

19 a 21 de outubro Ponta Grossa - PR - Brasil

**GESTÃO DE OPERAÇÕES: PROPOSTA DE MELHORIA DO
ARRANJO FÍSICO DE UMA EMPRESA DA INDÚSTRIA METAL-
MECÂNICA À LUZ DOS CONCEITOS DA PRODUÇÃO ENXUTA**

**OPERATIONS MANAGEMENT: PROPOSAL FOR IMPROVING THE
PHYSICAL ARRANGEMENT OF A COMPANY IN THE METAL-
MECHANICAL INDUSTRY IN THE LIGHT OF LEAN
MANUFACTURING CONCEPTS**

ÁREA TEMÁTICA: GESTÃO DE OPERAÇÕES E LOGÍSTICA

Mateus Marcon Simionato, Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), Brasil, mateus.simionato@ifsc.edu.br

Juliana Kurek, Universidade de Passo Fundo (UPF), Brasil, jkurek@upf.br

Thais Muraro Simionato, Universidade de Passo Fundo (UPF), Brasil, 108127@upf.br

Resumo

Reduzir desperdícios impacta diretamente nos resultados de uma empresa, seja ela uma fábrica ou uma prestadora de serviços. Neste contexto, torna-se útil a avaliação do arranjo físico com o intuito de identificar os desperdícios ocorridos no processo de produção, buscando a readequação para um *layout* onde estas perdas sejam reduzidas ou, até mesmo, extintas. Dessa forma, este estudo teve como objetivo analisar e aperfeiçoar o *layout* produtivo de uma empresa prestadora de serviços de zincagem, com base nos conceitos da produção enxuta. A pesquisa partiu da caracterização dos processos da empresa, realizada *in loco*, sendo que com os resultados foi desenvolvido um mapofluxograma dos processos. Após, desenvolveu-se uma proposta de *layout* e por fim realizou-se a comparação dos resultados obtidos entre os dois *layouts*. Como resultados, destaca-se a redução de até 35% em deslocamentos realizadas no processo rotativo e 62% de redução dos deslocamentos no processo estático, redução que somente foi possível com a identificação e eliminação dos cruzamentos e deslocamentos desnecessários, tanto das peças como dos trabalhadores.

Palavras-chave: Logística Interna; Produção Enxuta; *Layout* Industrial; Mapofluxograma.

Abstract

Reducing waste directly impacts the results of a company, both a factory or a service provider. In this context, it is useful to evaluate the physical arrangement in order to identify the waste that occurred in the production process, seeking to readjust to a layout where these losses are reduced or even extinguished. Thus, this study aimed to analyze and improve the productive layout of a company providing zinc plating services, based on the concepts of lean production. The research started from the characterization of the company's processes, carried out in loco, and with the results a map workflow of the processes was developed. Afterwards, a layout proposal was developed and finally the results obtained between the two layouts were compared. As a result, we highlight the reduction of up to 35% in displacements made in the rotating process and 62% reduction in displacements in the static process, a reduction that was only possible with the identification and elimination of unnecessary crossings and displacements, both of the parts and the workers.

Keywords: Internal logistics; Lean Production; Industrial Layout; Map workflow.

1. INTRODUÇÃO

O arranjo físico das instalações de uma empresa impacta consideravelmente no seu desempenho. Dessa forma, faz necessário um *layout* que permita um melhor fluxo dos materiais além do melhor aproveitamento do espaço disponível, a fim de minimizar recursos e tempo no desempenho das atividades produtivas, fatores estes que impactam diretamente nos resultados da operação.

Para auxiliar na visualização de possíveis desperdícios no processo produtivo, assim como obter oportunidades de intervenção para melhorias na empresa como um todo, diversos autores apresentam a filosofia da produção enxuta como solução. Essa filosofia reúne técnicas para eliminar ou reduzir o impacto de diferentes perdas que podem estar ocorrendo dentro de um processo. (Chahal & Narwal, 2017; Henao, Sarache & Gómez, 2019; Möldner, Reyes & Kumar, 2020).

