

OS BENEFÍCIOS E DESAFIOS NA APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DO *LEAN PRODUCTION* EM UMA INDÚSTRIA DE EQUIPAMENTOS HIDRÁULICOS: UM ESTUDO DE CASO

THE BENEFITS AND CHALLENGES IN THE APPLICATION OF LEAN PRODUCTION PRINCIPLES IN A HYDRAULIC EQUIPMENT INDUSTRY: A CASE STUDY

Ananda Caroline de Miranda Dante*E-mail: dante.ananda@gmail.com

Vanessa de Cillos Silva*E-mail: va.csilva@hotmail.com

Fabício José Piacente**E-mail: fjpiacente@yahoo.com.br

*CEETEPS – Fatec Piracicaba, Piracicaba/SP

**CEETEPS – Programa de Mestrado em Sistemas Produtivos, São Paulo/SP

Resumo: O objetivo desse artigo é mostrar os benefícios e desafios encontrados ao adotar o sistema *Lean Production*. A metodologia utilizada foi pesquisa bibliográfica seguida de um estudo de caso. A pesquisa de campo consistiu de um estudo de caso em uma indústria de equipamentos hidráulicos de capital americano situada na região de Campinas/SP. Nesse estudo foram registradas as mudanças efetivadas de acordo com os princípios do *Lean Production*, com os objetivos de aumento de produtividade, redução de defeitos e reestruturação de processos logísticos. Posteriormente, foi realizada a análise dos resultados obtidos por meio de gráficos comparativos mensais de volume de produção e controle de qualidade, que abrangeram desde a concepção do projeto até a sua conclusão. No geral, foi verificado um resultado positivo, que atendeu as expectativas previamente estabelecidas. Constatou-se um aumento significativo de 49,39% nos níveis de eficiência da linha de montagem objeto deste estudo, além de melhorias nos processos de áreas suporte, como qualidade e logística.

Palavras-chave: *Lean Production*. Qualidade. Administração. Produtividade. Sistema Toyota.

Abstract: This main objective is present which are the most benefits and challenges found applying the Lean Production System. The methodology applied was literature review and field research. The case study was done in the US firm producing hydraulic equipment, located in the region of Campinas/SP, where were registered effective changes according to Lean Production principles seeking productivity increase, defects reduction and restructuring of logistics processes. Subsequently were analyzed the results obtained by monthly quantitative charts of production volume and quality control covering from the conception to the conclusion of the project, getting a positive evaluation, meeting previous expectations after a significant increase in the efficiency level of the assembly line of this case study. In addition to the effective productivity increase of 49.39%, were developed improvements in processes of support areas, as quality and logistics.

Keywords: Lean Production. Quality. Administration. Productivity. Toyota System.

1 INTRODUÇÃO

Lean Production é a versão em inglês para o termo Produção Enxuta, atribuído por Womack e Jones (1992) para o que até então era conhecido como Sistema Toyota

de Produção (STP).

Enfraquecida pela guerra, a Indústria Japonesa teve que buscar novas formas de produzir, uma vez que não havia a abundância de recursos necessária para a efetivação da produção em massa, a mais utilizada na época. A Toyota Motor Company foi pioneira em desenvolver técnicas e ferramentas que “enxugassem” o sistema produtivo de tal forma que as fontes de desperdício fossem mapeadas e eliminadas (WOMACK e JONES, 2003).

Até então as empresas estabeleciam o seu preço com base na equação: $\text{Custo} + \text{Margem de Lucro} = \text{Preço}$ e os aumentos eram repassados diretamente ao consumidor. Atualmente, a competitividade mudou a concepção original, o lucro passou a ser determinado pela diferença entre o preço (fixado pelo mercado) e o custo total fabril. Assim, as ações adotadas com objetivo de maximizar o lucro estão focadas na redução de custos, baseadas nos princípios de eliminação de desperdícios contidos no sistema *Lean Production* (DENNIS, 2008).

Dessa forma, trabalhar na redução de custos é um fator não somente de estratégia, mas de sobrevivência para as empresas que desejam manter seus lucros sem lançar mão de aumento nos preços, o que pode comprometer a sua participação no mercado.

Atualmente, o sistema *Lean Production* não se restringe mais ao setor automobilístico. Foi amplamente reproduzido por diversos segmentos, elevando a sua abrangência para vários tipos de produtos e serviços (LEAN INSTITUTE, 2017).

