

Mudança no layout fabril baseado nos conceitos de manufatura celular em um processo de montagem: caso em uma indústria metalúrgica de grande porte

Monik Rangel e Souza (UNIARA) monik_rangell@hotmail.com

Fernando Hagihara Borges (UNIARA) fhborges@uniara.com.br

José Camilo Barbosa (UNIARA) camilobarbosa@hotmail.com

Resumo:

A fluidez de informações e um mercado cada vez mais competitivo exige das organizações aprimoramento contínuo de suas atividades. Este artigo tem o objetivo de demonstrar a importância do layout na aplicação dos conceitos de manufatura celular como uma forma de aumentar a eficiência e produtividade. A consolidação teórica partiu dos conceitos de manufatura celular e mudança do arranjo físico. Estabelecendo assim um fluxo produtivo e a melhoria de processo em uma indústria metalúrgica de implementos agrícolas no interior de São Paulo. Para tanto, a pesquisa contou com a cronoanálise do processo, mapeamento da situação, implantação do novo arranjo físico e verificação dos resultados. A metodologia utilizada foi de um estudo de natureza aplicada, de abordagem qualitativa e quantitativa, com perfil exploratório descritivo realizado através de um estudo de caso como procedimento técnico. O resultado do estudo consequentes da adequação do novo layout foram mensurados por meio de comparativo entre o espaço físico anterior e o atual. Destacam-se entre os principais resultados: redução do espaço físico, redução do lead time do produto como também no tempo de processo e aumento da produtividade, gerando redução de custos e aumento nos lucros para a organização.

Palavras chave: Manufatura Celular, Layout, Arranjo Físico, Montagem, Produtividade.

Change in manufacturing layout based on the concepts of cellular manufacturing in an assembly process: case in a large metallurgical industry

Abstract

The fluidity of information and an increasingly competitive market requires organizations to continually improve their activities. This paper aims to demonstrate the importance of layout in the application of cellular manufacturing concepts as a way to increase efficiency and productivity. The theoretical consolidation started from the concepts of cellular manufacturing and physical arrangement change. Establishing a productive flow and process improvement in a metallurgical industry of agricultural implements in the interior of São Paulo. For this, the research counted on the chronoanalysis of the process, mapping of the situation, implantation of the new physical arrangement and verification of the results. The methodology used was a study of an applied nature, with a qualitative and quantitative approach, with a descriptive exploratory profile carried out through a case study as a technical procedure. The result of the study consequent to the adequacy of the new layout were measured by means of comparative between the previous physical space and the current one. The main results are: reduction of physical space, reduction of lead time of the product as well as in the process time and increase of productivity, generating cost reduction and increase in profits for the organization.

Keywords: Cellular Manufacturing, Layout, Physical Arrangement, Assembly, Productivity.

1. Introdução

A alta competitividade do mercado evidencia a necessidade de aperfeiçoamento contínuo da gestão. A fim de atingir eficiência, as empresas buscam oportunidades de melhorias que impacte positivamente seus objetivos estratégicos de qualidade, confiabilidade, custo, entrega e flexibilidade (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2008). Para isso, as empresas fazem uso de ferramentas e sistema de gestão associados para alcançar resultados.

A reorganização das máquinas no chão de fábrica para estabelecer um fluxo de produção elimina o desperdício de estocar peças (OHNO, 1997). É necessário identificar as perdas e promover ações para minimizá-las ou eliminá-las. Estas ações podem ser na mudança comportamental das pessoas como na estrutura fabril, chamada arranjo físico.

D'Agostini et al. (p.10, 2014) afirmam que o arranjo físico objetiva “um melhor aproveitamento dos espaços existentes, proporcionando um fluxo de comunicação entre as unidades organizacionais”. Assim sendo, a definição de um arranjo físico eficiente e produtivo é essencial.

Um arranjo físico inadequado pode prejudicar o fluxo, gerando gargalos e estoque, atraso na produção, consequentemente aumento de custos e insatisfação do cliente, reduzindo a competitividade da manufatura (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2008). O layout celular mostra-se uma opção válida para muitas empresas, levando-se em consideração suas atividades e ramo de atuação.

Nesse cenário, implementar um sistema de manufatura celular solucionar a queda de produtividade, também pode ser uma alternativa. Um projeto de manufatura celular dispõe de duas etapas iniciais fundamentais: formação das células e formação de família de peças. Ambas etapas são extremamente importantes e determinantes para o sucesso da implementação de uma manufatura celular (WANG; ROZE, 1994).

