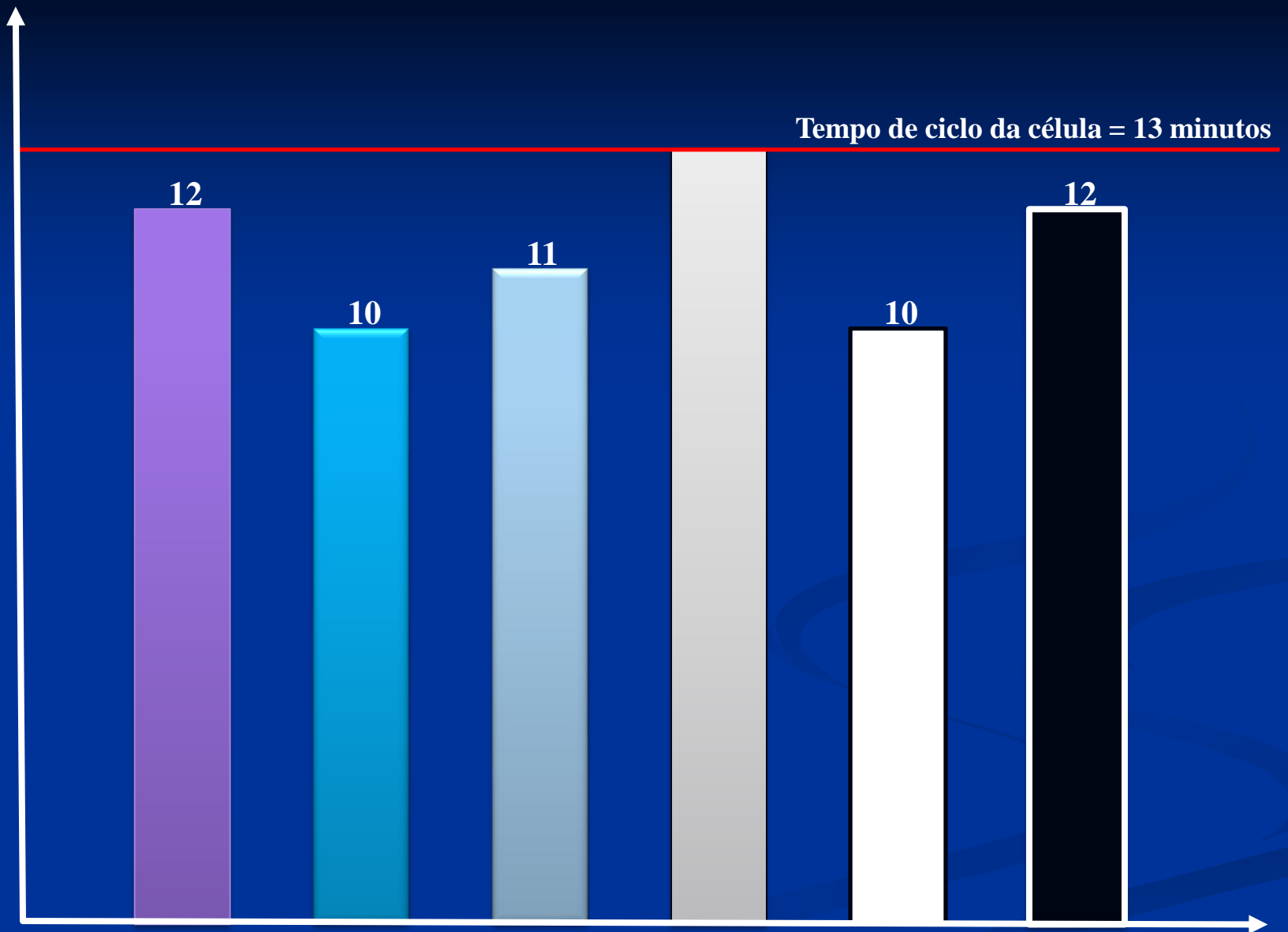


Célula de manufatura – balanceamento da produção





CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO

- 1) Sistema de produção contínuo puro;
- 2) Sistema de produção em massa (representado pelo *Flow-shop*). Ford propôs este termo em seu artigo de 1926 para a *Encyclopedia Britannica*, “*Mass Production*” (13ª edição, Supl. Vol. 2, pp. 821-823). Muitos outros nessa época denominavam suas técnicas de “fordismo”;
- 3) Sistema de produção repetitivo (representado pela manufatura celular em que o padrão de fluxo é *Flow-shop*);
- 4) Sistema de produção semi repetitivo (representado pela manufatura celular em que o padrão de fluxo é *Job-shop*);
- 5) Sistema de produção não repetitivo (representado pelo *Job-shop*);
- 6) Sistema grande projeto.

SISTEMA DE PRODUÇÃO INTERMITENTE (FLUXO DE MATERIAIS INTERMITENTE)

- Segundo MOREIRA (1996) trata-se da produção realizada em lotes. Ao término da fabricação do lote de um produto, outros produtos tomam o seu lugar nas máquinas. O produto realizado em um determinado momento só voltará a ser feito depois de algum tempo, caracterizando-se assim uma produção intermitente de cada um dos produtos. Caso o cliente apresente seu próprio projeto de produto, devendo a empresa fabricá-lo segundo essas especificações, caracteriza a produção intermitente por encomenda.

Arranjo Físico

LAYOUT

Arranjo Físico

1) Linha de Produção

Por Produto – Fluxo Linear

2) Funcional

Por Processo – “*job shop*” – por processo

3) Manufatura Celular

Tecnologia de Grupo (TG)

4) Posicional – Posição Fixa

5) Misto – Híbrido

Linha de Produção

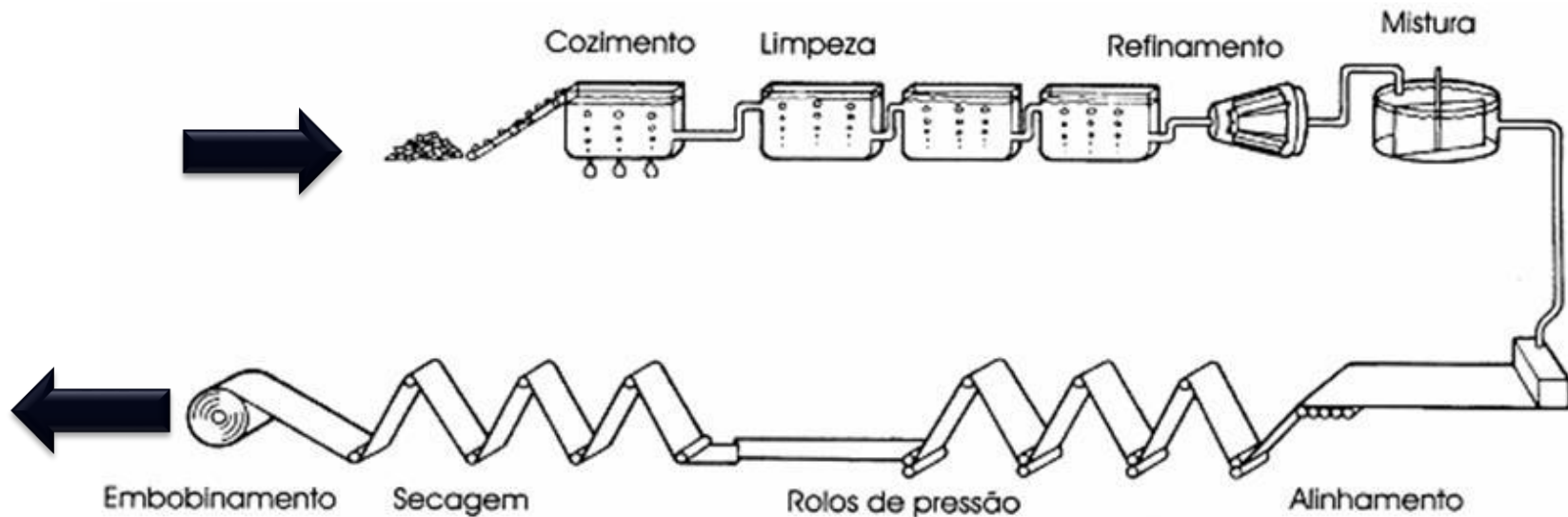
Fluxo Linear

TIPOS BÁSICOS DE ARRANJO FÍSICO

Por Produto - de Fluxo - Linear - Linha de Produção

SLACK, Nigel, Administração da produção (2008))

As máquinas e equipamentos estão dispostos de acordo com as etapas progressivas pelas quais o produto é feito. O material, sob a forma de matéria prima, caminha de uma operação à outra, percorrendo equipamentos colocados próximos uns dos outros, dispostos segundo o diagrama de fabricação do Produto.