O propósito desse artigo, que foi elaborado por meio de pesquisa bibliográfica e de um estudo de campo, consiste em conceituar e apresentar o Sistema *Lean Production*; realizar o acompanhamento de sua implementação e analisar os resultados obtidos em uma empresa de capital americano situada na região de Campinas/SP, que atua na fabricação de equipamentos hidráulicos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O sistema *lean* de produção

Em 1950, tanto o Japão quanto a empresa Toyota Motor Company, estavam passando por um momento de crise. Em busca de uma solução para a baixa

produtividade da empresa fundada por sua família, o jovem engenheiro Eiji Toyoda viajou para Detroit nos Estados Unidos para visitar a fábrica Rouge da Ford, que na época era o complexo manufatureiro mais eficiente do mundo. Voltando para casa, Eiji e seu braço direito na engenharia de Produção conhecido como Taiichi Ohno chegaram à conclusão de que a produção em massa não funcionaria no Japão, entretanto existiam inúmeras possibilidades de melhoria no sistema de produção vigente na época (DENNIS, 2008).

De acordo com Lustosa *et al.* (2008), o mercado Japonês possuía um perfil diferente das empresas que adotavam o sistema Fordista de produção em massa. Isso gerou a necessidade da concepção de um novo modelo de produção que se adequasse as necessidades do país, na época com um mercado pequeno e carente de variedades e diversificação.

Santos *et al.* (2009), definem o sistema *Lean Production* como a sistemática de eliminação de desperdícios. Não restrito apenas às atividades de produção, onde se popularizou, podendo ser aplicável também às atividades administrativas e de engenharia.

Silva *et al.* (2017) estudou o aumento do desempenho do processo produtivo com a eliminação dos gargalos pela aplicação da Teoria das Restrições e das diretrizes dos seus cinco passos de focalização em uma indústria de colchões. Os resultados encontrados relacionam-se com a identificação dos gargalos, noção do processo gargalo e sua eliminação. No geral, a implementação das mudanças propostas resultou em ganhos significativos de produtividade, melhorando-se assim a performance da unidade fabril.

Esse sistema tem como objetivo fornecer a melhor qualidade, o menor custo e o *lead time* mais curto por meio da erradicação do desperdício. O termo *Lean* (ou produção enxuta) teve origem a partir de um estudo que foi realizado por pesquisadores do Massachusetts Institute of Technology (MIT), resultando na publicação do livro “A máquina que mudou o mundo”. Os pesquisadores concluíram que o sistema de produção utilizado pela Toyota era muito mais eficaz que o sistema de produção em massa utilizado na época (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2017).

Na literatura existem diversas maneiras distintas de se referir ao sistema de produção desenvolvido pela Toyota, entre os mais comuns estão: Sistema Toyota de Produção (STP); *Lean Production*; *Lean Manufacturing*; e Sistema de Produção

Enxuta, todos são sinônimos, fazendo referência ao mesmo assunto. Este artigo optou pela expressão *Lean Production*, a fim de padronizar a referência ao objeto principal do estudo.

Em estudo de cientometria, realizado por Hoffmann *et al.* (2018), concluiu-se que as publicações sobre Manufatura Enxuta e Produção mais Limpa estão em crescimento no cenário nacional. Porém, há uma grande lacuna em relação a publicações em que se destacam a utilização em conjunto desses dois sistemas de produção, identificando um campo de pesquisa para futuros trabalhos científicos.

Quando comparado ao sistema de produção em massa, o sistema *Lean Production* se sobressaía. Womack e Jones (1992), visitaram duas fábricas distintas e fizeram observações quanto a produtividade e eficiência em cada uma delas. A primeira fábrica a ser visitada foi a GM de Framingham em Massachussetts. Depois viajaram para o Japão para visitar a fábrica da Toyota em Takaoka. Após uma análise comparativa, eles concluíram que a empresa japonesa tinha vantagens em relação a americana em vários aspectos.

