INTERFACE TECNOLÓGICA

REDUÇÃO DE TEMPO DE SETUP BASEADO NA FILOSOFIA LEAN MANUFACTURING

REDUCTION OF SETUP TIME BASED ON LEAN MANUFACTURING PHILOSOPHY

Olavo Henrique Sant'Anna – olavohs@yahoo.com.br
Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga – Taquaritinga – São Paulo – Brasil

Carlos Roberto Regattieri – regattieri14@gmail.com
Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga – Taquaritinga – São Paulo – Brasil

DOI: 10.31510/infa.v18i2.1332
Data de submissão: 17/09/2021
Data do aceite: 03/11/2021
Data da publicação: 30/12/2021

RESUMO

A procura pela otimização de processos e redução de custos sem interferir na qualidade do produto final é sem dúvida o grande desafio para manter um negócio lucrativo considerando a grande concorrência das empresas nos dias atuais. A busca incansável pela melhoria contínua deve ser o foco de organizações que pretendem se manter no mercado seja qual for seu ramo de atuação uma vez que sempre existirá algo a ser melhorado. Esse estudo de caso realizado em uma grande indústria de autopeças, por meio de uma pesquisa de campo, qualitativa, quantitativa e descritiva embasada em uma revisão bibliográfica, procurou demonstrar como algumas técnicas baseadas na filosofia japonesa *Lean Manufacturing* podem impactar positivamente na melhoria de tempos de setup em uma máquina considerada gargalo, reduzindo desperdícios e agregando mais valor ao produto final. Os resultados obtidos evidenciaram o quão esses métodos baseados nos princípios da manufatura enxuta podem ser benéficos ao negócio mantendo-o competitivo.

Palavras-chave: *Lean Manufacturing.* Melhoria Contínua. Redução de tempo de *setup*.

ABSTRACT

The quest to optimize and reduce cost without interfering with the quality of the final product is, without a doubt, the greatest challenge facing businesses in today's age, especially considering profitability in a highly competitive environment. The relentless search for continuous improvement must be the focus of organizations that intend to remain relevant in the market, regardless of their field of activity, since there will always be a part of the business that can be improved. This case study, carried out in a large auto parts industry, through quantitative, qualitative and descriptive field research based on a literature review, seeks to demonstrate how some techniques on the japanese Lean Manufacturing philosophy can positively impact a business. By applying these techniques, improvements can be seen in

INTERFACE TECNOLÓGICA

the setup times of a machine that previously took much longer to start, consequently reducing waste and adding more value to the final product. The results obtained, based on the principles of Lean Manufacturing, can be beneficial to the business, keeping it competitive.

Keywords: Lean Manufacturing. Continuous improvement. Reduction of setup time.

1 INTRODUÇÃO

A filosofia *Lean Manufacturing* é hoje um tema bastante abordado e pode ser utilizado em todos os ramos de negócio. Segundo Womack (2004), o ponto de partida essencial para o pensamento enxuto é o valor. O valor só pode ser definido pelo cliente final. Diminuir custos, melhorar a eficiência dos processos e eliminar desperdícios significa aumentar os lucros possibilitando ser mais competitivo no mercado. Empresas manufatureiras passaram a usar este conceito como referência.

Este estudo de caso foi realizado em uma empresa de autopeças metal-borracha e procurou demonstrar como algumas ferramentas baseadas nesta filosofia podem melhorar o tempo de setup de uma máquina considerada gargalo.

Por meio de uma abordagem em campo, qualitativa, quantitativa e descritiva o estudo possibilitou demonstrar como se pode agregar mais valor ao produto final por meio de técnicas baseadas na teoria *Lean Manufacturing*.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 HISTÓRIA

No final do século XIX, Sakichi Toyoda, fundador da empresa Toyoda de teares automáticos aperfeiçoou um tear têxtil que parava automaticamente quando um fio se rompia. Uma máquina a prova de erros (poka-yoke) que otimizava a mão de obra e aumentava a produtividade enquanto garantia a qualidade do produto.

