

A MANUFATURA CELULAR COMO FATOR DE DIFERENCIAÇÃO DA INDÚSTRIA – PROJETO E UTILIZAÇÃO NA INDÚSTRIA BRASILEIRA

RESUMO

Nota-se que as empresas, atualmente estão com seus quadros de funcionários cada vez mais enxutos. A mão-de-obra assumiu o perfil da multifuncionalidade.

O nível operacional assumiu a postura de operadores polivalentes em substituição ao estilo especialista (Taylorista/Fordista). Além de produzir, deve verificar os aspectos de funcionalidade e qualidade do produto.

Este artigo tenta mostrar o estado de evolução que a indústria de bens e serviços agregados tem obtido com o uso da produção em CÉLULAS DE MANUFATURA onde há a predominância da mão-de-obra polivalente.

ABSTRACT

It is noticed that the companies, nowadays are more and more with its staff of employees reduced and optimized. The workers assumed the profile of the multifunctionality.

The operational level, assumed the posture of versatile operators in substitution to the skills one (Taylor/Ford). Besides producing, it should verify the functionality and quality aspects of the product.

This article proposes to show the evolution state that the industry of goods and services attached have been obtaining with the use of the production in CELLS OF MANUFACTURE where the have the prevalence versatile professional.

**José Almeida Santos
Júnior**

Eng. Mecânico
Especialista em
Engenharia de Produção

Mestrando em Engenharia
de Produção e Sistemas –
UFSC

Gerente Industrial da FAE
– Ferragens e Aparelhos
Elétricos S.A.

Professor do
Departamento de
Engenharia Mecânica
Universidade de Fortaleza

1. INTRODUÇÃO

Perdas, desperdícios, altos custos, baixa produtividade, ineficiência e o pior: INEFICÁCIA e conseqüente falência da indústria nacional.

Esse será, com certeza, o tema do discurso do futuro se não atuarmos no presente buscando a utilização de técnicas de produção na indústria brasileira que agreguem valor ao produto. Nesse contexto, a filosofia JIT/TQC (*JUST IN TIME / TOTAL QUALITY CONTROL*) surge como um conceito simples e de aplicação imediata a partir de técnicas ou ferramentas que irão garantir produtos certos, na quantidade, no tempo e local certos. Ou seja, a aplicação do conceito da "Mentalidade Enxuta nas Empresas", tornando-as competitivas e vivas no mercado.

O trabalho que se segue evidencia uma das ferramentas da filosofia JIT/TQC que, ao contrário do que muitos "pregam", não é nova, mas sua utilização irá, com certeza, capacitar a enfrentar a competitividade de mercado atual e futura: as CÉLULAS DE MANUFATURA.

2. AS CÉLULAS DE MANUFATURA

O conceito de CÉLULAS DE MANUFATURA surge da necessidade de se estabelecer na prática uma visão ampla de todo o processo produtivo. Nesse conceito, não cabe a visão limitada de um simples "apertador de parafusos", mas a visão completa e ampla de um operador polivalente e multifuncional que, além de "apertar os parafusos", sabe qual a função e importância de cada parafuso no produto final.

Ao contrário do que muitos apregoam, as CÉLULAS DE MANUFATURA têm sua origem a muito tempo. No início da revolução industrial, os estudiosos do trabalho da época, Taylor e, principalmente, Ford criaram o modelo do operário especialista e dedicado a uma única operação na cadeia interna de produção como mostra a figura 1, derrubando a idéia da produção artesanal. O modelo do operário especialista teve seus "momentos de glória" até que a competitividade do mercado representada pela trilogia: **preço, qualidade e prazo de entrega** se apresentasse como realidade entre as indústrias.

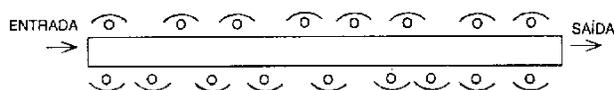


Figura 1 - Modelo de sistema de Produção em Linha apoiado em Operadores Especialistas

Como modelo mais simples e antigo de CÉLULA DE MANUFATURA podemos citar uma cozinha doméstica. Numa cozinha, o operador, cozinheiro(a) executa todas as atividades necessárias desde a retirada e movimentação das matérias-primas do estoque (despensa, geladeira, freezers), passando por todas as operações envolvidas no processo produtivo (corte, descongelamentos, uso de condimentos, cozimento), até a entrega do produto final concluído (aquele delicioso prato) ao cliente na hora certa, quantidade certa e no momento certo.