Para a época, Takaoka mostrava um avanço significativo em várias dimensões. O trabalho era reduzido à metade, os defeitos eram menores em um terço, e poupava-se nos quesitos de capital e mão de obra graças ao seu arranjo físico estrategicamente reduzido. Além disso, os estoques eram mínimos, pois os seus fornecedores estavam alocados a uma distância entre 8 e 16 quilômetros, enquanto que na GM os estoques eram bem mais elevados devido as longas distâncias que a separavam de seus fornecedores, cerca de 8 mil quilômetros através do pacífico (WOMACK e JONES, 1992).

Lustosa *et al.* (2008, p. 31), estabelecem que “[...] o principal objetivo da *Lean Production* é a redução do tempo entre o momento do pedido do cliente e o momento da entrega do produto/serviço para ele, obtido pelo controle e a eliminação dos desperdícios”.

Monden (1984) afirma que embora a eliminação do desperdício e a consequente redução de custos sejam a meta principal desse sistema, ele deve alcançar três outras submetas para garantir que o objetivo final seja alcançado: i) controle de qualidade – o sistema deve ter a capacidade de adaptar-se às mudanças da demanda quanto ao volume e variedade; ii) qualidade assegurada – os processos só serão supridos com unidades boas para processos subsequentes; iii) respeito à

condição humana – deve ser sempre cultivada uma vez que o sistema utiliza o recurso humano para atingir seus objetivos.

A característica principal do sistema *Lean Production* é a de que a primeira meta não pode ser obtida sem a realização das submetas e vice-versa, ou seja, essas três metas não podem existir independentemente (MONDEN 1984).

Foram identificados sete tipos de desperdícios presentes em diversos tipos de operações, seja na produção de bens ou na prestação de serviços, que devem ser eliminados nesse sistema, conforme exemplificados no Quadro 1.

Quadro 1 – Os sete tipos de desperdícios do sistema *Lean Production*

TIPO	DESCRIÇÃO
Superprodução	Produzir mais do que é necessário para o próximo processo na produção
Tempo de Espera	Montante de tempo de espera de materiais, disfarçados pelos operadores, que produzem estoque em processo - não necessário naquele momento
Transporte	A movimentação de materiais dentro da fábrica não agrega valor. Um arranjo físico mal organizado pode demandar mais tempo que o necessário para o transporte de materiais de um estágio para outro do processo
Processo	Um projeto ruim, seja de componentes, seja de manutenção, fruto de um processo mal estabelecido geram custos desnecessários
Estoque	Altos níveis de estoques devem ser eliminados através do mapeamento das suas causas
Movimentação	Muitas vezes o operador pode estar ocupado, mas seu excesso de movimentação não agrega qualquer valor ao trabalho que está sendo executado
Produtos Defeituosos	O custo para refazer uma operação ou retrabalhar um produto com defeito é uma das principais fontes de desperdícios nas empresas

Fonte: Slack, Chambers, Johnston (2009)

Pode-se observar que as fontes de desperdício são fruto de um fluxo de trabalho mal planejado ou mal executado. Isso normalmente ocorre quando não se dá a devida importância para a otimização do processo produtivo, ou quando a empresa cresce de forma desordenada e não há uma preocupação com as mudanças que deverão acompanhar tal crescimento. O pensamento enxuto prevê que cada ponto de operação possui uma fonte de desperdício em potencial, que deve ser eliminada.

Segundo Tortorella *et al.* (2017), a implementação da Manufatura Enxuta ou *Lean Manufacturing* (LM) implica mudanças fundamentais nos sistemas gerenciais das empresas e a alta administração tem um desempenho crucial no estabelecimento dessa mudança enxuta. Foram entrevistados especialistas em implementação de LM de diferentes empresas brasileiras e os resultados indicaram que, nesse contexto, a orientação do estilo de liderança ao longo do roteiro de implementação enxuta é uma das variáveis que deve ser observada.

Rampasso *et al.* (2017) realizaram um estudo procurando evidenciar quais são os parâmetros relevantes para avaliar a maturidade de células de manufatura que operam segundo a filosofia *Lean*. Para isso, foram analisados diversos artigos e uma lista foi estruturada. Pode-se concluir que entre os principais parâmetros levantados, destacam-se: ergonomia física e cognitiva e a sustentabilidade.

