

## **Análise dos Impactos da Adoção de Célula de Manufatura como Estratégia de Implementação da Lean Production**

Luciano Moser (UFPR) [moser@cesec.ufpr.br](mailto:moser@cesec.ufpr.br)  
Aguinaldo dos Santos (UFPR) [asantos@cesec.ufpr.br](mailto:asantos@cesec.ufpr.br)

### **Resumo**

*O presente artigo reporta estudo realizado na construção civil onde analisou-se a repercussão da adoção de células de manufatura na disseminação de práticas da lean production. O estudo recebeu o 1º lugar no Prêmio de Qualidade & Produtividade da Confederação Nacional da Indústria no Estado do Paraná no ano de 2001 devido ao seu caráter inovador. Constatou-se a eficácia do uso de célula como uma maneira de implementar de forma integrada as práticas da lean production.*

### **1. Conceito de Célula de Manufatura**

O presente artigo reporta estudo realizado na construção civil onde analisou-se a repercussão da adoção de células de manufatura na disseminação de práticas da lean production. O estudo recebeu o 1º lugar no Prêmio de Qualidade & Produtividade da Confederação Nacional da Indústria no Estado do Paraná no ano de 2001 devido ao seu caráter inovador. Constatou-se a eficácia do uso de célula como uma maneira de implementar de forma integrada as práticas da lean production.

O estudo fundamentou-se na estrutura teórica proposta por Hyer e Brown (1999), os quais apresentam uma descrição das características de uma célula de manufatura ideal (ou real). Uma célula de manufatura “real”, ou “ideal”, pode ser caracterizada pela reunião de materiais e equipamentos segundo uma linha de fluxo conectando as tarefas, e as pessoas que a realizam, em termos de tempo, espaço e informação. O significado prático destas três ligações críticas na dinâmica de uma célula de manufatura é definido abaixo (Hyer e Brown 1999):

- Tempo: os tempos de transferência e espera entre tarefas sequencialmente dependentes são minimizados no ambiente da célula tendo em vista que numa situação ideal não existem estoques intermediários ou, pelo menos, estoques de segurança são mantidos em níveis mínimos;
- Espaço: todas as tarefas da célula são realizadas em proximidade física umas das outras, o que implica na proximidade de equipamentos e operadores. Operadores devem estar próximos o suficiente de forma a permitir a rápida transferência de material e componentes. Tão importante quanto ao benefício da otimização do fluxo físico devido à maior proximidade espacial dos componentes da célula é a possibilidade de visualização e comunicação direta entre os membros da equipe no ambiente da célula. Esta última característica contribui para a promoção de melhoria contínua e maior rapidez de resposta aos problemas de produção;
- Informação: pessoas e máquinas responsáveis por atividades nas células tem acesso a informações completas sobre as disposições de trabalho dentro das células. Estas informações incluem desde objetivos, estado dos pedidos, requerimentos de manutenção de equipamentos, entre outras informações relevantes para a efetiva operação da célula.

De acordo com Hyer e Brown (1999) para se efetivar as ligações entre tempo, espaço e

informação no ambiente da célula, é necessária a presença de vários “fatores críticos de implementação”. Estes incluem procedimentos específicos nas práticas de produção, políticas de gestão da qualidade, decisões de projeto, entre outros, que tornam eficientes e eficazes as ligações entre tempo, espaço e informação na célula.

## **2. Fatores Críticos para Implementação de uma Célula de Manufatura**

A seguir serão descritos os fatores críticos de implementação baseados em estrutura proposta por Hyer & Brown (1999).

### **Produção de Acordo com a Demanda (Puxada)**

Esse fator crítico de implementação defende que nenhum produto deve ser feito ou enviado até que exista demanda efetiva por ele. Em contraponto ao sistema de produção “empurrado”, onde a produção de componentes para a construção ocorre com base em previsão da demanda, na célula de manufatura utiliza-se um sistema “puxado” onde a demanda real é o gatilho para a produção e envio das quantidades requeridas para as estações de trabalho a jusante ou ao próprio consumidor final (Santos, 1999).

