

Células de Manufatura

José Celso Contador

Professor Livre-Docente

Departamento de Enga de Produção da Faculdade de Engenharia da UNESP

Av. Ariberto Pereira da Cunha, 333 - Caixa Postal 205

12500-000 Guaratinguetá - SP

Tel (0125) 22 2800 R 189

Palavras-chave: produtividade fabril, tempo inativo, piso-de-fábrica, enriquecimento de funções, célula de manufatura.

Key Words: manufacture productivity, inative-time, plant ground, manufacture cell.

RESUMO

Todos que pensam sobre célula de manufatura entendem-na como algo semelhante à organização celular tipicamente implantada pela Toyota, ou seja, por produto. Nós, entretanto, identificamos quatro tipos de célula de manufatura: por produto com predominância da máquina, por produto com predominância do homem, por processo e por posição fixa do produto. A célula de manufatura por processo, por apresentar três grandes vantagens - proporcionar significativo aumento na produtividade do homem, não requerer operários multifuncionais e ser facilmente implantada -, é a mais recomendável para o atual estágio da indústria brasileira de manufatura.

ABSTRACT

Everybody who thinks about manufacturing cell understands it as something similar to the cellular organization typically implanted by Toyota, i.e., per product. However, we identify four types of manufacturing cell: per product with predominance of machine, per product with predominance of the operator, per process and per fixed position of the product. The manufacturing cell per process, by presenting three great advantages - proposes significative increase in the operator productivity, it does not require multifunctional operations, it is easily implanted -, it is most advisable to the present level of the manufacturing Brazilian industry.

Tipologia da Célula de Manufatura

Os Vários Tipos de Célula de Manufatura

A célula de manufatura, pioneiramente implantada pela Toyota no Japão, consiste numa configuração onde as máquinas são dispostas numa sequência idêntica à das etapas do processo de fabricação de um produto, ou de uma família de produtos definida segundo o conceito de tecnologia de grupo, e onde, sem estoque intermediário, procura-se, em cada vez, completar o ciclo de produção de uma peça ou produto dentro de uma restrita área de trabalho.

O exemplo característico é a fabricação e acabamento de uma engrenagem. Um operário, apenas, é responsável por 16 máquinas, cada uma com uma função específica. Ele retira da primeira máquina a peça já processada, coloca a peça a ser processada, apanha a peça anterior e encaminha-se para a segunda máquina, acionando a chave situada entre as duas máquinas para pôr em movimento a primeira máquina. Na segunda máquina, ele retira a peça já processada, coloca a que trouxe da primeira máquina, apanha a processada e encaminha-se para a terceira máquina, acionando a chave para ligar a segunda máquina. Repete esse procedimento nas 16 máquinas, dispostas em forma de U, completando o ciclo em 5 minutos, o que significa que a cada 5 minutos uma engrenagem está pronta (IMAM, 1989).

Todos que pensam sobre célula de

manufatura e todos autores que dela tratam entendem por célula de manufatura algo como o conceituado, ou seja, "uma fábrica dentro da fábrica". Vejam-se, por exemplo, oito autores (BEZERRA, 1990; HALL, 1988; IMAM, 1989; MONDEN, 1984; MOURA, 1989; OLIVÉRIO, 1984; SCHONBERGER, 1984; YOSHINAGA, 1988).

Entretanto, nós identificamos quatro tipos de célula de manufatura: por produto com predominância da máquina, por produto com predominância do homem, por processo e por posição fixa do produto (CONTADOR, 1991). Pelas denominações, percebe-se que foram classificados analogamente aos tipos clássicos de layout.

A célula de manufatura por produto com predominância da máquina corresponde ao modelo da Toyota recém descrito, que é o tipo reconhecido por todos.

A célula de manufatura por produto com predominância do homem é semelhante à anterior, onde os postos de serviços são dispostos na sequência das etapas do processo de fabricação de um produto ou família de produtos, de forma a completar pelo menos parte da fabricação de uma peça ou produto numa área restrita. Serve como exemplo o acabamento de peças fundidas pela execução sequencial de três operações: rebarbação, lixação e esmerilhado realizadas por um ou por três operários.

A célula de manufatura por processo corresponde ao agrupamento de operações realizadas por máquinas de mesmo tipo, como por exemplo três fresadoras operadas

por um mesmo homem. Pode ser denominada também célula funcional, por agregar máquinas que têm a mesma função.

A célula de manufatura por posição fixa do produto é caracterizada pelo agrupamento de operários que trabalham em volta de um produto colocado numa posição fixa. É o modelo implantado pela Saab-Scania na fábrica de motores de Sodertalje na Suécia, onde um grupo de três operários montam um motor colocado sobre uma bancada. Corresponde também ao que a Volvo denominou grupo semi-autônomo (HILLESHEIM, 1988). Como este tipo de célula foi implantado e desenvolvido pioneiramente na Suécia, pode ser denominado célula sueca ou escandinava, ou, seguindo a tradição do layout, por célula posicional.

As células de manufatura ainda podem ser classificadas:

a) em função da quantidade de modelos de produto que processa (um só modelo, uma família de produtos ou qualquer produto);

b) em função da quantidade de operários que nela trabalha (célula individual ou célula grupal com vários operários); e

c) em função da predominância sobre o trabalho, exercida pela máquina ou pelo homem.

Célula de Manufatura por Produto com Predominância da Máquina

José Luiz Olivério faz algumas

recomendações interessantes sobre a célula de manufatura por produto a ponto de merecer citação. "A localização de cada posto de trabalho deve possibilitar adequada visualização dos demais postos, bem como permitir uma visão completa do processo produtivo. Deve permitir que cada atividade conheça as outras e o todo onde a atividade se localiza. Cada operador deve ter condições de livremente comunicar-se com os demais operadores que participam da fabricação do produto. Deve induzir a uma integração de cada posto de trabalho no processo completo. O objetivo é realmente formar "células de manufatura", onde o conjunto de postos de trabalho possui o mesmo objetivo final. Ao mesmo tempo, o arranjo físico deve permitir que um determinado posto de trabalho conheça a sua parcela do todo, saiba como a sua parte está sendo executada no contexto do processo completo, conheça como os demais postos de trabalho executam as suas partes face ao todo, de tal forma que, na ocorrência de dificuldades em um determinado posto de trabalho, o mesmo possa ser auxiliado por outro, visando o funcionamento eficiente da célula. Para tanto, as distâncias entre os postos de trabalho devem ser mínimas, o que reduz o custo do transporte da produção e confere maior flexibilidade à célula, no caso de ser necessário modificar o seu número de operadores em função das variações na demanda de fabricação" (OLIVÉRIO, 1984).

