

Realização:



Apoio:



II CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE DESENVOLVIMENTO SOCIAL

Novembro de 2013

Iturama - MG - Brasil

ADEQUAÇÃO DO PROJETO DE CÉLULA DE MANUFATURA DE ACORDO COM OS PRINCÍPIOS DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES E DA MANUFATURA ENXUTA

Eliandro Astorino (Centro Universitário Araraquara - Uniara) - eastorino@bol.com.br
Mestrando em Engenharia de Produção

Walther Azzolini (USP / Uniara) - ca_robertoramos@yahoo.com.br
Professor

Carlos Robert Ramos (Centro Universitário Araraquara - Uniara) - ca_robertoramos@yahoo.com.br
Mestrando em Engenharia de Produção

Nelson Antonio Calsavara (Centro Universitário Araraquara - Uniara) - nelson.calsavara@ig.com.br
Mestrando em Engenharia de Produção

Otávio Luis Xavier (Centro Universitário Araraquara - Uniara) - professorotavio@gmail.com
Mestrando em Engenharia de Produção

Sergio Ferreira (Centro Universitário Araraquara - Uniara) - professorferreira1@hotmail.com
Mestrando em Engenharia de Produção

ADEQUAÇÃO DO PROJETO DE CÉLULA DE MANUFATURA DE ACORDO COM OS PRINCÍPIOS DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES E DA MANUFATURA ENXUTA

Carlos Robert Ramos (UNIARA) - ca_robertoramos@yahoo.com.br

Eliandro Astorino (UNIARA) - eastorino@bol.com.br

Nelson Antonio Calsavara (UNIARA) - nelson.calsavara@ig.com.br

Otávio Luis Xavier (UNIARA) - professorotavio@gmail.com

Sergio Ferreira (UNIARA) - professorferreira1@hotmail.com

Walther Azzolini (USP) – wazzolini@sc.usp.br

1. RESUMO

Este artigo tem como objetivo contextualizar o projeto de uma célula de manufatura quanto à aplicabilidade do *layout* celular em ambientes de produção enxuta. Trata-se de um *paper* de revisão bibliográfica com ênfase a aplicação dos princípios da teoria das restrições e da manufatura enxuta. Os principais resultados e benefícios abordados neste *paper* é a redução dos tempos de processamento e de *setup*, redução dos estoques, redução dos custos e do tempo de movimentação, melhoria da qualidade, simplificação dos fluxos de materiais e dos sistemas de controle e melhoria da motivação dos operadores.

Palavras-chave: Célula de Manufatura, Manufatura Enxuta, Teoria das Restrições e Tecnologia de Grupo.

2. INTRODUÇÃO

2.1. Célula de Manufatura

Os conceitos relacionados ao projeto e operação de células de manufatura têm sido aplicados em vários ambientes de produção e os principais benefícios que podem ser alcançados são: redução dos tempos de *setup*, redução dos estoques de produtos semi acabados, redução dos custos e tempos de movimentação, melhoria da qualidade, simplificação dos fluxos de materiais, simplificação dos sistemas de controle e melhoria da motivação dos operadores e dos tempos de processamento.

A aplicação da Tecnologia de Grupo é uma das fases mais importantes do projeto de células de manufatura. A maioria dos algoritmos de

aplicação da Tecnologia de Grupo na concepção de uma determinada célula de manufatura baseia-se somente nos atributos de fabricação necessários para a produção das peças consideradas. Isto simplifica bastante a solução do problema, mas pode gerar respostas que levem a configurações de baixa eficiência.

É relevante considerar, neste caso, o fato de que existem outros aspectos fundamentais que devem ser considerados nos projetos de células de manufatura, como: 1) capacidade de produção das máquinas, 2) tempos de processamento de cada peça em cada máquina, 3) sequência das operações, 4) tempos das movimentações e as 5) demandas a serem atendidas de cada peça de modo sistêmico e não pontual.

No atual cenário industrial, considerando aspectos tecnológicos e econômicos de mercado, transformar as estratégias em realidade para assim atingir melhores resultados ainda é um importante desafio para as organizações. Desta forma, as organizações necessitam repensar não somente suas técnicas gerenciais, mas também de produção, isto é, necessitam estabelecer estratégias de produção que as tornem competitivas de tal modo que os resultados esperados se tornem realidade. A inovação e mudança são processos cruciais para as organizações, pois contribuem para sua manutenção, crescimento ou mesmo falência (URNAU, 1996).