### **2.2 Adoção de Pequenos Lotes de Produção e Transferência**

O sistema de produção em célula ideal é aquele em que todo o material no sistema está fluindo pelos vários processos de transformação com tamanho de lote próximo da unidade (Umble 1990). A implementação do lote unitário de produção reduz o tempo de ciclo e confere o máximo de flexibilidade à produção, podendo atender a mudanças de demanda e aos pedidos de forma mais rápida. (Schonberger, 1985; Shingo, 2000, Monden 1983). Descobre-se prontamente eventuais peças defeituosas, evitando-se assim a produção de grandes lotes com peças defeituosas. O trabalhador se dá conta dos resultados com rapidez e passa a se sentir naturalmente motivado a melhorar o próprio serviço, acentuando a consciência em relação às causas dos defeitos (Schonberger, 1985).

Para Benjafaar (1995) a utilização de pequenos lotes de transferência evita as chamadas esperas de lotes, que é o que acontece quando itens individuais esperam para entrar em compasso com o lote inteiro.

### **Existência de Feedback entre Células/Fornecedores/Clientes**

Prega-se que exista integração e transparência total dos fluxos de informação, implicando no compartilhamento de informação e conhecimento entre células/fornecedores/clientes os membros da cadeia de suprimento de forma acurada e no tempo certo. Na medida do possível, informações tais como níveis de estoque, planos e programações de produção, planos de promoção, previsões de demanda e programações de envio e, também, informações sobre a demanda e reposição de produtos devem ser disponibilizadas entre todos os membros da cadeia. A informação deve tornar-se disponível com todos os demais participantes da cadeia desde o momento em que um cliente efetua um pedido em um ponto de venda (Fleury, 1999).

### **Entrega de Componentes na Exata Quantidade, Local e Tempo Requeridos**

Segundo Umble (1990), de maneira ideal, bens acabados deveriam ser entregues ao cliente final no exato tempo em que foram solicitados. Tal princípio deveria ser buscado nos fluxos ao longo da cadeia produtiva, assim como internamente nos sistemas de produção. Nesta lógica, sub-montagens deveriam ser completadas e entregues aos postos de trabalho a montante no exato tempo de serem montada em bens acabados; da mesma forma, materiais deveriam ser entregues bem a tempo de serem transformados em partes fabricadas. Dessa maneira, o sistema produtivo em célula é estruturado para eliminar qualquer atividade que não adicione valor, como por exemplo as atividades de transporte e inspeção, mas uma das principais características é a eliminação dos estoques, que são vistos como perdas pois

significam capital circulante. (Antunes Jr, 1989).

### **Envolvimento e Responsabilidade de Todos no Controle e Melhoria da Qualidade**

Esse fator de implementação busca atribuir a responsabilidade fundamental pela qualidade ao pessoal encarregado da produção na célula e retirá-la das mãos de um departamento controlador da qualidade. A meta operacional deve ser o hábito de melhorar a qualidade, enquanto o objetivo é a perfeição. O desempenho na área de qualidade é medido pela forma como o produto se enquadra dentro das especificações do projeto e todos os processos devem ser controlados por meio de exames da qualidade no decorrer da produção através dos próprios trabalhadores utilizando padrões mensuráveis de qualidade em todo o processo com indicadores de qualidade simples e facilmente visíveis (Schonberger, 1985);

### **Justaposição de Equipamentos Sequencialmente Relacionados**

Ao nível operacional, o principal passo na implementação da Célula de Manufatura é planejar a divisão total de produtos e processos em grupos e famílias de partes ou de produtos. Esses grupos e famílias são definidos a partir de requerimentos similares de processo, ou seja, as várias etapas de um processo são realizadas utilizando recursos tão similares quanto possível (Burbidge, 1996). Existindo essa similaridade de recurso se torna possível justapor os processos e operações sequencialmente relacionados de forma a seguir o fluxo dominante de produção dessa família de partes. Portanto, a família deve possuir um nível suficiente de similaridade para permitir que os processos e operações sigam uma seqüência bem definida dentro da célula (Rasaratnam e Ko 1997; Sarker e L, 1997; Hyer e Brown, 1999).