"A solução celular pode ser usada quando a produção se refere a um único produto, ou a vários produtos que constituem uma única família. O que caracteriza a formação da família de

produtos, no tocante ao arranjo, é a semelhança ou a identidade do processo produtivo utilizado na fabricação" (OLIVÉRIO,1984).

"Assim, mesmo quando se tratar de produção sob encomenda, não se pode concluir pela inviabilidade do uso do layout celular, sem antes ser feita uma pesquisa da existência da família de peças, componentes, produtos etc. Sendo as famílias identificadas, pode-se, então, decidir pelo uso desse arranjo, em função das vantagens que apresenta. A solução celular pode ser usada, portanto, para produtos seriados ou não seriados, para produtos padronizados, para produção em lotes ou produção sob encomenda, desde que o produto único ou a família de produtos representem um volume de produção adequado" (OLIVÉRIO,1984).

"No tocante à quantidade, é importante que o volume de produção, e por decorrência a carga de trabalho sobre os equipamentos, seja suficiente para possibilitar a implantação de um arranjo celular especializado naquele produto único ou na família de produtos" (OLIVÉRIO,1984).

"Quanto aos roteiros, ou seja, os processos produtivos e seus procedimentos e padrões, para o uso do arranjo celular, é importante que haja fluxos dominantes, como os existentes no caso de um único produto ou de uma família de produtos. Este requisito é de suma importância para o sucesso do uso do layout celular. No caso de famílias, por exemplo, é importante que todos os seus componentes possuam os

mesmos (ou quase os mesmos) processos de fabricação, em seqüência de fases idênticas ou semelhantes. Em outras palavras, quanto aos roteiros, é importante certificar-se de que há repetições na seqüência das operações. Em paralelo, os padrões de tempo devem possibilitar um adequado balanceamento ou nivelamento, entre as operações, principalmente no tocante às máquinas chaves" (OLIVÉRIO,1984).

O grande inconveniente da célula por produto é a necessidade de mão-de-obra versátil, ou seja, de operador multifuncional, capaz de executar com habilidade e eficiência um grande número de operações. As empresas, de um modo bastante geral, não dispõem desse tipo de operário, e treiná-lo para tanto demanda tempo longo.

Célula de Manufatura por Produto com Predominância do Homem

Este tipo de célula tem as mesmas características do anterior, com a diferença de ser o trabalho humano o predominante.

Cabe aqui discutir um aspecto muito importante que afeta diretamente a produtividade: é preferível célula individual, onde um único operário trabalha, ou célula grupal, onde vários trabalham?

Um caso real é sugestivo, e sua conclusão pode ser generalizada: a célula individual é superior à grupal na maioria dos fatores considerados, mas exige operador multifuncional.

Serão comparadas três situações: a antiga, operando segundo o layout clássico por processo; a célula com um homem; e a célula com três homens.

O objeto do estudo são três operações realizadas num setor de acabamento de peças fundidas em alumínio:

1ª operação: rebarbação grossa, utilizando talhadeira pneumática e fixando a peça numa morsa;

2ª operação: lixação, utilizando uma poltriz com lixa de fita e segurando a peça com as mãos; e

3ª operação: esmerilhamento, utilizando esmerilhadeira pneumática com uma fresa na ponta, havendo fresas de formas adequadas a cada tipo de peça, e apoiando a peça numa bancada ou prendendo-a numa morsa.

Pelo método antigo, cada uma das operações era executada por um operário trabalhando em seu próprio local. As operações eram feitas em lotes de peças, de maneira independente entre si. Ou seja, o rebarbador terminava seu lote e levava o cesto de peças para o depósito de peças em processo. Quando o lixador terminava

outro lote, ia apanhar o cesto das peças em questão para lixá-las. E assim sucessivamente. No esquema de célula individual, o operário passou a executar as três operações na mesma peça. A bancada, com a talhadeira, a esmerilhadeira e a morsa, foi colocada perpendicularmente à lixadeira poltriz. No esquema de célula grupal, com três homens, cada um continua responsável por uma operação. Assim, o rebarbador apanha uma peça no cesto, rebarba-a e passa-a ao lixador, que lixa-a e entrega-a ao esmerilhador, que esmerilha-a e coloca-a no cesto de peças acabadas.

A análise consistirá numa comparação quantitativa, relativa à produtividade, e numa comparação qualitativa, relativa a vários fatores.

Comparação Quantitativa das Produtividades

A tabela 1 mostra os ganhos (e perdas) de produtividade devidos a vários fatores, comparando os dois tipos de célula com o método antigo.

O aumento de 9% na produtividade obtido pela célula individual permitiria uma

| AUMENTO DE PRODUTIVIDADE DEVIDO À. | CÉLULA 1 HOMEM | CÉLULA 3 HOMENS |
|--|-------------------|--------------------|
| a) economia no manuseio das peças | 5% | 2% |
| b) execução na lixadeira de suboperações que normalmente são feitas com talhadeira ou esmerilhadeira (a lixadeira poltriz é mais eficiente) | 3% | - |
| c) eliminação do percurso da peça devido à redução de duas bancadas para uma | 1% | |
| d) perda de eficiência devido à espera de dois operários em relação ao terceiro, espera esta gerada pela diferença de tempo entre as operações (dois operários ficam esperando aquele de ciclo mais longo) | - | (29%) |
| GANHO (PERDA) TOTAL DE PRODUTIVIDADE | 9% | (27%) |

Tabela 1 - Comparação Quantitativa entre Célula Individual e Célula Grupal

redução do quadro de operários de 8% ($1 : (1+0,09)=0,92$).

A perda de 27% na produtividade, acarretada pela célula grupal em relação ao método antigo, implicaria num aumento de 37% no quadro de operários ($1 : (1-0,27) = 1,37$).

Deve-se ressaltar que, se o operário da célula individual não desempenhar com eficiência as três operações, o ganho de produtividade em relação ao método antigo pode desaparecer. Exigir o adestramento da mão-de-obra em múltiplas funções é uma constante na célula por produto. E este treinamento nem sempre é fácil e rápido.

Comparação Qualitativa

Para a comparação qualitativa, foram seleccionados os nove fatores mostrados na tabela 2. A coluna do meio mostra os resultados da comparação da célula

individual com o método antigo. A coluna da direita mostra os resultados da comparação da célula grupal com a célula individual.

Célula de Manufatura por Processo

A célula de manufatura por processo é caracterizada pelo agrupamento de duas ou mais máquinas de mesmo tipo, operadas por um único homem e dispostas convenientemente de forma a minimizar os deslocamentos do operador, como, por exemplo, duas fresadoras, duas coquilhadeiras para fundição.