Em 1910 Toyoda visitou os Estados Unidos pela primeira vez e foi testemunha dos impactos causados pelos automóveis na vida da população, trazendo a ideia e o sonho de produzir um automóvel japonês.

Em 1929, Toyoda vendeu as patentes dos teares para dar início a empresa de carros juntamente com seu filho Kiichiro Toyoda e competir com as grandes montadoras GM e Ford

que detinham 90% do mercado de automóveis do Japão. Nascia, então a empresa Toyota, cujo nome ganhou essa grafia por uma questão cultura de crença e sorte (LIKER,2009).

Em 1932, o engenheiro Taiichi Ohno, que anos mais tarde criaria o tão respeitado Sistema Toyota de Produção, ingressa na empresa como líder de produção e inicia sua brilhante carreira em uma montadora que anos mais tarde se tornaria uma das maiores e mais respeitada de todo o mundo.

Em 1940, após Kiichiro assumir a responsabilidade dos problemas financeiros da Toyota, seu primo Eiji Toyoda assume a empresa e a lidera por décadas.

Após a Segunda Guerra Mundial, o Japão encontrava-se devastado e, naquele momento, muitas empresas não resistiram à crise que se instalou no país naquele momento e declararam falência. Mediante essas adversidades, a Toyota sabia que teria que se reinventar para sobreviver. Ohno sabia que para a empresa continuar a ter preços competitivos deveria reduzir seus custos para que seus lucros não fossem afetados. Então, concentrou suas atenções na identificação e eliminação de desperdícios, iniciando naquele momento um novo conceito em administrar um negócio (HOEFT, 2013).

Ao longo dos tempos, a Toyota se destacou por produzir com qualidade e de maneira eficiente despertando interesse em todo o mundo. Em 1990, o Dr James Womack publicou o livro *"The Machine that Changed the World: The Story of Lean Manufacturing"* sendo o primeiro a utilizar o termo *Lean Manufacturing* ou Produção Enxuta para abordar esse diferente e eficiente meio de gestão.

O mundialmente conhecido Sistema Toyota de Produção (STP) tem sido estudado e implantado em diversas indústrias independente de seu ramo que buscam melhorias e serem mais competitivas. O principal objetivo do Sistema Toyota de Produção é aumentar a eficiência eliminando desperdícios de maneira consistente.

2.2 MODELO CASA DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO (STP)

Conforme explica Liker (2005), a Toyota difundia o STP em suas fábricas e também em seus fornecedores de modo a passar o conhecimento adquirido ao longo dos anos tornando, desta forma, uma cadeia robusta, competitiva e qualitativa. Assim, buscando facilitar o entendimento deste conceito, criou o Diagrama da Casa do STP conforme demonstrado na Ilustração 1 abaixo:

Ilustração 1 – Modelo Casa do Sistema Toyota de Produção



Fonte: O Modelo Toyota: 14 Princípios de Gestão do Maior Fabricante do mundo (2005)

Esse modelo foi criado pelo sucessor de Ohno, Fujio Cho, fazendo uma analogia a uma casa onde o sistema estrutural só é forte se o telhado, as colunas e as fundações também são. Essas inúmeras ferramentas tornam o Modelo Toyota um sistema robusto seguido pelas maiores empresas do mundo que objetivam atingir a excelência em seus serviços.

2.3 OS 14 PRINCÍPIOS DO MODELO TOYOTA

De acordo com Liker (2009), o Sistema Toyota de Produção é uma filosofia que tem como base as pessoas. O sistema só atingirá os melhores resultados se essa base de sustentação for bastante robusta de modo que os colaboradores criem uma cultura dentro de seu ambiente de trabalho. A Ilustração 2 abaixo demonstra os 14 princípios do Modelo Toyota:

INTERFACE TECNOLÓGICA

Ilustração 2 – Os 14 Princípios do Modelo Toyota

Os 14 princípios do Modelo Toyota

Filosofia de longo prazo

Princípio 1. Basear as decisões administrativas em uma filosofia de longo prazo, mesmo em detrimento das metas financeiras de curto prazo.