### **Pequeno Tamanho da Célula**

A proximidade física é essencial para atingir o status de “célula real”. Por isso é importante uma célula com pequenas dimensões. De acordo com Hyer & Brown (1999) os operadores devem estar próximos o suficiente uns dos outros para permitir a fácil transferência de materiais, mas talvez mais importante, para se enxergarem, conversarem, trabalharem como uma equipe e resolver rapidamente os problemas que surjam durante a produção. Estando próximos uns aos outros, há um aumento no potencial para o compartilhamento de informações entre os membros da equipe e no relacionamento positivo entre os mesmos. Os operadores estarão provavelmente mais conscientes e poderão trocar mais facilmente informações sobre fatores chaves de performance como níveis de estoque, problemas de qualidade, gargalos, carência de partes entre outros (Hyer & Brown, 1999).

### **Manuseio de Materiais de Forma Eficiente e Segura**

Para o manuseio de materiais em uma célula de manufatura, o ponto principal é simplificar o fluxo de materiais eliminando, reduzindo ou combinando movimentos ou equipamentos. Para isso deve se cuidadosamente planejar o processo, a seqüência de operações e equipamentos, as movimentações e estocagens de materiais para se obter máxima eficiência e segurança. Esse planejamento deve contemplar o projeto de equipamentos ergonômicos, portáteis e fáceis de transportar que se adaptem facilmente às necessidades de mudança da célula (Reese, 2000).

### **Tempo Despendido na Preparação dos Postos de Trabalho é Mínimo**

À medida que se reduz o tempo despendido na preparação dos postos de trabalho, os custos de setup podem ser rateados em lotes com quantidades cada vez menores de produtos. A minimização dos custos de setup possibilita a produção em pequenos lotes, diminuindo o tempo de atravessamento e possibilitando à companhia responder mais rapidamente às variações de demanda do mercado. Com a redução do setup, consegue-se também a diminuição dos lotes de transferência, pois como os lotes de produção são menores, as

matérias primas e produtos acabados ficam menos tempo estocados esperando a produção de todo o lote para então serem encaminhados para o próximo posto de trabalho (Shingo 2000). Ao se reduzir os setups os custos por unidade são reduzidos, os custos para manter os estoques são reduzidos, a capacidade de produção é aumentada, os lead times são reduzidos e a produtividade é melhorada (Kleiner, Drury, Paluse, 1998).

### **Fluxo Balanceado Entre Estações de Trabalho**

É necessário reconhecer que em uma célula de manufatura, como em qualquer sistema, existe uma restrição. Uma restrição (recurso gargalo) é definida como um recurso que apresenta performance inferior aos demais recursos, restringindo o desempenho da mesma. Dentro dessa ótica, para o balanceamento de atividades, a ênfase deve recair sobre o fluxo de materiais e não sobre a capacidade instalada dos recursos. Isto só é possível através da identificação dos gargalos do sistema, ou seja, aqueles recursos que limitam o fluxo do sistema como um todo. Sendo assim, o nível de utilização de um recurso não-gargalo não é determinado pelo seu próprio potencial e sim deve estar parametrizada em função dos recursos gargalo (Goldratt, 1993).

### **Operadores Capacitados e com Experiência no Trabalho em Equipe**

Dentro de uma célula as atividades devem ser realizadas por equipes organizadas em pequeno número de indivíduos dotados de capacidades complementares responsáveis e comprometidos mutuamente, envolvidos no alcance de objetivos de produção específicos e comuns (Natale, Libertella, Rotschild, 1995; Katzembach e Smith 1994).. Esse suporte mútuo gerado pelo trabalho em equipe, facilita uma organização de trabalho que encoraja a motivação individual e o comprometimento com a produtividade, qualidade, flexibilidade e inovação (Transfield e Smith 2002).

### **Rotação de Postos de Trabalho entre Trabalhadores (Polivalência)**

Dentro do ambiente da célula de manufatura cada operário deve receber treinamento em várias funções e estar apto a realizar várias das operações requeridas dentro do processo, atingindo um nível de polivalência. Com os operários aptos a realizar várias funções abre-se a possibilidade de se efetuar rotação no trabalho entre as várias atividades realizadas dentro da célula. Essa rotação dá aos operários o entendimento de todo o processo. Este entendimento cria um estoque de capacidade de forma que mudanças na demanda podem ser tratadas com maior efetividade pois consegue-se dessa forma um aumento na flexibilidade do sistema. A equipe também se torna menos vulnerável à flutuações no suprimento de recursos causado por doenças ou ausência de algum trabalhador (Hut & Molleman, 1998, Hyer & Brown, 1999).