A indústria metal-mecânica tem grande relevância na economia do estado, sendo um segmento com crescente concorrência, o que torna possível a aplicação dos conceitos da produção enxuta para análise e reorganização do layout, com o intuito de adaptar o sistema de produção conforme a demanda e as exigências do mercado.

Tornar mais fácil e suave o movimento do trabalho por meio do sistema é a preocupação básica de todo planejamento de arranjo físico (Moreira, 2011). Neste contexto, o presente estudo objetivou aperfeiçoar o layout produtivo de uma empresa da indústria metal-mecânica, partindo dos conceitos da produção enxuta. Buscou-se reduzir os cruzamentos e o deslocamento de peças e trabalhadores visando maior rendimento da produção.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Melhorias no sistema produtivo

Com base no Sistema Toyota de Produção, Shingo (1996) afirma que os processos podem ser melhorados de duas maneiras: a) melhorando o produto em si através da engenharia de valor e b) melhorando os métodos de fabricação do ponto de vista da engenharia de produção. Enquanto a primeira visa melhorar o produto pensando no redesenho para manter a qualidade e reduzir os custos, a segunda pensa em como a fabricação do produto pode ser melhorada.

Costa (2012) destaca algumas ações a serem tomadas para melhoria no sistema produtivo, conforme a teoria da produção enxuta apresentada por Ohno (1997), dentre elas podemos citar:

- Troca rápida de ferramentas nas máquinas;
- Melhoria no nível de qualidade dos processos;
- Implementação de programas de manutenção preventiva e preditiva;
- Melhoria da qualidade da informação a respeito das análises do mercado;
- Redimensionamento dos lotes de produção com base no tempo de troca de ferramenta ou no lote econômico de produção;
- Ferramentas de estudo de tempos e movimentos;
- Arranjo físico correto;
- Estudo de gargalos de produção;
- *Layout* com fluxo uniforme;
- Sistemas de transporte mecanizados;
- Roteiros dos processos padronizados;

Para readequação do *layout* da empresa pode ser utilizada a ferramenta de mapofluxograma, que tem como objetivo mostrar de maneira esquematizada a correlação entre os processos da empresa, juntamente com a disposição física dos mesmos. Essa ferramenta mostra a movimentação de um item através dos centros de processamento dispostos no arranjo físico de uma instalação produtiva, seguindo a seqüência dos processos (Barnes, 1977).

Com a utilização do mapofluxograma podem ser resolvidos os defeitos relacionados com atividades desnecessárias, possibilidades de agrupar e combinar processos, movimentos longos, cruzamentos do fluxo de produção, congestionamento de tráfego e localização de áreas de estoques (Batista, Lima, Gonçalves & Souto, 2006).

O mapofluxograma pode ser obtido desenhando sobre a planta da empresa o caminho percorrido pelos produtos a partir das informações constantes nos diagramas de processos (Neumann & Scalice, 2015). Ainda, segundo o mesmo autor, a trajetória ou rota física dos itens é desenhada por meio de linhas gráficas com indicação de sentido de movimento. Ao se analisar o mapofluxograma, Neumann e Scalice (2015) salientam que além da distância total percorrida pelos produtos, também pode ser observada a existência de cruzamentos de fluxos, idas e voltas excessivas e deslocamentos longos sem a existência de operações.

Uma forma de análise de desperdícios e possíveis melhorias no sistema produtivo de uma empresa é apresentado por Mahajan, Chistopher, Harshan and Prasad (2019) no seu estudo em uma fábrica de motores. Os autores analisam a empresa através da comparação do tempo e distância gastos no processo atual com os mesmos parâmetros para um layout proposto, através da utilização do diagrama de spaghetti.