2.2 Produção Puxada – *Just-in-time*

Santos *et al.* (2009) definem o *just-in-time* (JIT) como sendo um princípio filosófico, em que nada é fabricado sem ser requisitado pelo cliente. Criada pelo vice-presidente da Toyota, Taiichi Ohno, e outro importante personagem da época, Shigeo Shingo, é uma filosofia resultante da aplicação de várias metodologias desenvolvidas para que em conjunto resultem na melhoria contínua e na redução de desperdícios.

Considerado uma das bases do sistema *Lean Production*, o *just-in-time* significa que as peças certas chegarão até a linha de montagem no tempo certo e na quantidade necessária. Uma empresa que estabeleça esse fluxo em todo o processo pode chegar muito próximo de possuir um inventário zero (OHNO, 1988).

Slack *et al.* (2009) são críticos sobre a extrema rigorosidade na aplicação dos princípios do *just-in-time*, pois há casos em que a adoção de estoques, mesmo que mínimos, é necessária. É comum que nas empresas existam alguns processos que não são confiáveis por completo, e é importante manter uma visão alternativa para esses casos. A própria Toyota sofreu com as suas políticas de estoques entre fábricas quando um terremoto que desencadeou um incêndio em um de seus fornecedores fez com que a produção de várias fábricas ficasse fechada por alguns dias por conta da falta de peças.

O *just-in-time* é frequentemente associado ao termo “produção puxada”, uma vez que o objetivo é fazer com que a manufatura se ajuste às necessidades da demanda, na qual o cliente é quem determina quando e em qual quantidade determinado produto será produzido. Dessa forma, o direcionador é a própria demanda, que puxa todo o ciclo produtivo, desde o recebimento de insumos até a distribuição do produto final (BERTAGLIA, 2003).

Moura (1989) conclui que *Just-in-Time* não é apenas uma espécie de sistema a ser instalado, trata-se de uma mudança no modo de vida, à despeito de ser, à primeira vista, uma metodologia complexa, ele é, na realidade uma campanha para a simplicidade.

3 METODOLOGIA

Para a realização deste artigo foram utilizados dois métodos de pesquisa: bibliográfica e de campo. Segundo Lakatos e Marconi (2003), a pesquisa de campo requer em primeiro lugar a realização de uma pesquisa bibliográfica para determinar qual é a situação atual do problema em questão, e quais são as opiniões e os trabalhos já realizados a respeito do assunto, servindo de referência para o projeto a ser realizado.

Após a revisão do material bibliográfico, teve início a pesquisa de campo em uma empresa de médio porte fabricante de equipamentos hidráulicos situada na região de Campinas/SP. A empresa foi fundada no ano de 2013 e faz parte de um grupo de capital americano que é líder mundial no setor em que atua, tendo ao todo 9 instalações exclusivamente dedicadas à montagem de mangueiras hidráulicas ao redor do mundo. As peças produzidas destinam-se a compor o produto final da organização a qual pertence. Atualmente, conta com aproximadamente 60 colaboradores, divididos entre administrativo, operacional e *staff* (segurança patrimonial, limpeza, serviços gerais, etc.).

Por se tratar de uma fábrica considerada de “baixo custo”, devido ao baixo valor agregado dos seus produtos considerados semiacabados, a necessidade de reduzir custos e evitar desperdícios é não somente uma questão estratégica, mas uma questão estratégica de sobrevivência no mercado.

Os dados coletados e analisados para essa pesquisa partiram de uma fonte primária, dos registros diários de produção e qualidade produzidos manualmente (sem a utilização de *software* específico) por funcionários da própria empresa, e tabulados em planilhas eletrônicas. O objetivo principal da pesquisa foi acompanhar e analisar comparativamente o desempenho do projeto de implantação do Sistema *Lean Production* em uma de suas linhas de produção da planta industrial.

Assim, optou-se por coletar dados referentes a produção e qualidade um mês antes do início da implantação do *Lean Production* (agosto de 2017), até o final do projeto, quando o sistema estava rodando plenamente (abril de 2018).

A implantação desse sistema constituiu-se a partir das seguintes etapas: i) mudanças no *layout* da planta piloto; ii) subdivisão da linha de montagem; iii) adoção de recipientes próprios para a separação de componentes de montagem; iv) e alocação de um profissional de logística dedicado ao processo de separação de peças.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

A implantação do sistema *Lean Production* estudado durou aproximadamente 9 meses. O Quadro 2 ilustra o planejamento e execução de cada tarefa conforme a ordem dos acontecimentos na empresa. Foi elaborado exclusivamente para este artigo, como um cronograma de atividades que foram executadas em cada um dos meses ao longo do processo de implantação do *Lean*, com o objetivo de acompanhar comparativamente os índices de produtividade em cada fase.