Processos enxutos: O processo certo produzirá os resultados certos

Princípio 2. Criar um fluxo de processo contínuo para trazer os problemas à tona.
Princípio 3. Usar sistemas puxados para evitar a superprodução.
Princípio 4. Nivelar a carga de trabalho (*heijunka*) – trabalhar como a tartaruga, não como a lebre.
Princípio 5. Construir uma cultura de parar e resolver os problemas, obtendo a qualidade logo na primeira tentativa.
Princípio 6. Tarefas padronizadas são a base para a melhoria contínua e a capacitação dos funcionários.
Princípio 7. Usar controle visual para que nenhum problema fique oculto.
Princípio 8. Usar somente tecnologia confiável e completamente testada que atenda aos funcionários e processos.

Valorização da organização por meio do desenvolvimento de seus funcionários e parceiros

Princípio 9. Desenvolver líderes que compreendam completamente o trabalho, que vivam a filosofia e a ensinem aos outros.
Princípio 10. Desenvolver pessoas e equipes excepcionais que sigam a filosofia da empresa.
Princípio 11. Respeitar a sua rede de parceiros e de fornecedores desafiando-os e ajudando-os a melhorar.

A solução contínua da raiz dos problemas conduz à aprendizagem organizacional

Princípio 12. Ver por si mesmo para compreender totalmente a situação. (*Genchi Genbutsu*)
Princípio 13. Tomar decisões lentamente por consenso considerando completamente todas as opções; implementá-las com rapidez.
Princípio 14. Tornar-se uma organização de aprendizagem por meio da reflexão incansável (*hansei*) e da melhoria contínua (kaizen).

Fonte: Jeffrey Liker, *O Modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo*. Porto Alegre: Bookman, 2006.

Fonte: A Cultura Toyota: A Alma do Modelo Toyota (2009)

A criação de uma cultura baseada nesses princípios requer um olhar bastante clínico no que diz respeito ao preparo de seus profissionais de modo que eles estejam aptos a desenvolver suas tarefas da melhor forma possível através de treinamentos adequados, criação e sustentação de um bom ambiente de trabalho, investir no desenvolvimento das pessoas, responsabilidade dos gestores em garantir a estabilidade de seus empregos, envolvimento de todos nos problemas e solução encontrados, respeito e confiança por cada profissional, estimular o crescimento pessoal e profissional de cada colaborador.

INTERFACE TECNOLÓGICA

2.4 OS SETE DESPERDÍCIOS

O gasto com recursos (material, tempo, energia, etc) que não contribui para agregar valor ao cliente ou que não dê suporte para sua geração é considerado desperdício (MORGAN, 2008). .Em uma fábrica há várias oportunidades de melhorias que acabam passando despercebidas no dia a dia. Toda atividade que não agrega valor faz com que a empresa deixe de lucrar. Produzir mais com o mínimo de recursos talvez seja o grande objetivo das empresas, pois os desperdícios só faz aumentar os custos. Sendo assim, a melhoria na eficiência surge quando se produz zero desperdício.