A crescente utilização de células de manufatura durante a última década foi resultado principalmente da disseminação do Sistema Toyota de Produção. Inúmeras empresas ocidentais adotaram essa estratégia para competir em critérios como flexibilidade, tempo de resposta, custo e qualidade (SAURIN; MARODIN, 2007).

Diante disso, surge o seguinte questionamento: como a manufatura celular poderia contribuir para a melhoria dos processos em um departamento de montagem de componentes em uma indústria metalúrgica de grande porte?

Assim, esse artigo busca apresentar um método de aplicação de células de manufatura, respaldado por um referencial teórico sobre células de produção e por um estudo de caso sobre a implantação de uma célula em uma empresa, pelo método proposto. O enfoque que foi dado à pesquisa foi baseado no Sistema Toyota de Produção (STP). A aplicação foi feita em uma empresa metalúrgica produtora de implementos agrícolas localizada no estado de São Paulo.

2. Referencial teórico

2.1 Arranjo físico e layout

Arranjo físico, também conhecido na literatura da língua inglesa por layout, é a organização física dos recursos que ocupam espaço nos setores operacionais e administrativos da empresa. Araujo (2010) descreve que layout é o equilíbrio entre pessoas, máquinas, equipamentos e materiais em uma organização, determinado pelos processos e viabilizado pelo planejamento

do layout. Para Slack et al (2009) arranjo físico “é decidir onde colocar todas as instalações, máquinas, equipamentos e pessoal da produção”.

Para Rawabdeh e Tahboub (2005) a eficiência do arranjo físico é fundamental nos sistemas de manufatura contemporâneos, pois o planejamento do layout é um processo crítico de longo prazo e necessita de investimentos de capital, muitas vezes apresentando gastos elevados. Assim, reorganizar o arranjo físico torna-se um importante desafio industrial, afetando direta ou indiretamente o custo do produto.

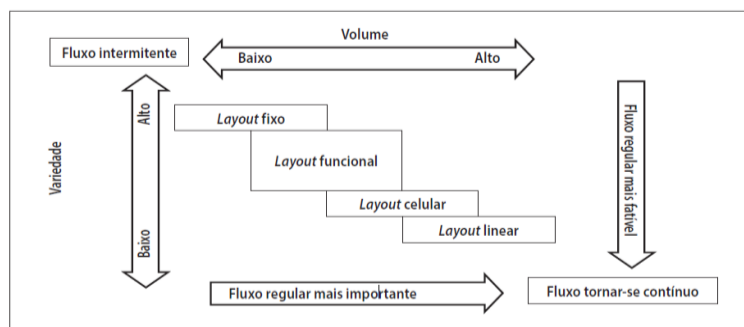


Figura 1 – Matriz Volume x Variedade
Fonte: Slack; Chambers; Johnston (2008)

O volume e a variedade de produtos estão diretamente relacionados com o tipo de layout. A Figura 1 exemplifica esta relação. De acordo com Carlo et al. (2013), existem quatro tipos de dispor o layout: a) linha de fluxo: as máquinas, equipamentos e estações de trabalho são posicionados de acordo com a sequência de montagem dos produtos. Este modelo de arranjo proporciona alta produtividade, porém, possui elevado custo fixo e pouca flexibilidade para produção ou montagem de produtos diferentes. Exemplo: linha de montagem de eletrodomésticos; b) job shop: o conceito funcional agrupa, na mesma área, todos os processos ou equipamentos do mesmo tipo e função, de modo que os materiais e produtos se desloquem aos processos no momento em que sejam necessários. Neste modelo a produtividade é reduzida, em contrapartida, apresenta menor custo de implementação e maior flexibilidade, podendo atender a demandas inesperadas e menos constantes. Exemplo: produtos em um supermercado; c) disposição celular: o layout celular procura combinar as vantagens encontradas nos arranjos funcional e linear. Baseia-se em dispor as máquinas, equipamentos, processos e mão de obra em um só local, possibilitando a fabricação completa do produto na mesma célula. O material se desloca dentro da célula buscando os processos produtivos necessários para sua fabricação. Exemplo: fabricação de componentes de computadores; d) posição fixa: é o modelo em que o produto permanece no estático durante o processo de produção, os recursos para sua transformação e as operações necessárias se deslocam ao seu redor. Exemplo: construção de um prédio.

2.2 Manufatura celular

De acordo com Contador (1995), 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.