Coelho, Pinto, Calado and Silva (2013) mostram que o diagrama de espaguete tem o objetivo de representar visualmente o caminho de um item ou atividade através de uma linha contínua. Essa ferramenta permite que as equipes identifiquem redundâncias no fluxo dos processos, além de eliminar barreiras que causam movimento excessivo. (Coelho et al., 2013).

Ambas as ferramentas apresentam meios de modificar o arranjo físico ou o layout da empresa. Segundo Paoleschi (2011), o arranjo físico procura uma combinação ótima das instalações industriais e de tudo que concorre para a produção, dentro de um espaço disponível. Visa harmonizar e integrar equipamento, mão de obra, material, áreas de movimentação, estocagem, administração, mão de obra indireta, enfim todos os itens que possibilitam uma atividade industrial.

Planejar o arranjo físico de uma instalação significa tomar decisões sobre a forma como estarão dispostos os centros de trabalho (Moreira, 2011). Para se conseguir um bom arranjo físico deve-se obedecer aos itens de integração que envolvem os processos, a distância mínima, a obediência ao fluxo de operação, a racionalização do espaço, a satisfação e a segurança dos colaboradores e a flexibilidade de mudanças (Paoleschi, 2011).

O principal motivo de escolha de um arranjo físico é permitir com que os funcionários operem de maneira mais eficiente possível, para isso existem quatro modelos de arranjos físicos (Figura 1) que a empresa pode seguir (Venzani & Silva, 2013).

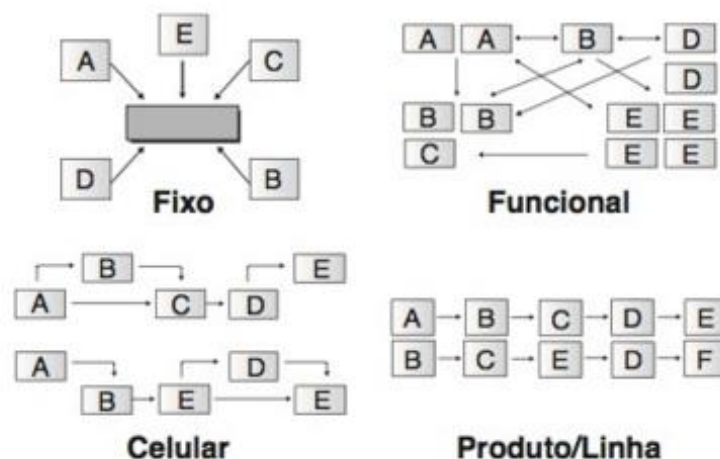


Figura 1 - Tipos de arranjos físicos
Fonte: Venanzi e Silva, 2013

A variedade e quantidade dos produtos influenciam na escolha, sendo que o *layout* fixo tem um baixo volume de produção contra uma alta variedade, o funcional tem uma variedade alta e um volume de produção baixo, o celular é um dos mais utilizados pela indústria automotiva e tem uma variedade média e um volume alto, por fim, o *layout* de linha (ou de produto) tem uma variedade baixa e um volume muito alto (Venanzi & Silva, 2013).

3. MÉTODO

Para alcançar o objetivo de melhorar o *layout* produtivo da empresa reduzindo os cruzamentos e o deslocamento de peças e trabalhadores, optou-se por seguir o procedimento apresentado no fluxograma da Figura 2.

