



Revista Alcance

ISSN: 1413-2591

alcance@univali.br

Universidade do Vale do Itajaí  
Brasil

D'AGOSTINI, MARINA; SARTOR, ROSA MARIA; BRESOLIN TISOTT, PRISCILA;  
GONÇALVES TONDOLO, VILMAR ANTÔNIO; CAMARGO, MARIA EMILIA  
ESCOLHA DO ARRANJO FÍSICO DE PRODUÇÃO: O CASO DA METALICES  
INDÚSTRIA METALMECÂNICA

Revista Alcance, vol. 21, núm. 2, abril-junio, 2014, pp. 369-394

Universidade do Vale do Itajaí  
Biguaçu, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=477747163009>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc



Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

# ESCOLHA DO ARRANJO FÍSICO DE PRODUÇÃO: O CASO DA METALICES INDÚSTRIA METALMECÂNICA

*CHOICE OF PHYSICAL PRODUCTION ARRANGEMENT:  
CASE OF A COMPANY IN THE METAL MECHANIC SECTOR*

*ELECCIÓN DEL ARREGLO FÍSICO DE PRODUCCIÓN: EL CASO DE LA METALICES INDUSTRIA METALMECÁNICA*

**Revista ALCANCE**

**Eletrônica**

ISSN: 1983-716X

Disponível em:

[www.univali.br/periodicos](http://www.univali.br/periodicos)

v. 21; n. 02

Abr./Jun.-2014

Doi: [alcance.v21n2.p369-394](http://alcance.v21n2.p369-394)

Submetido em: 13/08/2013

Aprovado em: 09/10/2014

**MARINA D'AGOSTINI<sup>1</sup> | ROSA MARIA SARTOR<sup>2</sup> | PRISCILA BRESOLIN TISOTT<sup>3</sup>  
VILMAR ANTÔNIO GONÇALVES TONDOLO<sup>4</sup> | MARIA EMILIA CAMARGO<sup>5</sup>**

## RESUMO

Este caso aborda elementos para estudo e reflexão sobre adaptação do arranjo físico de produção ao longo de tempo em uma *joint-venture* do setor metalomecânico. Visando atender às necessidades de desenvolvimento de novos produtos e processos, o arranjo físico linear passou por diversas adaptações, gerando um dilema: como conduzir a alteração do arranjo físico linear? Os dados para elaboração deste caso foram obtidos por meio de entrevistas, observação direta e dados secundários. O objetivo deste caso é explorar o processo de mudança em arranjo físico frente às demandas operacionais e competitivas da empresa.

## ABSTRACT

This case discusses elements for study and reflection on the adaptation of the physical production arrangement of production over time, in a joint venture in the metal mechanic sector. In order to meet the needs for the development of new products and processes, the linear physical arrangement has undergone several adaptations, creating a dilemma: how to lead change in the linear physical arrangement? The data for the preparation of this case were obtained through interviews, direct observation and secondary sources. The aim is to explore the process of change in the physical arrangement in relation to the operational and competitive demands of company.

<sup>1</sup> Mestranda, Universidade de Caxias do Sul, marina.dagos@gmail.com.

<sup>2</sup> Mestranda, Universidade de Caxias do Sul, rosa13092011@gmail.com.

<sup>3</sup> Mestranda, Universidade de Caxias do Sul, priscila.tisott@gmail.com.

<sup>4</sup> Doutor, Universidade de Caxias do Sul, vagtondolo@ucs.br.

<sup>5</sup> Doutor, Universidade de Caxias do Sul, mariaemiliappga@gmail.com.

## RESUMEN

Este caso aborda elementos para estudio y reflexión sobre la adaptación del arreglo físico de producción a lo largo del tiempo en una *joint-venture* del sector metalmecánico. Intentando atender a las necesidades de desarrollo de nuevos productos y procesos, el arreglo físico lineal pasó por diversas adaptaciones, generando un dilema: ¿cómo conducir la alteración del arreglo físico lineal? Los datos para la elaboración de este caso se obtuvieron por medio de entrevistas, observación directa y datos secundarios. El objetivo de este caso es explorar el proceso de transformación en arreglo físico frente a las demandas operacionales y competitivas de la empresa.

## INTRODUÇÃO

**A** escolha do arranjo físico de uma organização é uma decisão delicada e de central importância. Esta decisão envolve o posicionamento dos recursos produtivos, pessoal, máquinas e materiais, dependendo principalmente de duas variáveis: volume e variedade. A escolha mais adequada conduz ao aumento da produtividade e da redução de custos, gerando diferenciais competitivos para a organização. Além disso, pode reduzir a movimentação, os riscos e os esforços dos colaboradores. A necessidade de escolher um arranjo físico pode ser gerada por uma nova planta de produção, por modificações na demanda e nos produtos ou também por detectarem-se oportunidades de incrementar a eficiência das instalações.

A Metalices Indústria Metalmecânica, localizada na serra gaúcha, é o foco deste caso de ensino. A empresa foi fundada em 1997, produzindo peças para o setor automotivo e em 2002 tornou-se uma *joint-venture* entre a empresa local e uma empresa norte-americana. O arranjo físico, planejado quando a planta foi construída, foi sendo alterado e adaptado ao longo do tempo de forma emergencial. Os protagonistas do caso são o Sr. João Pedro e o Sr. Carlos. O Sr. João Pedro, sempre muito conservador e inflexível em suas decisões, possui 59 anos de idade e mais de quarenta anos de empresa, tendo iniciado como operador de máquinas e crescido lentamente dentro da Metalices até chegar ao cargo de gerente de produção, que já ocupava por dez anos. Em 2009, ano que ocorre este caso de ensino, o Sr. João Pedro está prestes a se aposentar e, percebendo a dimensão tomada pelos problemas de arranjo físico, decide tornar este o último desafio de sua carreira. O Sr. Carlos, um engenheiro mecânico de 43 anos de idade, bastante dinâmico, inovador e com vasta experiência em indústrias de grande porte, é contratado para auxiliar João Pedro neste desafio e, posteriormente, substituí-lo como gerente de produção na Metalices. Com a motivação de João Pedro em deixar um bom legado na Metalices e a motivação de Carlos para iniciar bem sua carreira com esse desafio, os questionamentos sobre o arranjo físico de produção logo surgiram: Estaria ele correto? Os recursos estão sendo bem utilizados? O arranjo físico atende às condições de trabalho dos operadores? Os estoques estão reduzidos e controlados? De forma geral, o arranjo físico atual atende às necessidades operacionais e competitivas da Metalices?

Nesse contexto, este caso de ensino da Empresa Metalices aborda conceitos de gestão da produção envolvidos na definição do arranjo físico produtivo que melhor atende as necessidades da organização. Desta forma, conduz também a uma reflexão sobre pontos fortes e fracos de cada arranjo físico de produção e como os mesmos podem mesclar-se para potencializar vantagens e minimizar perdas.

## DESCRIÇÃO DO CASO

Esta seção dedica-se à narração do caso de ensino e é dividida em três subseções adicionais, que abordam: breve histórico da organização e seu arranjo inicial de produção; as adaptações do arranjo inicial para atender novas demandas, a problemática proveniente destas adaptações e o surgimento da necessidade de repensar o arranjo físico da produção; e as ponderações do novo gerente de produção.

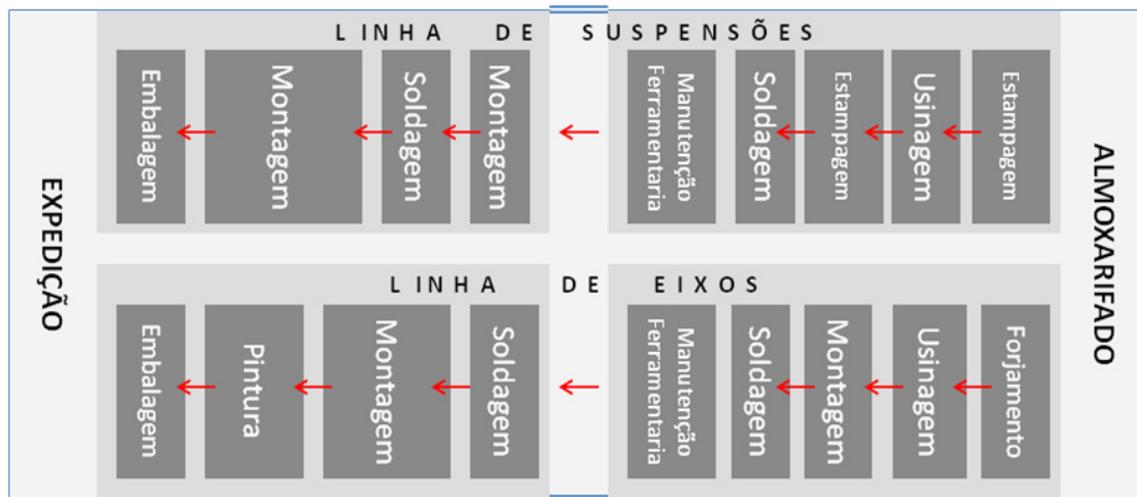
### HISTÓRICO E ARRANJO INICIAL DE PRODUÇÃO

A indústria metalmecânica é largamente desenvolvida na serra gaúcha, sendo que algumas das indústrias instaladas datam de mais de cem anos, consolidando a região como o segundo polo metalmecânico do Brasil. O êxito obtido pelas indústrias locais atraiu empresários e investidores, nacionais e internacionais, para formação de alianças – o que modernizou e profissionalizou ainda mais a gestão das indústrias da região. A Metalices Indústria Metalmecânica é um exemplo destas alianças.

