

# MELHORANDO O LAYOUT FÍSICO ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DO CONCEITO DE CÉLULA DE PRODUÇÃO E REDUÇÃO DA MOVIMENTAÇÃO: UM ESTUDO DE CASO

Alessandro Lucas da Silva als@sc.usp.br  
Escola de Engenharia de São Carlos - USP  
Av. Trabalhador São-carlense, 400 - CEP 13566-590 - São Carlos – SP

Thiago Buosi tbuosi@sc.usp.br  
Escola de Engenharia de São Carlos - USP  
Av. Trabalhador São-carlense, 400 - CEP 13566-590 - São Carlos – SP

Valéria Cristiane Oliveira Silva valeriac@sc.usp.br  
Escola de Engenharia de São Carlos - USP  
Av. Trabalhador São-carlense, 400 - CEP 13566-590 - São Carlos – SP

## Abstract

The project and layout reorganization are important factors in the process of eliminate waste in the production sector. Waste with excessive transport are eliminated with the improve of physical layout. In this sense, the aim of this article is to show an application of the concept of cellular layout and optimization of the physical space in an manufacturing industry. The results achieved show like the proper utilization layout can reduce the movimentation and transport of products inside the factory.

**Keywords:** Layout, lean production

**Tema:** Gestão da Produção

## 1.1 Introdução

Segundo Tompkins *et al* (1996) mudanças significativas estão acontecendo no projeto de sistemas de manufatura, motivadas pelas seguintes tendências:

1. Aumento do número e variedade de produtos, resultando numa queda de quantidade (tamanho do lote) conforme a diversidade aumenta;
2. Custo dos materiais, incluindo movimentação de materiais e energia, parte principal do custo total dos produtos;
3. Necessidade de reduzir o tempo de projeto e fabricação do produto devido às mudanças constantes no mercado; um produto pode tornar-se obsoleto mesmo antes de ser produzido;
4. Aumento de solicitações para menores tolerâncias (mais exatidão e precisão produzindo melhor qualidade).

Ainda segundo a visão dos autores essas tendências requerem os seguintes tipos de respostas em termos de sistemas de manufatura:

- a) O sistema deve ser capaz de produzir produtos com qualidade superior, com custo (unitário) reduzido e, entrega no prazo em resposta às demandas dos clientes;
- b) O sistema deve ser projetado para ser flexível e compreensível (mais simples e mais focado), e também mais confiável;
- c) Melhorias contínuas de produtos significam reestruturação e melhorias contínuas nos sistemas de manufatura.

O planejamento do layout do setor produtivo é um fator importante que vai de encontro aos itens citados acima. O planejamento do arranjo físico de uma instalação

envolve decisões sobre a forma como os recursos serão dispostos e como deverão ser distribuídos os centros de trabalho. Uma preocupação básica está presente em todo processo de arranjo físico: melhorar a movimentação do trabalho através do sistema, quer essa movimentação esteja relacionada ao fluxo de pessoas ou materiais.

Segundo Canen e Williamon (1998), os recursos de produção são de vital importância para a organização porque, usualmente, eles representam o maior e mais caro patrimônio da organização. O principal motivo para o planejamento do layout do setor produtivo é o interesse em se reduzir os custos de movimentação. Na visão de Canen e Williamon (1998 apud Sims, 1990) "*a melhor movimentação de material é não movimentar*".

Segundo Moreira (2001) podem ser citados três motivos que tornam importantes as decisões sobre arranjo físico:

- Elas afetam a capacidade da instalação e a produtividade das operações. Uma mudança adequada no arranjo físico pode muitas vezes aumentar a produção que se processa dentro da instalação, usando os mesmos recursos que antes, exatamente pela racionalização no fluxo de pessoas e/ou materiais.
- Mudanças no arranjo físico podem implicar no dispêndio de consideráveis somas de dinheiro, dependendo da área afetada e das alterações físicas necessárias nas instalações, entre outros fatores;

Segundo Silva e Rentes (2002) inúmeros trabalhos são encontrados na literatura relacionados com métodos de arranjo físico do setor de manufatura. Por exemplo, a reorganização do layout tem sido estudada por pesquisadores como Jajodia et al. (1992) e Heragu (1992). Métodos visuais e computacionais têm sido desenvolvidos com o intuito de solucionar este problema de arranjo ou rearranjo físico. O problema está no fato de que além desses métodos não serem de simples aplicação estes não garantem que a resposta encontrada será a solução ótima.

