



## **Aplicação da metodologia Lean Manufacturing em uma célula de produção de cilindros para locomotivas**

Carla Cristina Vieira da Costa <sup>1</sup>  
Deborah Couto Perrou do Nascimento<sup>1</sup>

Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix (CEUNIH)

### **Resumo**

A aplicação dos conceitos sobre Lean Manufacturing tem ganhado cada vez mais espaço em âmbito social e comercial e está sendo aplicado continuamente em diversas áreas, não sendo de uso exclusivo somente da indústria automobilística. O presente trabalho tratou-se de um estudo de caso e teve como objetivo a aplicação da metodologia Lean Manufacturing e a apresentação de melhorias na gestão de uma linha de manutenção e reparação de cilindros, de forma a aumentar sua eficiência. O trabalho foi desenvolvido em duas etapas: na primeira etapa foi realizada a pesquisa bibliográfica relacionada ao tema em questão e na segunda etapa foi realizado o estudo de caso e a aplicação da metodologia Lean em uma empresa localizada na cidade de Belo Horizonte/MG.

**Palavras chave:** Lean Manufacturing. Desperdícios. Produção enxuta.

### **1 Introdução**

A Produção Enxuta surgiu no Japão, criado por Taiichi Ohno, pós segunda guerra mundial devido à necessidade dos japoneses de recuperar o país com poucos recursos. Após uma visita à Ford, que utilizava o sistema de produção em massa, chegou-se a conclusão que copiar ou melhorar o sistema da Ford era inviável, seria necessário criar um novo sistema de produção.

A partir daí criou-se o Sistema de Produção Enxuta, também conhecido como Lean Manufacturing ou Sistema Toyota de Produção (OHNO, 1997).

---

<sup>1</sup>Graduadas em Engenharia de Produção. carlacv.morena@gmail.com – deborahcph@gmail.com



O grande desafio das empresas no mercado atual é atender aos clientes que estão buscando produtos de alta qualidade, com preço baixo e entrega rápida. Para alcançar o desejo dos clientes, as indústrias buscam aplicar ferramentas que possibilitem alternativas que reduzem custos, desperdícios de tempo, mão de obra e matéria prima, visando eliminar o que não agrega valor ao produto, aumentando assim sua qualidade e produtividade. Para Dennis (2008, p.31): “A produção Lean representa fazer mais com menos - menos tempo, menos espaço, menos esforço humano, menos maquinaria, menos material e, ao mesmo tempo, dar aos clientes o que eles querem”.

Nesse trabalho pretende-se mostrar os benefícios obtidos pela aplicação dos conceitos de Lean Manufacturing na empresa Alfa (nome fictício) que possui unidades em 30 países, considerada de grande porte com efetivo global de 18.000 funcionários. Uma das filiais no Brasil fundada em 2009 está localizada no bairro Horto, na cidade de Belo Horizonte/MG com efetivo de 47 funcionários, onde será realizado o estudo para aplicação do Lean. Essa unidade é especializada no mercado ferroviário e atende as empresas do mercado sul americano no fornecimento de peças para locomotivas e vagões e na reparação de componentes que integram, principalmente, o sistema de freio.

O objetivo geral deste artigo é apresentar um estudo em uma linha de reparação e manutenção de cilindros e demonstrar os benefícios obtidos com a aplicação dos conceitos de Lean Manufacturing.

## **2 Lean Manufacturing**

O Lean Manufacturing é uma filosofia de gestão que consiste em aumentar a produção com a menor quantidade de recursos possíveis. Também chamado de produção enxuta ou produção puxada, porque a ordem de fabricação é liberada conforme a demanda solicitada. O conceito tem como características a eliminação de desperdícios e a adoção de estoques mínimos (OHNO,1997).

Para Slack, Chambers e Johnston (2002) definem desperdício como qualquer atividade que consome recursos, mas não cria valor para o cliente.



A produção enxuta visa aumentar a taxa que agrega valor com as eliminações das perdas/desperdícios. De acordo com Ohno (1997) e Shingo (1996) para eliminar as perdas faz-se necessária a identificação dos sete tipos de desperdícios, que são:

- a) **Superprodução:** fazer antes ou mais produtos do que o necessário.
- b) **Espera:** pode ocorrer durante a espera de um lote quando o lote precedente é processado, inspecionado ou transportado.
- c) **Transporte:** movimento desnecessário de materiais ou produtos; mudanças nas suas posições.
- d) **Processamento:** atividades desnecessárias durante o processamento para atribuir características de qualidade que não são exigidas pelo cliente.
- e) **Estoque:** existência de níveis excessivos de materiais no almoxarifado, de produtos acabados e componentes entre processos.
- f) **Movimento:** realização de movimentos desnecessários por parte dos trabalhadores durante a execução de suas atividades.
- g) **Retrabalho:** correção de algum produto defeituoso da produção.