A Metalices foi fundada por uma tradicional indústria local em 1997 para a produção de peças para o setor automotivo, principalmente eixos e sistemas de suspensões. Posteriormente, em 2002, foi formada uma *joint-venture* com uma empresa norte-americana buscando aprimorar conhecimentos técnicos e tecnologias de produção. Em 2003, a planta fabril da empresa foi concluída, contando com uma área construída de mais de 3.000m<sup>2</sup> e mais de 400 funcionários. Por não ter significativos concorrentes nacionais, a Metalices ganhou mercado rapidamente no Brasil, tornando-se líder de mercado nos segmentos em que atua. O principal cliente era a própria empresa que fundou a Metalices e atualmente sócia da *joint-venture*. Os volumes de produção eram elevados e não havia significativas variações e especificidades nos produtos finais.

A configuração do arranjo físico estava orientada a produtos, sendo que os processos produtivos estavam distribuídos de maneira linear. A linha de eixos contava com as operações de: forjamento, usinagem, soldagem, montagem e pintura. A linha de suspensões, por sua vez, contava com as operações de: estampagem, usinagem, solda e montagem. As duas linhas operavam de forma independente, sendo que cada uma delas tinha seus próprios mecânicos de manutenção, engenheiros de processo e ferramenteiros. A Figura 1 ilustra a disposição dos processos na fábrica inicial da Metalices. A área tecnológica das instalações foi apoiada pela sócia norte-americana e foi contratada mão de obra local e ministrados alguns treinamentos básicos.

Figura 1 - Distribuição inicial dos processos produtivos da Metalices



Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

Nesta configuração inicial da Metalices, postos de trabalho, máquinas e equipamentos ficavam posicionados na sequência lógica das operações (de transformação) em que eram executadas. Não ocorriam caminhos alternativos, o que facilitava o controle do processo e minimizava o manuseio de materiais, pois o material percorria um caminho previamente determinado dentro do processo, e existia um único produto fabricado final em grande quantidade.

Caracterizado por ter uma única entrada e uma única saída e com um fluxo rápido na fabricação de produtos padronizados, proporcionava aos operadores um trabalho monótono e estressante. Neste tipo de arranjo, o custo fixo da organização era alto, mas o custo variável por produto produzido mais baixo, caracterizando-se como um arranjo físico de elevado grau de alavancagem operacional e adotado devido ao alto volume de produção que justificava o alto investimento em máquinas.

Este tipo de arranjo físico linear propiciava uma produção em massa com grande produtividade, uma vez que as tarefas eram altamente repetitivas, um grau de complexidade mínimo, condição favorável ao balanceamento da produção e do controle de produtividade mais eficiente. Em contrapartida, devido ao alto grau de automatização, o custo de manutenção era mais elevado, tédio dos operadores e, devido às atividades muito repetitivas, um alto índice de absenteísmo e longos períodos de afastamento por problemas nas articulações e outras lesões por esforço repetitivo. Os trabalhadores não demonstravam interesse na manutenção e na conservação dos equipamentos, o que ocasionava paradas mais frequentes.

Devido à sequência de produção linear, a supervisão se tornava uma tarefa simplificada. A Metalices operava com apenas um supervisor de produção por turno, em três turnos de operação diárias. Esses três supervisores reportavam-se ao Gerente de Produção, Sr. João Pedro, um engenheiro mecânico com invejáveis 40 anos de experiência em indústria e um vasto conhecimento sobre produção, porém muito conservador e pouco flexível em sua forma de gerenciar, tendo uma sensível dificuldade em conceber ou aceitar mudanças.

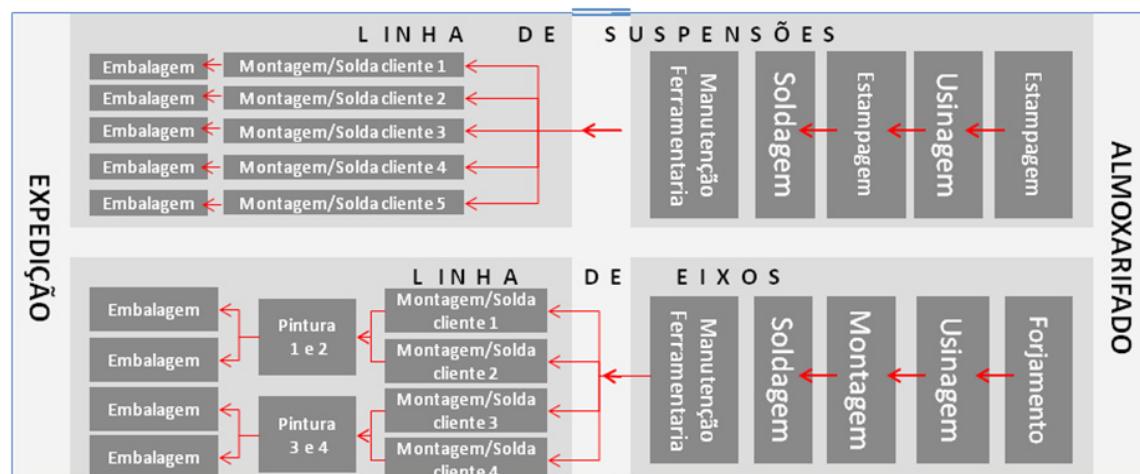
Alguns problemas de balanceamento de linha foram emergindo, tais como o equilíbrio entre atividades de rápida realização e as que levavam mais tempo, surgindo gargalos que foram solucionados com ações simples e de baixo impacto. Mas seriam estas ações simples uma solução consistente para o problema dos gargalos?

## NOVAS DEMANDAS E ADAPTAÇÕES NO ARRANJO INICIAL

Em 2004 e 2005, a Metalices conquistou as certificações de ISO 14.001 (Meio Ambiente), OHSAS 18.001 (Saúde e Segurança no Trabalho) e ISO/TS 16.949 (Qualidade Automotiva) – normas estas exigidas pelas montadoras de veículos como requisito de fornecimento. Com isso, o ano de 2006 da organização foi marcado pela conquista de alguns novos e importantes clientes, gerando desenvolvimentos de novos produtos dentro do escopo de suspensões e eixos, porém agora com as especificidades de cada cliente. A Metalices parou de fornecer um cliente praticamente exclusivo, para atender importantes montadoras do setor automotivo. Gerou-se, assim, a necessidade de flexibilização dos processos para atender a essas novas demandas.

O Sr. João Pedro estava convencido em fazer uma linha de produção para cada um dos tipos de eixos e suspensões de cada cliente, uma vez que este era o tipo de arranjo ao qual já estavam adaptados e seguros. No entanto, ao serem apresentados a ele os custos para multiplicar os recursos tecnológicos de cada linha e que não haveria demanda para ocupar toda a capacidade das mesmas, esta opção foi abortada. Reuniram-se então os departamentos de produção, engenharia e logística para trabalhar em uma melhor solução para ajustar o arranjo físico linear da produção com menor custo e de forma mais rápida. Levantaram-se as possibilidades de mudar radicalmente o arranjo físico para funcional ou então para celular. Qual seria a melhor solução? Em dúvida, o Sr. João Pedro optou por fazer um levantamento sobre as especificidades de cada cliente e incluir na linha apenas equipamentos, tecnologias e operadores necessários para atendê-las. Com estas mudanças, a disposição das operações na fábrica ocorreu como ilustrado na Figura 2.

Figura 2 - Distribuição dos processos produtivos após adaptações às novas demandas



Fonte: Dados fornecidos pela empresa.