Quadro 2 – Cronograma de atividades no período de implantação do *Lean Production*

ATIVIDADES	ago 2017	set 2017	out 2017	nov 2017	dez 2017	jan 2018	fev 2018	mar 2018	abr 2018	mai 2018
Informe da Corporação quanto a necessidade de implantar o projeto										
Discussão com a equipe para definição da Linha Piloto										
Reunião de <i>Kick-off</i> para formalização da 1ª etapa do projeto										
Planejamento do novo <i>Layout</i>										
Aquisição Impressora de Etiquetas										
Revisão da meta de produção diária da Linha Piloto										
Implantação da nova estrutura do <i>layout</i> da Linha Piloto										
Início das atividades do Inspetor de Qualidade Multifuncional										
Treinamento de um operador de logística para abastecer a Linha Piloto										
Aquisição de recipientes diferenciados para devolução de peças										
Início das atividades do operador de logística no abastecimento de peças										
Monitoramento dos resultados referentes ao volume diário produzido										
Levantamento de oportunidades identificadas após a mudança										

Fonte: Elaborado pelos autores com base nas informações de campo.

Observa-se que o alinhamento das ações está relacionado com o ciclo PDCA¹. O primeiro item do ciclo - Planejamento (*Plan*) - pode ser observado nas atividades realizadas no mês de setembro de 2017, envolvendo discussões com a equipe para

¹ O ciclo PDCA é um método gerencial de tomada de decisões para garantir o alcance das metas necessárias a sobrevivência de uma organização. Essa ferramenta de melhoria contínua é extremamente necessária para a obtenção do sucesso em projetos de melhoria, diante da competitividade existente no mercado. Ele é composto por quatro etapas: *Plan* (planejar), *Do* (fazer), *Check* (cheçar) e *Action* (agir) (VIEIRA FILHO, 2012).

definir qual seria a linha piloto, reunião para *kick-off* (pontapé inicial) da primeira etapa do projeto, assim como o planejamento do novo *layout*.

Os meses de outubro, novembro e dezembro de 2017 contemplaram a fase de Execução (*Do*), por meio da aquisição de itens que seriam necessários conforme estabelecido no planejamento, tais como, nova impressora de etiquetas e recipientes para alocação dos terminais. A meta da linha piloto foi ajustada de acordo com as novas expectativas sobre o índice de produtividade e o novo *layout* foi implementado. O inspetor de qualidade multifuncional que teria toda a sua jornada dedicada ao atendimento da linha piloto iniciou as suas atividades no novo formato em outubro de 2017, e no mês seguinte o operador de logística iniciou o treinamento para atender exclusivamente a demanda das peças de abastecimento da linha de montagem. A última atividade pertencente a fase de execução foi o início do trabalho do operador de logística, que ocorreu em dezembro de 2017.

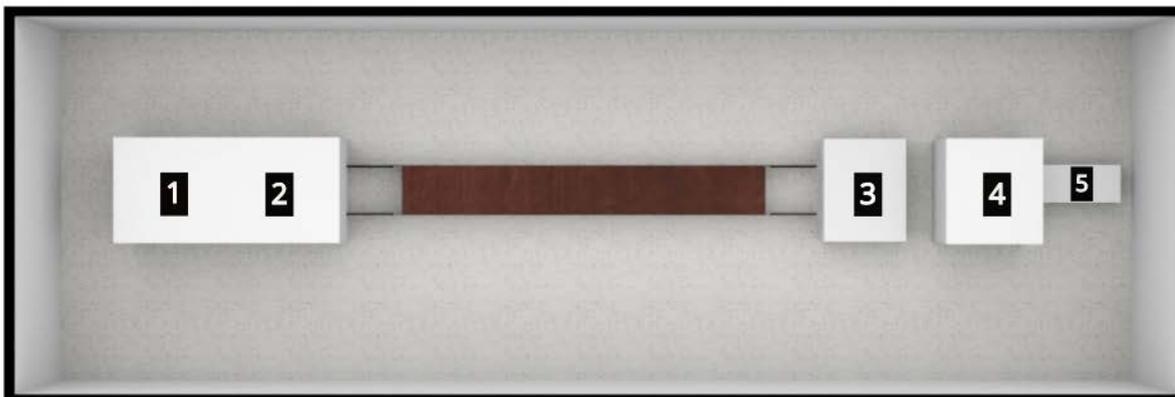
O monitoramento dos resultados do volume diário produzido teve início quando a meta de produção foi revisada em outubro de 2017, e se estendeu até abril de 2018, após aproximadamente seis meses de análise. Esse período compreende a fase de verificação (*Check*), na qual é feita a checagem do que foi planejado com o que foi realizado.