Assim, segundo Antunes (2008), as perdas por superprodução, transporte, processamento, estoque e retrabalhos estão relacionadas à função processo, de modo que visam controlar o fluxo do objeto de trabalho no tempo e espaço. Quanto às perdas por espera e movimentação se relacionam a função operação, pois estão focadas na análise do sujeito de trabalho (pessoas e equipamentos).

A implantação do Lean pode proporcionar alguns benefícios, tais como: melhor atendimento ao cliente; aumento da produtividade; inovação; resíduos reduzidos; qualidade do produto; otimização de tempo. De acordo com Saurin, Ribeiro e Marodin (2010) foram identificadas algumas dificuldades relacionadas à implantação da produção enxuta em empresas, como seguem: dificuldade de adaptar conceitos e práticas; resistência das pessoas às mudanças; falta de foco; dificuldade de quantificar



ganhos financeiros; falta de recursos humanos; falta de comprometimento da alta direção; insucesso de iniciativas passadas e falta de recursos financeiros.

## 2.1 Ferramentas e práticas aplicadas na Produção Enxuta

Com base no contexto apresentado, este tópico aborda as principais práticas e ferramentas do Sistema de Produção Enxuta conforme a literatura encontrada. De acordo com Dennis (2008, p.44): “as ferramentas da casa de produção Lean são inter-relacionadas, se apóiam mutuamente e estão baseadas no mesmo jeito de pensar”. Esse mesmo autor interpreta a casa de produção Lean como estabilidade e padronização. As paredes são a entrega de peças e produtos **just-in-time e jidoka**, a meta (o telhado) do sistema é o **foco no cliente**: entregar a mais alta qualidade para o cliente ao mais baixo custo, no lead time mais curto. O coração do sistema é o **envolvimento**: membros de equipe flexíveis e motivados, constantemente a procura de uma forma melhor de fazer as coisas.

Segundo Liker (2005), o equilíbrio que compõe o alicerce da casa, se faz necessário na medida em que o processo passa a operar sem excessos, o que resulta em uma instabilidade imediata, de acordo em que os problemas ocorrem o processo é interrompido devido a não existência de estoques. Este efeito passa a criar um senso de urgência para a resolução de problemas. A construção e aplicação dos propósitos e conceitos da mentalidade enxuta nas empresas têm sido feita por meio da aplicação de diversas práticas, técnicas e ferramentas. A seguir, estão apresentadas brevemente cada uma das ferramentas que serão utilizadas neste estudo:

### 2.1.1 Mapeamento do fluxo de valor

O mapeamento do fluxo de valor é a ferramenta que ajuda a entender a real situação e a identificar oportunidade de melhoria no processo (DENNIS, 2008). Para os autores Rother e Shook (2003) o mapeamento do fluxo de valor (VSM) é uma ferramenta que auxilia a enxergar todo fluxo de produção, mostrando todas as etapas e informações



necessárias para a execução dos processos. Os autores afirmam que para elaborar um mapeamento do fluxo de valor é preciso seguir a trilha da produção, desde a concepção ao lançamento do produto, do pedido até a entrega, da matéria prima ao consumidor.

Assim como outras boas ferramentas de visualização, o mapeamento de fluxo de valor serve como uma ferramenta eficaz para a comunicação, colaboração e até mesmo mudança de cultura. Os tomadores de decisão podem visualizar claramente o estado atual do processo e onde os desperdícios estão ocorrendo. Eles podem identificar problemas como atrasos de processo, o tempo de inatividade excessivo, dificuldades e problemas de inventário. E com o estado futuro e/ou estado ideal do mapeamento do fluxo de valor, eles podem ver exatamente como melhorar.

Percebem-se inúmeras vantagens ao realizar o mapeamento do fluxo de valor, entre elas:

- a) É a base para o plano de implantação do Lean Manufacturing;
- b) Contribui para identificar fontes de desperdícios;
- c) Facilita na tomada de decisões;
- d) Possibilita visualizar a relação entre o fluxo de informação e fluxo de material.