Objetivamente, a MANUFATURA CELULAR é uma técnica que produz famílias de peças dentro de um único arranjo físico de máquinas e instalações, operadas através de pessoas multifuncionais e/ou polivalentes.

Direcionada para o conceito de produção puxada, as CÉLULAS DE MANUFATURA possuem um fluxo contínuo (peça à peça), o que consiste na produção de uma peça de cada vez, obedecendo à seqüência lógica das operações envolvidas.

Como mostra a figura 2, flexibilidade é o conceito básico na produção utilizando CÉLULAS DE MANUFATURA. Com as CÉLULAS o sistema produtivo pode reagir rapidamente às variações da demanda e o mix de produtos. Podemos citar alguns aspectos relevantes nas CÉLULAS:

- As máquinas são organizadas na seqüência de fabricação ou montagem;
- Os operadores são treinados para a execução de várias tarefas;
- Há a predominância do trabalho em pé;
- Há a predominância do layout em "U".

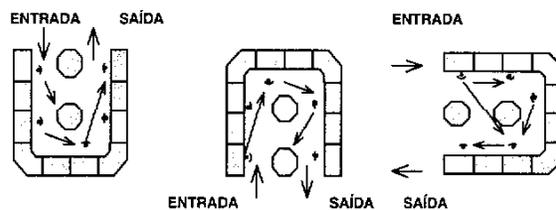


Figura 2 - Modelo de sistema de Produção em Células apoiado em Operadores Polivalentes

Como principais vantagens do sistema de MANUFATURA CELULAR podem ser citadas:

- Redução do lead time e dos estoques em processo;
- Redução dos problemas de qualidade, devido a detecção rápida de não-conformidades;
- Redução da mão-de-obra direta;
- Redução dos custos industriais.

Para um melhor entendimento da aplicabilidade prática do assunto, esta pesquisa está referenciada em 5 (cinco) artigos técnicos publicados em anais dos ENEGEP 95, ENEGEP96 - Encontro Nacional de Engenharia de Produção e do V Encontro de Iniciação à Pesquisa da UNIVERSIDADE DE FORTALEZA – 1999. Os artigos abordam o tema CÉLULAS DE MANUFATURA em casos práticos utilizando como cenário as indústrias nacionais.

3. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Com o intuito de conhecer como a utilização prática das CÉLULAS DE MANUFATURA está sendo conduzida na indústria nacional, foram pesquisados e resumidos, a seguir, 5 (cinco) artigos que abordam de forma clara e objetiva o assunto.

3.1 Avaliação de desempenho de Células de Manufatura – Estudo de caso (*Campanholo; Maestrelli e Batocchio - 1995*)

O estudo relatado nesse artigo foi realizado em indústrias de componentes para uso em automóveis, situadas no interior do estado de São Paulo. Especificamente, o estudo focalizou a utilização do sistema celular de manufatura que inclui operações de usinagem e montagens de peças para discos de freio.

O estudo em si analisou o problema de avaliação das atividades desenvolvidas nas células estudadas, estabelecendo indicadores de desempenho que avaliassem desde o projeto até o balanceamento das operações de três células que se encontram em funcionamento há quatro anos.

Os autores sugerem que, a partir das medidas obtidas, é possível avaliar o

desempenho das células e estabelecer necessidades de alteração na forma de elaboração do projeto, do dimensionamento e do balanceamento das operações envolvidas no processo. Concluem ainda que, apesar de quatro anos de funcionamento, as três células em atividade não estão sendo exploradas em todo seu potencial, devido a não utilização de análises técnicas mais aprofundadas que direcionariam para a eliminação dos gargalos e grandes tempos de ciclo encontrados durante o estudo.

3.2 Projeto de Layout Industrial no Contexto da Manufatura Celular e Sistema JIT (*Marques; Juliato; Possamai e Selig - 1996*)

O referido artigo mostra de forma clara e objetiva a importância do layout na competitividade de uma empresa industrial.