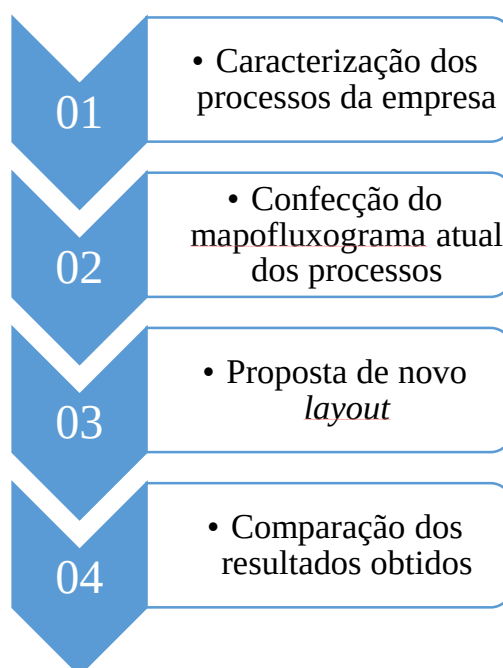


Figura 2 - Método de trabalho
Fonte: Dados pesquisados, 2020

A caracterização dos processos ocorreu *in loco* conjuntamente com os estudos envolvendo a análise das sete perdas da produção enxuta que um grupo de trabalho estava desenvolvendo. Com essa análise foi possível desenvolver um fluxograma para os processos e uma breve

explicação dos mesmos para ambos os estudos. Nesse artigo a caracterização dos processos pode ser visualizada nos resultados.

Após a caracterização da empresa estudada e dos processos, o mapofluxograma foi construído considerando o estado atual da empresa. Como não existiam plantas da mesma, foi necessário realizar a medição dos espaços da empresa e identificar a localização de cada um dos equipamentos, tanques e processos.

Ainda, para a construção do mapofluxograma, foi analisada a movimentação dos operadores e dos produtos durante um dia completo. Nessa análise foi constatado que um ciclo normal de zincagem leva 45 minutos, compreendendo o recebimento, o processamento e a secagem dos materiais. O mapofluxograma do cenário atual da empresa foi finalizado inserindo linhas da movimentação dos funcionários entre os processos e equipamentos.

Após a confecção do mapofluxograma, foram medidas as distâncias percorridas pelos trabalhadores na movimentação das peças. Para isso foi considerado a distância mínima, quando os operadores utilizavam tanques ou processos mais próximos, e a distância máxima, quando era necessário utilizar os tanques ou processos mais distantes. Considerou-se o ciclo de 45 minutos para calcular a distância diária e mensal.

A proposta de um novo *layout* foi feita considerando que a empresa possui uma variedade média de tipos de peças a serem beneficiadas e um volume alto, tornado ideal um arranjo físico como o celular (Venanzi e Silva, 2013). Ainda, durante a observação *in loco*, identificou-se a necessidade de um sistema mecanizado para movimentação de peças. O *layout* proposto considerou essa necessidade.

Com a conclusão do *layout* proposto foi recalculada a distância percorrida em um ciclo pelos trabalhadores durante o processamento das peças. Dessa forma foi possível calcular a diferença das distâncias entre os dois cenários.

Todos os resultados obtidos foram divididos em duas áreas sendo a de banhos estáticos e a de banhos rotativos, já que um processo não influencia nos processos do outro e cada um possui colaboradores independentes, conforme apresentado pelo organograma da empresa, que será apresentado nos resultados.

4. RESULTADOS

4.1 Caracterização do cenário atual

Localizada ao norte do estado do Rio Grande do Sul, a empresa estudada presta serviço de zincagem há mais de 26 anos. Como clientes principais conta com multinacionais e empresas de grande porte do setor agrícola bem como presta serviços ao público em geral, zincando peças como gaiolas, grades e portões.

Entre os serviços prestados estão a zincagem nas cores azul e amarela, sendo que processam peças de diversos tamanhos e formatos, desde pequenos parafusos até estruturas com seis metros de comprimento.

A empresa é dividida em três grandes áreas (Figura 3): Banhos estáticos, que processam peças maiores (de 0,5 metros até 6 metros), onde ocorre a fixação das peças por gancheiras, para posterior zincagem; banhos rotativos, para peças menores, como parafusos, porcas e buchas, onde as peças são inseridas em tambores rotativos e expedição, onde ocorre o recebimento, a separação e o envio das peças.



Figura 3 - Layout atual da empresa
Dados da pesquisa, 2020.