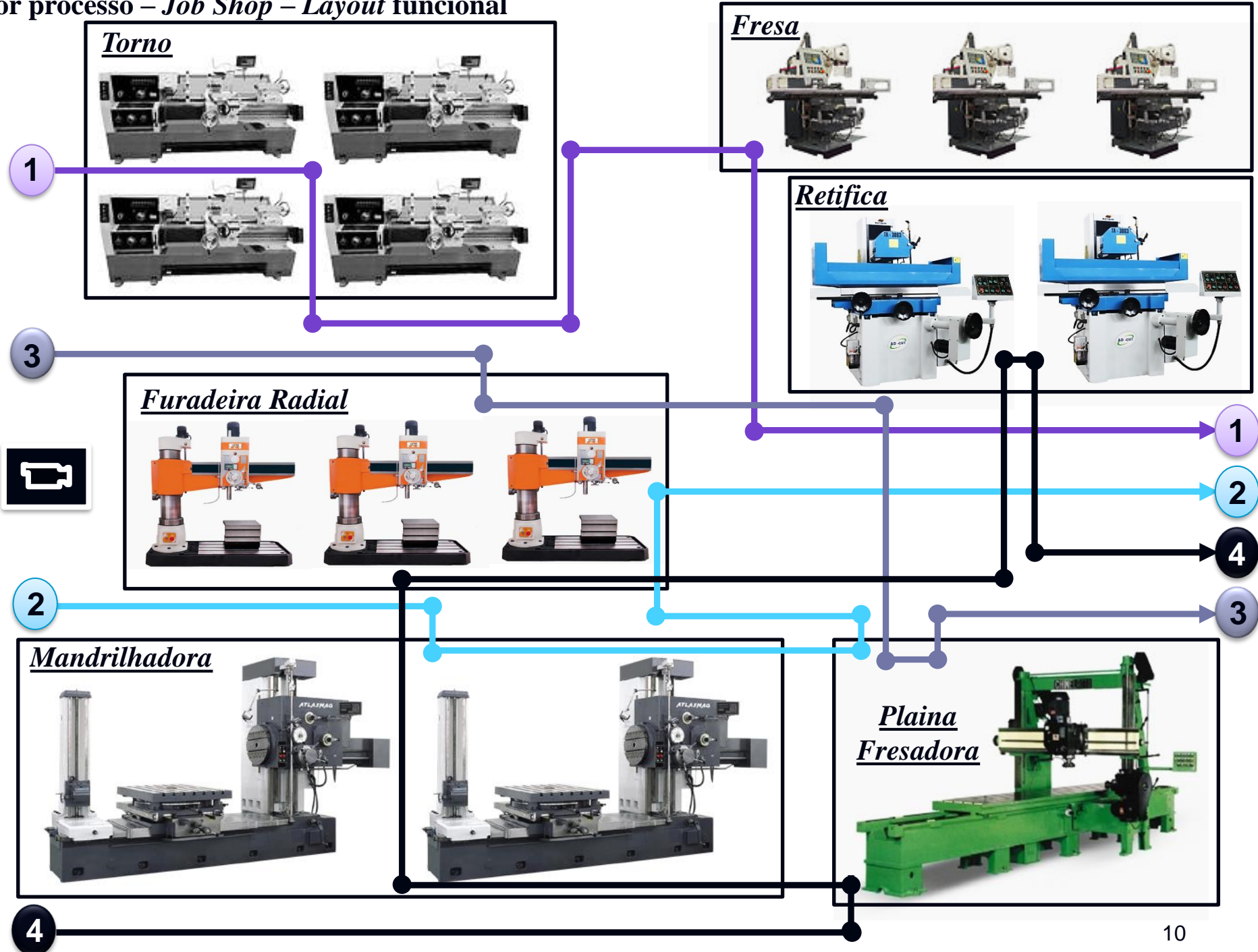


Fábrica de Papel com Arranjo Físico Por Produto

Por processo
Layout Funcional

Job Shop

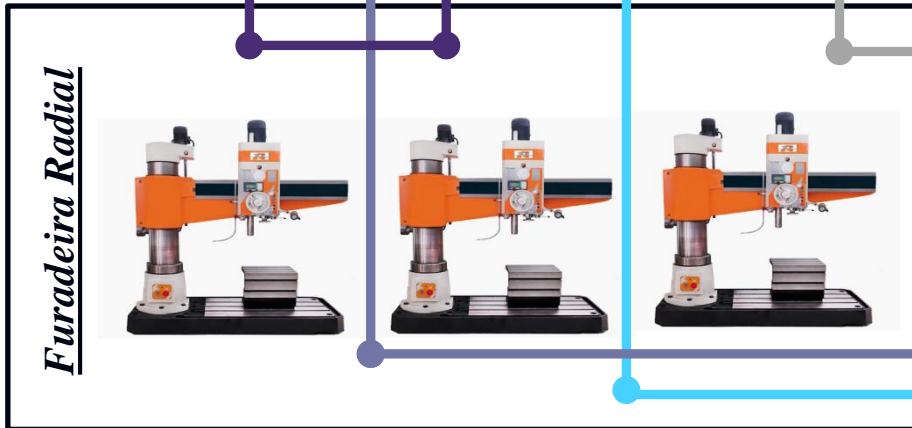
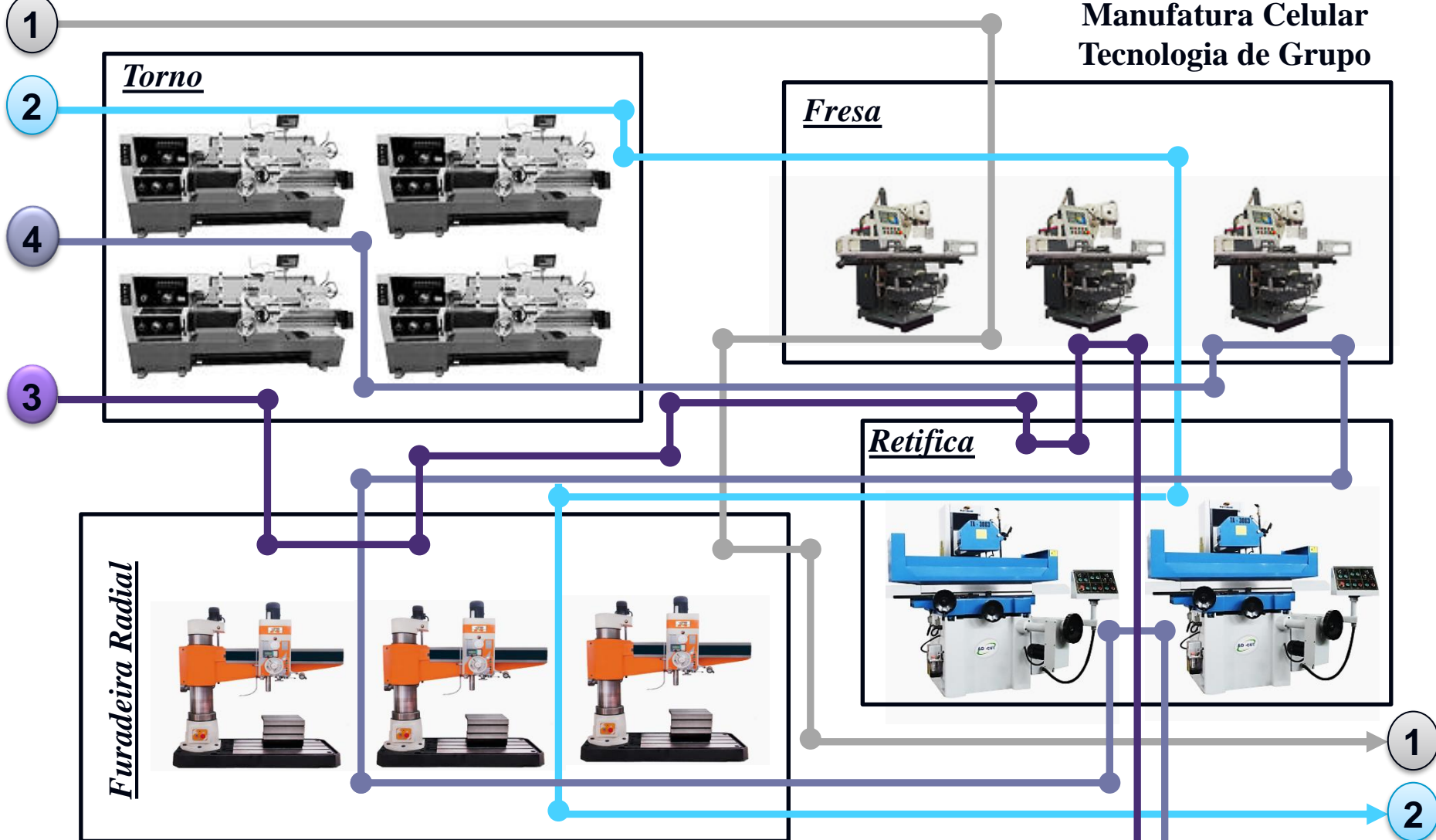
Por processo – Job Shop – Layout funcional