Existem alguns tipos básicos de arranjo físico dos equipamentos de produção no chão de fábrica. Cada um desses será discutido a seguir.

## **2. Tipos de Layout**

### **2.1 Layout por processo ou funcional**

Segundo Martins e Laugeni (1998) nesse tipo de arranjo físico todos os processos e equipamentos do mesmo tipo são posicionados numa mesma área e também operações e montagens semelhantes são agrupadas num mesmo local. O material se desloca buscando os diferentes processos.

Segundo Moreira (2001) como características desse sistema destacam-se:

- a) A adaptação à produção de uma linha variada de produtos ou à prestação de diversos serviços;
- b) Cada produto passa pelos centros de trabalho necessários, formando uma rede de fluxos. No caso de atividades de serviços a movimentação é a do próprio cliente, como a que ocorre com os pacientes em um hospital ou clínica;
- c) As taxas de produção são relativamente baixas, se comparadas àquelas obtidas com o arranjo físico por produto. Desta forma, existe entre os dois tipos de arranjo uma troca entre flexibilidade e volume de produção;
- d) Os equipamentos são principalmente do tipo "propósito geral", ou seja, comercialmente disponíveis sem necessidade de projeto específico. Esses equipamentos são mais flexíveis, que aqueles projetados para arranjo físico por produto;

- e) Em relação ao arranjo físico por produto, os custos fixos são relativamente menores, mas os custos unitários de matéria-prima e mão-de-obra são relativamente maiores.

O arranjo físico por processo proporciona ao sistema uma flexibilidade para adaptar-se a variados produtos. Além disso, esse tipo de organização do setor produtivo requer máquinas de custos menores do que num arranjo físico por produto. Finalmente, as faltas durante a produção não são tão graves para o sistema pois as operações gozam de uma certa independência.

Quanto às desvantagens Moreira (2001) destaca:

1. Os estoques de materiais em processo tendem a ser elevados e bloquear a eficiência do sistema;
2. A programação e controle da produção tornam-se complexas ao ter que trabalhar com variados produtos e suas exigências operacionais particulares;
3. O manuseio de materiais tende a ser ineficiente;
4. A contrapartida da flexibilidade é a obtenção de volumes relativamente modestos de produção, a custos unitários maiores que no caso do arranjo físico por produto.

## 2.2 Layout em linha

Segundo Martins e Laugeni (1998) no layout em linha as máquinas são colocadas de acordo com a seqüência de operações e são executadas de acordo com a seqüência estabelecida sem caminhos alternativos. O material percorre um caminho previamente determinado dentro do processo.

Como vantagens e desvantagens desse arranjo físico Tompkins et al (1996) destaca:

Tabela 01 Vantagens e limitações do layout em linha

Vantagens	Limitações
Simplicidade, lógica e um fluxo direto como resultado	Parada de máquinas resulta numa interrupção da linha
Pouco trabalho em processo e redução do inventário em processo	Mudanças no design do produto torna o layout obsoleto
O tempo total de produção por unidade é baixo	Estações de trabalho mais lentas que limitam o trabalho da linha de produção
A movimentação de material é reduzida	Necessidade de uma supervisão geral
Não exige muita habilidade dos trabalhadores	Resulta geralmente em altos investimentos em equipamentos
Resulta num controle simples da produção	Equipamentos para fins específicos precisam ser utilizados

Fonte: TOMPKINS et. al. (1996)

## 2.3 Arranjo físico posicional

Segundo Slack et al (1999) o arranjo físico posicional é de certa forma uma contradição em termos, já que os recursos transformados não se movem entre os recursos transformadores, mas o contrário. Em vez de materiais, informações ou clientes fluírem através de uma operação, quem sofre o processamento fica estacionário,

enquanto equipamento, maquinário, instalações e pessoas movem-se de e para a cena do processamento na medida do necessário.