A seguir, os sete desperdícios do STP (YOSHIHARA, 2021):

- **Reparo ou Retrabalho:** quando se gasta algum esforço que aumenta o custo de fabricação do produto como tempo, material, energia ou qualquer outro recurso.
- **Esperas:** Acontece quando um trabalhador está ocioso e precisa esperar por um material ou pelo processamento de uma peça ou pelo conserto de uma máquina em conserto aumentando o lead time, ou seja, não agregando nenhum valor ao produto.
- **Transporte:** Causado pelos grandes lotes, layout inadequado, falta de análise de movimentos, falta de padronização das atividades. O transporte apesar de ser uma parte essencial das atividades não agrega valor e deve ser reduzido ao máximo.
- **Movimentação:** Os movimentos devem ter o propósito de agregar valor. Qualquer movimentação desnecessária, por mais simples que seja, deve ser evitada ao máximo para evitar desperdício de tempo e criar valor ao produto.
- **Processamento Desnecessário:** Ocorre quando alguma operação poderia ter sido eliminada como, por exemplo, se o projeto inicial tivesse sido elaborado de alguma outra forma. Correções quando necessárias devem ser feitas buscando eliminar desperdícios em operações.
- **Estoque:** Há a necessidade de locais para estocagem dos produtos, pessoas para controlar, armazenar e deslocar os produtos além do capital investido estar parado. Itens estocados estão sujeitos a movimentações desnecessárias e avarias.

- **Superprodução:** O pior dos desperdícios, pois gera muitos dos já citados, além do capital investido para produção estar parado. Também traz consigo outros custos como construção e manutenção de galpões ou ocupação de espaços necessários para outras atividades, maior necessidade de matérias primas, problemas futuros envolvendo grandes lotes, dentre outros.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Através de uma revisão bibliográfica, juntamente com uma pesquisa de campo, qualitativa, quantitativa e descritiva, realizada em 4 semanas onde através de coleta de dados de tempo e distância foi realizado um estudo em uma indústria de autopeças metal-borracha do interior do estado de São Paulo mostrando o quão eficiente algumas das ferramentas da filosofia *Lean Manufacturing* podem ser. Em virtude da não autorização do uso do nome da empresa, ela será designada a partir de agora como Empresa X.

4 ESTUDO DE CASO

A planta produtiva do estudo em questão possui uma grande diversidade de produtos metal-borracha. A adesão entre estes materiais se dá com a aplicação de dois tipos de adesivos, aplicados em dois momentos distintos, comuns a todas as peças através do processo de pintura. A máquina que realiza a pintura, semelhante a ilustração 3, possui um sistema de carrossel no qual as peças são inseridas/sacadas manualmente pelo colaborador uma a uma. Essas peças ao longo do sistema carrossel recebem cada adesivo através de pistolas que realizam o jateamento de cada adesivo durante o percurso.

Ilustração 3 – Máquina de pintura



Fonte: http://www.electrocoating-solucoes.store/produto/221490/m

Essas máquinas são consideradas gargalo já que todos os insertos metálicos têm de ser preparados antes da injeção dos compostos de borracha. Devido a quantidade diferente de itens produzidos, são efetuados em torno de 4 ou mais setups ao dia.

4.1 *SETUP*

Os *setups* são necessários devido a grande diversidade de itens a serem pintados antes dos processos de injeção. O setup consiste basicamente em substituir os suportes de pintura de acordo com a programação previamente fornecida pelo PCP e deixar o maquinário pronto para receber diferentes insertos. No entanto, era nítida a falta de padronização de procedimentos bem como o desconhecimento sobre a importância de redução nos tempos de setup. Era notório que as ferramentas utilizadas apenas para este setup não estavam próximas conforme será exposto.

4.1.1 *SETUP* (CONDIÇÃO INICIAL)

Inicialmente foram feitas medições de tempo e distância percorrida pelo colaborador ao longo de alguns dias conforme tabela 1 abaixo:

INTERFACE TECNOLÓGICA

Tabela 1 – Coleta de tempos e distância percorrida por setup (Condição Inicial)

Descrição setup (montagem)	Tempo(min)	Distância percorrida (m)
Levar cesto de peças prontas e voltar	01:40	60
Tirar o ferramental anterior	01:02	
Verificar Instrução da nova peça	01:44	
Levar ferramental anterior e alocar corretamente na prateleira	01:43	10
Encontrar / trazer novo ferramental	02:45	10
Inserir novo ferramental na máquina	01:25	
Tempo total	10:19	