### 2.1.2 Takt time

*Takt* uma palavra alemã, que significa ritmo ou compasso, e *time* de origem inglesa que significa tempo (LIKER,2005). O autor define o *takt time* como o ritmo em que um determinado fluxo deve produzir. Este ritmo dita a velocidade com que o fluxo contínuo deve funcionar, e pode ser calculado com a seguinte equação:

$$\text{Takt time} = \frac{\text{tempo de trabalho disponível}}{\text{demanda do cliente}}$$

Para Dennis (2008), o *takt time* mostra qual deve ser a frequência da produção para que se consiga atender à demanda, além de permitir que o processo seja acompanhado de



forma mais eficiente. Se um processo que foi desenvolvido para conseguir produzir de acordo com o *takt time* estiver produzindo com uma frequência maior ou menor, este processo deve estar tendo algum problema e precisa de alguma melhoria.

### 2.1.3 Layout celular

Projetar um arranjo físico é definir onde colocar todas as máquinas, pessoas, instalações e equipamentos. O arranjo físico determina a maneira pela qual os recursos transformados-materiais, informação e clientes-fluem através da operação. Dennis (2008) define uma célula de produção como um layout celular onde as máquinas de produção estão posicionadas lado a lado com as etapas de processamento acontecendo imediatamente uma após a outra, de modo que as peças possam movimentar em um fluxo contínuo, havendo um mínimo de estoque entre as máquinas, e idealmente uma peça é processada por vez.

O layout celular apresenta algumas vantagens como: menos estoques de produtos em processo; menores custos de movimentação de materiais; menores lead times de produção; planejamento da produção mais simplificado; menos trocas de ferramentas (menores tempos de preparação). Mas também apresenta algumas desvantagens resultantes da utilização em um processo produtivo, que são: alto custo para reconfigurar o arranjo físico; redução da flexibilidade do sistema de manufatura; maior ocorrência de máquinas paradas; maior necessidade de capacidade (quantidade de equipamentos) em relação a outros layouts (CORRÊA; GIANESI, 2013).

Para que as células sejam viáveis econômica e operacionalmente a longo prazo, é necessário que as máquinas sejam agrupadas de maneira bem próxima, que as células sejam flexíveis em relação ao mix de capacidade e que os funcionários sejam flexíveis e polivalentes, para operar várias máquinas próximas e substituir operadores ausentes (CORRÊA; GIANESI, 2013, p.75).

Para Slack, Chambers e Johnston (2002), o layout celular é aquele que os recursos transformados são pré- selecionados para movimentar-se por uma célula, que é local onde todos os recursos transformadores necessários estarão presentes.



#### 2.1.4 Diagrama de Espaguete

Segundo Deguirmendjiam (2016), o diagrama de espaguete possibilita analisar as movimentações e identificar as interrupções nos processos de maneira simples, propiciando a proposição de melhorias que possam aumentar a produtividade dos serviços e promover a redução de desperdícios provenientes de movimentações desnecessárias.

Ele consiste em um emaranhado de linhas traçadas, geralmente em uma planta no formato A3. As linhas representam toda trajetória percorrida por um funcionário em uma empresa durante a execução de tarefas de um determinado processo. Quanto maior o número de linhas, mais tempo se perde e, logo, menos eficiente é a área estudada. Por meio da redução da distância percorrida por um funcionário, tem-se um melhor aproveitamento do tempo gasto entre as diferentes etapas do processo. Dessa forma, é possível fazer uma organização de layout ideal e mais otimizado para uma empresa.

### 3 Metodologia

Esta pesquisa foi realizada por meio de um estudo de caso em uma empresa de Belo Horizonte/MG, que realiza manutenção e reparação de cilindros e tem o objetivo de melhorar a eficiência e eliminar desperdícios de produção. A pesquisa é classificada como descritiva, coletou-se dados que foram registrados, analisados, classificados, interpretados e não houve interferência do pesquisador (ANDRADE, 2002).

Foram realizados estudos bibliográficos no período de fevereiro a março de 2019 sobre os temas abordados neste estudo de caso, sendo estruturados com base em materiais já produzidos, como livros e artigos científicos. O universo do estudo de caso foi composto por três mecânicos da linha de produção de cilindros, um supervisor de produção, um gerente e uma assistente de QSMS (qualidade, segurança, meio ambiente e saúde) da empresa de manutenção e reparação, totalizando seis funcionários.



Um dos métodos utilizados na coleta de dados foi a observação participante, pois uma das autoras da pesquisa trabalha na empresa e, com auxílio de um formulário (anexo A), observou todo o processo. Também foi realizada uma entrevista com os funcionários para identificar os desperdícios de produção, de acordo com um roteiro pré-definido (anexo B). Por fim, realizou-se uma análise documental das instruções de trabalho, que serviu como base para ouvir e orientar os funcionários participantes que ajudaram a aplicar as melhorias no processo.