Alguns pesquisadores como Currie e Creese (1990), Burbidge (1992), Burgess, Morgan e Vollmann, (1993) e Harvey (1994) indicam a utilização de células de manufatura para

fabricação de peças em pequenos ou médios lotes de fabricação. Uma das principais etapas no desenho e implantação de um sistema de manufatura celular é a formação das células. O problema de formação de células consiste no agrupamento em famílias de peças e o agrupamento de máquinas, de maneira que as peças com processamentos semelhantes possam ser manufaturadas nas células (BURBIDGE, 1963, 1992).

A proposta de Wermmerlov e Johnson (1997), que conceituam a MC como uma forma de organização do trabalho. Hyer e Brown (1999) partiram do sistema técnico para desenvolver uma nova abordagem, afirmando que as células de manufatura devem possuir um fluxo de trabalho onde processos e operadores estejam intimamente conectados em relação aos elementos tempo, espaço e informação.

A partir da definição proposta por Hyer e Brown (1999), destaca-se que o processo de transformação de um sistema de produção qualquer, para um sistema de manufatura celular, compreende as seguintes etapas (YAUCH; STEUDEL, 2002): 1) formação: refere-se à criação conceitual das células; 2) desenho da célula: refere-se à determinação dos parâmetros operacionais da célula; 3) implementação: refere-se ao processo de executar as sugestões recebidas durante o processo de formação de células; 4) operação: refere-se ao funcionamento diário das células.

Segundo Silveira (1994), grande parte das aplicações de MC se refere a sua implantação no lugar de arranjos físicos funcionais (AF). Nesses casos, os benefícios enfatizam a melhoria na qualidade dos produtos, aumento da utilização do operador, redução de setups, menor lead time, menor tempo de resposta, diminuição de produtos entre processos (WIP) e, conseqüentemente, redução de custos (WEMMERLOV; HYER, 1989; WEMMERLOV; JOHNSON, 1997).

A substituição de linhas de produção por células de manufatura traz uma flexibilidade maior a produção, entretanto, isto também pode significar resultados desfavoráveis, tais como: aumento do tempo total de setups; perda de sinergia entre os processos em função da divisão de uma linha de produção única em mais de uma célula de trabalho; o aumento do tempo de atravessamento (flow-time); e o aumento do WIP (SURESH, 1991; MORRIS; TERSINE, 1990). Por outro lado, os benefícios mais comuns são: o aumento de flexibilidade de mix e volume de produção; a redução do tempo marginal de setup; a redução de lotes de fabricação (HYER; WEMMERLOV, 2004).

De acordo com Hassan (1995) e Ching, Lam e Lee (1999), os dois principais indicadores utilizados para avaliar a performance de uma célula de manufatura são baseados em indicadores físicos e sociais. Os físicos medem a performance do sistema de manufatura celular, através da eficiência do layout, da redução do estoque em processo, da redução do lead time, etc. (SELIM; ASKIN; VAKHARIA, 1998; KANNAN; PALOCSAY, 1999). Por outro lado, no contexto social, a performance é obtida através da análise do processo de aprendizagem, fatores culturais e das mudanças sociais que acontecem na empresa.

Yauch e Steudel (2002), mostram como a cultura organizacional impacta a implementação de um sistema de manufatura celular ao identificarem fatores culturais que atingem o processo de conversão para manufatura celular, sendo eles: sistema organizacional ineficiente, transferência de responsabilidade, falta de respeito mútuo e confiança, complacência, fronteiras rígidas entre os grupos, foco no cliente externo, excesso de ênfase em atividades rotineiras e crise de mobilidade.

Para configurar uma célula, é importante descrever três conceitos: demanda, takt time e tempo

de ciclo. Seguem as considerações acerca desses conceitos.

2.2.1 Demanda em células de fabricação

A demanda é o fator que, realmente, move toda a empresa e que é responsável por mostrar as principais necessidades para a elaboração de melhorias contínuas nos sistemas. O Sistema Toyota de Produção pratica o Just-in-time, fundamentado nas exigências da demanda, ou seja, o objetivo é aproximar a taxa de produção diária o máximo possível da taxa pela qual o cliente está consumindo o produto (EDWARD; EDYELLI; RICHA, 1993). Assim, a fábrica recebe a informação de que a demanda dos clientes, para um certo mês, será de 100 unidades de produto acabado. Com isso, é gerado o valor da demanda como 100 unidades por mês, ou seja, começa a surgir uma unidade de medida que indica qual deverá ser a velocidade de produção da fábrica, para que esta atenda à demanda dentro daquele tempo. Essa velocidade de produção ainda pode ser expressa em base semanal, diária, ou por alguma base que seja mais interessante para cada caso (ROTHER; HARRIS, 2002).