Nesse contexto, a implantação de células de manufatura apresenta-se com um tipo de inovação tecnológica que traz a mudança do modo de produção funcional para produção em grupo de componentes ou produtos acabados, no qual o processo produtivo é formado por unidades que detêm desde o início do processo de fabricação à finalização do produto alta similaridade das operações com diferenças que não comprometem o arranjo celular quanto a sua funcionalidade, devendo ser considerado inclusive o tipo construtivo de cada produto acabado ou componente.

Células de manufatura consistem em um *layout* no qual para o ciclo de produção as máquinas são dispostas em um espaço determinado e em uma sequência idêntica à das etapas do processo de fabricação do produto ou da família de produtos, com o mínimo de estoque intermediário e com o mínimo de

movimentação de materiais. (CONTADOR, 1991). Dentre as vantagens a partir da aplicação do *layout* celular, tem-se:

- Redução do tempo no ciclo de produção;
- Redução da movimentação de materiais, pois as máquinas são dispostas com menor distância entre elas;
- Redução de retrabalho, pois o próximo processo é cliente do anterior;
- Simplificação dos procedimentos de programação e controle;
- Satisfação dos operados pelo trabalho, pois há maior identificação do operário com os resultados da célula.

2.2. Manufatura Enxuta

No mundo globalizado, as mudanças nas relações de consumo, de venda e de produção ocorrem rapidamente fazendo com que as empresas necessitem de maior flexibilidade e resiliência para ocuparem o mercado. Essa capacidade de rápida resposta é sentida em todos os setores da organização, mas principalmente na produção, que é o motor do negócio. Se não produzir de forma adequada não há lucro, sem lucro a empresa deixa de existir (RIBEIRO FILHO, 2000).

Segundo Antunes et. al. (2008), o avanço no campo da produção começou com a divisão do trabalho no início do século XX, elaborada pelos norte-americanos. A primeira publicação foi de Frederick W Taylor com o estudo: “Tempos e movimentos”, que mais tarde ficou conhecido como Administração Científica. Taylor fragmentou os processos de produção gerando diversas operações simples, e proporcionando a criação de máquinas específicas. Também proporcionou a busca por “um homem/um posto/ uma tarefa”, o trabalhador com perfil físico que executaria a tarefa em menos tempo. O foco de sua publicação foi alta produtividade, baixos custos e altos salários.

Num rápido retrospecto temos diversos movimentos que colaboraram para a idealização da produção enxuta, como a administração científica, a produção em massa (Ford), a teoria dos sistemas, a teoria das restrições (TOC), enfim cada evolução foi importante para constituir o método mais utilizado na fabricação de pequenos lotes: **a célula de manufatura enxuta.**

O presente *paper* encontra-se dividido em três partes: Introdução, Revisão bibliográfica e conclusões.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Goncalves (2010) aplicou o conceito de célula de manufatura, juntamente com a Teoria das Restrições (TO – *Theory of Constraints*) a partir da aplicação da técnica de planejamento do *lean manufacturing* Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) e o conceito do Mecanismo da Função Produtiva (MFP) em um projeto de *layout* celular em uma fábrica de produtos plásticos no Rio Grande do Sul.

A Figura 1 auxilia a compreensão do conceito e da utilização da simbologia empregada pelo autor.



Figura 1: Mecanismo da Função Produção (Shingo, 1996^a, pg. 38).

Fonte: Gonçalves, 2010

Inicialmente, na primeira etapa, foram coletados os dados de entrada, nos quais foi realizado o apontamento e quantificados caracterizando o sistema de produção estudado pelo autor, sendo identificado o tipo de arranjo físico atual da empresa, os componentes e as famílias de produtos, componentes por produtos, pedidos em atraso e prazos, bem como a demanda mensal.

Na segunda etapa, foram reconhecidas as perdas no sistema produtivo, por meio da aplicação da ferramenta analítica Mapeamento do Fluxo de Valor. O mapeamento é um retrato da situação atual da fábrica no momento em que é realizado e consiste no acompanhamento de uma única peça ao longo de seu processo de fabricação.