A finalidade precípua desta célula é aproveitar o tempo-máquina, durante o qual o operador fica parado esperando a máquina completar automaticamente seu ciclo. O operário pode, portanto, operar outra máquina durante o tempo automático

| FATOR | CÉLULA DE 1 HOMEM EM RELAÇÃO AO MÉTODO ANTIGO | CÉLULA DE 3 HOMENS EM RELAÇÃO A DE 1 HOMEM |
|--------------------------------|---|---|
| QUALIDADE DO PRODUTO | aumenta, porque o responsável é identificável | diminui, porque dilui responsabilidade |
| FLUIDEZ DA PRODUÇÃO | aumenta, pois produtividade é maior, desde que se aloque 3 células por modelo de peça | diminui, pois produtividade é menor, desde que seja alocada 1 célula por modelo de peça |
| ESTOQUE EM PROCESSO | diminui, pois produtividade é maior | aumenta, pois produtividade é menor |
| FACILIDADE PARA PROGRAMAR | mais fácil (1 O.F. para 3 operações) | mais fácil (1 O.F. para 3 operações e célula com maior capacidade de produção) |
| ADMINISTRAÇÃO PELA ENCARREGADO | facilita devido rápida visualização de problemas | difícil, porque são 3 homens a supervisionar |
| DESLOCAMENTO DE PESSOAL | não há necessidade | há necessidade para adequar número de operários à carga de trabalho |
| TREINAMENTO | exige, pois operário precisa ser multifuncional | não exige |
| ÁREA | exige maior área | exige menor área |
| QUANTIDADE DE EQUIPAMENTO | exige maior quantidade | exige menor quantidade (mas mais que antigamente) |

Tabela 2- Comparação Qualitativa entre Célula Individual e Célula Grupal

da primeira. Está implícito que o ciclo de operação é comandado pela máquina.

Esta célula permite a fabricação de qualquer tipo de produto independentemente de fazerem parte da mesma família no conceito tradicional. Mas, na realidade, as peças a serem trabalhadas simultaneamente devem pertencer à família definida pelo conceito de ciclo de operação: a duração dos ciclos deve ter valores próximos entre si.

A produtividade do operário pode aumentar significativamente, dependendo da relação entre o seu tempo de atividade e a duração do ciclo total. Se o operário trabalhar simultaneamente em duas máquinas, se seu tempo de atividade for menor do que a duração do ciclo total e se a duração dos ciclos de cada peça tiver valores próximos, a produtividade do operário chegará a dobrar. Entretanto, a produtividade da máquina de menor ciclo diminuirá, pois seu ciclo ficará igual ao da outra máquina, ou seja, ela terá que esperar esta, perdendo portanto produtividade.

Para obter-se ganhos significativos de produtividade, é necessário definir, a partir da análise do ciclo de operação, os pares ou ternos de peças a serem processadas simultaneamente. Ou seja, as famílias de peças serão determinadas pelo ciclo de operação. Para tanto, a técnica a ser utilizada é a da carta de atividades múltiplas.

Os critérios para a constituição da célula de manufatura por processo e para a definição dos produtos a fabricar serão

discutidos posteriormente neste artigo.

A célula de manufatura por processo apresenta três vantagens extremamente importantes: proporciona significativo aumento da produtividade do homem, não requer operários multifuncionais e é muito fácil de ser implantada.

Os ganhos de produtividade propiciados ao homem são impressionantes: numa usinagem, 160% (conforme relatado na aplicação real); numa coquilharia, 60% (conforme as considerações finais); numa macharia, 52% (conforme as considerações finais).

A segunda vantagem está em não requerer operários multifuncionais. Como cada operário trabalhará sempre no mesmo processo, não há necessidade de novo treinamento. (O fresador continuará operando fresadoras, só que duas ou três, ao invés de uma).

A terceira vantagem é a facilidade de implantação. Não há necessidade de treinar operários, e a mudança da posição das máquinas é simples: basta dispô-las tangencialmente a um círculo aberto que facilite a entrada e a saída de peças. Obviamente deve haver espaço dentro da célula para cestos com peças a processar e com peças processadas.

Apesar de a Toyota, pelas razões a serem expostas posteriormente, rejeitar a célula de manufatura por processo, nós, diante destas três vantagens, a recomendamos, de forma enfática, para a fase inicial de um programa de aumento da produtividade fabril.

Célula de Manufatura Posicional

A célula posicional ou por posição fixa do produto é caracterizada pela colocação do produto numa posição fixa, à volta do qual um grupo de operários trabalha. É o modelo implantado pela Saab-Scania na fábrica de motores de Sodertalje na Suécia, pelo qual, um grupo de três operárias montam um motor, colocado sobre uma bancada, em meia hora.

Esta experiência da Saab-Scania teve início em 1969, quando a empresa e o sindicato de seus empregados começaram a discutir novos princípios para o planeamento do trabalho. Os objetivos iniciais dessas discussões eram, em resumo, cinco:

a- dar a todos os empregados melhores oportunidades para opinarem sobre seu próprio trabalho e sobre sua participação no processo de produção;

b- tornar o trabalho industrial mais estimulante e atraente;

c- reduzir as possíveis paralisações e conflitos entre homem e trabalho na linha de montagem;

d- incentivar a eficiência global da produção (produtividade) por meio da maior flexibilidade e adaptabilidade do trabalho industrial às variações de produto e de demanda; e

e- avaliar os resultados do aumento de produtividade e da satisfação do trabalhador após as mudanças-piloto em cada tarefa.

A experiência foi se desenvolvendo

sempre com a colaboração do operário, por meio de críticas, idéias e sugestões, e, após algum tempo, surgiu a necessidade de alterar a organização do trabalho no âmbito gerencial da empresa, criando dois grupos, um de produção e outro de desenvolvimento. O grupo de produção estaria voltado para o trabalho concreto de fabricação e montagem. O grupo de desenvolvimento, ou planeamento, visaria a cooperação cotidiana entre gerentes, operários e especialistas (psicólogos, sociólogos, economistas e outros).