### **Operadores Capacitados em Manutenção Produtiva Total**

Os operários da célula devem estar envolvidos em um programa de Manutenção Produtiva Total. Esse programa une os operários da célula e o pessoal de manutenção em equipes que estabilizam as condições do equipamento e cessam a sua deterioração. Essas equipes desenvolvem e dividem responsabilidade por tarefas diárias de manutenção o que torna possível a utilização do equipamento sempre em plenas condições. Dessa forma consegue-se melhorar a taxa de operação dos equipamentos, os custos são reduzidos e pode se reduzir os estoques utilizados para amenizar as consequências desse tipo de variabilidade além de aumentar a produtividade da mão de obra (McKone, Schroeder e Cua, 1998, Nakajima, 1988).

### **Manutenção de Ambiente Transparente, Limpo e Organizado**

O ambiente de dimensões reduzidas da célula de manufatura, onde uma equipe realiza todas as atividades de um processo possibilita aos operadores desse processo acesso visual a todas

essas atividades. Esse acesso visual permite a compreensão do estado em que se encontra o processo bem como o reconhecimento de eventuais anomalias existentes no ambiente da célula. Essas características tornam o ambiente de célula mais transparente possibilitando rápida disponibilidade informações aos operadores da célula. Ao se realizar todas as etapas do processo de uma só vez, consegue se eliminar a interdependência entre postos de trabalho.

### **3. Método de Pesquisa**

Para a implementação do conceito de célula de manufatura móvel no ambiente da construção civil, mais especificamente o processo construtivo Drywall, utilizou-se o método “estudo de caso”. Este método foi escolhido pois permite a análise de um objeto de análise em condições de “mundo real”, ou seja, a pesquisa aborda uma situação possível de ser encontrada pelos praticantes no dia-a-dia do canteiro de obras ( Robson, 1993; Yin, 1994). As atividades desenvolvidas na implementação da célula englobaram sessões de treinamento para os trabalhadores, planejamento e desenvolvimento das novas estações de trabalho e dos fluxos de produção e a implementação da célula em si. A análise do estudo de caso foi realizada utilizando a abordagem do “pattern-matching” similar à descrita por Santos, Powel e Hinks (2001) e utilizou para isso os fatores de implementação que definem uma “célula real” descrita por Hyer e Brown (1999).

Este artigo apresenta a análise dos impactos decorrentes da implementação da célula de manufatura no ambiente da construção civil. Para maiores detalhes de implementação e resultados numéricos sobre a pesquisa pode se consultar jos artigos Santos, Moser e Tookey, 2002 publicado na 10th IGLC Conference e Santos, Moser e okey, 2003 publicado no ICFAI Journal of Operations Management.

### **4. Resultados da Análise dos Estudo de Campo**

A seguir são apresentados os principais impactos verificados em decorrência da aplicação do conceito de célula de manufatura no estudo de caso.

#### **Redução ou eliminação das atividades que não adicionam valor**

Todas as atividades da célula são realizadas por equipes de trabalho polivalentes e autônomas, responsáveis portanto por todas as atividades da célula de manufatura. Dessa forma evita-se a necessidade de requisitar especialistas de fora para a realização de atividades dentro da célula diminuindo o número de atividades de inspeção, transporte e espera que não adicionam valor. Ao se realizar todas as etapas de um processo dentro da célula e só então passar para a próxima estação de trabalho erradica-se o trabalho em progresso. O manuseio eficiente de materiais busca um projeto de fluxo onde as atividades de transporte, inspeção e estocagem são reduzidas ou eliminadas.

#### **Redução da variabilidade**

A célula de manufatura reduziu a variabilidade de produção obtendo um produto mais uniforme ao final do processo. A variabilidade também diminuiu com a adoção de pequenos lotes de produção o que facilitou o planejamento da utilização de recursos que passaram a ser entregues somente na hora em que eram necessários. Equipes com capacidades complementares reduziram a carência por determinadas capacidades com a ausência de um ou outro componente da equipe.