Como pode ser visto no layout acima no setor da expedição ocorre a recepção e o envio das peças, além do processo de secagem, com as centrifugas e a estufa. Na lateral tem-se o setor dos banhos rotativos, para as peças pequenas, e ao lado do setor dos banhos rotativos pode-se observar o setor de banhos estáticos, para peças grandes. Por fim, nos fundos da empresa localiza-se o estoque de produtos químicos e o tratamento dos efluentes e gases gerados.

O organograma da empresa (Figura 4) mostra que ocorre uma divisão entre a gerencia produtiva e financeira. Já dentro da gerência produtiva observa-se a divisão entre coordenações dos setores de logística, expedição, banhos rotativos e banhos estáticos. Cada uma das coordenações possui equipe própria e independente dos outros setores.

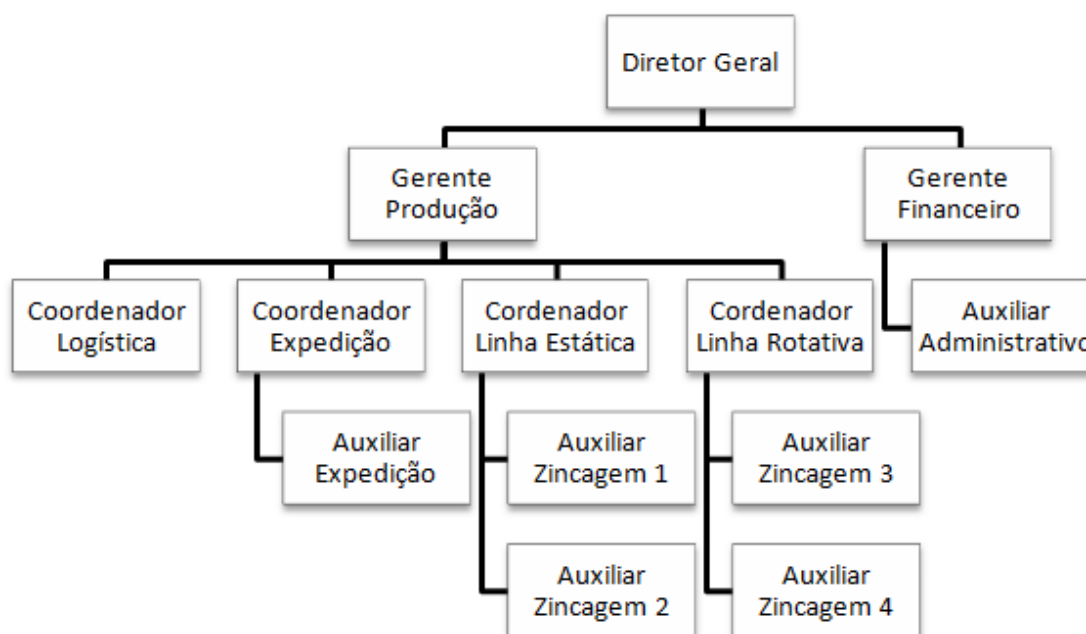


Figura 4 - Organograma da empresa
Dados da pesquisa, 2020.

O processamento da peça se dá conforme apresentado pelo fluxograma (Figura 5). Inicialmente, no setor de recebimento e expedição, os trabalhadores separam as peças por tamanho, sendo que as maiores são encaminhadas para o setor de banhos estáticos, e as menores vão para o setor

de banhos rotativos. Após essa separação, os processos realizados nos dois setores são semelhantes, alterando apenas a medida dos tanques.