Manufatura Celular

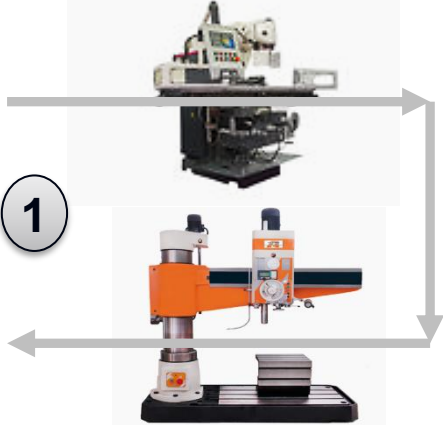
Tecnologia de Grupo

Manufatura Celular Tecnologia de Grupo

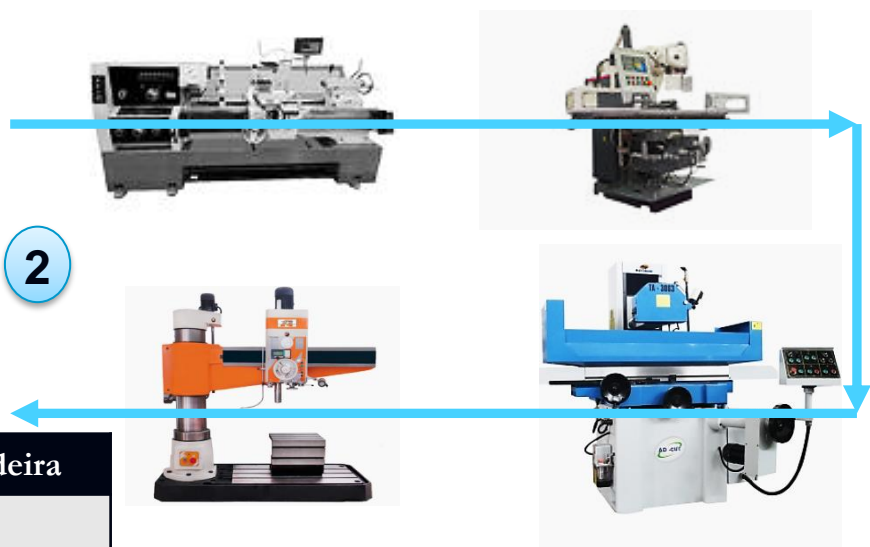


Produto	Torno	Fresa	Retifica	Furadeira
1		1		2
2	1	2	3	4
3	1	4	3	2
4	1	2	3 / 5	4

1



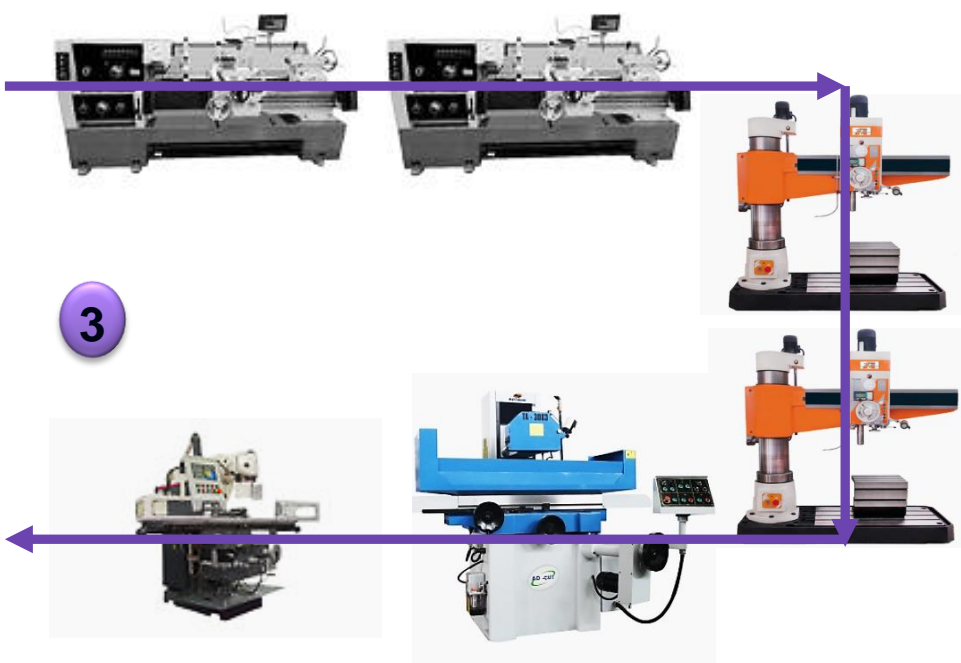
2



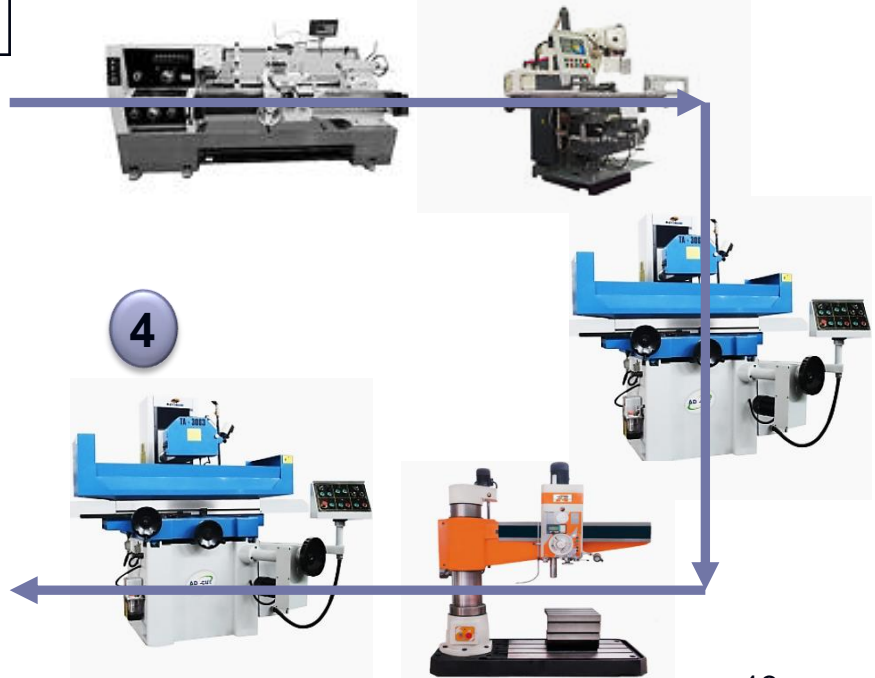
Produto	Torno	Fresa	Retifica	Furadeira
1		1		2
2	1	2	3	4
3	1	4	3	2
4	1	2	3 / 5	4

Manufatura Celular Tecnologia de Grupo

3



4



TECNOLOGIA DE GRUPO E MANUFATURA CELULAR

TECNOLOGIA DE GRUPO E MANUFATURA CELULAR

Contextualização

- ❑ Embora não pretendamos, aliás nem poderíamos, esgotar todos os assuntos ligados ao PCP, um assunto importantíssimo que tem profundas implicações nas atividades de PCP é a Tecnologia de Grupo e manufatura celular. Isso decorre do seguinte fato: em PCP “o simples é bom” (SIPPER; BULFIN, 1997), e a tecnologia de Grupo/Manufatura celular vem de encontro a isso: acima de tudo ela visa simplificar o fluxo de materiais de modo que possamos então usar um sistema de controle da produção mais simples com níveis altos de eficácia (atingimento de objetivos) e eficiência (com uso dos recursos).