2.2.2 Takt time

A frequência com que uma unidade é acabada em um processo produtivo, célula ou posto de trabalho, é chamada de tempo de ciclo (ROTHER; HARRIS, 2002). Para Antunes et al. (2008), takt-time é o ritmo de produção destinado para a produção de uma peça ou de um produto, que pode ser entendido como o tempo que rege o fluxo dos materiais em uma linha ou célula. O takt pode ser calculado de acordo com o tempo, equivalente ao tempo de trabalho total, dividido pela quantidade de produtos a ser fabricada, resultando no tempo de fabricação unitário, ou seja, o resultado dessa divisão é o tempo necessário para a produção de um produto acabado (SHINGO, 1996).

2.2.3 Tempo de ciclo

Conforme Antunes et al. (2008), o tempo de ciclo é dado pelo período transcorrido entre a repetição de um mesmo evento que caracteriza o início ou fim desse ciclo. Em um sistema de produção, o tempo de ciclo é determinado pelas condições operativas da célula ou da linha. Antunes et al. (2008) descrevem que, em uma célula ou linha de produção, o tempo de ciclo é definido em função de dois elementos: (i) tempos unitários de processamento em cada máquina/posto (tempo padrão); e (ii) número de trabalhadores na célula ou linha. Para uma máquina ou equipamento, o tempo de ciclo é o tempo necessário para a execução do trabalho em uma peça, é o tempo que ocorre entre o início da produção de duas peças sucessivas de um mesmo modelo em condições de abastecimento constante. Ainda em algumas operações como tratamento térmico, tratamento químico e pintura em função de suas características, requerem que o mesmo seja definido com o tempo para o processamento do lote todo. (ANTUNES et al., 2008, p. 149). O tempo de ciclo está diretamente ligado à função operação, quando visto do prisma do mecanismo da função produção, citado anteriormente. Quando o tempo de ciclo é analisado de forma isolada, ele é igual ao tempo padrão (ANTUNES et al., 2008).

3. Aspectos metodológicos

A estratégia central dessa pesquisa foi de natureza aplicada, com abordagem qualitativa e quantitativa, com objetivo exploratório e descritivo, desenvolvido por meio de um estudo de caso como procedimento técnico. Para Yin (2010), Hennink et al. (2011), Remler e Van Ryzin (2011), o estudo de caso tem diversos objetivos: fornecimento de descrições, examinar teorias ou produzir novas bases conceituais que possibilitam fundamentar novos modelos e teorias. Trata-se de um estudo detalhado de um ou mais casos, permitindo seu amplo e aprofundado conhecimento. Tendo como objetivo investigar o conhecimento em relação ao

problema não suficientemente definido, visando estimular a compreensão, sugerir hipóteses, questões ou desenvolver a teoria. Após coletados, os dados foram analisados qualitativamente.

A seleção da empresa, objeto deste estudo, deu-se por conveniência e disponibilidade de colaboradores em participar da pesquisa.

Este estudo foi realizado com embasamento literário sobre arranjos físicos e manufatura celular. Os dados foram baseados em documentos e resultados fornecidos pela empresa, sobre os quais ocorreu a análise baseada em conceitos características de arranjo físico e manufatura celular. Após a análise de dados, foi realizada uma comparação através de indicadores do antes e depois da implantação do arranjo celular neste processo.

4. Estudo de caso

Este estudo foi realizado em uma indústria metalúrgica, fabricante de implementos agrícolas. A empresa está no mercado há 90 anos e tem sua fábrica localizada no interior de São Paulo. Atualmente a empresa conta uma linha ampla e diversificada com mais de 200 produtos, em 2 mil versões voltados a todo tipo de cultura e solo.

Baseada no SBM, sistema de manufatura próprio da empresa, cujo foco é aprimorar seus processos e produtos, buscando a excelência no atendimento às necessidades de seus clientes e colaboradores através da aplicação de metodologias eficientes como: MRP, SCM, ISO, Lean Manufacturing e Six sigma.

Para isso, a organização identificou a necessidade da realização de um projeto para o reajuste de suas plantas, com o objetivo de alcançar maior produtividade e competitividade, reduzindo o Lead Time do produto, reduzir o transporte e movimentação, criando fluxo de fabricação e controle de produção simplificado, reduzir retrabalhos, melhorando a qualidade e reduzir custos e inventário.