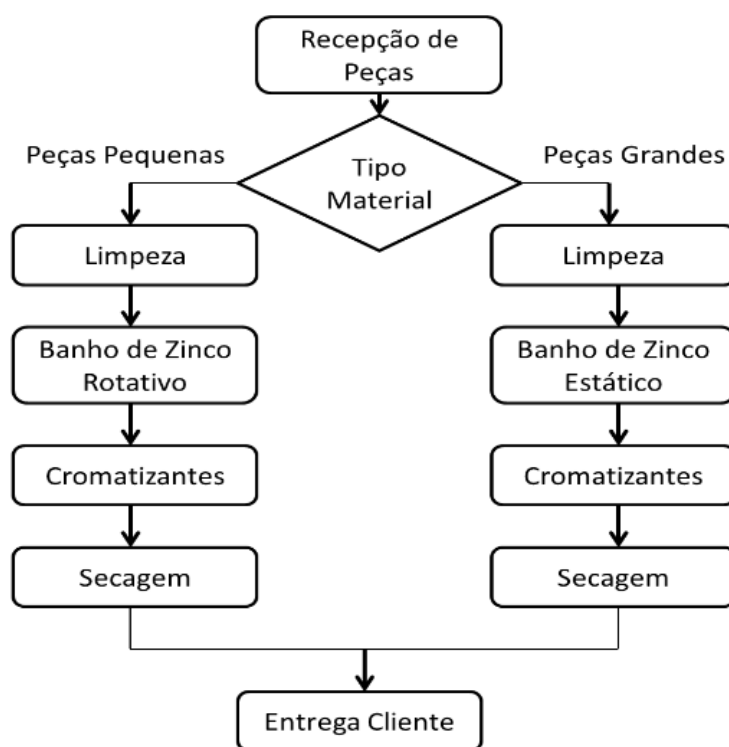


Figura 5 - Fluxograma dos processos da empresa
Fonte: Dados da pesquisa, 2020.

Na manufatura a peça passa, primeiramente, por um processo de limpeza em um desengraxante que fica contido em um recipiente aquecido, e, em seguida, pelo ácido que fica no interior de um tanque maior, em temperatura ambiente. Com as peças livres de sujeiras, graxas e oxidações, os trabalhadores imergem as mesmas nos banhos de zinco, onde ocorre a deposição de uma fina camada de zinco na peça, sendo que quanto maior o tempo em imersão, mais espessa será a camada.

Com a peça já zincada, os trabalhadores ainda inserem uma camada de cromatizantes, que irá fornecer maior resistência a corrosão, além de cores específicas. Este cromatizante fica em tanques, em temperatura ambiente e separado por cor. Cabe salientar que entre todos os processos citados há um tanque com água limpa, para retirada dos resíduos do tanque anterior.

Após os cromatizantes, as peças estão prontas para a secagem, que ocorre em centrífugas, para o caso de peças pequenas e em uma estufa, para o caso das peças maiores. Com as peças secas, os trabalhadores realizam a separação e o armazenamento das mesmas, para posterior expedição.

Acompanhando um dia de trabalho, estabeleceu-se o mapofluxograma atual da empresa para peças que, separadas no setor de recebimento e expedição, passavam pelo processo produtivo correspondente ao seu tamanho, e retornavam para o primeiro setor, para secagem e armazenamento (Figura 6).



Figura 6 - Mapofluxograma atual
Fonte: Dados da pesquisa, 2020.

As linhas do mapofluxograma representam os caminhos feito pelas peças que são beneficiadas nos banhos rotativos e nos banhos estáticos, desde o início do estoque de peças, passando pelos processos nos setores dos banhos rotativos ou dos banhos estáticos e por fim secos na estufa ou centrífugas.

Observando o mapofluxograma em um primeiro momento, já podemos notar que no setor de banhos estáticos ocorrem grandes deslocamentos de peças e cruzamentos de fluxos gerando perdas que serão confirmadas no decorrer do trabalho.

A distância da movimentação das peças foi calculada baseando-se no fato de que cada ciclo leva 45 minutos desde a saída do material do setor de recebimento até o retorno do mesmo. A distância percorrida por ciclo, dia e no mês pode ser vista na Tabela 1.

DISTÂNCIA PERCORRIDA	BANHOS ROTATIVOS		BANHOS ESTÁTICOS	
	Dist. Min. (m)	Dist. Max. (m)	Dist. Min. (m)	Dist. Max. (m)
Ciclo	36,10	46,50	47,40	51,60
Dia	397,10	511,50	521,40	567,60
Mês	8339,10	10741,50	10949,40	11919,60

Tabela 1 - Distância percorrida no cenário atual
Fonte: Dados da pesquisa, 2020.