Ao ser alterado um arranjo físico, pode-se afetar o modo de como uma empresa busca atingir suas prioridades. Esta nova forma de organização dos recursos de produção da Metalices visou atender as especificidades de cada cliente, com baixa flexibilidade de *mix* de produtos, porém com ganhos consideráveis em termos de qualidade e satisfação dos clientes. Mas será que as questões básicas que dão suporte a essa mudança foram feitas e respondidas antes da efetiva mudança? Tais como: Aumentará o moral e a satisfação no trabalho? Incrementará a produção, reduzirão as demoras, os manuseios e o tempo de manufatura? Aumentará a utilização de equipamentos, mão de obra e serviços, reduzindo distâncias e tempos improdutivos? Reduzirão os riscos para os colaboradores? e, por fim, mas não menos importante, melhorarão a comunicação e os resultados da empresa?

## PROBLEMÁTICA PROVENIENTE DAS ADAPTAÇÕES DO ARRANJO FÍSICO DE PRODUÇÃO

Com o aumento e a especificidade das linhas de produção, a complexidade da supervisão se elevou sensivelmente, necessitando aumentar o efetivo para tal função. Colocou-se, então, mais um supervisor em cada linha por turno. A mão de obra de áreas de apoio à produção, tais como manutenção, engenharia de processos e qualidade, também foi aumentada.

A programação de produção das linhas também foi impactada, sendo que muitas correções tinham que ser feitas manualmente pela equipe de programação e controle de produção, gerando incertezas e retrabalhos. As operações, que eram comuns a todos os modelos de eixos ou a todos os modelos de suspensões, tornaram-se gargalos, gerando estoques na linha de produção e equipamentos ociosos na sequência.

Para potencializar os problemas, cada nova demanda surgida era encaixada no arranjo físico, sem muito planejamento e, quando se percebia que algum recurso tinha se tornado crítico para a eficiência da produção, buscava-se duplicar este recurso e contratar mais operadores. Será que esta era a melhor forma de planejamento de produção? Não haveria uma maneira mais robusta de planejar e organizar os recursos?

Por fim, as diferentes áreas da empresa começaram a se desentender pelo excesso de problemas, aumentando a pressão sobre o Sr. João Pedro. Apesar disso, muitas das perdas de produção que estavam acontecendo foram, de certa forma, disfarçadas por resultados financeiros positivos obtidos pela Metalices, algo possível em tempos de mercado aquecido, como os anos de 2007 e 2008. Assim, a direção da empresa não se mobilizou em buscar ações robustas para estes problemas neste período.

## NECESSIDADE DE REPENSAR O ARRANJO FÍSICO DE PRODUÇÃO

Em 2009, o setor automotivo entrou em crise e a demanda de produção reduziu drasticamente. Neste período, conseguiu-se perceber melhor os elevados custos

de produção que o arranjo físico adaptado, sem muito planejamento durante os últimos anos, estava causando para a Metalices – os problemas acumulados saltaram aos olhos da direção da empresa.

O Sr. João Pedro também percebeu a proporção tomada pelos problemas e planejava aposentar-se neste ano, mas decidiu que não iria deixar a empresa sem antes solucionar essas questões. Sabia que uma mudança significativa era requerida e estava disposto a passar por cima de seu estilo conservador de gestão para isso. Propôs ao seu diretor para que logo fosse contratado o seu sucessor. Assim, o mesmo poderia auxiliar no planejamento e na implementação do novo arranjo de produção, engajando-se mais com a causa. A proposta foi aceita e começou-se a buscar um profissional com experiências diversas na área industrial, que já tivesse tido contato com os diferentes arranjos produtivos e pudesse auxiliar na escolha da melhor opção para a Metalices.

Desta forma, depois de um exigente e exaustivo processo seletivo, o Sr. Carlos, um Engenheiro Mecânico com especialização em Administração de Empresas e passagens bem-sucedidas por três grandes montadoras de veículos, foi escolhido para a função.

O Sr. João Pedro recebeu o Sr. Carlos no seu primeiro dia na empresa e fez as apresentações formais da sua equipe de trabalho. No final das apresentações, Sr. João comentou:

- Eu planejo me aposentar neste ano e, francamente, acreditava que meu último ano na empresa pudesse ser mais tranquilo em termos profissionais. A fábrica está passando por dificuldades e precisamos da sua liderança colaborativa para reduzi-las sensivelmente.

O Sr. Carlos, de maneira simpática e complacente, respondeu:

- Pois é, Sr. João, as coisas nem sempre são como gostaríamos que fossem, mas acredito que terei muito a contribuir, com a minha experiência em reorganização de processos produtivos.

Já tentando antecipar a solução temporária e, de certa forma, os desafios causados pela decisão por ele tomada, Sr. João Pedro encerra os contatos iniciais comentando:

- Nossa decisão mais urgente é resolver os gargalos, reduzindo o tempo total de produção e o tempo ocioso entre e durante as operações. A supervisão deverá estar ainda mais comprometida com o processo, conseguindo fazer mais com menos, sem impactar no atendimento das necessidades e nos prazos de entrega dos clientes.

Carlos motivou-se pelo desafio inicial na nova função, já havia tido duas experiências semelhantes de participar da reorganização dos processos produtivos em seus empregos anteriores, mas nunca como líder da ação. Sua motivação contagiou também João Pedro, uma vez que este seria o desafio final de sua carreira.

Será que esta parceria de diferentes personalidades de gestores, o conservador e o inovador, dará bons resultados no caso Metalices?

## AS PONDERAÇÕES DO NOVO GERENTE DE PRODUÇÃO ACERCA DA REORGANIZAÇÃO DO ARRANJO FÍSICO DE PRODUÇÃO

Carlos e João Pedro apresentaram um relacionamento profissional promissor, apesar de suas personalidades conflitantes: um era extremamente aberto a mudanças e outro bastante conservador. Mas ambos respeitavam a experiência profissional do outro e sabiam que nesta ação seus conhecimentos se completariam: João Pedro contribuía com as informações da Metalices e Carlos com seu aprendizado sobre os diferentes arranjos físicos.

João Pedro explicou toda evolução do arranjo produtivo da Metalices, desde a concepção de sua ideia inicial em 2003, como arranjo linear. Abordou a conquista dos novos clientes e o surgimento de produtos com as especificidades e as variações de demanda que geraram adaptações no arranjo inicial e os problemas que foram oriundos das mesmas.

Em uma das muitas reuniões de trabalho, Carlos põe à prova os conhecimentos da equipe quanto à aplicabilidade clássica de cada tipo arranjo produtivo. Obteve respostas vagas, obscuras e sem fundamentação, deixando explícitos o estilo conservador de gestão do Sr. João e a inexperiência e o desconhecimento da equipe neste quesito. A equipe solicitou urgentemente um treinamento intensivo e aplicado sobre arranjos produtivos.

Com isso, Carlos pôde expor as vantagens e as desvantagens de três arranjos produtivos que poderiam ser aplicados na Metalices: (i) arranjo linear, (ii) arranjo funcional e/ou (iii) arranjo celular. Ademais, Carlos explicou que estes três arranjos poderiam ser mesclados, conforme as características específicas e as necessidades de cada produto ou processo, gerando um arranjo físico mais eficiente. Do diálogo entre João Pedro e Carlos emergiram as seguintes questões que compõem o dilema:

→ Como a Metalices poderia minimizar os problemas sem haver a migração do arranjo físico atual de produção?

→ Como entender de forma mais ampla as mudanças que levaram a Metalices a adaptar o arranjo físico ao longo do tempo?

→ Quais seriam as vantagens e as desvantagens do arranjo físico celular em relação ao linear?

→ O arranjo físico misto seria mais eficiente no caso da Metalices?

→ Qual a sua sugestão para João Pedro e Carlos, a fim de solucionar o problema?

**NOTAS DE ENSINO****OBJETIVOS EDUCACIONAIS**

As informações apresentadas no caso de ensino destinam-se à discussão em classes de graduação de Administração de Empresas e Engenharia de Produção em disciplinas de Gestão de Projetos, Fundamento de Excelência Operacional, Estratégia de Operações, Projeto de Processo de Produção, entre outras da área de Gestão da Produção. O caso de ensino pode ser utilizado em classes de pós-graduação *lato sensu*, por preparar líderes para conduzir estas situações de mudança de arranjos físicos nas organizações, encontrando o arranjo mais adequado e gerando o mínimo de impactos possíveis. As informações apresentadas proporcionam elementos para a discussão acerca dos arranjos físicos de produção implantados nas empresas e suas adequações de acordo com o segmento, tipo de produto, demandas e especificações de clientes, permitindo identificar quais os fatores mais relevantes nas decisões de arranjo físico de uma linha de produção.

Visto que o projeto de arranjo físico configura-se como uma das etapas mais críticas do processo de planejamento de uma unidade produtiva, o caso de ensino pode ser utilizado na sugestão ou na discussão de ações que permitam ganhos de eficiência cada vez maiores, maximizando lucros e minimizando desperdício por meio da alocação adequada dos recursos.