O grupo de produção ou célula de manufatura reúne de três a cinco operários produzindo os itens em fase final de fabricação, um diferencial ou um motor completo. O trabalho é executado por um dos operários ou por todos eles em conjunto, conforme acordo estabelecido pelos membros do grupo. As tarefas são sempre discutidas e podem mudar de ordem e de executante. Os objetivos do trabalho podem ser ampliados. As técnicas podem ser melhoradas por sugestão dos participantes. A ordem e a limpeza são fruto da colaboração de todos. Há intercâmbio espontâneo ou rodízio acertado pelos próprios membros para a execução das tarefas. E, finalmente, o grupo pode auto-organizar-se, ou seja, os operários podem escolher seus companheiros de trabalho, formando equipes mais integradas, em função de afinidades comuns e de adequação ao ritmo das tarefas.

O grupo de desenvolvimento seria, como de fato foi, constituído básica e genericamente por um líder (gerente), um

engenheiro industrial, um projetista de ferramentas, um abastecedor de materiais e um ou dois elementos de cada grupo de produção (célula de manufatura) que está subordinado ao líder. O objetivo principal deste grupo de desenvolvimento é apoiar os grupos de produção e permitir que suas experiências sejam continuamente melhoradas e ampliadas. As idéias e sugestões podem nascer dentro do próprio grupo ou vir de fora. Os problemas que não puderem ser resolvidos imediatamente, e são muitos, passam a ser pesquisados, analisados e discutidos. Um grupo de desenvolvimento atende vários grupos de produção.

Em meados da década de 70, a Volvo fez, na fábrica de automóveis de Kalman, Suécia, experiência semelhante, que, na opinião de Mats-Ola Palm, presidente da Volvo do Brasil Motores e Veículos SA., constituiu "uma das iniciativas pioneiras, no setor automobilístico, em administração e produção participativas... com o objetivo de oferecer ao trabalhador algo mais do que seu salário: ambiente de trabalho mais adequado, maior diversificação de tarefas, maior responsabilidade sobre a qualidade e um envolvimento ativo nos processos de decisão" (HILLESHEIM, 1988).

Diante dos bons resultados dessa experiência, a Volvo ampliou-a na fábrica de automóveis de Uddevalla, resultando nos denominados grupos semi-autônomos, um avançado sistema de trabalho participativo que interfere na estrutura do poder, altera as relações entre as pessoas, inclusive as hierárquicas, e modifica conceitos e comportamentos.

Segundo Hillesheim e Cosmo (1988), "os grupos semi-autônomos são grupos de empregados, articulados entre si através de representantes, que se responsabilizam por um conjunto de tarefas interdependentes, previamente agrupadas, que conduzam a um produto final identificável e significativo, alterando-se o layout de tal forma que aquelas tarefas possam ser executadas em um sistema de rodízio".

O grupo semi-autônomo, sendo um sistema participativo, assim como a célula de manufatura por produto, não são fáceis de serem implantadas porque, entre outras razões, exigem operários multifuncionais, só obtíveis após longo período de treinamento.

Apesar de as experiências da Volvo terem alcançado resultados auspiciosos, alguns as vêem com ceticismo. John Krafcik, consultor do International Motor Vehicle Program do Instituto de Tecnologia de Massachusetts, que já estudou 80 fábricas automobilísticas, é de opinião que, "não obstante ser possível atingir um alto nível de qualidade, Uddevalla não conseguirá alcançar a produtividade de um sistema razoavelmente eficiente de produção em massa japonês ou norte-americano" (KAPSTEIN, 1989).

Entretanto, aplicar o conceito de grupo semi-autônomo, denominado aqui célula de manufatura posicional, deve ser tentado para minimizar o manuseio e o transporte de peças de grande porte. Portanto, o objetivo é diferente do da Volvo: reduzir manuseio e transporte e não reduzir monotonia. Nos casos de peças de difícil

manuseio e transporte, o deslocamento de operários para junto da peça imóvel permite aumento de produtividade às vezes significativo.

Célula de Manufatura por Processo

Célula por Processo *versus* Célula por Produto da Toyota

A Toyota rejeita o tipo de célula por processo porque "como a quantidade de produção por operador aumenta, o inventário de semi-acabados ou estoque intermediário produzido em cada estação também aumenta, dificultando o balanceamento da produção entre as várias estações... Além disto, os operadores ficam separados, não permitindo que se auxiliem mutuamente, o que dificulta também o balanceamento da produção entre os vários processos, surgindo pois inventários desnecessários entre eles" (MONDEN, 1984).

Para eliminar esses problemas, a Toyota adota a célula de manufatura por produto em forma de U, justapondo várias delas. Com este esquema, um operador pode ir trabalhar na célula contígua para executar algumas das operações dela, ou pode receber auxílio do operador vizinho. Ou seja, o operador precisa saber operar todas as máquinas da sua célula e também as das células contíguas. Esta exigência se deve à forma como a Toyota sincroniza a produção à demanda. Dividindo as horas úteis disponíveis diárias pela demanda, determina o tempo do ciclo de produção de

cada peça, de cada conjunto, de cada produto. Supondo que o ciclo seja de 1 minuto, cada operador trabalha na sua célula e completa cada peça ou cada conjunto em 1 minuto. (ou múltiplo de 1 minuto, se houver várias células). Se a demanda cair 16% por exemplo, o ciclo aumentará 20%, sendo portanto necessário terminar uma peça em 1,2 minuto. Dispondo de mais tempo, o operador de uma célula concluirá seu trabalho e trabalhará 0,2 minuto na célula contígua. Desta forma, cinco operários executarão o trabalho de seis células, o que significa que um operário em cada seis é retirado da produção (MONDEN, 1984).

O sistema Toyota reduz o estoque em processo e sincroniza a produção à demanda. Sem dúvida é recomendável. Mas exige um nível altíssimo de organização da produção nos seus mais diversos aspectos. Portanto, sua implantação é muito difícil para o atual estágio da indústria brasileira.

Por esta razão, não obstante reconhecermos como corretas as objeções da Toyota, recomendamos, para o estágio inicial, a adoção da célula de manufatura por processo devido à não exigência de operadores multifuncionais, à facilidade de sua implantação e ao significativo aumento de produtividade que gera.

Tecnologia de Grupo

A indústria manufatureira, de um modo geral, trabalha com centenas ou milhares de itens, em termos de quantidade de peças a fabricar, de materiais a comprar, de

materiais a estocar, de operações a executar, de operações a custear, de operações a programar, de ferramentas a controlar etc..

Como tratá-los individualmente é sempre muito trabalhoso, procura-se simplificar sua abordagem pela redução da quantidade. Uma das formas é considerar apenas os itens mais importantes, desprezando os outros; para tanto, o instrumento adequado é o gráfico ABC das porcentagens acumuladas, que os classifica segundo critérios apropriados a cada situação. Mas, em muitos casos, não é possível simplificar por meio da desconsideração de muitos itens, uma vez que todos eles precisam ser apreciados. Neste caso, o instrumento a utilizar é a tecnologia de grupo.