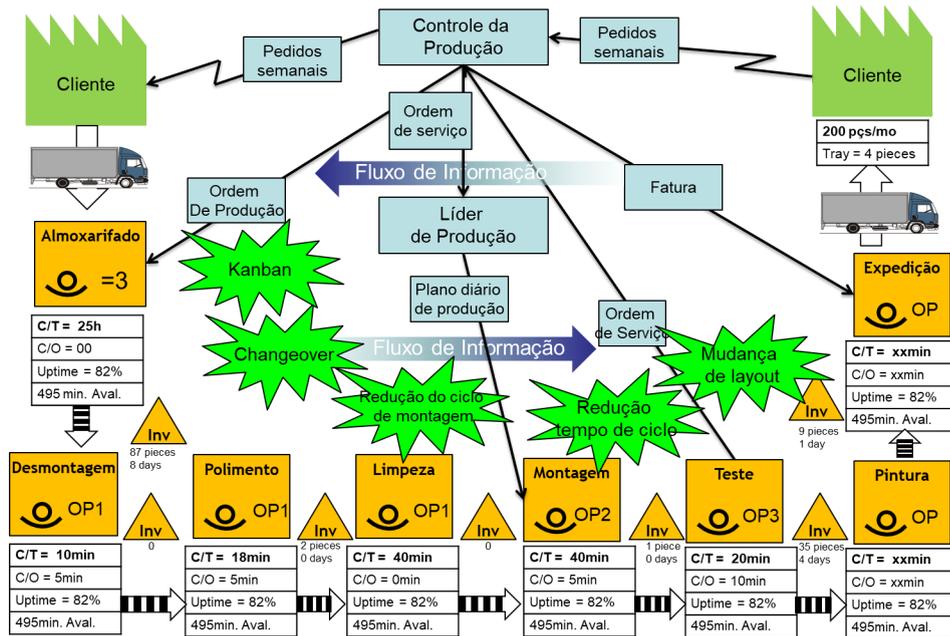
O autor Ganga (2012) classifica esta pesquisa como uma pesquisa híbrida, sendo caracterizada tanto como quantitativa quanto qualitativa. É quantitativa no sentido de descrever e caracterizar quantitativamente os dados obtidos num determinado período de tempo. E qualitativa por visar a obtenção de informações segundo a visão do indivíduo, bem como de coletar evidências que possibilitem interpretar o ambiente em que o problema ocorre.

#### **4 Resultados e discussão**

Na primeira etapa do estudo de caso, utilizou-se a ferramenta VSM (mapeamento de fluxo de valor), para entender a real situação da produção. Na figura 1 podemos verificar a situação atual da linha de cilindros.

**Figura 1.** VSM (mapeamento de fluxo de valor) atual

VSM LINHA DE CILINDROS, ESTADO ATUAL



Fonte: Empresa Alfa, (2018).

Onde o fluxo da peça inicia no almoarifado, que abastece a produção e após é realizado o teste, sendo a última etapa da produção. Após os testes, a peça pronta é enviada para a pintura, expedição e posteriormente para o cliente.

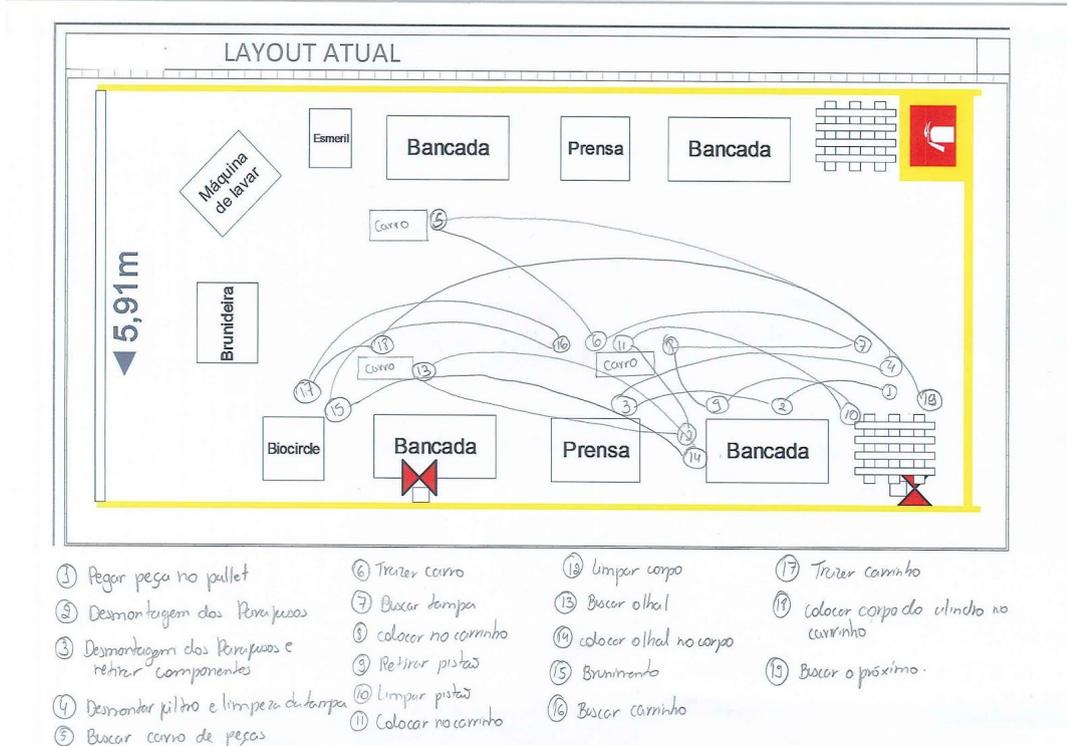
O fluxo de informação se inicia quando a demanda é recebida do cliente, ao receber a demanda, o setor de planejamento da produção emite uma ordem de serviço para o almoarifado e para o líder iniciar a produção.