E por fim, no mês de maio de 2018 ocorreu a quarta fase do ciclo (*Act*), na qual ações corretivas foram elaboradas para conter as discrepâncias entre o planejamento e a execução, após análise das causas potenciais. O que deu certo é estabelecido como o novo padrão adotado, processos são formalizados e documentados, e o que não funcionou será revisto e aprimorado. Essa é a premissa básica da melhoria contínua, pois mesmo em um cenário em que as metas estabelecidas tenham sido alcançadas, o ciclo de aperfeiçoamento não se finda (VIEIRA FILHO, 2012).

4.1 Mudanças no *layout*

O *layout* (termo em inglês utilizado neste projeto para arranjo físico), ilustrado na Figura 1, contemplava uma única linha vertical com uma mesa fixa para duas operações finais distintas.

Figura 1 – Representação do layout da linha piloto antes da implementação do *Lean Production*



Fonte: Elaborado pelos autores

O processo inicia-se com a máquina de corte, que é operada por um funcionário que além de se dedicar a essa operação, é responsável pela limpeza da mangueira, submetendo uma a uma a um jato de ar comprimido com duração de 5 segundos, ambas representadas na Figura 1 pelos números 1 e 2. Realizadas as duas operações iniciais, o lote segue para o próximo estágio, que consiste na fixação dos terminais, realizada por outro operador por meio da máquina de prensagem, representada na Figura 1 pelo número 3 ou da ferramenta de encaixe, representada pelo número 4. O último processo da linha é a aplicação da etiqueta de identificação, realizado por outro operador, responsável por executar somente esta atividade, representada na Figura 1 pela posição número 5. Entre as operações identificadas pelas posições 2 e 3 há uma figura retangular representando a mesa fixa que moldava o arranjo físico em uma única linha vertical.

O processo de prensagem dos terminais não tem nenhuma relação com o processo de encaixe, pois ambos são independentes um do outro. Mesmo com essa independência, as máquinas ficavam distribuídas de forma que obrigatoriamente a mangueira que já tinha o terminal aplicado por intermédio de encaixe tinha que passar pelo mesmo local que as que necessitam de prensagem (observar a sequência das operações número 3 e 4), tornando o fluxo confuso e desorganizado para os operadores.

Os processos operacionais para a montagem de uma mangueira hidráulica não apresentam grandes dificuldades, os operadores não precisam de longos treinamentos para se adaptarem ao processo, não há interações com máquinas complexas ou atividades que exijam extrema rigurosidade em quesitos de qualidade

e segurança, alvo de muitos desafios em diversas empresas. Entretanto, esse ambiente de simplicidade nos processos coexiste com a necessidade de velocidade e qualidade nas etapas de fabricação.

É com base nessa perspectiva que a corporação decidiu implantar o sistema *Lean Production* e identificar quais pontos poderiam ser otimizados em cada uma das linhas de montagem de suas fábricas pelo mundo, buscando ainda mais eficiência em seus processos. Na unidade do Brasil verificou-se, na linha de produção piloto, a possibilidade de melhoria de produtividade sem que fossem necessários grandes investimentos, com potencial de resultado imediato na dinâmica do fluxo produtivo.