**FONTE DE DADOS**

O caso de ensino narrado baseia-se em uma situação real, porém o nome da empresa e os personagens foram trocados por nomes fictícios. A coleta de dados foi realizada de três diferentes formas: (i) observação, (ii) entrevistas realizadas com gestores de produção e funcionários de áreas afins com longo tempo de empresa, os quais auxiliaram na elaboração do histórico das modificações e das adaptações no arranjo físico, e (iii) acesso, autorizado pela empresa, a documentações, procedimentos e manuais de gestão.

**QUESTÕES PARA DISCUSSÃO**

→ Que ações podem ser tomadas na Metalices para minimizar os atuais problemas, enquanto não há uma migração para um novo arranjo físico de produção?

→ O arranjo de produção linear é um modelo clássico utilizado nas indústrias, principalmente no início de suas operações, quando a demanda tende a ser baixa e há pouca variação de produtos. Quais as mudanças ocorridas nos ambientes interno e externo que influenciaram a Metalices a modificar o arranjo físico de sua produção ao longo do tempo?

→ Quais seriam as vantagens e as desvantagens de se optar pelo arranjo físico celular em relação ao arranjo físico linear?

→ Como um arranjo Misto/Híbrido pode ser mais eficientemente empregado na Metalices? Que vantagens de cada tipo de arranjo podem ser resultantes desta combinação?

→ Em sua opinião, qual o melhor arranjo a ser aplicado na Metalices? Justifique sua escolha.

## REVISÃO DE LITERATURA E ANÁLISE

O arranjo físico é um importante aspecto industrial, afetando direta ou indiretamente o custo do produto, a produtividade, o desempenho da fábrica, a utilização eficiente da mão de obra, o espaço utilizado e mesmo a motivação dos operadores (RAWABDEH; TAHBOUB, 2005). O arranjo físico refere-se ao posicionamento de máquinas, equipamentos e pessoas, cujo objetivo é um melhor aproveitamento dos espaços existentes, proporcionando um fluxo de comunicação entre as unidades organizacionais (CHRISTENSEN, 2007). O arranjo físico ainda define o relacionamento físico entre as diversas atividades e determina a maneira segundo a qual os recursos transformados fluem por meio da operação (GONÇALVES FILHO, 2001).

A mudança de arranjo físico é frequentemente uma atividade difícil e de longa duração por causa das dimensões físicas dos recursos de transformação movidos. Por outro lado, se o arranjo físico for inadequado, pode levar a padrões de fluxo longos ou confusos, estoque de materiais, filas de clientes ao longo da operação, inconveniências, tempos de processamento longos, operações inflexíveis, fluxos imprevisíveis e altos custos (SLACK; JOHNSTON; CHAMBERS, 2002). Ademais, a dinâmica do ambiente competitivo aumenta a incerteza sobre a capacidade de um arranjo físico responder às necessidades competitivas ao longo do tempo, requerendo avaliação e melhorias. Desenvolver um arranjo físico que atenda os requisitos competitivos é central para a manufatura ser um dos pilares estratégicos da organização (NEUMANN; FOGLIATTO, 2013) e para a melhoria dos sistemas produtivos (SILVA; RENTES, 2012).

Deficiências no arranjo físico geram perdas que reduzem a competitividade da manufatura. Perdas são atividades que geram custo, não adicionando valor ao produto (ANTUNES *et al.*, 2008). O Sistema Toyota de Produção (STP) define sete perdas que devem ser evitadas nas organizações: (i) superprodução, (ii) espera, (iii) transporte excessivo, (iv) processos inadequados, (v) estoques desnecessários, (vi) movimentação desnecessária, e (vii) produtos defeituosos (SHINGO, 1996). Além das perdas, gargalos também são consequências de deficiências em um arranjo físico. Como destacam Antunes *et al.* (2008), os gargalos representam os recursos produtivos que possuem capacidade disponível inferior à capacidade requerida para atender à demanda do mercado.

Em geral, os objetivos de um *layout* de manufatura são: fornecer suficiente capacidade de produção; reduzir o custo de manuseio de materiais; adequar-se às restrições da área instalada; garantir suficiente espaço para as máquinas

e equipamentos; permitir elevado aproveitamento de mão de obra, máquinas e espaço; fornecer a flexibilidade de produto e de volume necessária; garantir a saúde e a segurança dos funcionários; facilitar supervisão; facilitar manutenção; atingir os objetivos com o menor investimento de capital (GAITHER; FRAZIER, 2001).

Os arranjos físicos podem ser classificados em: (i) posicional (fixo), (ii) funcional (por processo), (iii) linear (por produto) e (iv) celular (SLACK; JOHNSTON; CHAMBERS, 2009). A maioria dos processos se enquadra em um destes quatro tipos, embora, muitas vezes, se encontre a hibridização, na qual um tipo de *mix* de arranjo é mais bem aplicado (TREIN, 2001). As características de cada um destes arranjos serão descritas nas subseções a seguir.

### Arranjo Físico Posicional

No arranjo posicional há o sequenciamento e a disposição das estações ao redor do material ou do produto. (TREIN, 2001). Os recursos são dedicados ao produto e ficam em volta do mesmo. O produto não se move, a matéria-prima é fornecida de um lado, os recursos produtivos são localizados próximos ao local de produção e, então, o produto é armazenado ou permanece no mesmo local. Este tipo de *layout* é geralmente utilizado quando o produto é particularmente volumoso, frágil ou difícil de locomover, minimizando ao máximo a quantidade necessária de deslocamento do produto (KRAJEWSKI; RITZMAN, 2004). Exemplos de utilização destes *layouts* são encontrados em processos de montagem de mísseis, na construção de grandes aeronaves, construção naval e pontes (GAITHER; FRAZIER, 2001). Na Figura 3, estão apresentadas as características principais do arranjo físico posicional.

Figura 3 - Características do Arranjo Físico Posicional

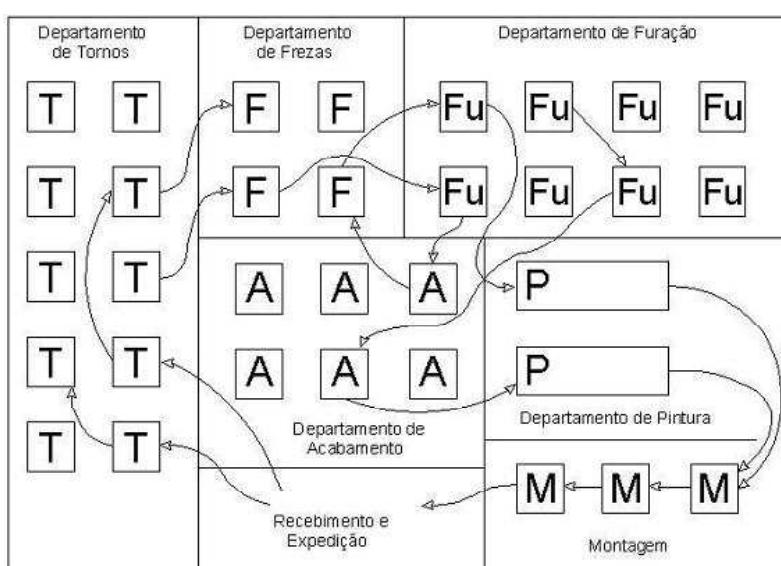
CARACTERÍSTICAS DE UM ARRANJO FÍSICO POSICIONAL	VANTAGEM / FACILIDADE	DESvantagem / Dificuldade
Não há movimentação do produto.	x	
Aumento da movimentação de pessoal e equipamentos.		x
Pode resultar em equipamentos duplicados.		x
Mão de obra e supervisão complexas.		x
Facilidade de terceirização do processo, se necessário.	x	
Maior área ocupada e grande material em processo.		x
Produção em baixa escala.		x
Pequeno grau de padronização.		x
Grande flexibilidade (em projeto, produto, volumes, etc.).	x	

Fonte: Adaptado de Tompkins *et al.* (1996).

## Arranjo Físico Funcional

O arranjo funcional ou por processo é obtido pelo agrupamento de processos similares em áreas específicas, formando departamentos de processos (TREIN, 2001), ou seja, todos os processos e equipamentos do mesmo tipo e função são colocados juntos, constituindo um arranjo típico de especialização por processo, podendo agrupar em uma mesma área operações ou montagens semelhantes. Ocorre um fluxo de produção entre áreas distintas de equipamentos, em que acontece o processamento, o resultado do trabalho flui de um setor para o outro em lotes ou em grupos de itens fabricados (LAUGENI; MARTINS, 2005), conforme ilustra a Figura 4.

Figura 4 - Arranjo Físico Funcional



Fonte: Adaptado de Laugeni e Martins (2005).