Este tipo de layout é utilizado, por exemplo, quando os recursos a serem transformados são muito grandes e de difícil locomoção. A indústria naval utiliza este tipo de arranjo físico. Este tipo de layout também é utilizado na construção civil, pois os recursos transformados normalmente são produzidos para permanecerem em um único local indefinidamente, exemplo, prédios, pontes, barragens, etc.

A marca principal desse tipo de arranjo é a baixa produtividade, além do que um produto raramente é rigorosamente igual a outro

#### **2.4 Layout celular e mini-fábricas de produção**

Arruda (1994 apud Greene e Sadowski, 1984) define manufatura celular como "divisão física de uma ampla manufatura convencional, dentro de uma produção celular". Eles ainda acrescentam que "cada célula é projetada para produzir eficientemente tipos comuns, ou forma de peças que tenham máquinas, processos e fixações similares".

Células ou mini-fábricas de produção é o rearranjo do layout do setor de manufatura em ilhas de produção. Para cada um desses dois tipos de organização física do setor produtivo é designado um conjunto de produtos que sofrem operações específicas. A diferença consiste no fato de que a quantidade de produtos alocados para as mini-fábricas de produção é bem maior do que no layout celular. Além disso, as células de produção têm como princípio a utilização de um ou dois operários. No ambiente de mini-fábricas mais de dois operários podem ser utilizados na produção.

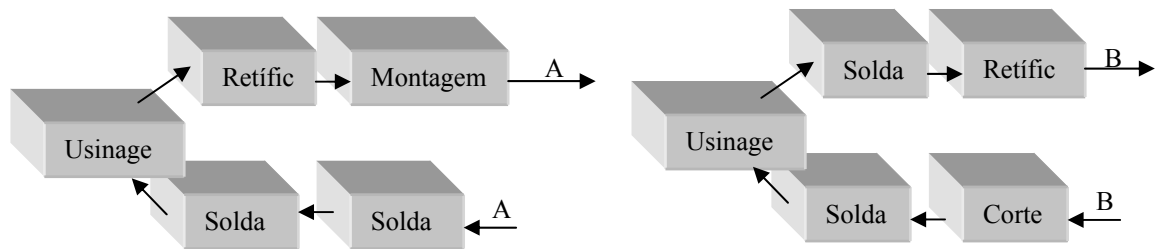
Segundo Barbosa (1999) entre algumas das vantagens do arranjo celular, as quais podemos também correlacionar com as mini-fábricas de produção, encontram-se:

- a) A facilidade para o retrabalho, quando eventualmente forem encontrados itens defeituosos no final na linha;
- b) A ausência de corredores, implicando na eliminação de veículos e pessoas que não estão sendo aproveitadas nas atividades produtivas.
- c) A facilidade de movimentação de materiais e ferramental, que está ligada ao "encurtamento" da distância entre os equipamentos e postos de trabalho.

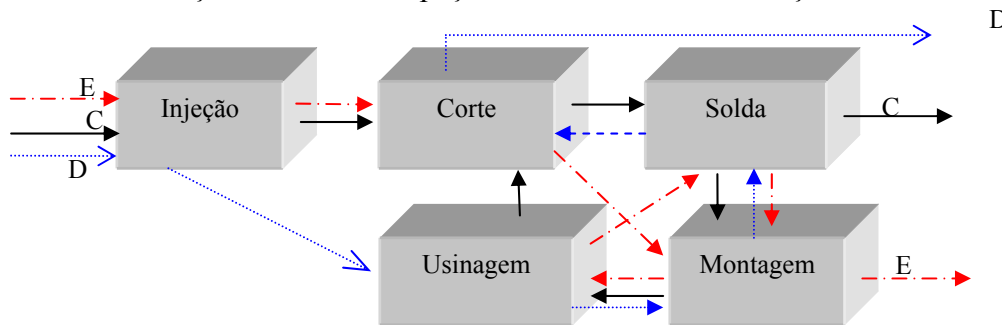
Barbosa (1999) afirma que as células de manufatura, em comparação aos layouts tradicionais, provocam o aumento de 10 a 20 % na produtividade da mão-de-obra direta. Também trazem como benefício a diminuição entre 70 e 90% dos equipamentos de movimentação e manuseio dos materiais, a redução de 95% dos estoques em processo e a diminuição de 50% na área de fabricação.