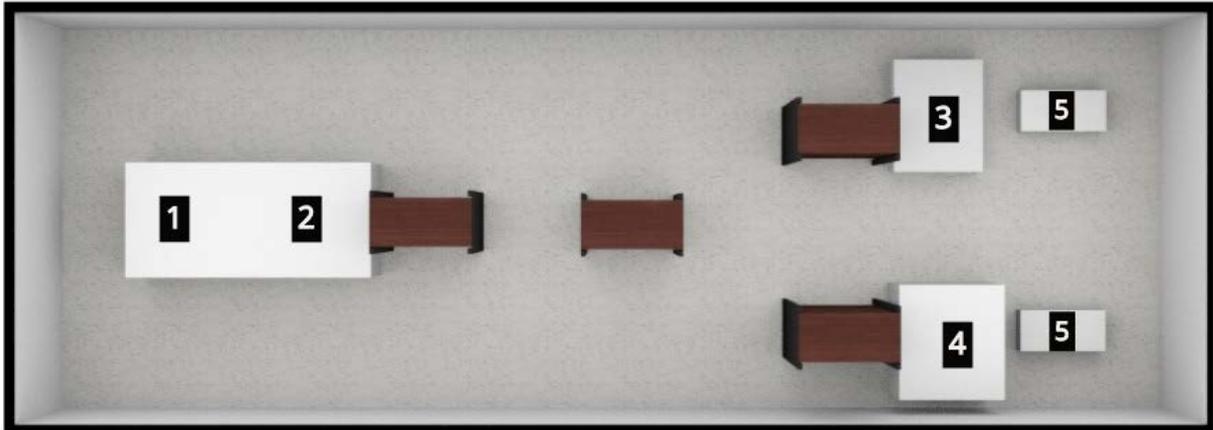
As mudanças implementadas no *layout* feitas da divisão da linha de montagem estão ilustradas na Figura 2.

Observa-se que, embora as mangueiras fossem cortadas na mesma máquina, elas seguiam fluxos de montagem diferentes. Logo, um arranjo de máquinas e dispositivos que contemplasse essa diferenciação tende a ser mais eficaz para o dia a dia do processo.

É possível observar na Figura 2 que a linha piloto modificada segundo a filosofia *Lean* passou a contar com duas áreas de sub montagens paralelas, que partem do mesmo princípio, porém seguem fluxos diferentes de acordo com o processo de fixação dos terminais.

As operações ilustradas pelas posições 1 e 2 (corte e limpeza) não foram alteradas nesse novo arranjo. Em seguida, a linha se divide em duas sub operações, de acordo com o tipo do terminal que será acoplado na mangueira. Se o terminal for do tipo reutilizável, ou seja, é acoplado via encaixe e não prensa, as mangueiras são encaminhadas para uma sub montagem, onde um operador será responsável por acoplar uma capa de fixação sobre o terminal através de uma ferramenta específica (operação ilustrada pela posição 3). Entretanto, se for um terminal prensável, a mangueira será encaminhada para a prensa localizada paralelamente à operação anterior, onde outro operador será encarregado de prensar um terminal em cada extremidade (operação ilustrada pela posição 4).

Figura 2 – Representação do layout da linha piloto após a implementação do *Lean Production*



Fonte: Elaborado pelos autores a partir de informações do trabalho de campo

Dessa forma, fica evidente que não há necessidade de a máquina de fixação dos terminais por encaixe estar alocada antes das prensas, como se fossem operações subsequentes, pois uma não depende da outra. Esses deslocamentos foram viabilizados por meio da adoção de mesas móveis (representadas na Figura 2 por objetos retangulares na cor marrom) que substituíram a mesa anterior que era fixa. Assim, as peças se deslocam de uma operação até a outra, evitando o “estoque” de peças semiacabadas paradas no processo e o excesso de esforço físico pelos operadores.

Após a fixação do terminal, a última operação é a de número 5 (aplicação de etiqueta) em que todas as mangueiras, independentemente do modo como o terminal foi fixado, devem ser submetidas. Neste caso, foi adquirida uma impressora extra de etiquetas, para que não houvesse um gargalo ao final da linha de produção, já que o responsável pela aplicação das etiquetas é o mesmo operador que fixa o terminal. Caso este operador tivesse que aplicar etiquetas em todas as mangueiras produzidas na linha, tanto a prensa, quanto a máquina de encaixe de terminais enfrentariam paradas de produção para atender uma operação extra, que pode ser facilmente diluída após o processo de fixação dos terminais, pois obrigatoriamente o operador deve manusear peça a peça.