A adoção desse tipo de arranjo físico se dá quando o volume de produção não é suficiente para justificar a opção pelo arranjo físico celular ou linear (KRAJEWSKI; RITZMAN, 2004). Segundo Gaither e Frazier (2001), se a instalação de manufatura produzir uma variedade de produtos personalizados em lotes relativamente pequenos, é provável que se utilize um *layout* por processos. Em virtude da considerável diversidade de produtos, o nível de treinamento, a capacitação dos funcionários e a supervisão são elevados em relação aos demais arranjos físicos. Os produtos permanecem por um tempo longo no sistema, exigindo significativa movimentação de uma operação à outra devido aos processos estarem agrupados. Tal característica resulta em elevados estoques intermediários de produtos e maior dificuldade no planejamento e no controle da produção, ocasionando gargalos que são mais difíceis de serem identificados claramente neste tipo de arranjo. Outros aspectos característicos são apresentados na Figura 5, destacando as principais vantagens e as desvantagens desse tipo de arranjo.

Figura 5 - Características do Arranjo Físico Funcional

CARACTERÍSTICAS DE UM ARRANJO FÍSICO FUNCIONAL	VANTAGEM / FACILIDADE	DESVANTAGEM / DIFICULDADE
Manuseio elevado de material.	x	
Controle de produção complexo.	x	
Menor investimento inicial (para instalação).	x	
Grande flexibilidade.	x	
Baixa produtividade.		x
Facilidade de contornar paradas de máquinas.	x	
Necessidade de mão de obra qualificada.		x
Reduz o tédio e motiva o funcionário.	x	
Fácil supervisão.	x	
Difícil balanceamento de produção.		x
Maior necessidade de preparo e setup de máquinas.		x

Fonte: Adaptado de Tompkins *et al.* (1996).

### Arranjo Físico Linear

O arranjo físico linear ou por produto localiza os recursos produtivos conforme a melhor conveniência em função da matéria-prima que está sendo transformada. Cada produto segue um roteiro predefinido no qual a sequência de atividades requeridas coincide com a sequência na qual os processos foram arranjados fisicamente (SLACK; JOHNSTON; CHAMBERS, 2009).

Neste tipo de arranjo os materiais tipicamente fluem diretamente de uma estação para outra adjacente, proporcionando um volume de produção. É idealizado para acomodar poucos projetos de produto em quantidades relativamente grandes (KRAJEWSKI; RITZMAN, 2004). O planejamento, a programação e o controle da produção são mais simples, requerendo menor especialização e treinamento da mão de obra e menos supervisão (GAITHER; FRAZIER, 2001). A Figura 6 mostra as principais características do arranjo físico linear.

Conforme Trein (2001), o desafio central do arranjo físico linear é agrupar atividades entre as estações de trabalho e atingir os resultados com o mínimo de recursos, balanceando as operações e minimizando os gargalos de produção e, sendo assim, a composição e o número de estações de trabalho são decisões cruciais para esse arranjo. Adicionalmente, mudança de máquinas para um novo projeto, neste tipo de arranjo físico, requer longos períodos de inatividade e é dispendiosa (GAITHER; FRAZIER, 2001).

Figura 6 - Características do Arranjo Físico Linear

CARACTERÍSTICAS DE UM ARRANJO FÍSICO LINEAR	VANTAGEM / FACILIDADE	DESVANTAGEM / DIFICULDADE
Trabalho monótono e estressante aos operadores.		x
Investimento inicial elevado.		x
Custo variável baixo.	x	
Manuseio reduzido de material.	x	
Controle de produção simples.	x	
Baixa flexibilidade.		x
A baixa produtividade.	x	
Paradas de máquinas interrompem toda linha de produção.	x	
Maior facilidade no balanceamento de produção.	x	

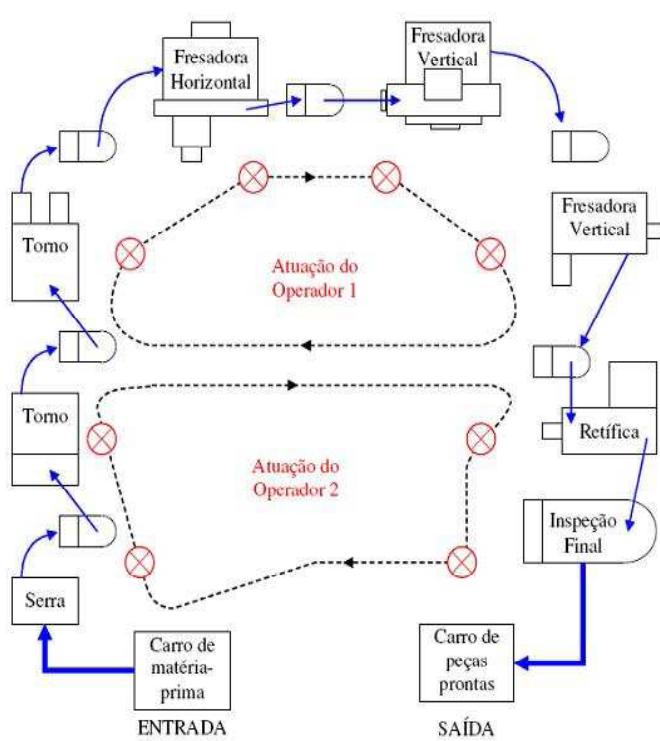
Fonte: Adaptado de Tompkins *et al.* (1996).

### Arranjo Físico Celular

No arranjo físico celular as máquinas são agrupadas em célula e dispostas na sequência requerida para fabricar uma família de peças. Uma família de peças é, por sua vez, um conjunto de produtos com formas ou necessidades de processamento similares, geralmente requerendo as mesmas máquinas para serem processados (GAITHER; FRAZIER, 2001).

O arranjo físico celular é aquele em que os produtos, ao serem dirigidos a uma determinada célula, encontram nela todos os recursos necessários para realização de um grupo de tarefas predefinidas (SLACK; JOHNSTON; CHAMBERS, 2009). A Figura 7 mostra um exemplo de arranjo físico celular.

Figura 7 - Exemplo de arranjo celular



Fonte: Adaptado de Black (1991).

A disposição das máquinas de uma célula se parece com o arranjo físico em linear, mas é projetada para ter flexibilidade. O objetivo deste tipo de arranjo é produzir diferentes famílias de produtos com operações das mesmas máquinas na mesma sequência de processamento (BLACK 1991). A formação das células é o passo central para o fluxo neste tipo de arranjo, agrupando peças em famílias e máquinas em células, permitindo ganhos de flexibilidade com um volume considerável de produção (CONCEIÇÃO, 2005). A Figura 8 sintetiza as características principais do arranjo físico celular.

Figura 08 - Características do Arranjo Físico Celular

CARACTERÍSTICAS DE UM ARRANJO FÍSICO CELULAR	VANTAGEM / FACILIDADE	DESVANTAGEM / DIFICULDADE
Melhor aproveitamento do espaço fabril.	x	
Movimentação de materiais reduzida.	x	
Trabalho em equipe / motivação dos funcionários.	x	
Baixa flexibilidade para produtos da mesma família.	x	
Baixa produtividade.	x	
Redução de tempos de preparação e setup.	x	
Redução de estoques.	x	
Baixa flexibilidade para grandes variações do produto.		x
E elaboração, implementação e controles complexos.		x

Fonte: Adaptado de Tompkins *et al.* (1996).

### Arranjo Físico Misto

Este tipo de arranjo é utilizado para aproveitar-se das vantagens principais dos diversos tipos de arranjo físico de forma concomitante. Utiliza parcialmente os conceitos de *layouts* de produto e de processo (TREIN, 2001). Assim sendo, o arranjo físico misto, também conhecido como híbrido ou combinado, é utilizado quando os gerentes precisam introduzir um sistema de produção flexível, ou seja, com células e automação flexível (KRAJEWSKI; RITZMAN, 2004).

Assim como não há um único melhor arranjo produtivo para todas as indústrias, dentro de uma mesma indústria pode não haver um único arranjo produtivo que atenda suas necessidades. Desta forma, o arranjo misto é uma solução inteligente de combinação de arranjos, a fim de potencializar os ganhos e minimizar as perdas na escolha do arranjo físico de produção.

Um bom exemplo da utilização de um arranjo físico híbrido, sob o ponto de vista de Krajewski, Ritzman e Malhotra (2008), é quando os volumes de produção não são altos o suficiente para justificar o trabalho de uma única linha de trabalhadores a um produto ou cliente em específico, mas ainda assim, os gerentes precisam utilizar-se dos benefícios do arranjo físico por produto. Desta forma, a manipulação de materiais mais simples, configurações e custos de trabalho reduzidos podem ser alcançados com a utilização do arranjo físico por produto em somente uma parte do processo, impedindo a ociosidade dos trabalhadores e a manutenção do processo produtivo.