A tecnologia de grupo segrega os itens em famílias, reunindo numa mesma família todos os itens que possuem certas características idênticas ou semelhantes. Daí em diante, ao invés de tratar individualmente cada item, passa-se a trabalhar com as famílias de itens, considerando todos os integrantes de uma família como um só. Por esta razão, é de fundamental importância definir as características que identificarão cada item com sua família.

Estas características variarão em função do problema a ser resolvido. Para dimensionar embalagens de produtos, por exemplo, o critério de definição das famílias leva em consideração a forma e as dimensões do produto, e pode levar em consideração também a natureza do produto com a finalidade de imprimi-la na

embalagem. É o caso de embalagens de produtos pneumáticos: os 320 tipos diferentes de válvulas (artigos) puderam ser agrupados em 14 famílias, o que significa que com apenas 14 tamanhos de caixas embalavam-se os 320 tipos de válvulas pneumáticas; e os 400 tipos diferentes de cilindros pneumáticos foram agregados em 23 famílias para fins de embalagem.

Se a finalidade da segregação for definir famílias de aplicação do produto, o critério será outro. Assim, usando os mesmos produtos pneumáticos como exemplo, os 320 tipos diferentes de válvulas puderam ser agrupados em 33 famílias, em função da vazão de ar (diâmetros de 1/8", 1/4", 3/8", 1/2" e 3/4"), em função das características operacionais (válvula básica, de acionamento mecânico ou muscular, de acionamento pneumático, de acionamento elétrico, de fluxo) e ainda os tipos normalizados pela ISO e uma classe de válvulas diversas.

Como se depreende do exposto, a tecnologia de grupo é o instrumento adequado para a definição das células de manufatura, definição esta que consiste em determinar a quantidade de células, as máquinas que integrarão cada célula, a quantidade de operários que trabalhará em cada célula e os produtos que serão processados em cada célula.

Se a tecnologia de grupo é o instrumento adequado, torna-se necessário estabelecer o critério de definição das famílias. O único critério que interessa para a definição das células de manufatura é o processo de fabricação.

Peças podem ter os formatos mais diversos possíveis, dimensões variando entre limites largos, serem constituídas por materiais distintos, e, mesmo assim, pertencerem a uma mesma família desde que a seqüência das etapas do seu processo de fabricação seja idêntica ou similar.

A geometria das peças é, de um modo geral, bom indicador das semelhanças entre os processos de fabricação, mas podem induzir a enganos. Se a segregação pelo formato seria mais simples, o critério mais seguro, apesar de mais trabalhoso, é o do processo de fabricação quanto à similaridade das máquinas e das ferramentas utilizadas e quanto à similaridade da seqüência das etapas de fabricação.

O procedimento para definição das células pode ser resumido em cinco etapas:

1) identificar todas as máquinas e equipamentos análogos quanto à função (como tornos universais, tornos revólveres, furadeiras de bancada, furadeiras de coluna, etc.) definindo, pois, famílias de máquinas e equipamentos;

2) identificar, por inspeção visual, todas as peças que, pelo seu formato, possuem indubitavelmente o mesmo processo de fabricação (como parafusos, eixos, engrenagens cilíndricas, engrenagens helicoidais etc.) definindo, pois, conjuntos de peças idênticas quanto ao processo de fabricação;

3) a partir da pré-definição de máquinas e equipamentos análogos e da pré-definição do conjunto de peças idênticas quanto ao processo de fabricação, montar uma matriz biaxial, relacionando cada grupo de

máquinas ou equipamentos análogos numa coluna e cada conjunto de peças idênticas numa linha;

4) indicar, no corpo da matriz, a seqüência do processo de fabricação de cada conjunto de peças (na linha de um conjunto de peças, anotar o número 1 na coluna daquela máquina que executa a primeira operação; o número 2, na coluna da máquina que executa a segunda operação; e assim sucessivamente); e

5) identificar todos os conjuntos de peças que apresentarem a mesma seqüência de operações.

Com este procedimento, ficam simultaneamente definidos os equipamentos e as máquinas que constituirão cada célula de manufatura e os conjuntos de peças, ou seja, as famílias, que serão processadas em cada célula.

Critérios Preliminares para Constituição da Célula por Processo

O que motiva o layout celular por processo é o aproveitamento da espera do operador durante o tempo automático da máquina - atribui-se a ele outra atividade, geralmente outra máquina. Desta forma, o ganho de produtividade do homem é significativo, como já mencionado.

Para constituir uma célula por processo, pode-se, inicialmente, atribuir ao operador várias máquinas que tenham ciclo automático, sem considerar o produto. Assim, um grupo de fresadoras ou de coquilhadeiras ou de sopradoras de macho ou de tornos automáticos ou de tornos revólveres ou de centros de usinagem pode

constituir uma célula com um único operador. Já para prensas, tornos universais e furadeiras manuais, esse conceito não se aplica porque máquinas deste tipo exigem dedicação exclusiva do operador por não terem ciclo automático (ou, quando existe, é de pequena duração); não havendo espera do operador, ganho de produtividade só advirá de outros fatores. A mesma conclusão serve para trabalhos em bancada - não há esperas do operador. Mas, combinar uma bateria de furadeiras pneumáticas com furadeiras de bancada ou rosqueadeiras com furadeiras manuais ou furadeiras pneumáticas com rosqueadeiras é solução, pois a furadeira pneumática e a rosqueadeira têm ciclo automático.

Simplemente agrupar máquinas que tenham ciclo automático, sem levar em consideração os produtos, não é bom critério, não obstante propiciar aumento da produtividade. Para melhorar a solução, e quiçá otimizá-la, é necessário também levar em consideração o produto.

A fim de introduzir o produto no processo de constituição da célula por processo, é preciso decidir sobre a quantidade de produtos que será processada simultaneamente pela célula: um só ou mais de um modelo. É a decisão dominante. Estes dois casos serão analisados nas duas próximas subsecções.

Critérios para Escolha dos Modelos a Serem Fabricados Concomitantemente na Célula por Processo

Fabricar simultaneamente, na célula de

manufatura por processo, mais de um modelo (geralmente dois, raramente mais de três) exige estudo relativamente longo para decidir quais os pares ou os ternos de modelos, de forma a minimizar o tempo de espera do homem sem acarretar esperas excessivas da máquina (no trabalho homem-máquina, um deles quase sempre esperará o outro, como será discutido nas considerações finais).