Quando num ambiente com um número muito grande e variado de peças a formação de células de produção torna-se praticamente inviável. As células de produção são indicadas para ambientes flow shop, ou seja, ambientes com um fluxo de peças bem definido. Outro fator que inviabiliza a utilização dos conceitos de célula de produção num ambiente job shop (grande variedade de peças) é a necessidade de duplicação de máquinas. Muitas vezes essa necessidade de duplicação de máquinas pode representar custos muito elevados para a organização. Quando trabalhamos com o conceito de mini-fábricas de produção, problemas como duplicação de máquinas são minimizados porque não existe uma dedicação tão exclusiva para uma linha de produtos como no ambiente celular.

A figura 01 mostra um exemplo de mini-fábrica e layout celular.



Célula de Produção da família de peças A      Célula de Produção da família de peças B



Mini-fábrica de produção da família de produtos C, D, E

*Figura 01 Exemplo de célula e mini-fábricas de produção*

**Fonte:** SILVA e RENTES (2002)

Segundo Standard e Davis (1999) algumas recomendações importantes sobre as células de produção e que também podem ser consideradas para as mini-fábricas de produção são:

- Superprodução não é permitida;
- Considerar aspectos ergonômicos no momento do projeto;
- Trabalhadores se movimentam entre as estações de trabalho;
- Usar sistemas de fixar e prender ao invés de sistemas de ajustamento;
- Fazer trabalho manual em paralelo com o trabalho das máquinas;
- Nunca passar um defeito.

A seguir será apresentado um caso prático de reorganização do setor produtivo com base nos conceitos discutidos anteriormente.

### 3. Estudo de Caso

Os conceitos de célula de produção foram aplicados numa empresa brasileira de médio porte localizada no Estado de São Paulo. A empresa está inserida no ramo de produtos agro-industriais.

O trabalho consistiu na reorganização do layout do setor produtivo. Com base nas restrições de movimentação de máquinas foi implantado um layout que reduziu em mais de 50% da distância percorrida pelas peças.

As etapas desenvolvidas nesse trabalho foram:

#### 3.1. Levantamento do layout atual.

Inicialmente foi feito um levantamento dimensional do setor produtivo da empresa. Foi gerado um mapa com o posicionamento das máquinas no estado inicial do projeto.

### 3.2. Esboço do fluxo de material no layout atual.

Com o mapa do posicionamento das máquinas em mãos foi esboçado o fluxo percorrido pelas peças durante o processo de fabricação. Esse foi comparado posteriormente com o fluxo das alternativas de layout.