Assim, foram realizadas cronometragem e análise do processo de montagem de eixos, acrescidas pela pesquisa documental, amparado pelos documentos e relatórios disponibilizados pela organização. A partir das informações coletadas, foram identificadas oportunidades de melhoria no processo produtivo. Após procedeu-se na realização reuniões para análise das propostas e envolvimento dos setores através de pautas específicas sobre os temas de estudo relacionadas ao dimensionamento e posicionamento da produção da organização. Além disso, questionou-se sobre o volume de produção, área física e possibilidade de novos investimentos na otimização de processos. A pesquisa utilizou-se de análise documental, que conforme Yin (2010), Hennink et al. (2011) através da identificação e análise desses documentos, serve para corroborar e valorizar as evidências. A coleta das informações foi realizada através da verificação dos processos, produtos fabricados, layout, análise da capacidade produtiva, maquinário, assim como os demais dados disponíveis da empresa. O estudo empregou a observação direta, averiguando in loco, na organização, os seus processos, estrutura, e utilizando-se da pesquisa documental, para auxiliar na identificação e análise das informações provenientes da consulta dos documentos disponibilizados, servindo como subsídios embasar os resultados da pesquisa.

4.1. Mapeamento da situação inicial

Este estudo foi realizado no ano de 2017, para identificar e eliminar os desperdícios na linha de montagem de eixos da empresa.

O planejamento de layout estudado neste trabalho foi realizado no local de montagem dos

eixos que, em seguida, serão expedidos para o cliente. Na condição inicial verificamos algumas oportunidades de melhorias como podemos ver na Figura 2.



Figura 2 – Análise de perdas

Fonte: Elaboração própria

O cenário é expresso pela falta de sequenciamento de produção eficiente; sem análise de capacidade do processo de montagem; estoque para mais de 10 dias para alguns itens e volume de produção alto (Lote para 5 dias nas gerações de ordens), gerando grande número de acertos de estoque devido ao acúmulo de peças posteriores aos dias de montagem e a falta de peças para a montagem no dia programado. Na condição inicial os dispositivos de montagem não eram ergonômicos e de difícil montagem.

Antes da utilização da metodologia Lean na empresa, o processo de montagem dos eixos era artesanal, com nenhuma ou pouca automação, e dispositivos sem mobilidade de montagem, o operador executava movimentos repetitivos e de alta exaustão devido ao volume e peso do produto. A montagem ficava localizada na planta central da fábrica, o espaço usado para essa montagem era de 209 m², em que a distribuição das peças, da mesa de montagem e do estoque dos componentes era feita de maneira aleatória no espaço disponível, tornando o ambiente bagunçado e desorganizado. A capacidade de produção diária variava em torno de 22 a 30 conjuntos, juntamente com aumento de turno e auxílio de operadores de outros setores.

Na atual disposição, devido a um layout improdutivo (Figura 3), os operadores se movimentavam para encontrar as peças e ferramentas necessárias para realização da montagem. Cada peça e ferramenta era disposta em sua respectiva caixa de armazenagem, nas quais não existia identificação. Com quatro operadores nessa função, somente seria possível carregar o que coubesse em suas mãos, fazendo com que ele precisasse se movimentar mais de uma vez, até levar todas as peças à mesa e dispositivo de montagem.

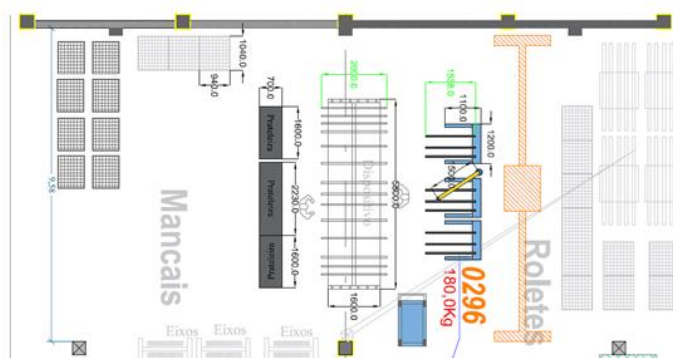


Figura 3 – Layout inicial

Fonte: Elaboração própria

Toda essa movimentação, devido à falta de um layout apropriado, desperdiçava tempo, espaço físico e produtividade.

A existência desses desperdícios despertou a necessidade de eliminá-los ou reduzi-los. Em busca de uma causa comum aos problemas, concluiu-se que o arranjo físico, a ineficiência dos dispositivos e a falta de um sequenciamento e padronização da produção favoreciam esses desperdícios.



