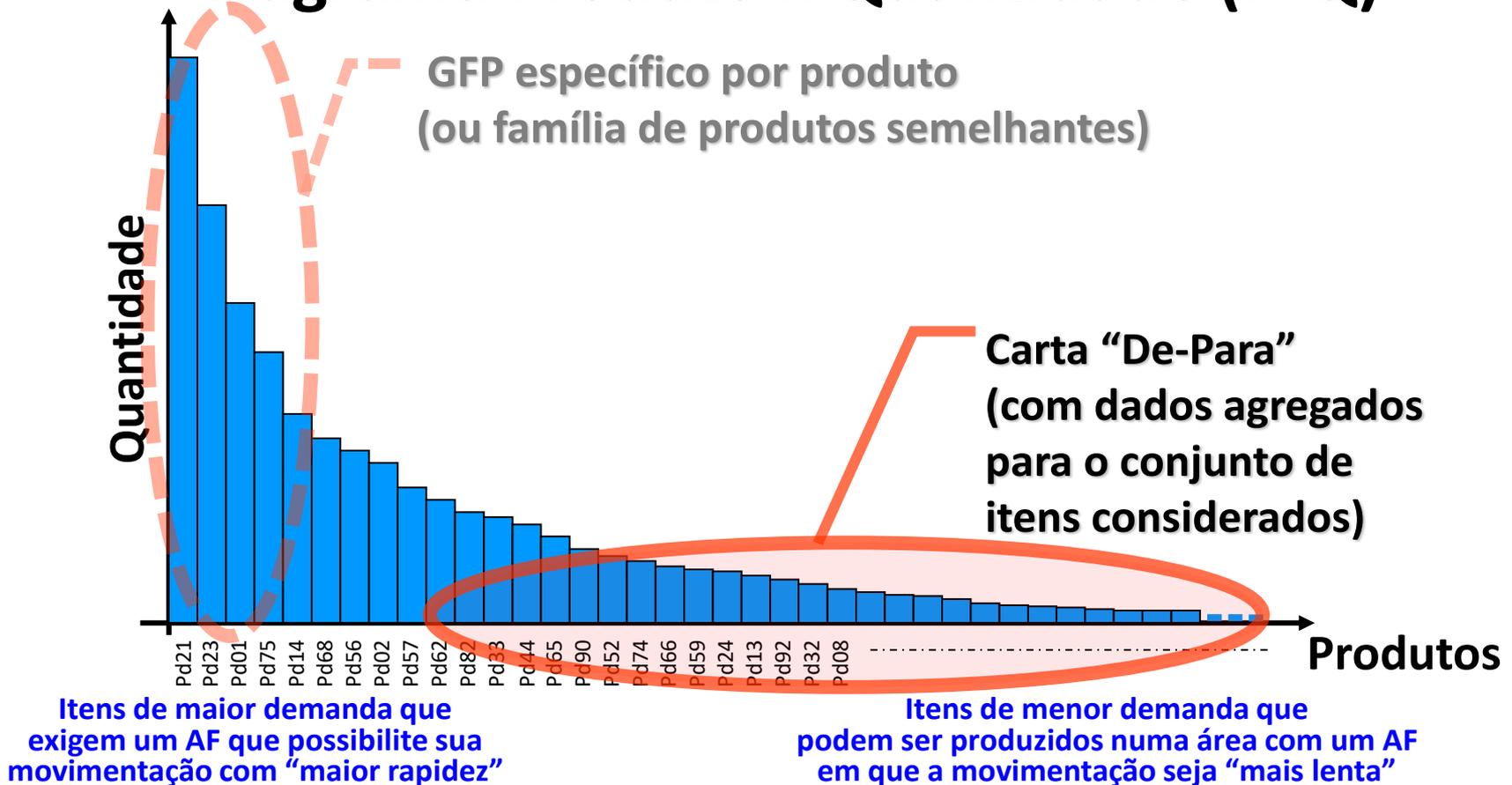
Quando o gráfico incluir somente **Operações e Inspeções** é chamado de "Diagrama de Processo"



Análise de fluxo para projeto de AF Funcional

- Arranjo Físico que oferece alta flexibilidade para a produção de grande variedade de itens em médio/baixo volume