A escolha dos produtos que seriam mapeados foi pautada naqueles que possuíam um grande volume de vendas e com grande complexidade

produtiva. Ainda na segunda etapa, pela análise do Mapeamento pela Função Processo, foram observadas que diversas perdas ocorriam devido ao tempo dos componentes estocados e à formação de grandes lotes de fabricação e que as operações que agregavam valor ao produto correspondiam a menos de 1% deste tempo.

Também na segunda etapa, foram levantados os tempos de processamento de todas as atividades e a eficiência global dos postos de trabalho com filmagens de todas as operações para análise e confirmação dos tempos, para análise do Mapeamento pela Função Operação.

Na etapa seguinte, com base na imagem atual foi desenhado o mapa da fábrica ideal, a qual é um modelo utilizado como meta a ser alcançada, facilitando a visualização das principais operações e instigando possibilidades para redução e ou eliminação de perdas.

Na quarta etapa, foi realizado o cálculo de capacidade e a análise do comportamento da demanda. Para o cálculo, foi realizado o apontamento dos dados dos mapeamentos e utilizado o roteiro de produção, dados do mapeamento da fábrica ideal. Uma nova capacidade para o projeto da fábrica ideal foi definida.

Para a análise do comportamento da demanda, foi entendido o comportamento de mercado, forma de programação e o histórico da demanda. Uma nova programação por ordem de entrada dos pedidos foi proposta, primeiro que entra, primeiro que sai - PEPS.

Por fim, na quinta e última etapa foi proposto um novo leiaute, que visava realizar o maior número possível de montagens no próprio local de injeção dos produtos, bem como manter tão somente o estoque necessário.

3.1 Conceitos inerentes à Manufatura Enxuta

Através do aprimoramento das ideias de Taylor, Henry Ford idealizou a produção em massa, que consistia em tarefas simples unidas por uma esteira mecânica gerando ao fim um automóvel completo. Além da linha de montagem, o projeto idealizado por Ford foi responsável pelo aumento do poder econômico de seus funcionários a fim de que comprassem os veículos que produzissem.

Como afirma Antunes et al (2008, p 69) “Henry Ford foi mais explícito na sua proposta de adequação do fluxo de produção através de sua concepção de produção em massa de automóveis, onde os trabalhadores são visualizados como potenciais compradores”.

A produção em massa favoreceu o consumo e da mesma forma o aumento da concorrência, pois facilitou a fabricação de produtos poucos diversificados, com baixos custos e baixa utilização de mão de obra. O aumento do número de fábricas nos Estados Unidos proporcionou um vasto crescimento econômico nas décadas de 50 e 60, pós-segunda guerra mundial, juntamente com o aprimoramento de diversas técnicas de produção.

Na segunda metade do século XX começou a aparecer as seguintes ferramentas de administração da produção: Controle total da qualidade (TQC), Teoria das restrições (TOC), reengenharia de processos, Sistemas integrados de gestão (MRP II, ERP, SCM, etc), Teoria dos sistemas, e o Sistema de Produção Toyota (STP). Esse último eclodiu no Japão em meados dos anos 50 e teve diversos aprimoramentos como o sistema de produção enxuta (*Lean Manufacturing*), incluindo o *Kaban*, *Just-in-time*, *Kaizen*, entre outros.

Ohno na filosofia da produção enxuta aprimorou a automação inventada por Toyoda Sakichi, fundador da *Toyota Motors Company*, em 1920 através da implantação dos teares mecânicos, que paravam automaticamente a produção caso verificassem algum defeito. E desde então teve a colaboração de Shiguo Shingo nos conceitos advindos da sua principal ideia produtiva: desperdício zero. Nesse contexto, surgiu uma ferramenta muito utilizada atualmente na produção de pequenos lotes, com curto lead time, e alta especificidade: a célula de manufatura enxuta (SHINGO, 1996).

3.2. DESENVOLVIMENTO

3.2.1. Célula de Manufatura

A implantação de célula de manufatura refere-se a uma forma de inovação tecnológica, alterando o modo de produção funcional para grupal, no qual o processo produtivo é formado por unidades que detêm desde início à finalização do produto. A célula de manufatura 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, no qual sem estoques intermediários, busca-se completar o ciclo de produção de uma peça dentro de uma área restrita de trabalho (CONTADOR, 1991).