Figura 4 – Armazenamento de peças

Fonte: Elaboração própria



Figura 5 – Mesa de Montagem

Fonte: Elaboração própria

As figuras apresentadas acima, apresentam o panorama inicial da disposição de algumas partes do processo no departamento de montagem.

4.2. Implementação do novo arranjo físico

Após análises dos dados e brainstorming com os envolvidos da área para encontrar o arranjo físico mais adequado à essa montagem, o layout celular se destacou como a melhor opção está representado na figura 6.

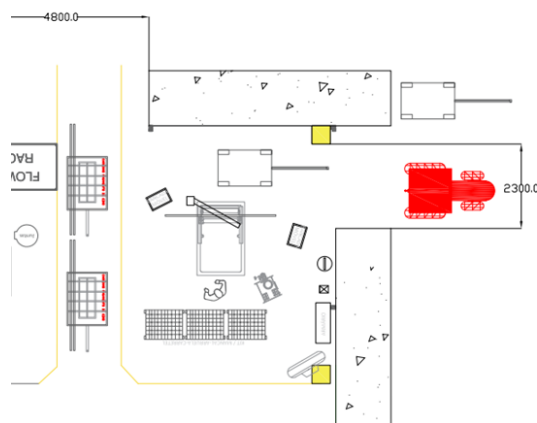


Figura 6 – Nova configuração do arranjo físico

Fonte: Elaboração própria

A implantação deu-se início com a definição da localização da célula na planta geral da fábrica como mostra a Figura 7, o local em destaque azul imprime a localização antes da implantação e a área destacada em vermelho, após a implantação. Com a finalidade de reduzir a movimentação, a célula foi realocada próxima ao local de armazenamento dos componentes do produto. Reduzindo cerca de 85% da logística e movimentação de componentes no layout fabril. Concomitante, foi realizado o desenvolvimento e produção de um dispositivo pantografico para a montagem e dispositivos de movimentação dos eixos (Figura 8).

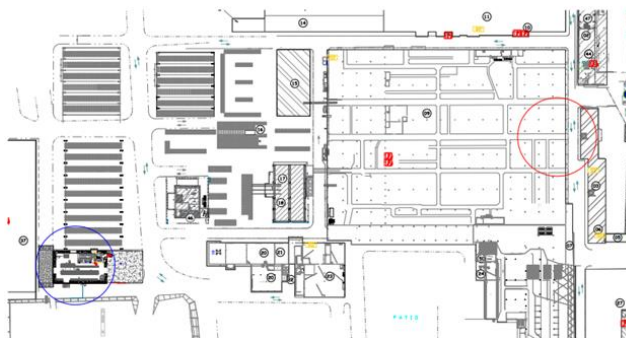


Figura 7 – Localização da Célula de Montagem

Fonte: Elaboração própria



Figura 8 – Dispositivo de Montagem

Fonte: Elaboração própria

O novo dispositivo de montagem (Figura 8) foi desenvolvido especificamente para a célula visando ganho na produtividade, além de garantir uma melhora ergonômica para o colaborador.

A montagem da célula foi executada agrupando as peças ao redor do dispositivo de montagem. Essa escolha foi feita principalmente para diminuir a locomoção desnecessária do operário, que agora tem tudo ao seu alcance. Cada família de peças também ganhou uma caixa com identificação, para facilitar o trabalho do operador. A próxima figura apresenta o panorama real do novo layout.



Figura 9 – Nova célula de montagem do componente
Fonte: Elaboração própria

5. Análise dos resultados

Alterar um arranjo físico pode ser considerado algo muito além do que apenas uma mudança física, pois envolve também o conhecimento e a mudança cultural de uma empresa. Percebe-se, além dos resultados mensuráveis, uma mudança organizacional com funcionários mais empenhados e com maior comprometimento. No quadro comparativo a seguir, é possível notar os ganhos na produtividade.

INDICADOR	ANTES	DEPOIS
Tempo de montagem	00:15:50	00:08:00
Pagamento de peças	Em lote	Em Kit
Área utilizada	209 m ²	42 m ²
Montadores	4	2
Abastecedor de linha	-	1
Quantidade produzida	27 conjuntos	44 conjuntos

Figura 10 – Comparativo antes e depois da implementação da manufatura celular
Fonte: Elaboração própria

O tempo de montagem dos eixos foi reduzido em 49%. Podemos dizer que esses minutos eliminados foram da movimentação do trabalhador, que praticamente foi eliminada. O pagamento de peças em kits diminuiu desperdícios e facilitou a montagem para o operador. A área utilizada era de 209 m² e diminuiu para 42 m² possibilitando que o espaço seja reaproveitado para as novas necessidades da empresa. A produtividade aumentou de 27 para 44 conjuntos por dia.