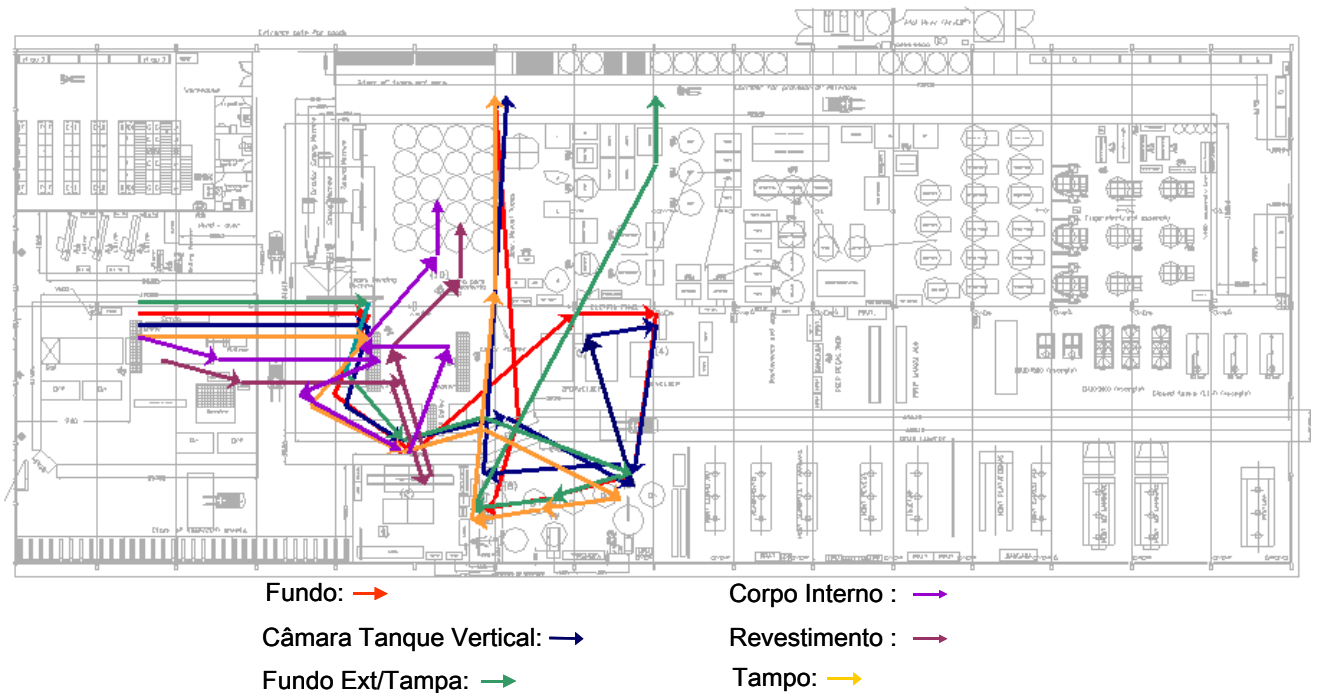


Figura 02 Layout inicial com os fluxos de movimentação

### 3.3. Levantamento das restrições no reposicionamento das máquinas.

Foram levantadas quais as restrições na movimentação das máquinas. Algumas máquinas, devido ao seu grande tamanho e elevado peso foram fixadas nas posições originais.

### 3.4. Projeto do novo layout.

Com base nas restrições de movimentação das máquinas e objetivando minimizar a movimentação de peças e materiais foram geradas diversas propostas de layout. A proposta selecionada e implantada é apresentada na figura 03.

### 3.5. Averiguação das vantagens da proposta do novo layout.

A proposta de layout apresentada na figura 03 tem como vantagens:

- Redução da movimentação em aproximadamente 50%;
- Definição de corredores para movimentação;
- Fluxo contínuo no setor de montagem;
- Não há existência de cruzamento de fluxos;
- Eliminação de problemas de poeira com o reposicionamento de algumas máquinas.
- Formação de células de produção entre algumas máquinas.