TECNOLOGIA DE GRUPO E MANUFATURA CELULAR

Conceito de tecnologia de grupo e manufatura celular

- ❑ Tecnologia de Grupo (TG) pode ser definida como uma estratégia de manufatura que busca obter em um ambiente de produção em lote as vantagens econômicas similares à da produção em massa. Como toda estratégia de manufatura, a TG é constituída de princípios e conceitos, sendo os princípios mais básicos os seguintes:
 - a) formação de famílias de peças semelhantes em termos de projeto (forma, tamanho, tolerâncias, material) e/ou processo;
 - b) formação de grupos de equipamentos, cada um dos quais, na medida do possível, fabricando uma família de peças.

TECNOLOGIA DE GRUPO E MANUFATURA CELULAR

- ❑ De acordo com Burbidge (1975), a característica chave da tecnologia de grupo é o *layout* em grupo, também chamado *layout* celular ou ainda manufatura celular. Esse tipo de *layout* consiste na divisão de todos os componentes em famílias e todas as máquinas em grupos, de tal forma que todos os elementos de uma família possam ser processados em somente um grupo de máquinas. Cada um desses grupos de máquinas recebe o nome de célula.
- ❑ Na verdade, uma célula de produção é um conjunto de máquinas que possuem certas características:

TECNOLOGIA DE GRUPO E MANUFATURA CELULAR

- a) devem estar agrupadas não pelas suas próprias similaridades (especialização por processo), mas sim porque são capazes de, juntas, realizar um conjunto de operações dissimilares, que salvo nas exceções (o chamado *blacksheep*, em que a peça, para ser completada, precisa visitar mais que uma célula), são suficientes para completar uma gama de peças (especialização por item);
- b) se uma família e peças puder ser usinada num certo número de máquinas, todas elas do mesmo tipo, ainda assim esse conjunto de máquinas formarão um grupo (célula) legítimo (BURBIDGE, 1975);

TECNOLOGIA DE GRUPO E MANUFATURA CELULAR

- c) o tamanho da célula varia muito, no geral de 1 a 25 máquinas. Quanto menor o grupo, melhor (facilita o controle), porém, é mais provável haver necessidade de investir em equipamentos. “Para uma célula permanecer uma unidade de manufatura social e economicamente viável ao longo de um horizonte de tempo útil, seus recursos devem estar agrupados de maneira próxima; ela deve ter flexibilidade em seu *mix* de capacidade, ser grande o suficiente para continuar funcionando com um único absenteísmo e ser pequena o suficiente para o controle detalhado ser praticado por um único indivíduo” (PULLEN, 1976).

TECNOLOGIA DE GRUPO E MANUFATURA CELULAR

- ❑ Na Figura 11.1, extraída de Hyer e Wemmerlov (1982), tem-se um layout funcional ou por processo e um *layout* celular ideal (padrão de fluxo *flowshop*). Na Figura 11.2 (adaptada de Ham et al. (1985), têm-se os três tipos básicos *layout* (por Produto, por Grupo e por Processo) como função da variedade de produtos e do volume de produção do sistema de produção.
- ❑ Quando numa célula há presença de contra fluxo (veja Figura 11.3) dizemos que a célula possui padrão de fluxo *jobshop*. Quando não há contrafluxo, podendo ter ou não transbordamento (*overflow*; veja Figura 11.3), dizemos que a célula possui padrão de fluxo *flowshop*.

TECNOLOGIA DE GRUPO E MANUFATURA CELULAR

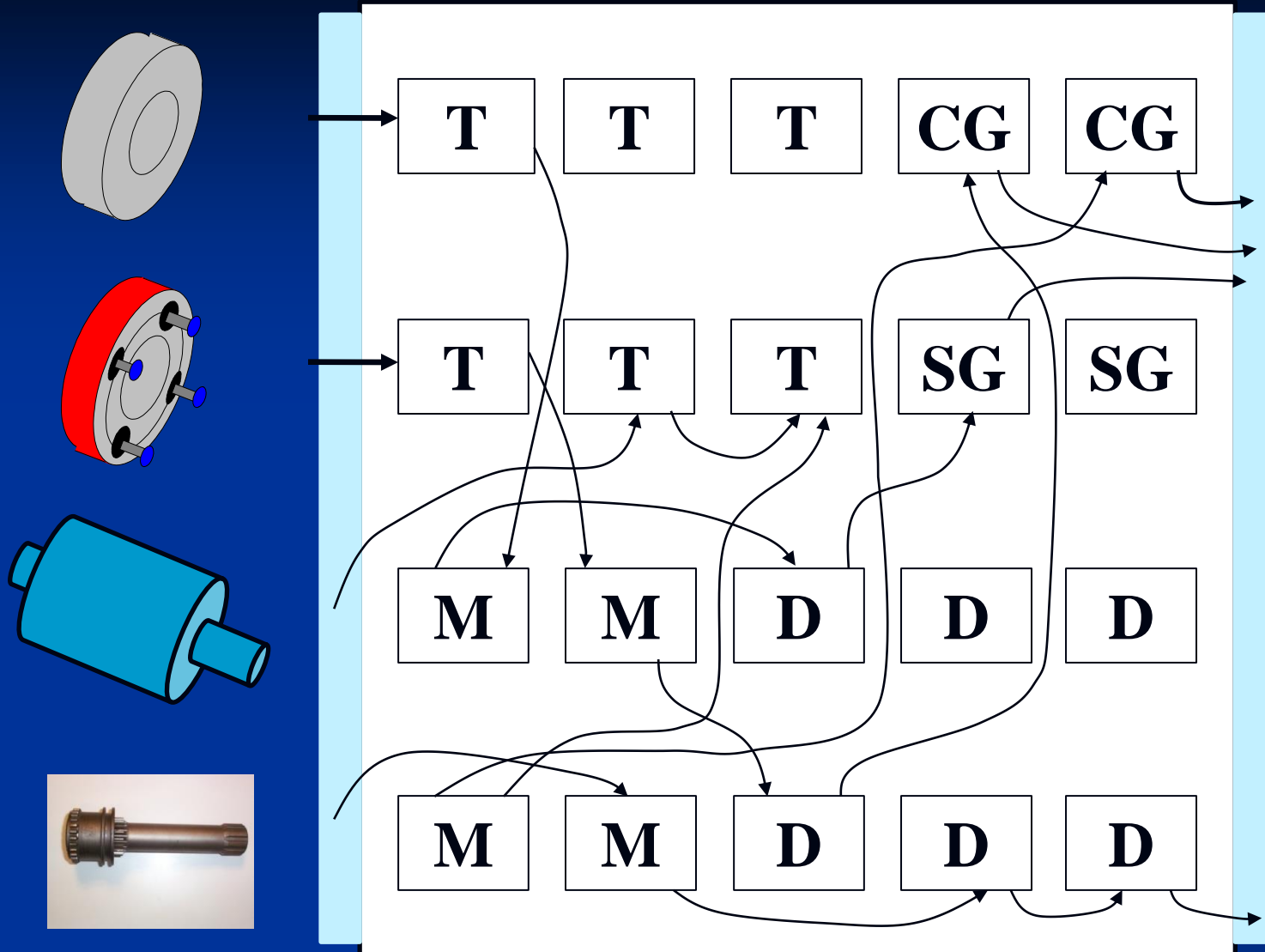


Figura 11.1 Exemplo de um *layout* funcional e um *layout* celular com padrão de fluxo *flowshop*.