	Tempo de Montagem	Reduz	Área (m ²)	Reduz	Operadores	Reduz
Atual	00:15:50		209m ²		4	
Futuro	00:08:00	49%	42m ²	79%	3	25%

Figura 11 – Porcentagem dos Ganhos
Fonte: Elaboração própria

Além de ganhos em produtividade, ergonomia e redução do lead time do produto, também foi possível um ganho físico liberando uma área antes utilizada erroneamente para uma atividade que pode vir a dar mais lucratividade para a empresa. Constatou-se que a melhoria em termos de produtividade alcançada por mudanças substanciais no arranjo físico aumentam a efetividade dos retornos da empresa ao longo prazo. O projeto de manufatura celular, porém não deve ser considerado algo de fácil implementação, muito menos deve ser atribuído a um projeto isolado do grupo de melhoria da empresa, já que o impacto da implementação de uma

célula e seus resultados envolvem muitas áreas da organização como: suprimentos, produção, logística, entre outros. No entanto, os ganhos expressivos mostraram-se de grande valia para a organização estudada, a redução de custos traz melhor competitividade, abrindo novas perspectivas para futuras mudanças em outras áreas da empresa.

6. Considerações finais

Diante da elaboração deste presente trabalho pode-se notar a importância do arranjo físico adequado para um definido processo produtivo. Um arranjo físico adequado como vimos, pode reduzir lead time, por meio da eliminação de movimentações desnecessárias, facilitar o fluxo de materiais, aumentar a eficiência de recursos (pessoas e máquinas) gerando maior fluxo produtivo e redução de custos. A finalidade deste estudo foi analisar a implantação dos conceitos de manufatura celular para o rearranjo físico no departamento de montagem de eixos de uma empresa fabricante de implementos agrícolas, sob a perspectiva do aumento da produtividade, que foi alcançada.

Os resultados apresentados neste estudo evidenciaram que adequar um arranjo físico pode fornecer ganhos consideráveis de produtividade. Pôde-se destacar a redução no tempo de 49%, redução de mão de obra em 25% e o aumento de 38% na produtividade. Porém, cabe ressaltar que esse trabalho focou em um caso específico de montagem na citada empresa e suas implicações não devem ser generalizadas, mas utilizadas como pontos de referências para novos projetos.

A mudança de arranjo físico deve ser tratada como um projeto de grande alcance nas organizações, à medida que envolve diversas áreas e profissionais e impactam diretamente na rotina de trabalho de muitos colaboradores. Portanto, para estudos futuros, sugere-se o acompanhamento dos resultados obtidos e a verificação de projetos potenciais de melhoria em arranjo físico na empresa estudada.

Referências

- ANTUNES, J. et al.** *Sistemas de produção*. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- ARAUJO, L. C. G.** *Organização, sistemas e métodos e as tecnologias de gestão organizacional: arquitetura organizacional, benchmarking, empowerment, gestão pela qualidade total e reengenharia*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- BURBIDGE, J.L.** *Change to group technology: Process organization is obsolete*. International journal of production research, Loughborough, v.30, n. 5, p.1209-1219, 1992.
- BURBIDGE, J.L.** *Production flow analysis*. *Production engineer*, v. 42, n.12, p. 742-752, 1963.
- BURGESS, A.; MORGAN, I.; VOLLMAHN, T.** *Cellular manufacturing: its impact on the total factory*. International Journal of Production Research, v. 31, n. 9, p. 2059-2077, 1993.
- CARLO, F. D.; ARLEO, M. A.; BORGIA, O.; TUCCI, M.** *Layout design for a low capacity manufacturing line: a case study*. International Journal of Engineering Business Management Special Issue on Innovations in Fashion Industry, v.5, n. 35, p. 1-10, 2013.
- CHING, Y.C.; LAM, F.W.; LEE, C.P.** *Considerations for using cellular manufacturing*. *Journal of materials processing technology*, New York, v. 96, n. 1-3, p. 182-187, 1999.
- CONTADOR, J.C.** *“Células de Manufatura”*. *Produção*, 5 (1), p. 45-64, julho 1995.
- CURRIE, K.; CREESE, R.** *Justification methods for computer integrated manufacturing systems*. Amsterdam: Elsevier, 1990.
- D’AGOSTINI, M.; SARTOR, R. S.; TISOTT, P. B.; TONDOLO, V. A. G.; CAMARGO, M. E.** *Escolha do arranjo físico de produção: o caso da Metalices Indústria Metalmeccânica*. Revista ALCANCE Eletrônica ISSN: 1983-716X. v. 21; n. 02 Abr./Jun.-2014. Disponível em <http://goo.gl/OyY5AE>. Acesso em 11 de abril de 2018.