Por ser um componente de fundamental importância no sistema produtivo, o estudo de layout é tratado neste artigo como o maior responsável pela utilização dos recursos envolvidos na produção. Com isso, há a necessidade de desenvolvimento de estudos mais aprofundados sobre o tema para a obtenção de soluções da problemática de elaboração de projetos de layout, onde se possibilite a compatibilização desde o arranjo físico de máquinas, postos de trabalhos e os fluxos de movimentações no processo, até os custos envolvidos.

Outro ponto fundamental ressaltado no artigo é a análise do layout no ambiente JIT a partir das células de manufatura. Nesse caso, os autores sugerem um modelo computacional que tome como referência a tecnologia de grupo, onde a base está no agrupamento de componentes fabricados em famílias de peças e máquinas em cada célula de fabricação.

Os autores demonstram a aplicabilidade do modelo computacional a partir da utilização prática em uma indústria metal mecânica fabricante de relógios de paredes e despertadores, a qual necessitava de um estudo de expansão da usinagem, setor gargalo da produção.

A comprovação da aplicabilidade do modelo utilizado no projeto está nos benefícios

obtidos após o estudo. Os dados mais relevantes foram:

- Redução de áreas ociosas – 15% da área total do setor;
- Aumento em 25% na capacidade de produção do setor e conseqüentemente da fábrica;
- Redução de custos e conseqüente ganho de mercado.

3.3 Uma Abordagem Integrada para Definição e Análise de Layouts Celulares (Panzarini - 1995)

No presente artigo, a autora demonstra a necessidade, cada vez maior, de se adotar no sistema produtivo o layout celular como a forma mais viável de se obter flexibilidade, qualidade no produto final, facilidade de gerenciamento, planejamento, programação e controle da produção. No entanto, a autora admite um elevado grau de complexidade na elaboração e implantação do estudo de layout, sugerindo a adoção de duas técnicas na área de pesquisa operacional. Ou seja, a utilização da programação e da simulação na definição e análise de layouts celulares.

A problemática citada se baseia nas dificuldades de análise dos dados de forma isolada, sendo sugerido pela autora uma abordagem integrada por programação matemática e simulações das etapas:

- Agrupamento de máquinas e peças a serem processadas na célula;
- Cálculo do dimensionamento da capacidade de produção;
- Simulação da alternativa proposta.

Etapas de um estudo de layout, feitas na época, de forma isolada.

3.4 Relato dos Resultados Apresentados por 33 Empresas Usuárias de Tecnologia de Grupo e Células de Manufatura no Estado de São Paulo (Arruda e Gonçalves Filho - 1995)

O artigo apresentado relata os resultados encontrados no levantamento realizado em 35 empresas com o perfil em sua maioria, de grande empresa, sediadas no estado de São Paulo.

A manufatura celular é colocada pelos autores como sendo uma utilização da tecnologia de grupo, onde são agrupadas máquinas diferentes em relação à função, as quais processam peças similares dentro de uma mesma família.

Os autores concluem ainda que as similaridades das peças são em função da forma física, operações tolerâncias dimensionais, processos de fabricação e demais características envolvidas.

Os resultados da pesquisa indicam as seguintes tendências:

- Quantidade de empresas que eram usuárias ou pretendiam utilizar células de manufatura em seu processo produtivo: 31 empresas. Ou seja, 88% do total de empresas consultadas;
- Percentual de empresas que utilizou inicialmente o recurso de células piloto para avaliação e comprovação dos benefícios da filosofia JIT/TQC: 90%;
- Grau de automação nas células: 58% das células são puramente manuais e 42% são mistas (manuais e automatizadas);
- Tempo de utilização de células de manufatura no processo produtivo: 78% das empresas utilizavam células a menos de 10 (dez) anos;
- Número de máquinas por célula de manufatura: uma média de 8,77 máquinas por célula, variando em um intervalo entre 3 e 17 máquinas;
- Período de tempo médio de implantação das células de manufatura em operação: em torno de 20 (vinte) meses;
- Utilização do princípio de fluxo unidirecional: 55% das empresas consultadas utilizam o fluxo unidirecional, enquanto que em 45% das empresas há a presença de fluxo reverso, mas sem influência negativa para o processo produtivo;
- Utilização das demais ferramentas da filosofia JIT/TQC:
 - ⇒ 97% das empresas utilizam operários multifuncionais ou polivalentes;
 - ⇒ 84% das empresas utilizam troca rápida de ferramenta;
 - ⇒ 68% das empresas utilizam o sistema KANBAN.