Mesmo se tratando de uma empresa pequena, pode-se notar que a distância percorrida pelos trabalhadores, apenas para o processamento das peças, é bastante elevada, chegando a mais de meio quilometro por dia.

4.2 Proposta de novo layout

Observando o mapofluxograma do cenário atual (Figura 6), pode-se notar que existem deslocamentos desnecessários e muitos cruzamentos de fluxo, principalmente no setor dos banhos estáticos. Isso se deve ao aumento da produção sem um estudo anterior do *layout*. Observa-se, ainda, que no setor dos banhos rotativos o processo segue um fluxo lógico, sem grandes mudanças para serem feitas.

No setor de recebimento e expedição das peças nota-se que a estufa para as peças dos banhos estáticos está demasiadamente longe do setor estático, acarretando, além de um longo deslocamento, outros problemas no transporte como respingos das peças molhadas em outras peças secas.

No setor de estoque de produtos químicos e tratamento de efluentes não foram identificados problemas a serem resolvidos.

Com base nas informações acima, o *layout* foi readaptado e proposto (Figura 7). Nessa nova configuração do *layout* podemos observar grandes alterações no setor de banhos estáticos e algumas pequenas alterações nos banhos rotativos.



Figura 7 - Mapofluxograma do cenário proposto
Fonte: Dados da pesquisa, 2020.

Nos banhos rotativos o posicionamento do ácido (processo número 3) foi deslocado para ao lado do processo subsequente, reduzindo o deslocamento. O posicionamento dos banhos de zinco continuou o mesmo, devido à impossibilidade de posicionar um banho a frente do outro, por falta de espaço. Além dessas mudanças a sequência dos cromatizantes (processos número 6, 7, 8, 9 e 10) foi alterada, direcionando a saída para próximo da centrífuga. As centrífugas foram aproximadas da saída dos cromatizantes.

Nos banhos estáticos, todo o posicionamento dos tanques foi alterado, permitindo assim um fluxo uniforme das peças. Processos semelhantes foram aproximados, como o desengraxante e a lavagem, os ácidos e as suas respectivas lavagens e os banhos de zinco e lavagens. Os cromatizantes foram colocados em sua sequência lógica e muito próximos uns dos outros, diminuindo deslocamentos e esforço dos operadores. Além disso, já foi previsto o *layout* em forma de “U”, ajustando o mesmo lugar para entrada e saída do material e facilitando a instalação de um possível sistema de transporte sobre os tanques. A estufa para secagem das peças foi aproximada da saída desse “U” evitando, assim, grande deslocamento.

Além da redução dos cruzamentos de fluxo, o novo *layout* apresentou uma redução muito grande do deslocamento. Essa redução pode ser vista na Tabela 2.

DISTÂNCIA PERCORRIDA	BANHOS ROTATIVOS		BANHOS ESTÁTICOS	
	Dist. Min. (m)	Dist. Max. (m)	Dist. Min. (m)	Dist. Max. (m)
<i>Layout</i> antigo	36,10	46,50	47,40	51,60
<i>Layout</i> proposto	28,20	30,20	17,80	18,80
Diferença (m)	7,90	16,30	29,60	32,80
Diferença (%)	22%	35%	62%	64%

Tabela 2 - Comparação *layout* atual x proposto
Fonte: Dados da pesquisa, 2020.

Pode-se observar que metade dos deslocamentos feitos nos processos de banhos estáticos era desperdício, devido a falhas no *layout* com cruzamentos de fluxo e grandes deslocamentos desnecessários. Nos banhos rotativos, por mais que as mudanças foram pequenas, houve uma grande diferença no deslocamento total, chegando aos 35% nos maiores deslocamentos.