EDWARD, D.; EDYELLI, R.; RICHA, C. *Standard operations - the key to continuous improvement in a just-in-time manufacturing system.* Production and Inventory Management Journal, v. 45, n. 3, p. 285-298, 1993.

HARVEY, N. *Socio-technical organization of cell manufacturing and production islands in the metal manufacturing industry in Germany and the USA.* International Journal of Production Research, v. 32, n.11, p. 2669-2681, 1994.

HASSAM, M.M.D. *Layout design in group technology manufacturing.* International Journal of Production Economics, New York, v. 38, n. 2-3, p.173-188, 1995.

HENNINK, M.; HUTTER, I.; BAILEY, A. *Qualitative Research Methods.* Ed.Sage Publications, 2011.

HYER, N.; WEMMERLOV, U. *Cell Manufacturing: the hard part is to get people in the step with the program.* Engineering Management, march, 2004.

HYER, N.L.; BROWN, K.A. *The discipline of real cells.* Journal of operations management, v. 17, p. 557-574, 1999.

KANNAN R.V.; PALOCSAY S.W. *Cellular vs process layouts: an analytic investigation of the impact of learning on shop performance.* New York: Omega. v. 7, n. 5, p. 583-592, 1999.

MORRIS, J.S.; TERSIN, R.T. *A simulation analysis of factors influencing the attractiveness of group technology cellular layouts.* Management Science, vol 36, n. 12, pg 1567-78, 1990.

OHHO, T. *O sistema Toyota de produção. Além da produção em larga escala.* Porto Alegre: Bookman, 1997.

RAWABDEH, I.; TAHBOUB, K. *A new heuristic approach for a computer-aided facility layout.* Journal of Manufacturing Technology Management, v.17, n.7, p. 962- 986, 2005.

REMLER, D.K.; VAN RYZIN, G.G. *Research Methods in Practice: Strategies for Description and Causation.* Ed. Sage Publications, 2011.

ROTHER, M.; HARRIS, R. *Criando fluxo contínuo.* São Paulo: Lean Institute Brasil, 2002.

SAURIN, T. A; MARODIN, G. *Modelo de Avaliação de Arranjos Físicos sob a Ótica da Manufatura Celular – MMCEL.* SIMPOI Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR Campus Ponta Grossa - Paraná – Brasil ISSN 1808-0448 / v. 03, n. 03: p. 65-86, 2007.

SELIM, H.M.; ASKIN, R.G.; VAKHARIA, A. J. *Cell formation in group technology: review, evaluation and directions for future research.* Computers & Industrial Engineering, New York, v. 34, n. 1, p. 3-20, 1998.

SHINGO, S. *O Sistema Toyota de Produção: do ponto de vista da Engenharia de Produção.* Porto Alegre: Bookman, 1996.

SILVEIRA, G. J. C. *Uma Metodologia de implantação da manufatura celular.* Dissertação de Mestrado – PPGE/UFRRGS, Porto Alegre, 1994.

SLACK, N. et al. *Administração da produção.* 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R.; *Administração da produção.* 2. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

SURESH, N. C. *The performance of hybrid group technology systems.* In: Proceedings of the National Decision Science Institute, Miami, 1991.

WANG, J.; ROZE, C. *Formation of Machine Cells and Part Families in Cellular Manufacturing: A linear Integer Programming Approach.* Industrial Technology, 1994. Proceedings of the IEEE International Conference on. p. 350-354, 1994.

WEMMERLOV, U.; JOHNSON, D.J. *Cellular manufacturing at 46 user plants: implementation, experiences and performance improvements.* International journal of production research, Loughborough, v. 35, n. 1, p.29-49, 1997.

WEMMERLÖV, U; HYER, N. *Cellular manufacturing in the US industry: a survey of users.* International Journal of Production Research, v 27, n 9, 1989.

YAUCH, A.C.; STEUDEL, H. *Cellular manufacturing for small businesses: key cultural factors that impact the conversion process.* Journal of operations management. v. 20, n. 5, p. 593-617, 2002.

YIN, R. K. *Estudo de caso: planejamento e métodos.* 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.