- Utilização de incentivos salariais: 70% das empresas afirmam não ser de suma importância o incentivo salarial para o bom desempenho da célula;
- Layout predominante : em forma de "U";
- Tipo de produção predominante: 56% seriada;
- Diversificação de produtos: 52% das empresas possuem uma alta diversificação de produtos;
- Redução do quadro de funcionários após a implantação das células de manufatura: 57% das empresas reduziram o quadro de mão-de-obra, enquanto 43% mantiveram o mesmo quadro de funcionários.

São ainda colocados como fatores fundamentais para a utilização das tecnologias de grupos e células de manufatura: o treinamento e seleção de pessoal, o envolvimento do pessoal direto, a implantação de forma lenta e gradativa e a utilização inicial de projetos com alta probabilidade de sucesso.

Para o sucesso pleno da implementação, os autores sugerem a atenção para os seguintes fatores:

- Iniciar com célula piloto;
- Iniciar com célula simples e de alto potencial de sucesso;
- Não depender da célula inicial como fonte exclusiva de suprimentos durante a implementação;
- Orientação plena sobre as razões da mudança e objetivos do programa;
- Fazer uma boa seleção de pessoal para trabalhar no projeto.

Com isso os autores concluem a pesquisa, sugerindo a metodologia de implantação citada anteriormente.

3.5 Utilização das Células de Montagem na Indústria Nordestina (Lima, Sylvio - 1999)

Em primeira análise, o autor descreve o cenário industrial nordestino frente à crescente industrialização da região e, em particular, a do estado do Ceará. Enfatiza, ainda, o despreparo das classes empresariais, o baixo nível de automação e, como decorrência, a alta dependência da mão-de-obra.

Diante desse cenário, o autor descreve que as indústrias estão buscando de forma rápida a utilização da filosofia JIT/TQC e suas ferramentas (células de manufatura, kanban, poka yokê), para a redução de perdas no processo produtivo, criando um ambiente propício ao kaizen, tornando as indústrias da região nordeste mais competitivas.

Especificamente sobre as células de manufatura, o autor concentrou a abordagem nas células de montagens nas indústrias de confecção e eletroeletrônicas situadas na região industrial de Fortaleza-Ce.

Nessa análise, o autor ressalta as seguintes características encontradas nos modelos utilizados:

- Predominância do layout em "U";
- Impacto inicial negativo devido ao trabalho em pé;
- Resultados extremamente positivos após o primeiro mês de utilização, obtendo-se índices de produtividade da mão-de-obra direta maiores que os obtidos com o sistema convencional;
- Aumento da motivação dos operários devido à multifuncionalidade e polivalência das atividades ao longo do processo;
- Redução do lead time e dos níveis de estoques de produtos em processo;
- Ganho de espaço físico no chão de fábrica;
- Redução de produtos não-conformes e retrabalhos devido a adoção do autocontrole no processo e o operador monta do início ao final do produto acabado;
- Maior flexibilidade e poder de atendimento à demanda.

Como resultado, o autor ressalta que as empresas que adotaram o sistema de produção em células obtiveram grandes ganhos de lucratividade decorrentes da redução dos custos industriais. Contudo, enfatiza que as células de manufatura ainda é uma ferramenta muito pouco utilizada pelas indústrias da região.

4 ANÁLISE PESSOAL

A partir dos resumos dos artigos pesquisados, pode-se analisar as informações e conceitos utilizados na prática, comparando-

os com os princípios pertinentes a ferramenta de produção, CÉLULAS DE MANUFATURA.