Após essa análise, verificou que na produção existem três desperdícios, que são:

- Movimentação;
- Espera;
- Transporte.

Para o desperdício de movimentação foi observado que o operador 1, que realiza a desmontagem, faz movimentos desnecessários para buscar ferramentas em outras bancadas, conforme figura 2.

**Figura 2.** Layout atual

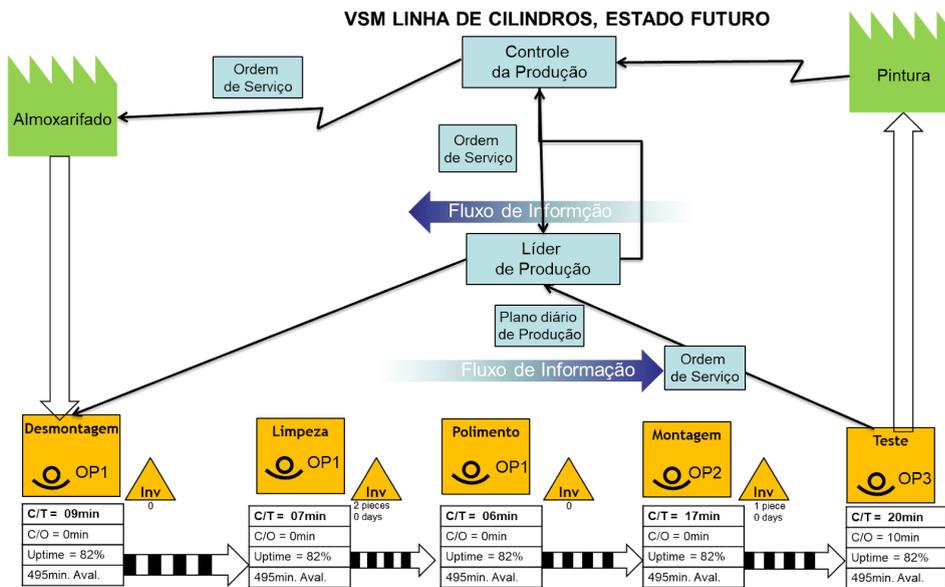


**Fonte:** Empresa Alfa, (2018).

O desperdício de espera acontece quando o operador 3 que realiza o teste do cilindro, fica ocioso, pois o processo de montagem é demorado. O desperdício de transporte ocorre quando o operador 2 se desloca até o almoxarifado, para buscar peças faltantes para realizar a montagem do cilindro.

Foi desenhado um novo VSM (mapeamento de fluxo de valor), onde foram retirados os estoques em processo, pois não agregava valor. Os tempos do processo foram modificados, ocorrendo melhorias e eliminando o desperdício de espera, apresentado na figura 3.