Fonte: Hyer e Wemerlov (1982)

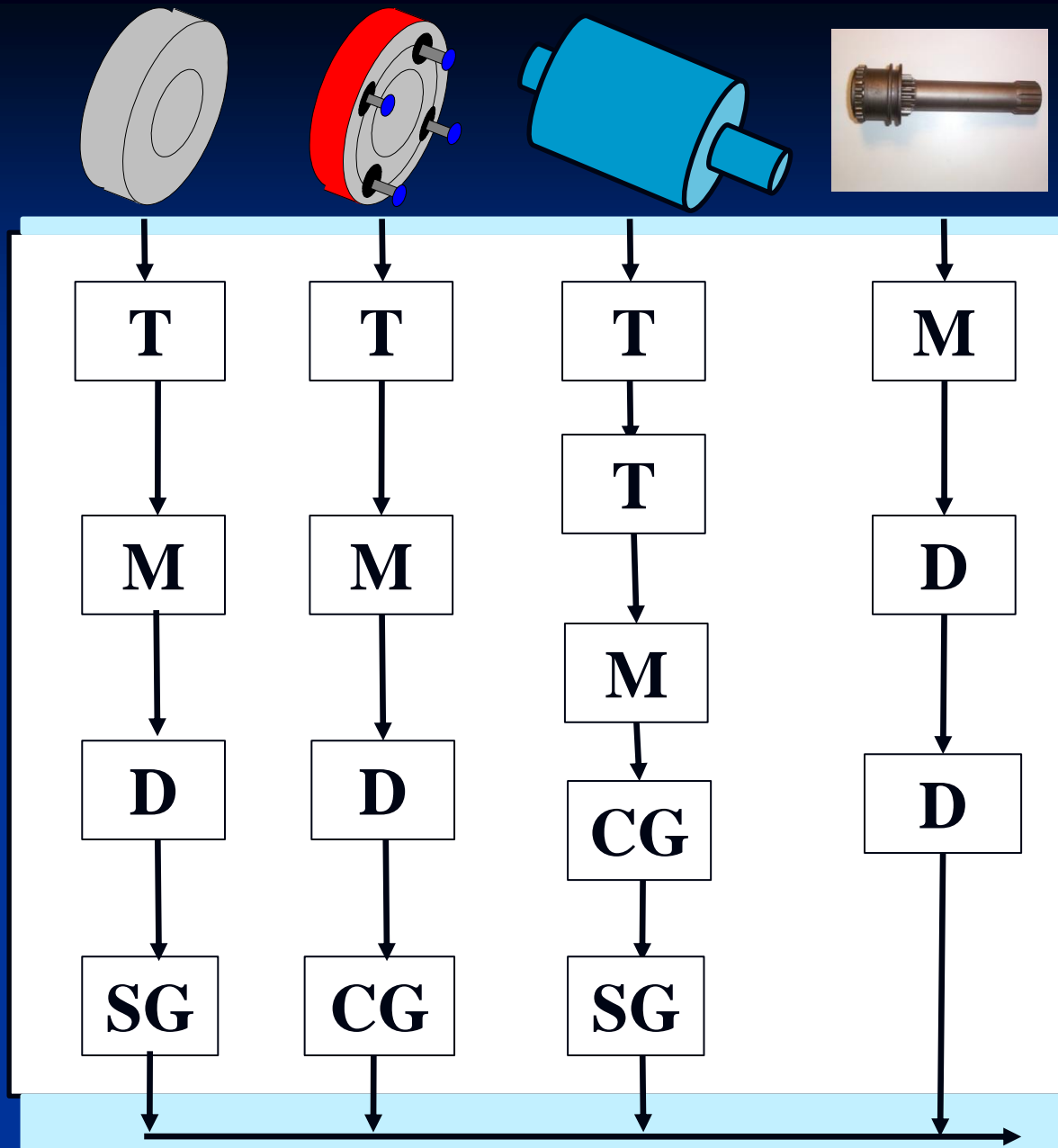


Figura 11.1 Exemplo de um *layout* funcional e um *layout* celular com padrão de fluxo *flowshop*.

Fonte: Hyer e Wemerlov (1982)

TECNOLOGIA DE GRUPO E MANUFATURA CELULAR

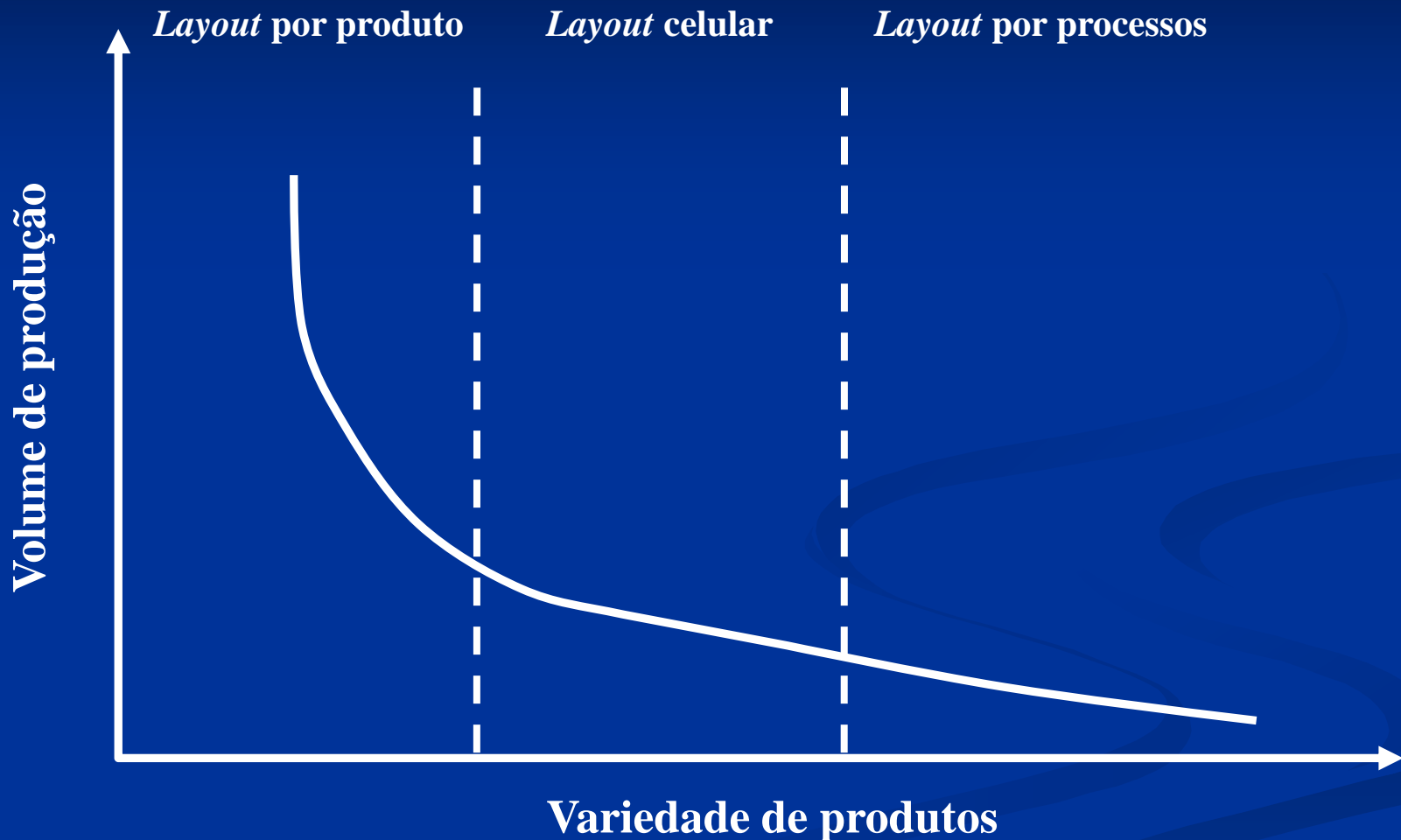


Figura 11.2 *Layouts* mais adequados para relação volume variedade dos sistemas produção.