## SUGESTÃO PARA ANÁLISE DO CASO

**Pergunta:** Que ações podem ser tomadas na Metalices para minimizar os atuais problemas, enquanto não há uma migração para um novo arranjo físico de produção?

**Sugestão de resposta:** Os referidos problemas atuais da Metalices dizem respeito às adaptações realizadas no arranjo físico inicial, de modelo linear, devido aos aumentos de volume e especificidade dos produtos fabricados. Essas adaptações foram realizadas de forma emergencial e sem muito planejamento, gerando gargalos, equipamentos ociosos, perda da flexibilidade da produção e atrasos nas entregas. Slack, Johnston e Chambers (2009) corroboram teoricamente com esta situação explicando que, se o arranjo físico não for adequado, poderá gerar problemas como estoque elevado de materiais, tempos de processamento longos, operações inflexíveis e, consequentemente, custos e perda de competitividade da manufatura.

A falta de planejamento na inserção de novos produtos e no fluxo de produção da Metalices gerou esses problemas, os quais exigem a reformulação do processo produtivo, otimizando as operações, nas quais existem gargalos, a fim de reduzir o tempo de manufatura total das peças e melhorando o tempo ocioso de algumas operações. Em relação às perdas destacadas no STP, cinco delas podem estar diretamente associadas ao arranjo físico de produção atual: superprodução, espera, transporte excessivo, estoques e movimentação desnecessária.

Uma das ações que podem ser tomadas na Metalices pelo Sr. João Pedro e pelo Sr. Carlos para reduzir essas perdas provenientes do arranjo físico inadequado é a adoção de práticas *Just in Time* (JIT) provenientes do STP. Conforme Lustosa *et al.* (2008), JIT significa produzir os produtos certos, na quantidade certa, na hora certa e na qualidade especificada, ou seja, controlar simultaneamente os fatores qualidade, custo, prazo, confiabilidade e velocidade.

A aplicação das práticas do JIT deve iniciar com um profundo diagnóstico do sistema de produção, verificando onde se encontram os gargalos e os outros problemas resultantes das adequações não planejadas do *layout*. O tempo de produção de um item será dependente dos gargalos presentes em seu processo de fabricação, sendo assim, os gargalos identificados no diagnóstico serão as âncoras do arranjo produtivo da Metalices e devem ter uma atenção especial dos setores de produção e manutenção. Os gargalos precisam ser utilizados em toda sua capacidade disponível, não tendo paradas de refeições, trocas de turno, manutenções inesperadas, entre outros. Estas práticas já evitariam problemas referentes aos atrasos, às esperas e aos estoques intermediários entre os processos, agilizando a produção. É importante que os envolvidos no Planejamento e Controle de Produção (PCP) também estejam cientes dos gargalos do processo produtivo e que esta informação seja uma entrada da programação de produção.

Outra ação que pode ser desenvolvida é a aplicação da ferramenta de Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV). O MFV é o levantamento do conjunto de

atividades necessárias (que agregam ou não valor) para transformar a matéria-prima em produto acabado e, assim, auxiliar no entendimento da situação atual do sistema de produção e na identificação de oportunidades de melhoria (PASCAL, 2008). Neste mapeamento, as atividades que não agregam valor ao cliente geram oportunidades de melhoria contínua, também conhecida como kaizen na filosofia JIT. O kaizen tem como objetivo a busca da excelência, envolvendo os funcionários na busca por eliminar desperdícios do processo, possibilitando a confecção do Fluxo de Valor da situação futura que, conforme Pascal (2008), terá uma série de benefícios, tais como: tempo de produção reduzido, estoques reduzidos, estoques intermediários reduzidos, melhoria na produtividade. Silva e Rentes (2012) destacam o papel do MFV no desenvolvimento e nas melhorias de arranjos físicos.

Apesar do caráter paliativo desta aplicação do MFV, as ações de baixo custo e de fácil implementação levantadas podem ser implementadas imediatamente. No entanto, as ações de custo ou complexidade elevadas devem ser contempladas no planejamento da alteração robusta de *layout* que estará sendo liderada pelos Srs. João Pedro e Carlos.

Estas ações que, intrinsecamente, contemplam gestão da qualidade, trazem benefícios que, mesmo que indiretamente, afetam positivamente o sistema de produção. Entre estes benefícios, podem ser citados: a redução de fabricação de peças incorretas; reduzindo a sucata gerada; a redução da necessidade de inspeção final, agilizando o fluxo do produto; a redução de custos da não qualidade, aumentando os lucros da empresa, etc.

Em relação à gestão de recursos humanos na organização, foi descrito que, quando da inserção de novos produtos, a empresa aumentava seu efetivo, necessitando de mudanças também na supervisão. O aumento no número de efetivos pela organização deve ser bem planejado, para não deixar mão de obra ociosa após a estabilização das adequações realizadas no processo. O custo por hora do operador é, geralmente, muito maior do que o custo da máquina. Do ponto de vista da redução de custo, é preferível que uma máquina esteja parada a um trabalhador estar ocioso (SHINGO, 1996).

Além desse custo, também é preciso contabilizar os custos com contratação e treinamento, tanto de operadores quanto de supervisores, e entender que os mesmos terão seu tempo de aprendizagem e adaptação às atividades. Provavelmente, não terão o rendimento efetivo esperado pela organização. Desta forma, torna-se preferencial, sempre que possível, realocar os funcionários diretos e indiretos atuais para atenderem as adequações feitas nos processos produtivos. Uma alternativa seria a mudança do sistema de supervisão, concentrando as atividades em uma supervisão geral e repassando as responsabilidades específicas para líderes inseridos em cada processo.

Por fim, as mudanças relativamente simples supracitadas conduzirão a Metalices a um melhor aproveitamento dos recursos do sistema produtivo, o que auxiliará a

empresa a reduzir seus problemas relacionados a arranjo físico, enquanto o Sr. João Pedro e o Sr. Carlos planejam o novo *layout* de produção.

**Pergunta:** O arranjo de produção linear é um modelo clássico utilizado nas indústrias, principalmente no início de suas operações, quando a demanda tende a ser baixa e há pouca variação de produtos. Quais as mudanças ocorridas nos ambientes interno e externo que influenciaram a Metalices a modificar o arranjo físico de sua produção ao longo do tempo?

**Sugestão de resposta:** A Metalices nasceu da necessidade de uma empresa fabricante de implementos rodoviários em produzir componentes para seus produtos. Poderia simplesmente ser um setor desta empresa ou uma filial da mesma, porém se vislumbrou uma substancial oportunidade no mercado local e nacional, que não apresentava concorrentes para o tipo de componentes para veículos pesados produzidos pela empresa: eixos e sistemas de suspensões.

A serra gaúcha é um importante polo do setor metalmecânico no país, por este motivo é um local bastante visado pelas empresas multinacionais na busca de ampliar seus mercados. Desta forma, uma empresa norte-americana especializada neste segmento buscou a Metalices para formar uma *joint-venture*. Outro fato marcante para a obtenção de novos negócios e clientes foi a obtenção das certificações de ISO 14.001 (Meio Ambiente), OHSAS 18.001 (Saúde e Segurança no Trabalho) e ISO/TS 16.949 (Qualidade Automotiva), possibilitando a abertura de novos mercados para a empresa.

A ISO 14.001 é contemplada nos requisitos de fornecimento das maiores empresas nacionais e estrangeiras, além de ser exigência para exportação em alguns países europeus. A norma garante que a empresa implementou e mantém um Sistema de Gestão Ambiental de acordo com os parâmetros estabelecidos por esta norma e pela gama de legislações ambientais vigentes. A OHSAS 18.001, por sua vez, certifica o Sistema de Gestão de Saúde e Segurança e, apesar de não ser um requisito direto para fornecimento, é uma garantia do respeito e do zelo que a organização tem para com os funcionários e contempla também alguns aspectos de responsabilidade social.

Para finalizar as certificações obtidas, a ISO/TS 16.949 é a norma que certifica o Sistema de Gestão de Qualidade voltada para a Indústria Automotiva. É uma norma complexa de ser estabelecida e mantida e que garante aos clientes que os produtos serão fabricados sob rigorosos padrões de qualidade. Estas normas e certificações aumentaram a confiabilidade da Metalices e expandiram suas opções de mercado.

Expandindo o mercado e conquistando novos clientes, a Metalices diversificou seu portfólio de produtos, uma vez que cada cliente possui suas especificidades e exigências. Isso gerou a necessidade de mudanças internas na estrutura de processos e na produção da empresa. Uma alteração eficaz de *layout* exige planejamento, análises, formações de equipes multidisciplinares, paradas de produção para a

execução das modificações e custos. Ademais, essa diversificação tornou o ambiente competitivo da empresa mais dinâmico, requerendo melhorias no arranjo físico para manter a manufatura como um dos pilares competitivos da empresa.