A célula de manufatura visa além da alta produtividade e redução no tempo de produção à flexibilidade no sistema produtivo, pois cada vez mais os produtos necessitam ser diferenciados e fabricados quando há demanda do cliente (CONCEIÇÃO, 2005).

Antes de elaborar uma célula de manufatura é necessário o mapeamento do fluxo de valor (MFV) da produção a fim de saber quais as atividades que agregam valor ao produto e quais não agregam. Isso facilitará a elaboração do fluxo contínuo e possibilitará a união de diversas etapas do processo em uma só operação (OHNO, 1997). Uma das consequências de um MFV bem elaborado é a redução de custo do produto. No sistema de produção em massa a redução no custo ocorre devido ao volume de produção, já no sistema enxuto a redução ocorre na eliminação do que não agrega valor, tal como a manutenção de altos estoques.

A Tabela 1, de acordo com Conceição (2005) lista algumas vantagens da aplicação do *layout* da manufatura celular:

Tabela 1 – Vantagens da aplicação do *layout* celular

A diminuição do <i>lead time</i> (tempo total da produção de uma unidade);
A redução do tempo de espera entre duas operações do ciclo;
Promove a aproximação das etapas reduzindo a movimentação dos itens;
Promove a simplificação dos procedimentos de programação e controle;
Estimula o comprometimento do colaborador, uma vez que terá maior autonomia na operação;
A Melhoria na qualidade;
Promove a redução do refugo (peças danificadas) na produção;
A redução do inventário periódico.

As desvantagens, ou melhor, os dificultadores que esse modelo apresenta são mínimos, tais como:

- Alto investimento inicial;

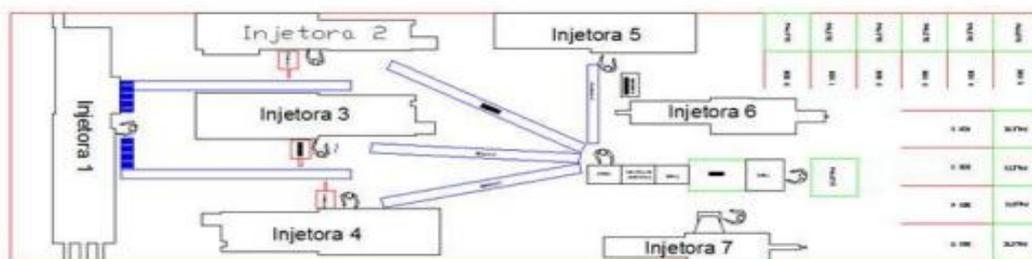
- Funcionários com maior nível de escolaridade.

Contador (1991) descreve quatro tipos de manufatura: por produto com predominância da máquina, por produto com predominância do homem, por processo e por predominância fixa do produto. Esses foram estabelecidos conforme o *layout* definido nas fábricas. O tipo mais conhecido é a célula por produto com predominância da máquina, corresponde ao modelo Toyota descrito acima. A maioria das operações é automatizada, porém não excluem a mão de obra, mas exigem qualificação adequada na utilização dos equipamentos.

Na célula de manufatura por produto com predominância do homem os postos de serviço são dispostos na sequência das etapas do processo de fabricação de um produto ou de família de produto, a fim de completar ao menos parte da fabricação de uma peça. Como, por exemplo, o acabamento de peças fundidas pela execução seqüencial de três operações: rebarbação, lixão e esmerilhão efetuadas por um ou três operadores.

Já a célula de manufatura por processo é realizada através do agrupamento de operações efetuadas por máquinas do mesmo tipo. Vale observar que a localização de cada ponto de trabalho deve permitir adequada visualização dos demais postos, assim como a visão completa do processo. O arranjo físico deve possibilitar livre comunicação entre os membros da célula e o conhecimento individual do todo. Para tanto as distâncias entre os postos de trabalho deve ser mínimas para reduzir o tempo de transporte e possibilita maior flexibilidade.

Figura 2 – Fluxo de produção.



Fonte: Gonçalves, 2010

A formação da célula por produto não limita a produção de único produto, mas obedece ao conceito da formação da célula de manufatura que é

agregar operações ou produtos com alto teor de semelhança em um arranjo físico. Ou seja, os roteiros de produção das peças precisam ser parecidos e terem a mesma sequência de fatos. Contador (1991) também cita um inconveniente desse tipo de agrupamento que é a necessidade de um operador multifuncional, capaz de executar com habilidade e eficiência. A tecnologia de grupos para Conceição (2005) deve atender a dois requisitos para alcançar seus objetivos:

- Aperfeiçoe a integração entre tempo e espaço;
- Facilite a circulação de informação entre os colaboradores.