Fonte: Adaptado de Ham et al. (1985)

TECNOLOGIA DE GRUPO E MANUFATURA CELULAR

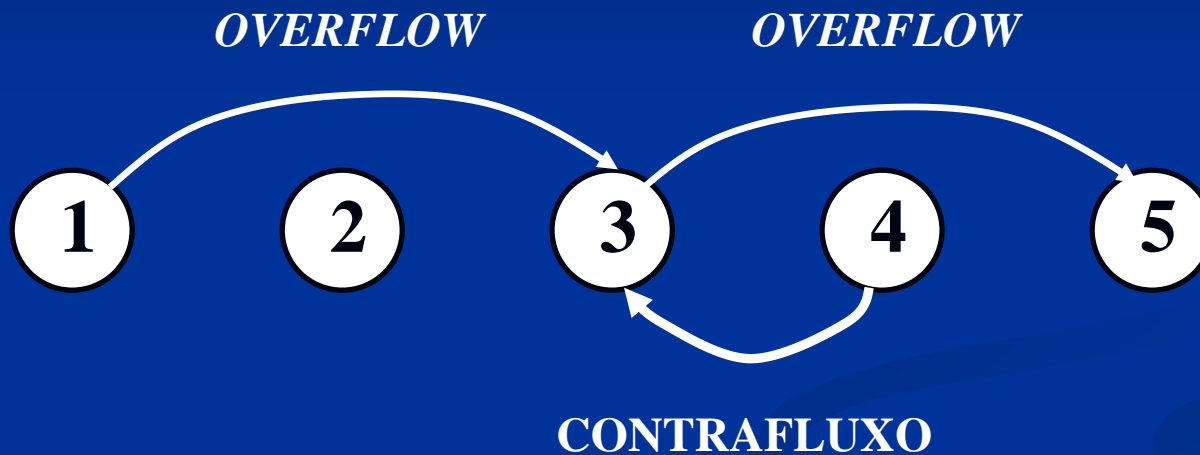


Figura 11.3 Presença numa célula em linha de *overflow* e contrafluxo.

TECNOLOGIA DE GRUPO E MANUFATURA CELULAR

- ❑ Quando não há contrafluxo, podendo ter ou não transbordamento (*overflow*; veja Figura 11.3), dizemos que a célula possui padrão de fluxo *flowshop*. Este último é o padrão ideal, já que o fluxo é mais simples, porém a maioria das células possui padrão de fluxo *jobshop*. Note que se numa “célula” só for produzido um único produto mesmo que em modelos bem similares (há distinção, variedade de modelos semelhantes, e não diversificação, variedade de produtos diferentes), essa “célula” não é célula e sim uma linha ou uma sublinha de produção. Reafirmando, para ser célula há necessidade de produzir uma família de produtos com diferenças significativas entre eles.

TECNOLOGIA DE GRUPO E MANUFATURA CELULAR

- ❑ Naturalmente, para alguns profissionais certas diferenças são significativas, enquanto que para outros não o são; geralmente, diferenças em formato e material são significativas, enquanto que em cores e pequenas diferenças e tamanho não são significativas.
- ❑ Situação muito pior que a presença de contrafluxo é quando surgem *blacksheeps*. *Blacksheep* é uma peça que necessita de processamento em mais de um célula para ser completada. A minimização do número de *blacksheeps* deve ser um dos objetivos do projetista de células de manufatura.

TECNOLOGIA DE GRUPO E MANUFATURA CELULAR

- Embora seja contrassenso pensar em células de manufatura sem o uso de Tecnologia de Grupo (TG), o uso de TG sem implantar células é, pelo menos em alguns casos particulares, possível, embora não seja o ideal. Uma situação dessas seria uma fábrica que já possui arranjo físico funcional extremamente difícil de mudar para o celular e, além disso, o *mix* de produtos varia tanto e de tal forma que seria impossível conseguir uma distribuição de carga de trabalho nas células não excessivamente discrepante. Nesse caso, a formação de famílias se dá pelo uso de um sistema de codificação e classificação de peças (veja HYDE, 1981); peças com códigos semelhantes farão parte de uma mesma classe de peças.

TECNOLOGIA DE GRUPO E MANUFATURA CELULAR

- ❑ Antes de projetar uma nova peça, determina-se o seu código provável (por exemplo, usando o sistema de codificação e classificação de peças *Opitz*). Tendo-se o código da nova peça, do banco de projetos já cadastrados é resgatada uma cópia do projeto da peça com código mais semelhante ao código da nova peça a ser projetada. Então, editando tal projeto resgatado obtêm-se o projeto da nova peça. Obviamente, nesse projeto agiliza o projeto de novas peças, mas, os custos envolvidos com o desenvolvimento de um sistema de codificação e classificação são altos e, assim, há necessidade de se realizar uma análise custo benefício.

TECNOLOGIA DE GRUPO E MANUFATURA CELULAR

Taxonomia da manufatura celular

- ❑ Diversas classificações dos tipos de células são possíveis. Sinha e Hollier (1984) mostram três tipos de células:
 - a) células flexíveis: tarefas que foram planejadas para serem executadas numa célula podem ser transferidas, por questão de conveniência, para outra célula;
 - b) células baseadas na descrição dos itens: por exemplo, células de engrenagens;
 - c) células baseadas nos roteiros e processo.

TECNOLOGIA DE GRUPO E MANUFATURA CELULAR

- ❑ Baseado no tipo de *layout*, Arn (1975) classifica as células em três categorias:
 - a) linha de produção de TG: parecida com a linha de produção; a diferença é que nesta o número de produtos fabricados é um (admitindo variantes do mesmo) e, na TG, é unitário o número de famílias. Em ambas, o padrão de fluxo é *flowshop*;
 - b) células de TG: padrão de fluxo *jobshop*: consideramos como sendo a célula de ocorrência mais usual;
 - c) centro de TG: as máquinas do centro são todas do mesmo tipo.

TECNOLOGIA DE GRUPO E

MANUFATURA CELULAR

- ❑ Células com um número grande de máquinas, superior a aproximadamente 15 máquinas, são usualmente chamadas de células do tipo minifábrica.
- ❑ Outra classificação consiste em apenas diferenciar as células de fabricação e células de montagem. Estas últimas podem ser (GALLAGHER; KNIGHT, 1986):
 - a) grupos em série: os problemas de balanceamento são reduzidos com a inserção de pulmões (*buffers*) entre cada dois grupos consecutivos;
 - b) grupos em paralelo: cada um monta o produto completo e o número deles é determinado pelo volume de produção requerido;
 - c) grupos ramificados: submontagens em paralelo, seguidas de montagem (ns) final (is).

TECNOLOGIA DE GRUPO E MANUFATURA CELULAR

- As células providas com automação flexível podem ser classificadas em (SPUR; MERTINS, 1982):
 - a) Linha de Transferência Flexível (FTL). Característica: interligação interna; usinagem de multiestágios; transporte cíclico; fluxo direcionado do material; versatilidade parcial do equipamento de processamento com tempos de preparação relativamente curtos;
 - b) Sistema Flexível de Manufatura (FMS). Características: interligação externa; usinagem de mono ou multiestágio; transporte não cíclico; fluxo de material automatizado; preparação não manual para spectrum limitado de peças;

TECNOLOGIA DE GRUPO E MANUFATURA CELULAR

- c) Célula Flexível de Manufatura. Características: máquinas isoladas sem interligação; usinagem de estágio único; troca automatizada de ferramentas; é um centro de usinagem contendo ainda um “magazine” para ferramentas e outro para *pallets* contendo peças.
- ❑ Outra classificação refere-se ao formato da disposição das máquinas na célula: (i) célula em U, a mais comum; (ii) célula em anel (uma boa ilustração está na página 41 de Black (1991), onde uma célula com quatro máquina sé operada por um trabalhador que se movimenta numa rota bem definida); (iii) célula em linha (exemplo na Figura 11.3) etc.

TECNOLOGIA DE GRUPO E MANUFATURA CELULAR

- ❑ Vantagens das células em U e em anel: (a) estações de entrada e saída de material ficam próximas (pode-se até pensar numa estação de trabalho de carga e descarga de material que entra e que sai da célula); (b) mais rapidamente um operador pode ter acesso a mais que uma máquina não adjacentes. Mas cada caso é um caso (abordagem contingencial): por exemplo, se cada trabalhador opera uma máquina ou duas (ou três) máquinas consecutivas (adjacentes) e o depósito e entrada está situado de um lado da fábrica (digamos, face oeste) e o depósito de itens acabados está do outro lado (face leste), então a célula em linha é a melhor solução.