Avaliação de desempenho de Células de Manufatura – Estudo de caso: com o resumo do artigo, observa-se a necessidade cada vez maior de se estabelecer indicadores para sensoriar o desempenho do sistema produtivo. No entanto, os autores colocam a simultaneidade das operações como um “elemento” neutralizador dos “problemas” gerados pelos desbalanceamentos das operações, o que, em parte, pode ser considerado como ponto positivo no processo. De acordo com Tubino (1999), a melhor análise, a se fazer nas três células, parte dos valores dos tempos de ciclo e de lead time em cada caso e não a valorização como foi feita das operações independentes. Numa visão mais moderna, o conjunto deve ser analisado com base em simulações onde o lead time, tempos de ciclo e estoques em processo, dentre outros fatores, devam ser priorizados.

Projeto de layout industrial no contexto da manufatura celular e sistema JIT: o artigo comprova a necessidade de melhor aprofundamento na análise das perdas no processo produtivo através do estudo de layout. A utilização de softwares dedicados ao estudo de layout demonstra um diferencial importante para as empresas em busca de competitividade. Mas com a rapidez da evolução e simplificação dos sistemas computacionais, pode-se analisar cenários industriais não só envolvendo distribuição física de equipamentos, mas outras variáveis como lead time do produto e tempos de ciclos. Um exemplo atual é o programa ARENA de simulação, onde se pode simular variáveis diversas e se criar um cenário otimizado de sistemas de produção.

Uma abordagem integrada para definição e análise de layouts celulares: a abordagem do assunto, por parte da autora, confirma toda a teoria existente sobre a utilização do layout celular na produção de um bem tangível, exceto quando trata o sistema celular como **“um novo tipo de sistema de manufatura”**. Sabe-se que a mais antiga e tradicional célula de manufatura está em uma cozinha residencial, onde o layout promove a multifuncionalidade e polivalência de atividades. Observa-se que a autora se limitou ao modelo teórico de abordagem das etapas de um estudo

de layout. Quanto aos conceitos utilizados, há uma certa omissão da importância da polivalência da mão-de-obra direta, ou seja, a autora cita muito pouco essa variável, que é básica em qualquer estudo de modelo de layout na filosofia JIT/TQC. Como proposta de integrar as várias fases do estudo de layout, a autora atinge seu objetivo básico, quando cita a necessidade de utilização de simulação para testar as várias hipóteses teóricas antes da execução prática do estudo em células de manufatura.

Relato dos resultados apresentados por 33 empresas usuárias de tecnologia de grupo e células de manufatura no estado de São Paulo: do ponto de vista prático o estudo, apesar de se restringir às indústrias do estado de São Paulo, apresentou dados significativos quanto à utilização das células de manufatura na produção de bens tangíveis. Deve-se ressaltar que, além do perfil dos que responderam os questionários e o ramo de atividade empresarial, deve-se explicitar o grau de instrução mínimo ou médio dos operários e o nível de rotatividade médio (turnover) após a utilização das células de manufatura. Houve uma centralização na tecnologia de grupo dos recursos de máquinas, peças e processos envolvidos na produção. Apesar da maioria das empresas se utilizarem de células basicamente manuais, não houve uma análise mais direcionada para as atividades de grupos de trabalhos de pessoas envolvidas nas células. A pesquisa abre um espaço para se analisar o tema: utilização de células de manufatura de uma forma mais ampla em outras regiões do Brasil.

Utilização das células de montagem na indústria nordestina : o artigo vem confirmar na prática o que a teoria enfatiza sobre os benefícios da utilização do sistema JIT/TQC na atividade industrial. O artigo sugere, no entanto, a continuação da pesquisa com o objetivo principal de se estabelecer valores mensuráveis que confirmem e enriqueçam o estudo através de indicadores de desempenho. Os resultados positivos obtidos com a utilização das células de manufatura nas indústrias da região Nordeste devem ser melhor apresentados com uma descrição mais objetiva citando a quantidade e o perfil das empresas visitadas, a metodologia

utilizada e o conseqüente aumento do número de empresas nos demais estados da região a se visitar. Dessa forma, o tamanho da amostra deve ser ampliado para se obter informações mais representativas das indústrias utilizadoras de células de manufatura no Nordeste brasileiro.

5. CONCLUSÕES

Observa-se que as ações de modernização da indústria nacional são reativas, ou seja, precisa de um ambiente de ameaças externas para que se modifique o status atual.

Através dos artigos analisados, pode se observar que o movimento de adoção de técnicas de produção JIT/TQC nas indústrias nacionais está em um estado de evolução contínua, necessitando de uma ação mais proativa, gerando um ambiente de benchmarking.