Descrição setup (preparo)	Tempo(min)	Distância percorrida (m)
Buscar medidor de camadas e viscosímetro e voltar	01:40	38
Medir lado esquerdo e corrigir, se necessário	02:30	
Levar, limpar equipamentos de medição e voltar	02:09	38
Medir lado direito e corrigir, se necessário	02:23	
Levar, limpar equipamentos de medição, guardar e voltar	02:20	38
Alinhar pistolas de pintura	07:30	
Testes / ajustes	05:18	
Check geral / anotações	02:01	
Tempo total	25:51	

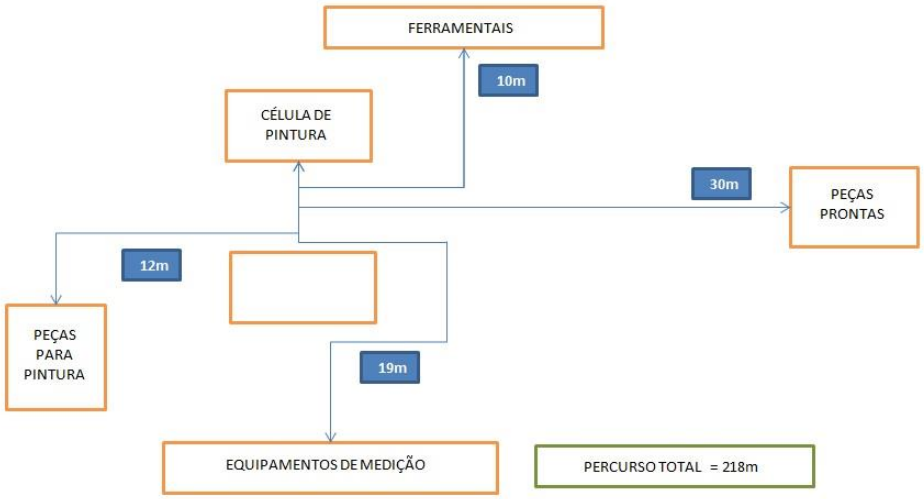
Descrição setup (produção)	Tempo min)	Distância percorrida (m)
Buscar cesto com peças da nova programação e voltar	00:45	24
Encher caixa com peças (média de 42 segundos por caixa de	04:12	

um total, em média, de 6 caixas por lote a ser pintado)		
Tempo total	04:57	

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

A tabela 1 se baseou em todo o deslocamento feito pelo colaborador conforme ilustração 4.

Ilustração 4 – Mapeamento do processo de *setup* (Condição Inicial)



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Após as aferições constatou-se que o tempo médio para cada setup foi de 41:07 minutos enquanto a distância percorrida pelo colaborador foi de 218 metros.

Em meio às medições, notou-se um importante desperdício de tempo, que perpetuou por todos os dias de medição, que foi a última etapa do setup: “Encher caixa com peças (média de 150 peças)”. A falta de embalagens constatada realmente persistiu por todas as produções. Os insertos metálicos têm um peso a ser considerado e por isso são dispostos em cestos por serem de fácil manuseio e conseguirem conter todo o lote a ser trabalhado. No entanto, etapa a etapa, foi visto que o colaborador desta célula do estudo em questão desprendia tempo e força física para encher repetidamente caixas para seu manuseio. Também foi verificado que, por ser uma máquina gargalo, o tempo desprendido para encher a caixa com insertos era um ponto muito importante a ser considerado.

4.1.2 *SETUP* (CONDIÇÃO FINAL)

Algumas ações foram tomadas a fim de tornar o setup mais eficiente por ser uma máquina gargalo (lembrando que esta máquina é responsável por abastecer todas as injetoras da planta e a falta de insertos provoca a parada das mesmas). Foi destinado ao colaborador que realiza as trocas de molde das injetoras, que deixe os ferramentais necessários para o próximo setup próximo à máquina de pintura e leve os já utilizados após uso. Foi designada ao motorista de empilhadeira da planta a responsabilidade de enviar as embalagens prontas com peças para o lugar de destino além de trazer os insertos a serem utilizados na sequencia da programação.