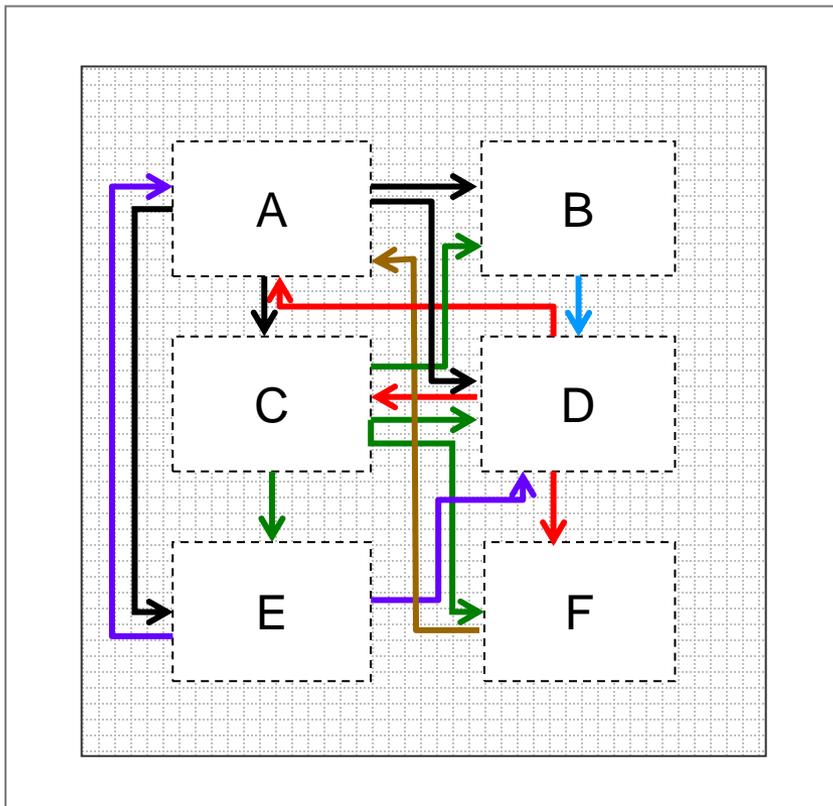
Diagrama Produto x Quantidade (P-Q)



Análise de fluxos para projeto de AF Funcional com Carta De-Para

- Para um conjunto com um número grande de peças/produtos que variam muito em forma e roteiro e que, individualmente, têm volume de produção relativamente baixo.

Número de transferências num período de tempo (dados agregados sobre as transferências de todos os itens transportados de um setor para outro)

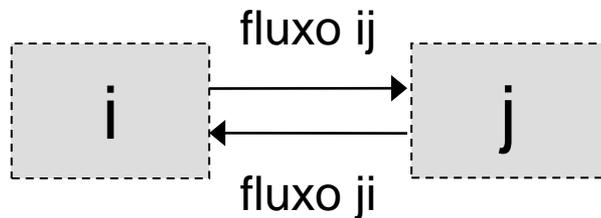


DE \ PARA	A	B	C	D	E	F	total DE
A		10	5	10	20	0	45
B	0		0	20	0	0	20
C	0	20		25	20	10	75
D	15	0	15		0	10	40
E	5	0	0	10		0	15
F	10	0	0	0	0		10
total PARA	30	30	20	65	40	20	

- Outras unidades de medidas que podem ser adotadas em seu preenchimento: t/ano , $m^3/mês$, n^o de peças/ano, n^o de embalagens/mês.

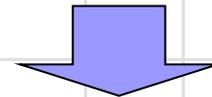
Análise de fluxos para projeto de AF Funcional com Carta De-Para

- A Carta De-Para deve ser preenchida com uma medida do fluxo total “De” um setor i “Para” um setor j e, inversamente, “De” um setor j “Para” um setor i .



- Em seguida, o fluxo total entre um setor i e um setor j pode ser obtido.

DE \ PARA	A	B	C	D	E	F
A		10	5	10	20	0
B	0		0	20	0	0
C	0	20		25	20	10
D	15	0	15		0	10
E	5	0	0	10		0
F	10	0	0	0	0	



DE \ PARA	A	B	C	D	E	F
A		10	5	25	25	10
B			20	20	0	0
C				40	20	10
D					10	10
E						0
F						