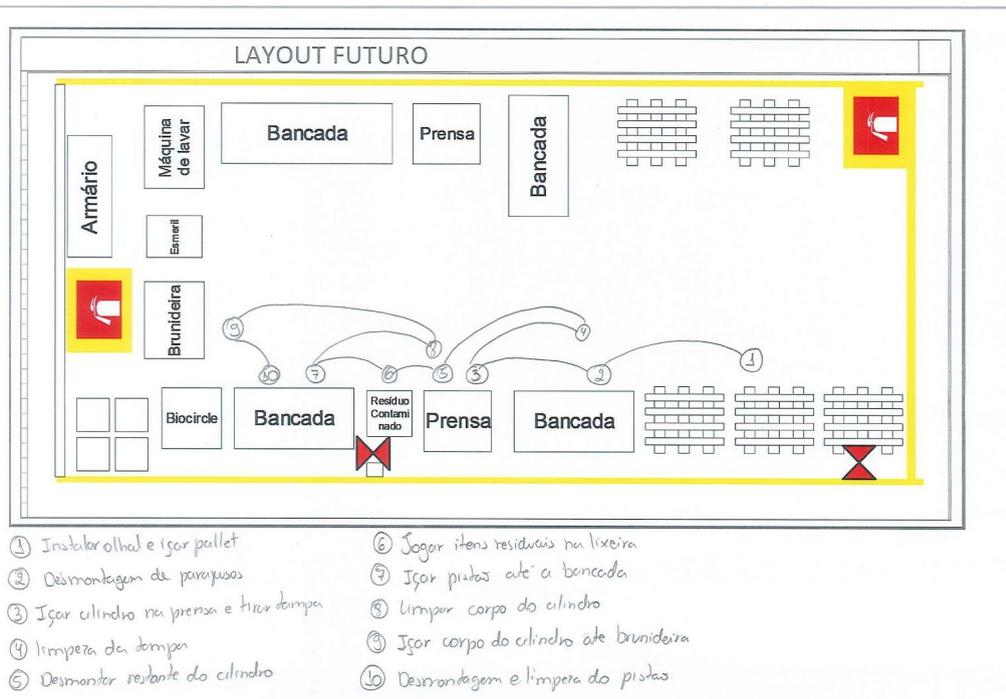
**Figura 3.** VSM (mapeamento de fluxo de valor) futuro



Fonte: Empresa Alfa, (2019).

O layout celular atual foi modificado para eliminar o desperdício de movimentação e deixando assim o ambiente mais organizado, figura 4.

**Figura 4.** Layout futuro



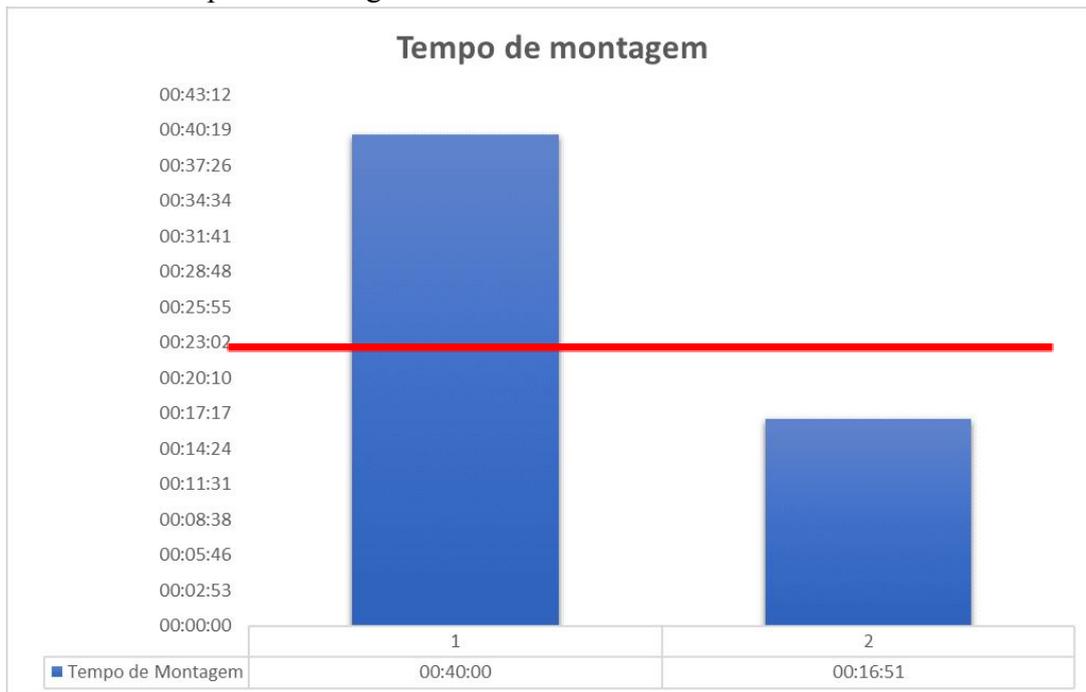
Fonte: Empresa Alfa, (2019)



Na etapa de montagem, onde o tempo de ciclo era de 40 minutos, houve melhoria, o tempo diminuiu para 17 minutos, tendo uma redução de 57,5%, ficando dentro do takt time da linha, que é de 23 minutos. Conforme gráfico 1 abaixo.