Foi disposta uma pequena bancada ao lado da máquina do estudo em questão com o viscosímetro e o medidor de camadas (já que estes equipamentos são de uso exclusivo para esta máquina) além dos produtos de limpeza utilizados durante as aferições.

Em vista das repetidas paradas do colaborador para encher caixas com peças, antes disponibilizadas em cesto com todo o lote a ser pintado, as peças foram destinadas já em caixas, a priori para testes, uma vez que a quantia de caixas necessárias era maior do que havia disponível na planta, à operação anterior para acondicionar as peças já nas embalagens corretas ao uso. Com as melhorias já dispostas, segue abaixo as médias de tempos registradas para o setup.

Tabela 2 – Coleta de tempos e distância percorrida por setup (Condição Inicial)

Descrição setup (montagem)	**Tempo (min)**	**Distância percorrida (m)**
Tirar o ferramental anterior	01:02	
Verificar Instrução da nova peça	01:44	
Inserir novo ferramental na máquina	01:25	
Tempo total	04:11	
Descrição setup (preparo)	**Tempo (min)**	**Distância percorrida (m)**

Medir lado esquerdo e corrigir, se necessário	02:30	
Levar, limpar equipamentos de medição, guardar e voltar	00:31	4
Medir lado direito e corrigir, se necessário	02:23	
Levar, limpar equipamentos de medição, guardar e voltar	00:34	4
Alinhar pistolas de pintura	07:30	
Testes / ajustes	05:18	
Check geral / anotações	02:01	
Tempo total	20:47	

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

A tabela 2 se baseou em todo o deslocamento feito pelo colaborador de acordo com o novo layout apresentado na ilustração 5.

Ilustração 5 – Processo de *setup* (Condição Inicial)



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Após a implementação das melhorias, constatou-se que o tempo médio para o setup foi de 24:58 minutos enquanto a distância percorrida pelo colaborador foi de apenas 8 metros uma vez que ele terá todos os seus dispositivos ao redor de sua máquina.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As melhorias impostas na padronização de trabalho, na eliminação de desperdícios e ergonomia (melhorando as condições físicas de trabalho para o colaborador) baseados na filosofia *Lean Manufacturing* se mostraram muito eficientes com ganhos de alta relevância.

Conforme resultados obtidos, o tempo de setup caiu 39% em detrimento das ações tomadas. Considerando 4 setups ao dia em 22 dias trabalhados ao mês, este ganho corresponde a 23,6h ao mês.

Contudo, como sugestão de melhoria, seria interessante a Empresa X investir na aquisição de um viscosímetro adaptado aos tanques de adesivos com informações instantâneas as quais evitaria a perda de tempo na aferição e correção quando necessário, dentre outras. Sempre haverá algo que ainda possa ser melhorado.

REFERÊNCIAS

HOEFTS, S. **Histórias do Meu Sensei**: **Duas Décadas de Aprendizado Implementando os Princípios do Sistema Toyota de Produção.** 1. ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 2013.

LIKER, J. K., HOSEUS, M. **A Cultura Toyota: A Alma do Modelo Toyota.** 1. ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 2009.

LIKER, J. K. **O Modelo Toyota: 14 Princípios de Gestão do Maior Fabricante do Mundo.** 1. ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 2005.

MORGAN, J. M., LIKER, J. K. **Sistema Toyota de Desenvolvimento do Produto.** 1. ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 2008.

WOMACK, J. P., JONES, D. T. **A Mentalidade Enxuta nas Empresas Lean Thinking.** 6. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004

YOSHIHARA, E. **FMDS da Toyota** 1. ed. São Paulo: Clube de Autores, 2021.