#### **Redução do tempo de ciclo**

Koskela (1992) representa o tempo de ciclo como a soma do tempo de processamento, tempo de inspeção tempo de espera e do tempo de transporte. A célula de manufatura possibilitou a redução do tempo de ciclo através da redução dos tamanhos de lotes, mudança de leiuote para

minimização das distâncias, redução da variabilidade, isolando as principais sequências de atividades que agregam valor das atividades de suporte, suavizando e sincronizando os fluxos. Ao realizar todas as atividades de um processo e só então passa para o próximo lote conseguiu-se a eliminação do trabalho em progresso. A organização em célula possibilitou uma entrega mais rápida ao cliente, reduzindo a necessidade de previsão a respeito da demanda futura, interrupção do processo de produção devido a mudança em pedidos e o gerenciamento se tornou mais fácil pois existem menos pedidos sendo processados. Com a redução do ciclo de produção, reduziu-se também o ciclo de detecção e correção de erros.

### **Simplificação pela minimização de partes e de etapas no processo.**

Esse estudo de caso conseguiu a simplificação do processo pela redução do número de etapas em um fluxo de materiais ou informações. A célula possibilita a simplificação do processo pois conseguiu-se a eliminação de atividades que não agregam valor em um processo de produção. As mudanças organizacionais também resultaram em simplificação. A divisão de trabalho que resulta em atividades que não agregam valor foram eliminadas através da adoção de trabalho em equipes polivalentes.

### **Aumento da flexibilidade**

A observação no estudo de caso possibilitou a confirmação de seu efeito no aumento da flexibilidade de produção. A primeira vista aumento de flexibilidade parece contraditório à simplificação, mas é possível alcançá-las simultaneamente. Algumas abordagens práticas para se conseguir a flexibilidade observadas no estudo de caso incluem a diminuição dos tamanhos de lote para atender a demanda, a redução da dificuldade na preparação de postos de trabalho, customizar produtos tão tarde quanto possível e treinamento de equipes polivalentes. Com a redução dos setups, a diminuição dos tamanhos de lote e a utilização de equipes polivalentes, o ambiente de célula se torna altamente flexível se adaptando facilmente a mudanças bruscas de demanda.

### **Aumento da transparência do processo**

A falta de transparência aumenta a propensão a erros, reduz a visibilidade de erros e diminui a motivação para melhorias. Com a célula alcançou-se um processo de produção mais transparente e observável facilitando o controle e as melhorias. O fluxo principal de operações tornou-se completamente visível e compreensível para todos os operários possibilitando rápida disponibilidade de informações. Por se tratar de uma fábrica focalizada, que completa todas as atividades de um processo, a célula de manufatura elimina a interdependência entre postos de trabalho. A célula também torna o processo diretamente observável desde que as atividades do processo estão proximamente posicionadas.

### **Foco do controle no processo completo**

A autoridade para se controlar o processo foi deixado para a equipe de operários. Uma vez que dentro do ambiente de célula só era possível o início de produção de um lote quando o lote anterior tivesse concluído todas as fases do processo, o controle do processo passou a ser feito em cima de um lote completamente processado.

### **Melhoria contínua do processo**

Nesse estudo de caso foi definido um padrão para o processo e a responsabilidade por melhorias foi transferida aos operários, que controlando seu próprio processo podiam continuamente medi-las e monitorá-las.

### **Balancear melhorias de fluxo com melhorias de conversão**

A organização em célula possibilitou melhores fluxos de produção, gerando menor

variabilidade, o que diminuiu a necessidade por um aumento da capacidade de produção e portanto menos investimento em equipamentos.

## 5. Conclusões

Concluiu-se através deste estudo que a adoção da prática de célula de manufatura em setores industriais onde a engenharia de produção encontra-se ainda pouco desenvolvida, como é o caso da construção civil, apresenta-se como uma abordagem bastante eficaz para a promoção do aprendizado integrado das práticas de lean production.