Uma vez que a Metalices estava ganhando seu espaço no mercado, não havia tempo hábil e nem recursos para isso. Por restrição de escolhas, a Metalices optou por realizar pequenas adaptações em seu arranjo físico, pensando assim atender seus clientes com presteza e agilidade.

Entre as adaptações do arranjo físico realizadas, está a alteração das montagens finais, separando-as por clientes. Isto exigiu um maior número de funcionários diretos e indiretos, duplicação de alguns recursos para as linhas de montagem, especialização da mão de obra e contratação de novos supervisores. Além disso, essas alterações no arranjo físico de produção ressaltaram a ocorrência de gargalos e aumentaram o número dos problemas de qualidade na Metalices.

Com isso, a eficiência da empresa reduziu e os custos fixos aumentaram, preocupando o gerente, Sr. João Pedro, que percebeu a necessidade urgente de uma mudança substancial de *layout* às vésperas de sua aposentadoria e contará com o apoio do Sr. Carlos, seu sucessor, já contratado pela Metalices, para juntos replanejarem e executarem as mudanças necessárias.

**Pergunta:** Quais seriam as vantagens de escolher o arranjo celular em relação ao arranjo físico linear? E quais seriam as desvantagens?

**Sugestão de resposta:**

O arranjo físico linear é aquele que tem a sequência de operações na mesma ordem na qual os equipamentos e os recursos necessários estão fisicamente dispostos. Conforme Krajewski e Ritzman (2004), neste tipo de arranjo os materiais tipicamente fluem diretamente de uma estação para outra adjacente, aumentando o volume de produção, porém, a flexibilidade da produção fica comprometida. Segundo Gaither e Frazier (2001), o arranjo linear é idealizado para acomodar poucos projetos de produto e com um alto volume de produção. Em arranjos físicos lineares é também mais complexo alterar os processos ou mesmo automatizá-los, uma vez que exigem significativos tempos de paradas na linha de produção e custos elevados. Os gargalos ocorrem neste tipo de arranjo, porém, são de fácil localização e seu gerenciamento é de baixa complexidade.

Conforme exposto na Figura 6, as vantagens de um arranjo físico linear são: baixo custo, reduzido manuseio de materiais, controle simples de produção, alta produtividade e facilidade no balanceamento da produção. As desvantagens, por sua vez, dizem respeito ao trabalho repetitivo e monótono dos operadores; ao investimento inicial elevado para instalação da linha de produção; à baixa flexibilidade; e às paradas de máquina, que prejudicam o funcionamento de toda a linha.

O arranjo físico linear foi a configuração inicial definida pela Metalices. Neste período, a variabilidade das peças e dos clientes não era expressiva e a produção

relativamente padronizada, devido ao número de clientes reduzido. Com a conquista de novos clientes e as alterações já discutidas anteriormente, a especificidade dos produtos também aumentou e o arranjo físico linear já não atendia as necessidades do processo produtivo de maneira satisfatória.

O arranjo físico celular concentra todas as máquinas e os equipamentos necessários para que se produza uma mesma família de itens, ou seja, um conjunto de produtos com características semelhantes e que exigem praticamente os mesmos equipamentos para serem fabricados (GAITHER; FRAZIER, 2001). Esse tipo de arranjo agrupa os itens semelhantes em famílias e as máquinas necessárias para processamento das famílias em células (CONCEIÇÃO, 2005). Assim, as pequenas especificidades dos produtos geradas pela diversidade dos clientes da Metalices seriam mais bem-atendidas.

O arranjo celular traz benefícios, tais como: melhor aproveitamento da área fabril, redução da movimentação de materiais, otimização do uso das máquinas, incentivo ao trabalho em equipe, redução da monotonia e repetitividade, motivação de funcionários, flexibilidade para produtos de mesma família, alta produtividade, baixos tempos de *setup* e redução de estoques. Como desvantagens o arranjo celular apresenta a complexidade de planejamento e instalação deste tipo de arranjo e a falta de flexibilidade para produtos de diferentes famílias dentro de uma mesma célula (TOMPKINS *et al.*, 1996).

Comparando-se o arranjo físico linear ao celular, este último apresenta maiores benefícios para ser implementado na situação atual da Metalices, tais como: gera um melhor aproveitamento da área fabril e recursos, atende as especificidades dos produtos de mesma família, reduz tempos de *setup*, reduz movimentação de materiais, reduz estoques, melhora a situação de trabalho dos funcionários e tem elevada produtividade. O arranjo físico celular é de mais difícil implementação do ponto de vista técnico e econômico, mas o arranjo físico linear, apesar de menos complexo, também possui custo elevado de instalação.

Outro ponto que deve ser considerado é a possibilidade de automatização das células, uma realidade cada vez mais presente na manufatura. O arranjo físico linear é de modificação difícil, complexa e de alto custo. Cada equipamento que precisa ser alterado fica parado por algumas horas ou dias, gerando paradas na linha inteira, uma vez que os processos são subsequentes e dependentes. Já no arranjo físico celular a automatização é facilitada, não gerando expressivo transtorno e atraso em toda a operação, atenuando a complexidade e o custo. Nesse sentido, o arranjo físico celular apresenta um conjunto de vantagens que permitiriam a Metalices atender ao incremento da dinâmica competitiva. Como destacam Neumann e Fogliatto (2013), essa capacidade do arranjo físico em atender os requisitos de competitividade, exemplo a flexibilidade, é central para a manufatura ser um dos pilares competitivos da Metalices.

**Pergunta:** Como um arranjo Misto/Híbrido pode ser mais eficientemente empregado na Metalices? Que vantagens de cada tipo de arranjo podem ser resultantes desta combinação?

**Sugestão de resposta:**

Um arranjo físico misto ou híbrido é aquele que faz uso de uma combinação de tipos de *layouts*. Para instalar um arranjo físico misto, é preciso conhecer profundamente as características, as vantagens e as desvantagens de cada tipo de arranjo isoladamente, visando verificar os impactos que a combinação poderá gerar (GAITHER; FRASIER, 2001). O arranjo físico híbrido exige considerável planejamento, sendo central assegurar com que as deficiências de cada tipo isolado de arranjo sejam amortecidas e que as vantagens se amplifiquem.

O cerne do arranjo misto é que os departamentos estejam organizados por processo, mas que o produto siga um fluxo orientado por produto. É semelhante à forma como a Metalices alterou seu *layout* para se adaptar às novas demandas, conforme verificado na Figura 2. Ou seja, as adaptações de *layout* da Metalices foram pensadas de maneira correta, porém, devido ao caráter de urgência das modificações, o planejamento foi acelerado, assim, não se obtiveram de forma ampla os resultados desse tipo de organização produtiva.

Os objetivos principais deste tipo de arranjo são: flexibilidade do processo e da qualidade dos produtos. Para tal, os meios necessários são: trabalhadores treinados em multitarefas, intensos investimentos em manutenções preventivas, máquinas pequenas e facilmente adaptáveis a diferentes produtos, funcionários com iniciativa para solucionar problemas de qualidade ou produção quando estes ocorrerem, pouco estoque no sistema e estações de trabalhos dispostas próximas umas das outras. Por exemplo, a baixa produtividade e a grande flexibilidade do *layout* funcional são compensadas pela alta produtividade e baixa flexibilidade do *layout* linear (GAITHER; FRASIER, 2001).

Para a mão de obra do arranjo funcional existe a necessidade de qualificação, enquanto no arranjo linear as atividades são menos complexas. Em contrapartida, as atividades do arranjo funcional são mais motivadoras e menos tediosas, enquanto as atividades do arranjo linear são monótonas e repetitivas. Uma sugestão para amenizar estes problemas é realizar rotação de trabalhadores entre as atividades de uma mesma linha, qualificando-o, reduzindo a monotonia e melhorando o desenvolvimento do trabalho em equipe. Outra sugestão é dispor as linhas em forma de U, deixando os operadores mais próximos uns dos outros e com uma visão melhor de todo o processo (GAITHER; FRAZIER, 2001).

Em relação às paradas de máquina, no arranjo físico funcional o impacto é menor, havendo mais flexibilidade de utilizar outros equipamentos para realizar as mesmas atividades. O mesmo não ocorre no arranjo físico linear, no qual uma parada de máquina impacta todas as atividades da linha de produção. Com o arranjo físico misto, sendo a disposição dos equipamentos por processos e apenas o fluxo de produção

linear (ou por produto), as paradas de linha podem ser mais facilmente contornadas. Quanto ao *setup* e ao preparo de máquinas e equipamentos em geral, a necessidade é maior no arranjo funcional, no entanto, como o fluxo de produção será por produto dentro do arranjo físico misto, estas perdas de produção são amenizadas.