4. CONCLUSÕES

Com a alta flexibilidade exigida pelo mercado atual, as empresas em geral têm adotado como estratégia de produção a aplicação da Tecnologia de Grupo com o propósito do uso de células de manufatura desenhadas a partir dos princípios da manufatura enxuta e da teoria das restrições.

Esse tipo de arranjo quebra o paradigma originado no século XX de que não é possível reduzir custos com lotes pequenos de produção e alta variedade de produto. A solução é aumentar a utilização de tecnologia (automação) com uma eficiente metodologia no planejamento e execução da produção. Muitas vezes o ganho no custo com grandes lotes acaba sendo perdido com a ineficiência das operações que geram perda de produtos, desperdício de mão de obra e tempo. Além do sistema de produção projetado a partir da tecnologia de grupo permitir a redução do custo da operação, aumento da qualidade e da produtividade também é de fácil implantação, exigindo apenas o planejamento prévio realizado após o estudo da demanda.

Outro enfoque moderno da célula de manufatura enxuta é a relação estabelecida entre funcionário do chão de fábrica e a alta gerência. Pois o primeiro, além de ser executor também é o gestor de sua atividade, considerando a autonomia que tem para parar a produção e a alta gerência exercer a atividade apenas de planejamento e acompanhamento das demandas, por meio do trabalho desenvolvido. Gonçalves (2010) observou que as diversas mudanças trouxeram resultados positivos para a fábrica.

O MFV é importante para visualizar as perdas existentes no processo produtivo, para sensibilizar as pessoas envolvidas na mudança e ainda para agrupar o arranjo físico das máquinas, pois permite a visão global dos processos. O *layout* celular é voltado para a eliminação de perdas e ganho de fluxo produtivo e direciona fisicamente o sistema produtivo a trabalhar de forma coerente. Gonçalves (2010) considerou ainda que a forma de desenvolvimento do *layout* celular apresentada tornou-se de simples aplicação, haja vista seus dados serem de fácil coleta e os cálculos poderem ser realizados com o auxílio de planilhas.

Revisão Bibliográfica

- ANTUNES et al. Sistemas de Produção: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta. Porto Alegre: Bookman, 2008. 325 p.
- CONCEIÇÃO S.V.: Otimização do fluxo de materiais através da manufatura celular. Revista Produção, v. 15, n. 2, p. 235-250, Maio/Ago. 2005.
- CONTADOR, J.C. Tipologia da Célula de Manufatura, Revista Produção , Segundo Simpósio de Ciências Exatas e Engenharias da Universidade Estadual Paulista, Campos do Jord, IO, dez. 1991.
- GONÇALVES, T. C.; Oliveira, R. P. (2010) – *Projeto de Célula de Manufatura*. XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. São Carlos.
- GONÇALVES FILHO E. V.; Christiano, A. C.: Implantando células de manufatura em uma empresa com fabricação sob encomenda. Gestão & Produção, v. 1, n. 1, p. 49-58, abr. 1994.
- OHNO, T. O sistema Toyota de produção: além da produção em larga em escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.
- RIBEIRO FILHO, G. Melhoramentos no algoritmo genético construtivo e novas aplicações em problemas de agrupamento. São José dos Campos: INPE, 2000. 129p. – (INPE-8432-TDI/774).
- SHINGO, Shigeo. O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de produção. Porto Alegre: Artmed, 1996. 2 ed. Tradução Eduardo Schaan. 296 p
- URNAU, E. Domingues, M. J. C. S. (1996) – *Flexibilidade na Produção: A implantação de Células de Manufatura em uma Empresa de Confecção*. Revista de Negócios Vol. 1, nº. 3.
- VAKHARIA, A.J., Selim, H.M., Askin, R.G. Cell formation in group technology: review, evaluation and directions for future research. PERGAMON, Great Britain, v.34, n. 1, p. 3-20, 1998.
- ZAGONEL E.; Cleto M. G.: Estudo para a implantação do fluxo unitário de peças numa célula de usinagem por meio de simulação. ENEGEP, 09 a 11 de outubro de 2007.