## Referências

- ANTUNES JR., J.A; KLIEMANN NETO, F.J.; FENSTERSEIFER, J. E. Considerações Críticas Sobre a Evolução das Filosofias da Produção. São Paulo, Revista de Administração de Empresas, Jul/Set 1989
- BALLARD, G.; HOWELL, G. What a kind of production is construction Proceedings Sixth Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC-6, Guaruja, Brazil, August 13-15, 1998.
- BENJAFAR, S. On production batches, transfer batches and lead times. IEE Transactions 28 pp 357-362, 1995.
- BURBIDGE, J. L. Production Flow Analysis for Planning JOURNAL OF PERATIONS MANAGEMENT Special Issue on Group Technology and Cellular Manufacturing Vol IO, No. I, January 1991 IE.bp
- CUA,K.O., McKONE, K.E., SCHROEDER, R.G. Relationship between implementation of TQM, JIT, and TPM and Manufacturing Performance. Journal of Operations Management 19 pp 675-694, 2001.
- FLEURY, P.F. Supply Chain Management: conceitos, oportunidades e desafios da implementação. Disponível em <http://www.cel.coppead.ufrj.br/fr-implement.htm>. Último acesso em 12 de novembro de 2002.
- GOLDRATT, E. M. and COX, J. The Goal. Croton-on-Hudson, NY: North River Press, 1986.
- HOWELL, G. A. What is Lean Construction(Proceedings Seventh Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC-7, Berkeley, CA, July 26-28, pp. 1-10, 1999
- HUT, J; MOLLEMAN, E. Empowerment and team development. Team Performance Management Vol 4 N°2, 1998, pp53-66. MCB University Press.
- HYER, N. L. AND BROWN, K. A. "The discipline of reall cells". Journal of Operations Management, Elsevier, 17, pp. 557-574, 1999.
- KATZEMBACH, J; SMITH, D. The wisdom of teams. Harvard Business Scholl Press, Boston, MA, 1993.
- KLEINER, B. M.; DRURY, C. G.; PALEPU, P. A computer-based productivity and quality management system for cellular manufacturing. Computers ind. Engineering. Vol. 34. No 1. Pp207-217, 1998.
- KOSKELA, L. Application of the New Production Philosophy to Construction. Technical Report # 72. Center for Integrated FacilityEngineering. Department of Civil Engineering. Stanford University.75 p, 1992.
- MCKONE, K; SCHROEDER, R. G.; CUA, K. O. Total Productive Maintenance: a contextual view. Journal of Operations Management, n17, pp 123-144, 1999.
- MONDEN, Y. Toyota Production System: an integrated approach to just-in-time. 3rd Edition. Industrial Engineering and Management Press, 1998.
- McKONE, K.E., SCHROEDER, R.G., CUA,K.O. Total Productive Maintenance: a contextual viex. Journal of Operations Management 17 pp 123-144, 1999.
- NAKAJIMA, S. Introduction to TPM. Productivity Press, Portland 1988
- SCHONBERGER, R. J. Japanese manufacturing techniques. The Free Press, New York, NY, 1985.
- NATALE, S; LIBERTELLA, A.; ROTSCCHILD, B. Team Performance Management. Team performance Management na International Journal. Vol 1 n2 pp6-13.
- REESE, C. D. Material Handling System: designing for safety and health. Taylor & Francis, New York 2000.
- SHINGO, S. Sistema de Troca Rápida de Ferramentas: Uma revolução nos Sistemas Produtivos. Bookman,

2000.

SANTOS, A.; MOSER, L.; TOOKEY, J.E Applying The Concept Of Mobile Cell Manufacturing On The Drywall Process 10th Annual Conference on Lean Construction, Gramado, Brasil, 2002.

SANTOS, A. Application of flow Principles in the Production Management of Construction sites. Salford,1999

SARKER, B. R; LI, K. "Simultaneous route selection and cell formation: a mixedinteger programming time-cost model" Integrated Manufacturing Systems, MCB University Press, 8/6, pp. 374-377. 1997

TRANFIELD, D; SMITH, S.. Organisation designs for teamworking. International Journal of Operations & Production Management. Vol 22 N 5, 2002, pp471-491.

UMBLE, M. Synchronous manufacturing. South-Western Publishing Co. Cincinatti Ohio, 1990.

SANTOS, A.; MOSER, L. &. TOOKEY, J. Applying the Concept of Mobile Cell Manufacturing on the Drywall Process. ICFAI Journal of Operations Management, 2003.

SANTOS, A. DOS; POWELL, J. AND HINKS, J. "Using Pattern-Matching for the International Benchmarking of production Practices" Benchmarking An International Journal, MCB University Press, 2001.