Em relação aos estoques, aos gargalos e ao balanceamento da produção, constata-se que no arranjo linear estes problemas são detectados e solucionados mais facilmente, enquanto no arranjo funcional eles são mais facilmente ocultados e, portanto, mais difíceis de identificar e solucionar. Contemplando os dois arranjos em um, permite-se que a agilidade do balanceamento da produção do arranjo linear, devido ao fluxo por produto no arranjo híbrido, seja transferida ao arranjo funcional em que as máquinas estão dispostas, mitigando as ocorrências de problemas de gargalo e estoques.

Além disso, a manufatura de forma geral precisa adequar-se ao desenvolvimento tecnológico crescente, adotando práticas de automação, que são mais facilmente aplicáveis em arranjos dispostos de maneira funcional, como ocorre neste arranjo misto. A agilidade na produção é menos presente nos arranjos funcionais do que os lineares e, como neste arranjo misto os equipamentos ficam dispostos como no arranjo funcional, há a necessidade de investir em automações que incrementem a produtividade do processo, eliminando as perdas. Para tal, sugere-se a implantação de equipamentos automatizados de manuseio de materiais, sistemas automatizados de armazenamento, sistemas de veículos automatizados, dispositivos automáticos de transferência entre processos e plataformas giratórias (GAITHER; FRAZIER, 2001).

**Pergunta:** Em sua opinião, qual o melhor arranjo a ser aplicado na Metalices? Justifique sua escolha.

**Sugestão de resposta:**

A Metalices iniciou suas atividades com um arranjo de produção linear que atendia às suas necessidades de forma satisfatória. Naquele período, a Metalices possuía sua produção restrita à empresa fundadora. Sendo assim, os produtos eram padronizados, sem muita diversidade e a produtividade era elevada, utilizando grande parte da capacidade de produção da empresa. O custo inicial de instalação do arranjo linear foi elevado, mas o seu custo operacional e a necessidade de qualificação de mão de obra eram reduzidos. Este arranjo de produção só deixou de ser eficaz quando a Metalices tornou-se uma *joint-venture*, obtendo as certificações nos sistemas de gestão da qualidade, ambiental e de saúde e segurança e, com isso, conquistando novos mercados e clientes. Com o aumento no número de clientes emergiram a diversificação dos produtos e a necessidade de aumentar as capacidades de produção e adequá-las às novas demandas. Com isso, evidencia-se que o arranjo físico linear, utilizado de forma isolada, não é a solução adequada para as necessidades atuais da Metalices.

O arranjo posicional não se enquadra ao tipo de atividades e de produtos fabricados pela Metalices, uma vez que se aplica a itens de difícil movimentação pela sua dimensão

ou fragilidade, exigindo que o processo seja todo planejado ao redor do produto que fica estático, enquanto se realizam as atividades de produção no mesmo.

O arranjo funcional apresenta a flexibilidade necessária, a facilidade de contornar paradas de máquinas, fornece mais qualidade de trabalho aos operadores e é de fácil supervisão, porém, aplicado de forma isolada, tem baixa produtividade, exigência de mão de obra qualificada, difícil balanceamento de produção, elevado manuseio de material entre os processos e controle de produção mais complexo. Na Metalices, com os atuais problemas de atraso de produção e de qualidade, o arranjo funcional por si só não seria uma opção adequada, pois, apesar de apresentar algumas vantagens, a produtividade reduziria e a complexidade de controlar a produção poderia aumentar os problemas de qualidade.

O arranjo físico celular é, por sua vez, o que apresenta maiores benefícios à estrutura da Metalices quando aplicado de forma isolada. Com ele há um melhor aproveitamento da área fabril, as movimentações são reduzidas, os estoques são reduzidos, os funcionários trabalham em equipe e há atividades mais dinâmicas, apresenta boa produtividade e flexibilidade. Porém, este arranjo físico é demasiadamente complexo de ser elaborado, implementado, operado, controlado e supervisionado.

O arranjo misto ou híbrido é uma forte tendência para implementação na Metalices. Ligando a disposição de equipamentos de forma funcional e o fluxo dos produtos de forma linear, consegue-se uma sinergia: os benefícios somam-se e ampliam-se, enquanto as desvantagens minimizam-se. De acordo com Trein (2001), esse tipo de arranjo é utilizado para aproveitar-se das vantagens principais dos diversos tipos de arranjo físico de forma concomitante. Desta forma, seria possível reduzir os gargalos, os tempos ociosos das operações e, consequentemente, o tempo total de produção, conforme observado pelo Sr. João, como prioridade da empresa.

Por fim, a automação é uma importante aliada no aumento da produtividade dos arranjos mistos. Além disso, o treinamento dos funcionários com relação aos tipos de arranjo físico, suas potencialidades e fraquezas poderia fornecer a estes um panorama completo acerca dos principais problemas enfrentados pela empresa, auxiliando-os a tomarem a decisão adequada acerca do melhor arranjo físico a ser implantado, levando-se em consideração a forma flexível da nova gestão, que permitiria o auxílio dos funcionários nessa importante questão. Seria uma forma de comprometer a supervisão com os funcionários e aproximar a gerência dos níveis operacionais, que, na realidade, são os colaboradores que sabem fazer mais com menos.

## REFERÊNCIAS

ANTUNES, J.; ALVAREZ, A.; KLIPPEL, M.; BORTOLOTTO, P.; PELLEGRIN, I. **Sistemas de produção:** Conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta. Porto Alegre: Bookman, 2008.

BLACK, J. T. **O projeto da fábrica com futuro.** Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1991.

CHRISTENSEN, L. M.; ESCORSIM, S.; STEPIEN, H.; BLEY, V. R. O Arranjo Físico como Fator Influente

no Clima Organizacional dos Trabalhadores. In: CONGRESSO NACIONAL DE ADMINISTRAÇÃO, 2007, Ponta Grossa. **Anais...** Paraná, 2007.

CONCEIÇÃO, S. V. Otimização do fluxo de materiais através da manufatura celular. **Revista Produção**, v. 15, v. 2, p. 235-250, 2005.

GAITHER N.; FRAZIER G. **Administração da produção e operações**. 8<sup>a</sup> ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.

GONÇALVES FILHO, E. V. **Arranjo físico de fábrica**: um modelo para o processo de projeto e um algoritmo genético para a formação de células de fabricação. 2001. Tese (Doutorado) – USP, São Carlos, 2001.

KOTLER, P. **Administração de Marketing**: a edição do novo milênio. 10. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2000.

KRAJEWSKI, L. J.; RITZMAN, L. P. **Administração da Produção e Operações**. São Paulo: Prentice Hall, 2004.

KRAJEWSKI, L. J.; RITZMAN, L. P.; MALHOTRA, M. K. **Administração de produção e operações**. 8.ed. São Paulo: Pearson, 2009

LAUGENI, F. P.; MARTINS, P. G. **Administração de produção**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

LUSTOSA, L. J.; MESQUITA, M. A.; QUELHAS, O.; OLIVEIRA, R. **Planejamento e Controle da Produção**. Coleção Campus ABEPROM – Engenharia de Produção. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2008.

NEUMANN, C. S. R.; FOGLIATTO, F. S. Sistemática para avaliação e melhoria da flexibilidade de layout em ambientes dinâmicos. **Gestão e Produção**, v. 20, n. 2, p. 235-254, 2013.

PASCAL, D. **Produção Lean Simplificada**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

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.

SILVA, A. L.; RENTES, A. F. Um modelo de projeto de layout para ambientes *job shop* com alta variedade de peças baseado nos conceitos da produção enxuta. **Gestão e Produção**, v. 19, n. 3, p. 531-541, 2012.

SLACK, N.; JOHNSTON, R.; CHAMBERS, S.; **Administração da produção**, 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção**: do ponto de vista da Engenharia de Produção. Porto Alegre: Bookman, 1996, 291 p. ISBN 8573071699, 9988573071696.

TOMPKINS, J.A. et al. **Facilities planning**. 4. ed. New York: John Wiley & Sons, 1996.

TREIN, F. A. **Análise e Melhoria de Layout de Processo na Indústria de Beneficiamento de Couro**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

## BIBLIOGRAFIAS RECOMENDADAS

GORGULHO JR., J. H. C. **Análise do desempenho dos arranjos físicos distribuídos em ambientes de roteamento de tarefas com flexibilidade de seqüência de fabricação**. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

LEE, Q. **Projeto de instalações e do local de trabalho.** São Paulo: IMAM, 1998.

SILVA, A. L. da; RENTES, A. F. Um modelo de projeto de *layout* para ambientes *job shop* com alta variedade de peças baseado nos conceitos da produção enxuta. **Gestão e Produção.** v.19, .3, p.531-541, 2012.

VIEIRA, A. C. G. **Manual de layout:** arranjo físico. Rio de Janeiro: Confederação Nacional da Indústria, 1971.