Assim, os critérios para escolher os pares ou ternos de modelos a serem processados simultaneamente numa célula por processo são:

1) a quantidade de peças a ser fabricada de um modelo deve ser próxima à dos outros modelos que constituirão o par ou o terno, pois se for bastante diferente, o lote de um modelo será concluído muito antes do lote do outro modelo, acarretando, na fase final, a fabricação de apenas um modelo ocupando uma máquina, o que inviabiliza o aproveitamento do tempo ocioso do operador, e a célula deixará de funcionar como tal;

2) os prazos de entrega dos modelos a serem produzidos concomitantemente deverão ser próximos, de forma a reduzir o tempo de estocagem daquele produto acabado cujo prazo de entrega seja mais longo;

3) o ciclo de operação dos modelos que constituirão o par ou o terno nas máquinas da célula deve ser próximo, a fim de evitar que as máquinas de menor ciclo fiquem esperando excessivamente a de maior ciclo;

4) a soma do tempo de atividade do operador nas diversas máquinas da célula deverá ser próxima ao tempo do ciclo de operação dos modelos que constituirão o

par ou terno, de forma que o tempo de espera do homem em relação às máquinas ou o tempo de espera das máquinas em relação ao homem seja mínimo; e

5) na célula que contiver uma máquina com alta carga de trabalho, os pares ou ternos de modelos deverão ter ciclos cujas durações não acarretem esperas nessa máquina.

Formar uma célula por processo, ou seja, decidir quais máquinas a comporão e quais os pares ou os ternos de modelos que serão fabricados concomitantemente, de forma a atender os três últimos critérios, é um processo trabalhoso, exige muito tempo de estudo, mas perfeitamente factível pois são inúmeras as soluções viáveis. Entretanto, conciliar os três últimos critérios, que se referem à duração do ciclo de operação, com os dois primeiros, quantidade e prazo, não é tarefa fácil, pois, se a empresa pode ter domínio sobre a variável prazo, não o tem sobre a variável quantidade. Nesta situação, a programação da produção fica mais complexa, uma vez que, além das limitações normais, outras restrições decorrentes dos cinco critérios precisam ser consideradas. Com o propósito de simplificar a programação, o PCP deve lançar em produção sempre juntos os pares ou os ternos de produtos pré-definidos.

Em algumas situações, a determinação de quais máquinas formarão uma célula e de quais pares ou ternos de produtos serão produzidos simultaneamente torna-se ainda mais complexa, pois surgem outras restrições. É o caso da fundição de peças em coquilha. O tempo de solidificação da peça

fundida, que corresponde ao tempo automático de uma máquina operatriz, é, em média, pouco maior do que a metade do ciclo de produção de uma peça, de forma que cada fundidor pode operar duas coquilhadeiras, mas não três. Com este dado, define-se que a célula será composta por um fundidor e duas coquilhadeiras. Resta, pois, decidir quais serão os pares de produtos a serem fundidos concomitantemente, que no caso significa decidir quais coquilhas, pois uma peça sempre usa a mesma coquilha; mas, numa coquilhadeira montam-se diversas coquilhas.

Para esta decisão, no caso usado como ilustração - uma fundição -, aos cinco critérios estabelecidos, somam-se mais três:

1) As coquilhadeiras são máquinas relativamente leves pois precisam ser deslocadas com muita frequência - uma empilhadeira as coloca na linha de produção quando forem ser utilizadas e as remove para o depósito após o término de seu programa de produção. (As coquilhadeiras de porte maior são fixas no piso). Elas são colocadas sempre na mesma posição em relação à rede de gás, de óleo hidráulico e de ar comprimido uma vez que suas tomadas para engate dessas utilidades ficam de um único lado. Ora, para compor uma célula, duas coquilhadeiras precisam ficar face a face, com o fundidor entre elas, o que significa que, para formar um par, é necessário juntar uma máquina com tomadas à direita com outra cujas tomadas estão à esquerda. É uma restrição que só desaparecerá quando todas coquilhadeiras puderem ser ligadas à direita e à esquerda.

2) Como algumas coquilhas só podem ser montadas num determinado tipo de coquilhadeira, se existir apenas uma desse tipo, não é possível combinar entre si as coquilhas cativas dessa coquilhadeira para constituir a célula funcional.

3) Como a fundição trabalha com diversas ligas de metal, que ficam em fornos de espera na coquilharia, só podem compor um par aquelas peças fundidas na mesma liga, uma vez que um forno de espera abastece várias coquilhas.

Como se depreende do exposto, a decisão de quais pares de peças serão fundidas numa célula de manufatura funcional está sujeita a oito restrições. É pois um processo trabalhoso, não obstante a mobilidade das coquilhadeiras; mas compensador - num caso real, o aumento teórico de produtividade do homem era de 89%, valor que caía para a casa dos 60% devido à necessidade de períodos de repouso para o fundidor e à dificuldade de se conseguir pôr em produção todas as vezes o par ótimo, conforme relatado nas considerações finais.

Critérios para Constituição da Célula por Processo Fabricando um só Produto de Cada Vez

Como mencionado anteriormente, para definir a configuração da célula de manufatura por processo é preciso decidir sobre a quantidade de produtos que será processada concomitantemente na célula: um ou mais de um modelo. Na subsecção anterior, foram definidos critérios para o caso de mais de um modelo; nesta, será

discutido o caso de a célula processar apenas um produto de cada vez.

Fabricar um produto de cada vez significa destinar cada máquina da célula a uma operação do processo de fabricação desse produto.

Decidir quais máquinas constituirão uma célula funcional para processar um único produto de cada vez é mais simples do que o caso de fabricar mais de um produto simultaneamente, porque os dois primeiros dos cinco critérios, apresentados na subsecção anterior, desaparecem: a quantidade e o prazo de entrega do produto são os mesmos. O terceiro, quarto e quinto critérios, com pequenas alterações, precisam ser obedecidos:

3) o ciclo de trabalho de cada operação executada na célula deverá ser próximo ao das outras operações, a fim de reduzir o tempo em que as máquinas de menor ciclo ficam esperando a de maior ciclo;

4) a soma do tempo de atividade do operador nas diversas máquinas da célula deverá ser próxima ao tempo do ciclo das demais operações, de forma que o tempo de espera do homem em relação às máquinas ou o tempo de espera das máquinas em relação ao homem seja mínimo; e

5) as máquinas com alta carga de trabalho precisam estar em células definidas de forma a que nem o operador nem as outras máquinas introduzam esperas no seu ciclo de trabalho.