O gargalo que era no processo de montagem, passou a ser no processo de teste, conforme o VSM (mapeamento de fluxo de valor) futuro, apresentado na figura 3.

**Gráfico 1.** Tempo de montagem



**Fonte:** Elaborado pelas autoras, (2019).

Após a aplicação das ferramentas do Lean Manufacturing, a eficiência média, que era de 65%, tendo dezembro/18 o menor resultado com 24%, ganhou um aumento chegando a 95%, conforme gráfico 2.

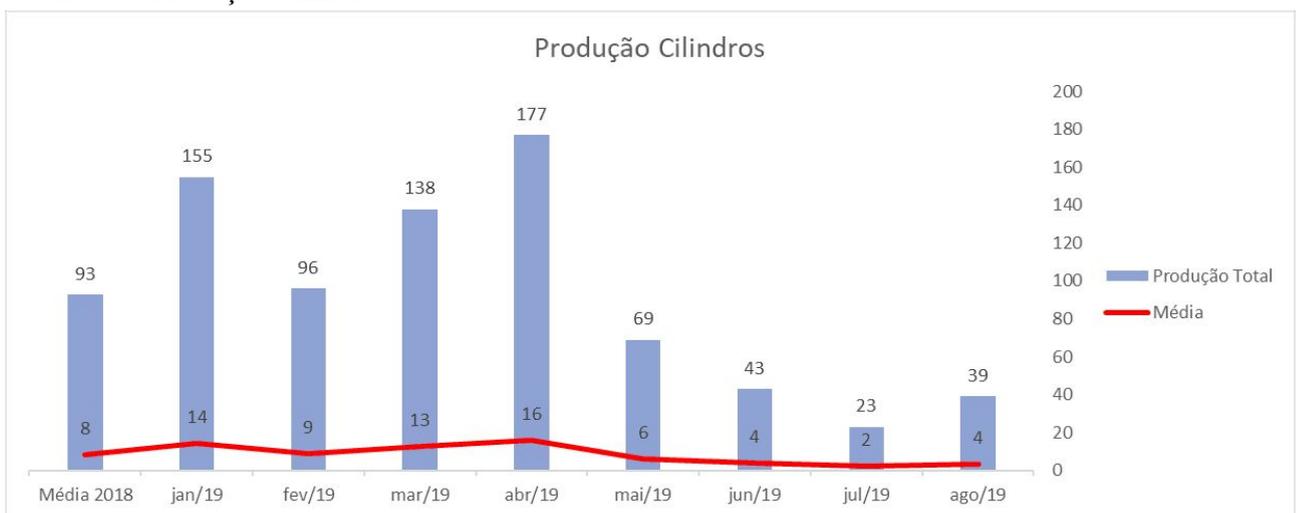
**Gráfico 2.** Eficiência linha de cilindros



**Fonte:** Elaborado pelas autoras, (2019).

A média da produção diária em 2018 foram 8 peças. Após a implementação do Lean, essa média aumentou nos meses seguintes, chegando a produção diária a 16 peças no mês de abril de 2019, conforme gráfico 3. Para cálculo da média, devem ser considerados 11 dias, pois a mão de obra é compartilhada com outra linha de produção. Em janeiro de 2019, houve o rompimento da barragem de Brumadinho/MG. Isso causou interrupção das operações da empresa que realiza a extração nas minas da região onde o cliente atende, dessa forma, a demanda de cilindros caiu significativamente a partir de maio de 2019.

**Gráfico 3.** Produção cilindros



**Fonte:** Elaborado pelas autoras, (2019).

## 5 Conclusão



A necessidade de sistemas de gestão produtiva vem se intensificando nas últimas décadas em decorrência do aumento na competitividade empresarial. Para que as empresas sobrevivam em um mercado competitivo, é necessário constantemente a busca pelo aperfeiçoamento nos processos produtivos para alcançar produtos de qualidade com bons preços, sem perder a lucratividade essencial para a sobrevivência do negócio.

Ao implementar um sistema Lean na empresa o processo de identificar desperdícios e propor ações podem ser facilitados, pois a utilização de ferramentas para solucionar os problemas identificados traz um direcionamento para escolher a melhor solução. O projeto proporcionou ganhos significativos para empresa em velocidade, qualidade e organização, sem ser necessário realizar investimentos, sendo propostas ações de melhorias.

A partir da revisão da literatura e do estudo de caso apresentado, pode-se alcançar o objetivo geral proposto neste trabalho, que foi apresentar os benefícios do uso das ferramentas do Lean Manufacturing. Observa-se o aumento da produção e da eficiência da linha de cilindros, atendendo a demanda solicitada pelo cliente, além de alcançar o takt time da linha de produção. Houve melhoria no tempo de ciclo do gargalo que era o processo de desmontagem.