5. CONCLUSÃO

O estudo teve como objetivo analisar e aperfeiçoar o *layout* produtivo de uma empresa prestadora de serviços de zincagem, com base nos conceitos da produção enxuta.

A análise iniciou com a caracterização dos processos da empresa, que foi realizada in loco, desenvolvendo um mapofluxograma dos processos. Após, realizou-se uma proposta de *layout* e por fim foi apresentada a comparação dos resultados obtidos entre os dois *layouts*.

Como resultados da aplicação dos conceitos da produção enxuta destaca-se a redução de até 35% em deslocamentos realizados no processo rotativo e 62% de redução dos deslocamentos no processo estático, redução que somente foi possível com a identificação e eliminação dos cruzamentos e deslocamentos desnecessários, tanto das peças como dos trabalhadores.

Com base nos resultados encontrados pode-se afirmar que o projeto de *layout* proposto para a empresa estudada proporcionará vantagens como o alocamento dos trabalhadores em outras tarefas, devido à redução do tempo gasto nos deslocamentos desnecessários de cada processo.

Cabe salientar que tais mudanças e melhorias na empresa ocorreram sem custos, já que para realiza-las houve apenas um reposicionamento dos equipamentos. Por fim, espera-se que este novo layout proporcione maiores ganhos para a empresa, além de uma vantagem competitiva, visto que a disposição dos equipamentos de produção impacta diretamente no seu desempenho.

REFERÊNCIAS

- Barnes, R. M. (1977) *Estudos de Movimentos e Tempos*. São Paulo: Blucher.
- Batista, G. R., Lima M. C. C., Gonçalves, V. S. B. & Souto, M. S. M. L. (2006, outubro). Análise do processo produtivo: um estudo comparativo dos recursos esquemáticos. **Anais do XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Fortaleza, CE, Brasil.
- Chahal, V. & Narwal, M. S. (2017). Impact of Lean Strategies on Different Industrial Lean Wastes. *International Journal of Theoretical and Applied Mechanics*, 12(2), 275-286.
- Coelho, S. M., Pinto, C. F., Calado, R. D. and Silva, M. B. (2013, september). Process Improvement in a Cancer Outpatient Chemotherapy Unit using Lean Healthcare. **Anais do 6th IFAC Conference on Management and Control of Production and Logistics**, 241-246.
- Costa, E. L., Junior. (2012). *Gestão em Processos Produtivos*. (2a ed.). Curitiba: InterSaberes.
- Rafael Henao, R., Sarache, W. & Gómez, I. (2019). Lean manufacturing and sustainable performance: Trends and future challenges. *Journal of Cleaner Production*, 208, 99-116.
- Mahajan, M., Chistopher, K. B., Harshan, H. & Prasad H. C. S. (2019). Implementation of Lean techniques for Sustainable workflow process in Indian motor manufacturing unit. *Procedia Manufacturing*, 35, 1196-1204.
- Möldner, A. K., Reyes, J. A. G. & Kumar V. (2020). Exploring lean manufacturing practices' influence on process innovation performance. *Journal of Business Research*, 106, 233-249.
- Moreira, D. A. (2011). *Administração da Produção e Operações*. (2a ed.). São Paulo: Cengage Learning.
- Neumann, C. & Scalice, R. K. (2015). *Projeto de Fábrica e Layout*. Rio de Janeiro: Elsevier.
- Ohno, T. (1997). *O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala*. (1a ed.). Porto Alegre: Bookman.
- Paoleschi, B. (2011). **Logística Industrial Integrada - Do Planejamento, Produção, Custo e Qualidade à Satisfação do Cliente**. (3a ed.). São Paulo: Editora Érica.
- Shingo, S. (1996). *O sistema Toyota de produção: do ponto de vista da engenharia de produção*. (1a ed.). Porto Alegre: Bookman.
- Venanzi, D. & Silva, O. R. (2013). **Gerenciamento da Produção e Operações**. Rio de Janeiro: LTC.