A célula por processo fabricando um único produto de cada vez assemelha-se à célula por produto - corresponde à partição da célula por produto em subcélulas

contendo apenas máquinas do mesmo tipo. Lembre-se que a razão fundamental da célula por processo é a desobrigatoriedade da existência do operador multifuncional, o que torna imediata a sua implantação.

Um Caso Real: As Células por Processo de uma Usinagem

Ilustrar a exposição com um caso real sempre auxilia o entendimento.

A seção de usinagem de uma fundição foi organizada em células de manufatura por processo que fabricavam uma única peça de cada vez. Como se notará, mesclou-se, em algumas células, o conceito de célula por processo com o de célula por produto, pois foram colocadas outras máquinas diferentes, mas de fácil operação, junto às máquinas principais.

As fresadoras passaram a formar várias células de um único operador, algumas com duas ou três fresadoras e uma bancada para pequenos serviços, outras com duas fresadoras, duas ou três furadeiras de bancada e uma bancada. Tomou-se o cuidado de atribuir ao fresador apenas operações simples que não exigiam treinamento, como rebarbar peças com esmerilhadeira pneumática ou furá-las em furadeiras de bancada.

As furadeiras pneumáticas e as de bancada formaram várias células de um único operador, algumas com duas ou três baterias de furadeiras pneumáticas, outras com uma bateria de furadeiras pneumáticas e algumas furadeiras de bancada. Em

ambos os casos com a finalidade de aproveitar o ciclo automático das furadeiras pneumáticas. Foram constituídas algumas células de um operador contendo várias furadeiras de bancada, cuja finalidade não era aproveitar o ciclo automático (inexistente nessas máquinas) mas sim reduzir o manuseio de peças. (Quando as peças são processadas em uma operação de cada vez, o operário apanha a peça no cesto, executa a operação e a coloca em outro cesto; quando são realizadas várias operações sequenciais, o operário apanha a peça no cesto, executa as várias operações e a coloca em outro cesto, eliminando muitos movimentos de apanhar a peça e de colocá-la no cesto).

O mesmo conceito foi aplicado às rosqueadeiras, que passaram a constituir diversas células funcionais, algumas com rosqueadeiras automáticas mais rosqueadeiras manuais, outras com rosqueadeiras manuais mais furadeiras de bancada com o objetivo de reduzir o manuseio de peças.

Já os tornos, os aparelhos de balanceamento e as bancadas para montagem e para serviços manuais não foram organizadas em células pela razão de as atividades aí realizadas ocuparem quase que integralmente o tempo do operador, ou seja, não havia espera do homem durante o ciclo de trabalho.

A tabela 3 mostra as operações realizadas numa célula de fresadoras e noutra de furadeiras, comparando o tempo das operações individuais com o tempo da célula. Para executar individualmente as

seis operações que passaram a ser realizadas na célula das fresadoras, gastavam-se anteriormente 11,48 minutos; na organização celular, o operador conseguia executar as últimas cinco operações durante o tempo-automático da primeira - portanto, o tempo das seis operações ficou reduzido ao tempo da primeira (5,50 minutos), propiciando um aumento de produtividade do homem de 109%.

Na célula das furadeiras, constituída por duas pneumáticas e uma de bancada, o homem trabalhava 0,80 minuto em cada pneumática (para um ciclo de 2,00 minutos) e 1,10 minuto na furadeira de bancada. O tempo total de 5,10 minutos caiu para 2,70 minutos devido à organização celular, gerando um aumento de produtividade do homem de 89%.

A produtividade média dessa seção de usinagem era 2,69 kg/homem-hora. (Parece estranho medir a produção de peças usinadas pelo seu peso. Mas, como uma fundição avalia em peso o seu volume de produção, essa unidade acabou por contaminar a produção da usinagem. Entretanto, é boa medida desde que o mix de produtos não sofra variação significativa de um mês para outro - e, de fato, o mix de produtos, no caso, não variava significativamente). A implantação das células de manufatura funcional e de outras medidas propostas nesta série de artigos tinha por meta elevar a produtividade para 5,0 kg/homem-hora, um aumento de 86%. Para satisfação de todos, em dois meses, a produtividade alcançou a média de 7,0 kg/homem-hora, um expressivo aumento de 160%!

| DESCRIÇÃO DAS OPERAÇÕES | MÁQUINA | TEMPOS INDIVIDUAIS (MIN) | TEMPO NA CÉLULA (MIN) |
|---|---------|--------------------------|-----------------------|
| CÉLULA DE FRESADORAS | | | |
| 1. Fresar flange | FR-1 | 5,5 | |
| 2. Fresar 4 bolachas 160mm | FR-2 | 2,13 | |
| 3. Rebarbar flange e 4 bolachas | B | 1,50 | |
| 4. Furar 25 mm | FB-1 | 0,70 | |
| 5. Escariar 25 mm | FB-2 | 0,37 | |
| 6. Rebaixar bolacha 120 mm | FB-3 | 1,28 | |
| TEMPO TOTAL | | 11,48 | 5,50 |
| CÉLULA DE FURADEIRAS | | | |
| 1. Furar 12 x 10 mm - 10 x 8 mm 4 x 6mm | FP-1 | 2,00 | |
| 2. Furar 8 x 10 mm - 3 x 8 mm | FP-2 | 2,00 | |
| 3. Rebaixa 20 x 10 mm | FB-4 | 1,10 | |
| TEMPO TOTAL | | 5,10 | 2,70 |

Tabela 3 - Comparação entre Operação Individual e Operação Celular Funcional

Duas Considerações Finais

Célula de Manufatura *versus* Enriquecimento de Funções

Se o objetivo for aumentar a produtividade do homem, a solução celular é, na grande maioria dos casos, melhor do que o enriquecimento de funções.

Estudavam-se numa fundição duas alternativas para aproveitar o tempo durante o qual o fundidor ficava esperando a solidificação da peça: dar acabamento nos machos ou operar duas coquilhadeiras. A primeira alternativa consistiria em transferir para o fundidor uma operação que era executada na macharia por um macheiro. A segunda resultaria numa célula de manufatura por processo constituída por duas coquilhadeiras e um fundidor.

Simuladas essas duas alternativas para as principais peças, responsáveis por mais da metade do volume de produção em peso, apurou-se que, se ao fundidor fosse atribuída a operação de dar acabamento no macho, o aumento médio de sua produtividade seria de 30%; e que, se a ele fosse atribuída uma segunda coquilhadeira, com pares de peças adequadamente escolhidos, o aumento seria de 89%.