Por meio da análise dos dados coletados, propõe-se para a empresa que a seja realizado um estudo para melhorar o tempo de ciclo no processo de teste, pois se tornou o novo gargalo da produção de cilindros. Assim efetivando a cultura de melhoria continua na empresa.

A aplicação prática do Lean pode ser melhor explorada em estudos futuros, bem como a concretização da melhoria proposta e a utilização conjunta de outras ferramentas Lean em projeto de continuidade.



## ***Application of Lean Manufacturing methodology in a locomotive cylinder production cell***

### ***Abstract***

*The application of the concepts about Lean Manufacturing has been gaining more space in social and commercial scope and is being applied continuously in several areas, not being of exclusive use of the automobile industry. The present work was a case study and aimed to apply the Lean Manufacturing methodology and to present improvements in the management of a cylinder maintenance and repair line, in order to increase its efficiency. The work was developed in two stages: in the first stage the bibliographic research related to the theme in question was performed and in the second stage the case study and the application of the Lean methodology in a company located in the city of Belo Horizonte / MG.*

***Keywords:*** *Lean Manufacturing. Waste. Lean production.*

### **Referências**

ANDRADE, M. **Como preparar trabalhos para cursos de pós-graduação: noções práticas.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

ANTUNES, J. **Sistemas de Produção: conceitos e práticas para o projeto e gestão da produção enxuta.** Porto Alegre: Bookman, 2008.

CORRÊA, H.; GIANESI, I. **Just in time, MRP II e OPT: um enfoque estratégico.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2013.

DEGUIRMENDJIAN, S. C. **Lean healthcare: aplicação do diagrama de espaguete em uma unidade de emergência.** Dissertação (Mestre em Ciências da Saúde) - Programa de Pós-Graduação em Enfermagem, Universidade Federal de São Carlos, 2016. Disponível em:

[https://scholar.google.com.br/scholar?hl=ptBR&as\\_sdt=0%2C5&q=DEGUIRMENDJIAN%2C+S.+C.+Lean+healthcare%3A+aplica%C3%A7%C3%A3o+do+diagrama+de+espaguete+em+uma+unidade+de+emerg%C3%Aancia.+S%C3%A3o+Carlos%2C+2016.&btnG=&lr=lang\\_pt](https://scholar.google.com.br/scholar?hl=ptBR&as_sdt=0%2C5&q=DEGUIRMENDJIAN%2C+S.+C.+Lean+healthcare%3A+aplica%C3%A7%C3%A3o+do+diagrama+de+espaguete+em+uma+unidade+de+emerg%C3%Aancia.+S%C3%A3o+Carlos%2C+2016.&btnG=&lr=lang_pt). Acesso em: 16 set. 2019.

DENNIS, P. **Produção Lean Simplificada.** 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

GANGA, G. M. **Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) na engenharia de produção: um guia prático de conteúdo e forma.** São Paulo: Atlas, 2012.

LIKER, J. K. **O Modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo.** Porto Alegre: Bookman, 2005.

OHNO, T. **Sistema Toyota de Produção.** Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.



ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar**: mapeandoo fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. São Paulo: Lean Institute, 2003.

SAURIN, T. A.; RIBEIRO, J. L. D.; MARODIN, G. A. Identificação de oportunidades de pesquisa a partir de um levantamento da implantação da produção enxuta em empresas do Brasil e do exterior. **Revista Gestão & Produção**, São Carlos, v. 17, n. 4, 2010.

Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104530X2010000400015&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104530X2010000400015&script=sci_abstract&tlng=pt). Acesso em: 19 abr. 2019.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de produção do ponto de vista da Engenharia de Produção**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

## Anexo A

LOGO

NOME:

FORMULÁRIO DE OBSERVAÇÃO - LEAN  
MANUFACTURING



**PROJETO:** \_\_\_\_\_

**DATA:** \_\_\_\_\_

*Desperdícios:*

*Superprodução, Espera, Transporte, Processamento, Estoque, Movimento e Retrabalho*

#	DESPERDÍCIO	DESCRIÇÃO
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		



## Anexo B

LOGO

## FORMULÁRIO DE ENTREVISTA - LEAN MANUFACTURING

NOME DO  
ENTREVISTADO:

\_\_\_\_\_

PROJETO:

\_\_\_\_\_

DATA:

\_\_\_\_\_

#	PERGUNTA	RESPOSTA
1	O processo que você executa hoje é a satisfatório? Por quê?	
2	O que você mudaria no processo? Por quê?	
3	Quais melhorias precisam ser realizadas?	