TECNOLOGIA DE GRUPO E MANUFATURA CELULAR

□ Para fins de controle da produção, a característica mais importante de uma célula é o padrão de fluxo que ocorre na mesma. “A complexidade de um sistema de controle da produção é diretamente relacionado com a complexidade do fluxo de trabalho na área de fabricação” (DALE; RUSSEL, 1983). Assim sendo, propomos aqui uma classificação baseada no fluxo no interior da célula:

- i. Célula mono estágio: por exemplo, o centro de usinagem;
- ii. Célula mono estágio com máquinas em paralelo;

TECNOLOGIA DE GRUPO E MANUFATURA CELULAR

- iii. Célula multi estágio unidirecional: corresponde ao *flowshop*;
- iv. Célula multi unidirecional variado: admite “saltar” máquinas (*overflow*);
- v. Célula multi estágio unidirecional com máquinas em paralelo;
- vi. Célula multi estágio unidirecional variado com máquinas em paralelo;
- vii. Célula multi estágio multidirecional: admite saltos de máquinas, bem como contrafluxos; corresponde ao padrão de fluxo *jobshop*;
- viii. Célula multiestágio multidirecional com máquinas em paralelo.

TECNOLOGIA DE GRUPO E MANUFATURA CELULAR

Métodos para obter a manufatura celular

- ❑ Existe na literatura uma grande diversidade de trabalhos publicados nos últimos 20 anos que tratam da Tecnologia de Grupo e da manufatura celular. Alguns exemplo desses trabalhos são Escoto et al. (1998) e Li (2003). Revisões da literatura a respeito desses trabalhos são encontradas em Wemmerlov e Hyer (1986), Selim et al. (1998) e Venugopal (1999). Selim et al. (1998) classificam os trabalhos que tratam da formação de células em cinco grandes categorias de acordo com a abordagem geral de solução do problema.

TECNOLOGIA DE GRUPO E MANUFATURA CELULAR

- Essas categorias são: (i) procedimentos descritivos (os conhecidos métodos de classificação e codificação de componentes e análise do fluxo de produção estão incluídos nessa classe); (ii) análise de cluster (o conhecido trabalho de Chan e Milner (1982), está incluído nessa classe); (iii) abordagens da teoria de grafos (dentro dessa classe estão desde trabalhos mais antigos, como o de Rajagopalan e Batra (1975), até trabalhos mais atuais, como Mukhopadhyay et al. (2000)); (iv) abordagens de inteligência artificial (o trabalho de Elmaghraby e Gu (1988) é um exemplo dentro dessa classe); (v) abordagens de programação matemática (dentro dessa classe estão trabalhos que tratam de modelos de programação linear, programação linear inteira e quadrática, programação dinâmica e programação objetivo: exemplo nessa classe são os trabalhos de Kusiak (1987) e Shafer e Rogers (1991)).

TECNOLOGIA DE GRUPO E MANUFATURA CELULAR

❑ Diante de tal diversidade de trabalhos e métodos que tratam da formação de um *layout* celular, neste capítulo nos focamos nos procedimentos descritivos, os quais acreditamos que tenham um maior potencial de implementação prática. Como mencionado acima, dentro os métodos descritivos, dois merecem destaque:

- 1) Metodologia de classificação e codificação dos componentes: esse método se baseia nos desenhos dos componentes;
- 2) Análise de Fluxo de Produção (PFA: *Production Flow Analysis*): esse método não se baseia, como no primeiro método, nos projetos dos componentes, mas sim na análise da informação fornecida pela folha de roteiro dos itens, as quais mostram como os produtos são feitos.

TECNOLOGIA DE GRUPO E MANUFATURA CELULAR

- ❑ De acordo com Burbidge (1996), o melhor desses métodos é o PFA, pois a metodologia da classificação e codificação dos componentes somente encontra as famílias de produtos e então depois ainda resta a atividade de criar os grupos de máquinas para essas famílias. Já o PFA encontra simultaneamente, a custos muito mais baixos, ambos: a divisão dos componentes em famílias e a divisão das máquinas em grupos.
- ❑ O PFA, criado por Burbidge na década de 1960, é composto de uma sucessão de cinco subtécnicas. De acordo com Burbidge (1996): “esta metodologia começa, em grandes empresas, pela simplificação do fluxo entre fábricas ou divisões, usando a análise de Fluxo da Companhia (CFA: *Company Flow Analysis*).

TECNOLOGIA DE GRUPO E MANUFATURA CELULAR

- ❑ Então ela encontra a melhor divisão de cada fábrica dentro de departamentos baseado na organização por produto e simplifica o fluxo de materiais entre eles usando a análise de fluxo de fábrica (FFA: *Factory Flow Analysis*). A seguir, ela planeja a divisão dos departamentos em grupos por meio da Análise de Grupo (GA: *Group Analysis*). O fluxo dos materiais entre os centros de trabalho dentro do grupo é então estudado usando a análise de linha (LA: *Line Analysis*). Finalmente a análise de ferramental (TA: *Tool Analysis*) é usada para encontrar as famílias de ferramentas (conjunto de partes que podem ser todas feitas no mesmo setup usando ferramentas da mesma família) com a finalidade de planejar o sequenciamento da operação e se encontrar conjuntos de partes possíveis à automação”.

TECNOLOGIA DE GRUPO E MANUFATURA CELULAR

- ❑ Vale aqui observar que para realizar a Análise de Grupo é possível sermos auxiliados por um método de *clustering* (por exemplo, o método de Chan e Milner (1982)).
- ❑ Detalhes sobre o PFA podem ser encontrados em Burbidge (1996).

Vantagens, pré-requisitos, problemas na implantação e desvantagens da TG/MANUFATURA CELULAR

- ❑ Pode-se afirmar que a TG tem, embora em níveis diferentes, a possibilidade de afetar, de forma positiva, fatores estratégicos que definem o sucesso de uma empresa, tais quais: produtividade, flexibilidade e qualidade.

TECNOLOGIA DE GRUPO E MANUFATURA CELULAR

- ❑ Isso é devido basicamente à padronização e organização que a TG proporciona; por exemplo, facilita a recuperação de informações, agilizando o projeto e evitando a criação de projetos redundantes. Além disso, a TG propicia a diminuição dos tempos de preparação, que permite diminuir o tamanho dos lotes, e com isso reduzir os *lead times* de produção e os estoques em processo.
- ❑ De acordo com Burbidge (1975), algumas vantagens da TG/MANUFATURA CELULAR são:
 - 1) **Redução no tempo de *throughput*** => com o *layout* em grupo as máquinas estão próximas umas das outras, possibilitando a transferência contínua dos produtos (sobreposição de operações).

TECNOLOGIA DE GRUPO E MANUFATURA CELULAR

Isso reduz o tempo total até a entrega do material (tempo de throughput). As vantagens disso são claras: redução do ciclo do pedido, possibilitando à produção responder mais rapidamente à demanda do mercado, além da redução de estoque em ambos: produtos finais e estoques em processo.

- 2) **Melhoria de qualidade** => no *layout* em grupo as pessoas se envolvem mais, produzindo itens de melhor qualidade.
- 3) **Redução dos custos de manuseio e preparação** => no layout em grupo, o manuseio dos materiais, pela simplificação ocasionada pelo agrupamento das máquinas em grupos e dos produtos em famílias, é bem menor, bem como a utilização de contêineres e outros equipamentos.

TECNOLOGIA DE GRUPO E MANUFATURA CELULAR

- 4) **Simplificação da burocracia do trabalho** => com o *layout* em grupo, o número de papéis, tais como cartões de trabalho, requisições de ferramentas, cai drasticamente.
- 5) **Redução de custos indiretos** => com a redução da burocracia, reduzem-se também os custos com ela; ou seja, custos com digitação, leitura, checagem, preenchimento de papéis é reduzida.
- 6) **Melhoria nas relações de trabalho** => o *layout* em grupo possibilita o trabalho em equipes responsáveis por aquele grupo. Há uma maior independência desse grupo, gerando maior motivação e comprometimento no trabalho.