A aplicação da filosofia JIT/TQC na indústria nacional precisa ser melhor desenvolvida, de forma a integralizar ao máximo as ferramentas disponíveis. O uso isolado do Kanban, Poka Yokê, Manutenção Produtiva Total ou Células de Manufatura não cria uma situação de melhor utilização dos recursos disponíveis, demonstra unicamente a intenção gerencial de ajustar o sistema produtivo na busca da redução de desperdícios. A implantação e utilização integrada das várias ferramentas do JIT/TQC se fazem necessárias, para se otimizar o uso dos recursos disponíveis, reduzir as perdas devido a não qualidade gerada pela falta de treinamento da mão-de-obra, falta de estudo de métodos e processos adequados, altos níveis de estoques, altos valores de tempos de ciclo, valores de lead time absurdos, elevados tempos de setup, baixa flexibilidade e os conseqüentes atrasos nas entregas dos produtos finais aos usuários.

Os modelos de simulação e as pesquisas apresentadas nos artigos analisados demonstram claramente a importância da filosofia de produção puxada e com qualidade total. A simulação em si demonstra ser uma técnica eficaz para análise de cenários, ajudando na tomada de decisões gerenciais a partir de resultados práticos. O que chamou a atenção em todos os artigos analisados e que tratam do projeto e implantação de células de

manufatura é a necessidade de se unir em um único programa as variáveis necessárias e envolvidas nos processos de fabricação e montagens. O programa ARENA é um exemplo claro de um excelente simulador e que contempla de forma objetiva essas variáveis.

Quanto às pesquisas, mesmo apresentando alguns indicadores sobre o uso das técnicas da filosofia JIT/TQC, precisam ser continuamente melhor elaboradas e dimensionadas para o cenário atual. A falta de um maior direcionamento para o estudo de utilização da polivalência e da multifuncionalidade nas células de manufatura deixa uma lacuna a ser preenchida em trabalhos científicos futuros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ZILBOVICIUS, Mauro. **Modelos para a produção, produção de modelos**; gênese, lógica e difusão do modelo japonês de organização da produção. São Paulo: FAPESP: Annablume, 1999.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Sistemas de Produção: A Produtividade no Chão de Fábrica**. São Paulo, a Bookman, 1999.

YOSHINAGA, Ciro. **Manufatura Celular**. São Paulo, Ciro e Associados, 1998.

MARX, Roberto. **Trabalho em grupos e autonomia como instrumentos de competição**: experiência internacional, casos brasileiros, metodologia da implantação. São Paulo: Atlas, 1997.

MUTHER, Richard; FILLMORE, William E.; ROME, Charles. **Planejamento Sistemático e Simplificado das Células de Manufatura**. São Paulo, IMAM, 1997.

HALL, Robert W. , **Excelência na Manufatura**, 3ª Edição, São Paulo, IMAM, 1988.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Manual de Planejamento e Controle da Produção**. São Paulo, Atlas, 1997

CAMPANHOLO, Roberto Carlos Libardi; MAESTRELLI, Nelson Carvalho; BATOC-CHIO, Antonio. **Avaliação do Desempenho de Células de Manufatura – Estudo de Caso**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 1995. Anais.

MARQUES, Sílvia Romero Adjar; JULIATTO, Dante Luís; POSSAMAI, Osmar; SELIG, Paulo Maurício. **Projeto de Layout Industrial no Contexto da Manufatura Celular e Sistema JIT.** In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 1996. Anais.

PANZARINI, Luciana Volcato. **Uma Abordagem integrada para Definição e Análise de Layouts Celulares.** In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 1995. Anais.

ARRUDA, Paulo Eduardo Stabile de; FILHO,

Eduardo Vila Gonçalves. **Relato dos Resultados apresentados por 33 Empresas usuárias de Tecnologia de Grupo e Células de Manufatura no Estado de São Paulo.** In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 1996. Anais.

LIMA, Sylvio Marcos Santiago. **Utilização das Células de Montagem na Indústria Nordestina.** In: V Encontro de Iniciação à Pesquisa – Universidade de Fortaleza, 1999. Resumos.