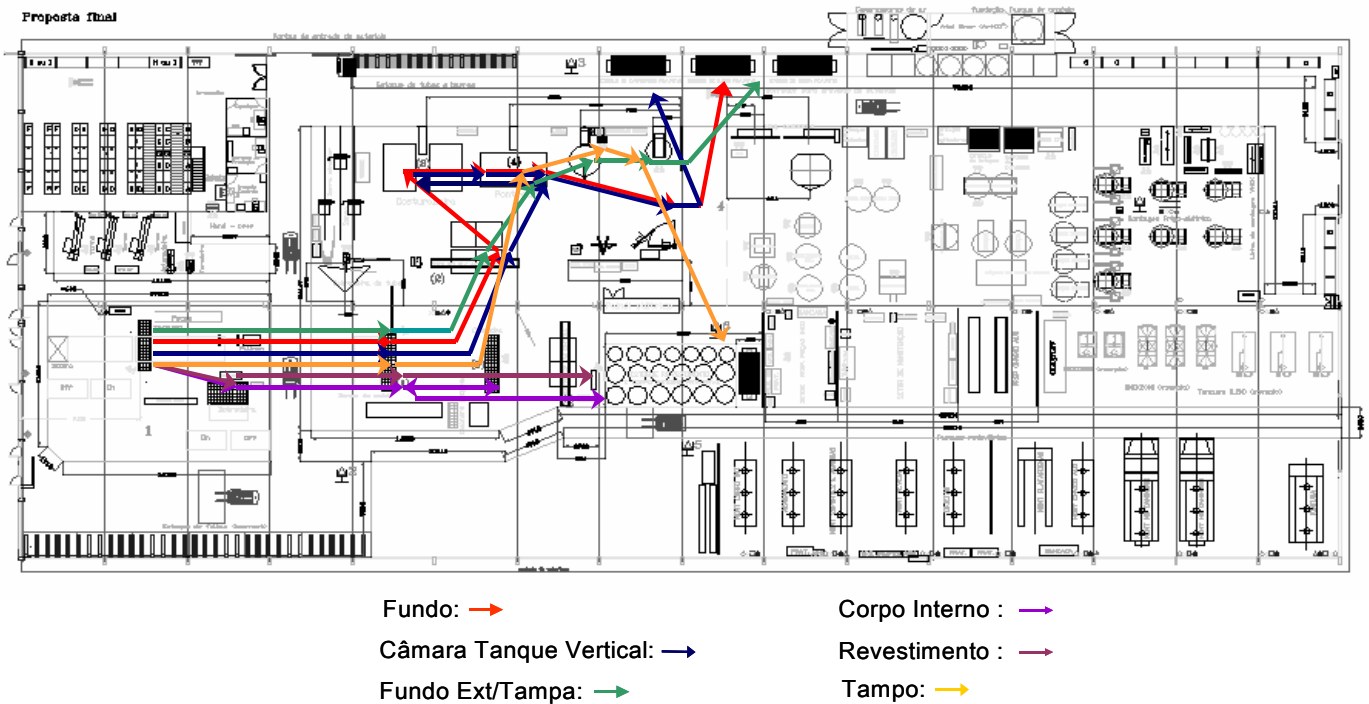


Figura 03 Layout implementado com os fluxos de movimentação

#### 4. Considerações Finais

A reorganização do setor produtivo, dessa empresa em particular, reduziu não somente a movimentação física das peças, produtos e operários, como também serviu como suporte à implantação de um sistema kanban de controle da produção.

É notória a necessidade das empresas em organizar seu processo produtivo. A simples aquisição de novos equipamentos e sua disposição no chão-de-fábrica sem levar em consideração aspectos de movimentação pode não garantir, por si só, o aumento esperado da produção.

A utilização adequada do espaço produtivo e a aplicação dos conceitos de células e mini-fábricas de produção podem por si só alavancar o índice de produção da empresa sem a necessidade de aquisição de novos equipamentos e funcionários.

#### 5. Bibliografia

TOMPKINS, J.A, WHITE, J.A, BOZER, Y.A, FRAZELLE, E.H, TANCHOCO, J.M.A e TREVINO, J. (1996). "*Facilities Planning*". John Wiley e Sons, Inc. Copyright.

CANEN, A. G. e WILLIAMSON G. H. (1998), "*Facility layout overview: towards competitive advantage*", *Facilities* Volume 16 Number 7/8, pp.198-203.

SIMS, R.JR. (1990), "*MH problems are business problems*", *Industrial Engineering*, May.

MOREIRA, D. A. (2001), "*Administração da Produção e Operações*", Thomson Learning, pag.254-273.

SILVA, A. L. e RENTES, A. F. (2002), "*Tornado o layout enxuto com base no conceito de mini-fábricas de produção: um estudo de caso*", *ENEGEP* 2002.

JAJODIA, S., MINIS, I., HARHALAKIS,G. e PROTH,J.M.(1992),"CLASS: computerized layout solutions using simulated annealing", International Journal of Production research, Vol.30 No.1.

HERAGU, S.S. (1992), "*Recent models and techniques for solving the layout problems*", European Journal of Operational Research, Vol.57, pp.136-44.

SLACK,N; CHAMBERS, S; HARLAND, C; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. (1999), "*Administração da Produção*", Ed. Atlas S.A.

ARRUDA, P. E. S. (1994), "Levantamento do estágio atual de implantação de Tecnologia de grupo e Células de Manufatura no estado de São Paulo", Dissertação de Mestrado, São Carlos.

GREENE, T. J. e SADOWSKI, R. P. (1984), "*A Review of cellular Manufacturing Assumptions, Advantages, and design Techniques*", Journal of Operations Management, Vol. 4, pg. 85-97.

BARBOSA, F. A. (1999), "*Um estudo da Implantação da Filosofia Just In Time em uma empresa de grande porte e a sua integração ao MRPII*", Dissertação de Mestrado, São Carlos.

STANDARD C.; DAVIS, D. (1999), "*Running Today's Factory*", Hanser Gardner Publication, Copyright.