Operando duas coquilhadeiras, o fundidor ficaria mais tempo exposto à temperatura elevada, pois, quando opera apenas uma, distancia-se da coquilha durante a solidificação da

peça. Impunha-se, então, dar um período de repouso de 10 minutos a cada hora e meia e aumentar a reidratação salina para compensar a maior perda de sais minerais causada pela maior sudorese. Para a jornada de 8 horas, seriam necessários três períodos de repouso, uma vez que a parada para refeição serve também como período de repouso, que representariam uma diminuição de 6,7% no tempo útil de 450 minutos do turno. Além desta perda, era plausível supor uma outra, da ordem de 8%, causada pela dificuldade de se conseguir todas as vezes o par mais adequado de peças a fundir. Mesmo com estas duas perdas, o aumento da produtividade gerado pela operação de duas coquilhadeiras seria superior a 60%.

Este caso, bastante elucidativo, acrescido de diversos outros, permite-nos generalizar: na maioria das vezes, a célula de manufatura é mais potente do que o enriquecimento de funções para aumentar a produtividade do homem.

"Máquina Não Pode Parar"

Estão arraigados na mente do pessoal da indústria brasileira dois conceitos: "máquina não pode parar" e "nossa mão-de-obra é barata".

Esses dois conceitos, atuando durante anos, passando de geração em geração, transformaram-se em verdades absolutas, inquestionáveis e dogmáticas. Devido a eles, toda atenção do gerente e do supervisor de produção sempre esteve voltada para a máquina, ficando o trabalho do operário relegado a segundo plano.

Todos procuraram, então, otimizar o ciclo-máquina, o que acarreta esperas, às vezes altíssimas, do operador.

Ora, a análise das empresas industriais bem-sucedidas demonstra que a produtividade do homem é mais importante do que a da máquina, ou pelo menos igual. Na indústria japonesa, hoje elevada à condição de paradigma mundial, a produtividade do homem é prevalente à da máquina.

Deve-se, pois, procurar otimizar o ciclo-homem, mesmo que em detrimento do ciclo-máquina, ou seja, mesmo que à custa da introdução de esperas no ciclo de trabalho da máquina.

Isto ocorre, quase sempre, numa célula de manufatura. Veja-se o caso de um macheiro operando duas sopradoras de macho shell. O aumento da produtividade do macheiro foi de 52%, significando que as duas máquinas passaram a ter produção num índice 152. Quando uma máquina é operada por um homem, seu índice é 100; duas máquinas, 200. Portanto, as duas sopradoras, quando operadas por um único macheiro, tiveram sua produção reduzida do índice 200 para o índice 152; ou seja, perderam, em média, 24% de produção e portanto 24% de produtividade (a máquina cujo ciclo de produção é mais longo tem perda menor, enquanto a de ciclo mais curto, perda maior). No caso de um fundidor operando duas coquilhadeiras, citado no item anterior, em contrapartida ao aumento de 60% na produtividade do homem, houve uma queda de 20% na produtividade da máquina.

Ora, se o aumento da produtividade do operador quase sempre acarreta a diminuição da da máquina, a produção de cada máquina será menor. Assim, para manter o mesmo volume de produção, mais horas-máquinas serão necessárias, o que significa que precisa haver disponibilidade de máquinas; em outras palavras, precisa haver ociosidade de máquinas.

A indústria brasileira de manufatura possui, atualmente, disponibilidade de máquinas, sendo raras as exceções. Não possui ociosidade de pessoal, pois este está dimensionado para atender à demanda atual, pois a prática corrente é demitir quando as vendas caem e contratar quando sobem.

Nas fábricas que trabalham em um ou dois turnos, e são a grande maioria na indústria de manufatura, se não houver ociosidade de máquinas, suficiente para suportar as horas-máquinas adicionais necessárias para compensar a perda de produtividade acarretada pela célula de manufatura, pode-se adotar uma solução simples: criar mais um turno de trabalho e relocar parte dos operários, dos mestres e dos supervisores para esse novo turno.

Esta solução representa, em última instância, uma redistribuição da ociosidade das máquinas. Se a fábrica trabalha dois turnos de oito horas por dia, as máquinas ficam paradas durante oito horas todo dia. A solução aqui proposta - otimizar o ciclo-homem mesmo que pela introdução de esperas no ciclo da máquina - corresponde a distribuir, ao longo das 24

horas do dia, essa grande espera concentrada em oito horas, dando um pouco de espera dentro de cada ciclo de trabalho da máquina. Como se vê, a solução é perfeitamente viável, não obstante introduzir alguns custos indiretos, como o funcionamento em mais um turno do restaurante, do ambulatório, da manutenção, do almoxarifado. Mas, o aumento de produtividade obtido proporciona economias que compensam com grande margem esses custos indiretos adicionais, até porque esses setores operam no nível mínimo durante o turno da madrugada.

Se a fábrica já trabalha nos três turnos, a ociosidade das máquinas precisa ser inerente à capacidade instalada, uma vez que a citada distribuição das oito horas do terceiro turno, ao longo das 24 horas, não é possível.

Com a argumentação apresentada, esperamos ter desmistificado o conceito de que a máquina não pode parar: se for para aumentar a produtividade do homem, a máquina pode parar (a não ser quando a máquina estiver totalmente carregada ou for de custo operacional proporcionalmente elevado).

Referências Bibliográficas

BEZERRA, J. C. *Simples...mente Just-in-Time*. São Paulo, IMAM, 1990.

CONTADOR, J. C. *Tipologia da*

Célula de Manufatura. Segundo Simpósio de Ciências Exatas e Engenharias da Universidade Estadual Paulista, Campos do Jordão, dez. 1991.

HALL, R. W. *Excelência na Manufatura*. São Paulo, IMAM, 1988.

HILLESHEIM, S. W. & COSMO, J. R. *GSA - Grupos Semi-autônomos*. Rio de Janeiro, COP Editora, 1988.

IMAM *Produtividade e Qualidade no Piso de Fábrica - São Paulo*. Instituto de Movimentação e Armazenagem de Materiais, 1989.

KAPSTEIN, J. & HOERR, J. *Inovações na Linha de Montagem*. Business Week. In: *Gazeta Mercantil*, São Paulo, 9 set. 89.

MONDEN, Y. *Sistema Toyota de Produção*. São Paulo, IMAM, 1984.

MOURA, R. A. *Kanban*. São Paulo, IMAM, 1989.

OLIVÉRIO, J. L. *A Manufatura Celular*. Segundo Seminário de Técnicas Japonesas promovido pelo IMAM. São Paulo, IMAM, 1984.

SCHONBERGER, R. J. *Técnicas Industriais Japonesas*. São Paulo, Pioneira, 1984.

YOSHINAGA, C. *Qualidade Total*. São Paulo, 1988.