TECNOLOGIA DE GRUPO E MANUFATURA CELULAR

- 7) **Redução de investimentos** \Rightarrow o *layout* em grupo requer menos espaço que um *layout* funcional, pois a capacidade da planta existente tende a ser maior com a utilização de um *layout* em grupo. Outra redução em espaço que certamente será observada será a redução do espaço proveniente da redução dos estoques em processo. Essa redução de espaço leva a uma redução de investimentos (imóveis, terrenos etc.).
- ❑ Com relação aos pré-requisitos para a implantação da TG temos que, de acordo com Burbidge (1973; 1975), o essencial para o sucesso da TG é:

TECNOLOGIA DE GRUPO E MANUFATURA CELULAR

- a) Mudança do *layout* funcional para o *layout* em grupo;
 - b) Mudança no controle da produção do sistema de estoque controlado de ciclo múltiplo, para o sistema de fluxo controlado de ciclo único;
 - c) Uma grande redução nos ciclos de emissão de ordens;
 - d) Introdução de uma sequência planejada da carga de trabalho.
- ❑ Vários pesquisadores, entre eles Kruse et al. (1975) e Dale e Malik (1977), compartilham a opinião de que, embora estudos prévios no sentido de: (i) racionalizar a linha de produtos (análise de valor e simplificação de projeto); (ii) codificação e classificação para redução de variedade;

TECNOLOGIA DE GRUPO E MANUFATURA CELULAR

(iii) extenso desenvolvimento de ferramental; (iv) algum investimento em uma nova instalação, sejam importantes, eles não são pré-requisitos para implementar TG, sendo o fundamental o *layout* em grupo e um sistema de controle da produção apropriado.

- ❑ Burbidge (1975) defende que para se conseguir o benefício completo de um *layout* em grupo, deve-se trabalhar com um controle da produção baseada no fluxo e não no estoque. O controle de produção por fluxo, de acordo com esse autor, é o melhor sistema para produção de produtos padrões. Além do controle por fluxo e do *layout* em grupo, Burbidge (1975) destaca a importância do sequenciamento de produção nos centros de trabalho.

TECNOLOGIA DE GRUPO E MANUFATURA CELULAR

Utilizando-se esse sequenciamento, produtos com setups similares são colocados em sequência, reduzindo os tempos de *setup* de máquina (muda) e aumentando a capacidade. Esses três elementos, de acordo com este autor, só obterão os benefícios desejados se usados em conjunto.

- ❑ Portanto, é fundamental a implantação da TG e de um sistema de Controle da Produção adequado. Estudos empíricos em empresas confirmam esse fato (DALE e RUSSEL (1983); IVANOV (1968)).
- ❑ Estudos de Dale e Russel (1983) evidenciam vários problemas que surgem ao se tentar implementar TG sem um sistema de controle da produção apropriado.

TECNOLOGIA DE GRUPO E MANUFATURA CELULAR

Entre os mais típicos se destacam:

- i. Assegurar cargas balanceadas às células e manter, internamente em cada célula, todos os membros da equipe ocupados e maximizando a utilização dos equipamentos principais;
- ii. Perturbações no fluxo:
 - a) Algumas máquinas muito carregadas e outras muito subutilizadas na célula;
 - b) Processamento de tarefas em célula errada;
 - c) Interferência das ordens que entram na célula com extrema urgência;

TECNOLOGIA DE GRUPO E MANUFATURA CELULAR

- d) Muito trabalho que deve ser acessado em outras células;
- e) Interferência na sequência de trabalho. Por exemplo, se tarefas similares são separadas por uma operação, os operários tendem a não executar esta esperando a próxima;
- f) Provavelmente, a maior fonte de perturbação do fluxo é a existência de equipamentos chave que são compartilhados por mais de uma célula. Isso causa grande descontinuidade e confusão na programação de operações dessas células, com conseqüente desperdício de tempo.

TECNOLOGIA DE GRUPO E MANUFATURA CELULAR

- Barbidge (1978) aponta que o interesse pela TG na Inglaterra havia diminuído enormemente e dos cinco motivos assinalados todos estão direta ou indiretamente relacionados a falhas de implantação, como por exemplo, dar grande ênfase nos sistemas de codificação e classificação e deixar de lado aspectos muito mais essenciais. Um motivo não citado, mas que é provável que tenha tido influência, é que a TG criou grande expectativa na Inglaterra, que é um dos berços da TG (e outro é a URSS e, em grau bem menor, a Alemanha e a Itália). Os benefícios então propalados pelos pesquisadores ingleses eram por demais auspiciosos.

TECNOLOGIA DE GRUPO E MANUFATURA CELULAR

Algo análogo ocorreu com a Inteligência Artificial nos EUA, que na década de 1950 prometia verdadeiras proezas, e caiu em descrédito nas décadas de 1960 e 1970, só vindo a tomar novo impulso na década de 1980.

- ❑ Já o interesse em outros países, que era pequeno quando na Inglaterra estava no auge, vem aumentando, particularmente nos EUA (HAYER; WEMMERLOV, 1982).
- ❑ Com relação às desvantagens da TG, temos que poucas críticas têm sido feitas contra a TG; por exemplo, Leonard e Rathmill (1977a; 1977b) afirmam que:

TECNOLOGIA DE GRUPO E MANUFATURA CELULAR

- a) Tem sido demonstrado que a manufatura celular é mais eficiente que um *jobshop* ineficiente. Entretanto, por razões relacionadas com treinamento de mão de obra, satisfação no trabalho e utilização de máquinas, TG não pode competir com um *jobshop* eficiente;
- b) Tamanhos de lotes podem ser reduzidos apenas nos casos onde se pode adotar um sistema de emissão de ordens de ciclo único, e o número desses casos é relativamente pequeno;
- c) Em geral, só há vantagens em se usar a TG se o padrão de fluxo obtido nas células é do tipo *flowshop*, e assim a TG se torna uma filosofia de fabricação restrita.

TECNOLOGIA DE GRUPO E MANUFATURA CELULAR

- ❑ Experiências de nosso grupo de pesquisa (veja por exemplo Gracia (2005) contestam (b) e (c); demonstram que o sistema PBC (Capítulos 6 e 7) pode ser efetivamente utilizado tanto em sistemas (unidades) de produção repetitivos ou semirepetitivos. Unidades semirepetitivas são as unidades produtivas que mais surgem na prática e em geral deveriam se configurar como células de manufatura com padrão de fluxo *jobshop*. Já as unidades repetitivas geralmente se configuram como células de manufatura repetitivas. Assim sendo, TG não é uma estratégia de manufatura restrita.

TECNOLOGIA DE GRUPO E MANUFATURA CELULAR

- ❑ Também Nahmias (2005) cita algumas desvantagens da TG, dentre elas podemos destacar:
 - i. A TG pode requerer duplicação de algumas máquinas, o que pode ser bastante custoso (isso pode ser superado por meio da implantação de centros de serviço;
 - ii. Alta variedade de produtos inviabiliza a utilização da manufatura celular.
- ❑ Essas desvantagens já são verdadeiras. Uma saída é não forçarmos uma completa implantação de células, mas sim uma implantação mista: o muito grande sistema *jobshop* é decomposto em algumas células com padrão de fluxo *flowshop*, várias células com padrão de fluxo *jobshop* e ainda um *jobshop* bem menor que o muito grande *jobshop* inicial.

TECNOLOGIA DE GRUPO E

MANUFATURA CELULAR

Um estudo de caso da implementação prática da manufatura celular em conjunto com o sistema PBC

Introdução

- ❑ Esta seção é baseada no trabalho de graduação de Roberto Oioli (OIOLI, 1989) desenvolvido sob nossa orientação.
- ❑ A Tecnologia de Grupo tem um grande impacto no projeto do produto e do processo (a padronização, classificação e codificação propiciam a rápida recuperação de projetos e processos semelhantes para uma determinada peça), no projeto da fábrica (pela criação de células de manufatura), na organização do trabalho (pela possibilidade, por exemplo, de implantar grupos semiautônômos), no planejamento da produção (para planejamento da capacidade de produção) e no controle da produção (pelo impacto das células sobre a forma de elaborar o MPS, coordenar as ordens, programar as operações e apontar a produção).