Após análise de como era o cenário em comparação com o panorama atual, pode-se perceber que o fluxo do processo de montagem se tornou mais flexível e dinâmico. Além disso, passou a operar com o mesmo número de trabalhadores, com

a aquisição de apenas um equipamento (impressora de etiquetas) e subdividindo o *layout*, tornando-o mais compatível com as necessidades da linha de produção.

4.1 Alterações na logística de separação de peças

Uma vez estabelecido o novo contexto da organização da linha piloto, foi identificada uma oportunidade de melhoria na logística de separação dos terminais que serão montados na produção de mangueiras hidráulicas.

Até então, essa atividade ficava por conta dos operadores envolvidos com o processo de montagem e prensagem dos terminais, que se dividiam entre si para separar a cada lote, as peças necessárias. Houve a constatação de que essa atividade em nada agrega para a otimização da produção, ao contrário, o fluxo se via prejudicado em mais de um fator devido a essa prática. Entre os pontos negativos em relação a separação de peças pelos operadores de montagem estão: paradas constantes no fluxo de produção para que o operador pudesse retirar os terminais que seriam utilizados em cada lote; separação às pressas, sem a contagem das peças que seriam utilizadas de acordo com a ordem de produção, causando excesso de peças na área produtiva ou a falta delas, ocasionando mais paradas; devolução inapropriada dos terminais separados em excesso, pois no momento de guardar de volta as peças que sobraram, o operador não se atentava ao local correto de cada item; falta de organização na linha de montagem, que acumulava caixas vazias que não eram retornadas ao estoque após a utilização dos terminais, havendo também o acúmulo de peças que eram separadas em excesso.

Tendo em vista essas oportunidades, a administração decidiu alocar um profissional da área de logística para dedicar-se apenas à operação de separação de peças, deixando-as disponíveis na linha de montagem, de acordo com a sequência de produção pré-estabelecida.

Com essa mudança, foi possível garantir que o operador envolvido com a produção das mangueiras se dedicaria apenas a atividades ligadas ao processo, reduzindo significativamente o número de paradas. Além disso, com a responsabilidade da separação de peças canalizada em uma única pessoa, a formalização do processo passou a vigorar com mais efetividade.

O operador que separa as peças deve contá-las de acordo com o exigido na ordem de produção, evitando sobras ou faltas. Uma vez parada a linha de montagem por falta de terminais, o procedimento é abrir uma notificação direcionada a área de logística, cujo responsável pelo departamento na fábrica deverá justificar para o setor de Planejamento e Controle de Produção (PCP), o motivo dessa falta de peças, e quais são as medidas de contenção para que esse evento não ocorra novamente pelo motivo apresentado.

Outro ponto chave de mudança foi a utilização de recipientes diferentes para devolução de terminais separados em excesso. Suponha-se que por alguma razão o operador de logística tenha se equivocado no momento de contar os terminais ou que tenham sido produzidas menos peças do que o solicitado na ordem de produção, originando assim sobra ou faltas de peças. Foram compradas caixas de cores diferentes do padrão (preto), para diferenciá-las das demais. Com o objetivo de que o operador, tanto de logística que irá devolver as peças, quanto o de produção que pode utilizar alguma por engano, atente-se ao conteúdo, já que se tratam de peças de sobra.

Essa mudança tem impacto direto na qualidade. Um dos maiores desafios da fábrica, não apenas na linha de produção em estudo, como em todas as outras, é a montagem de terminais corretos nas mangueiras.

Depois que essa tarefa passou a ser de responsabilidade do operador de logística, toda vez que a produção recebe um terminal separado incorretamente, é seguido o mesmo processo para registrar a falta de peças, uma notificação é emitida para a área responsável e o líder fica a cargo de investigar o ocorrido e apresentar uma medida de contenção do defeito para este modo de falha.

O giro dos recipientes que são utilizados para alocar as peças na linha de produção se tornou muito maior. Isso ocorreu porque, após a mudança, uma caixa é separada exclusivamente para uma ordem de produção, diferentemente de antes, onde uma caixa armazenava o mesmo terminal, mas para várias ordens diferentes. Com o método atual, a percepção sobre as peças separadas incorretamente (seja em quantidade, ou em tipo) é instantânea.

Além dos benefícios já mencionados, a organização da linha de montagem teve uma melhora significativa. O profissional de logística ficou encarregado de retirar as caixas vazias após a utilização das peças, que antes se acumulavam sobre a área de

montagem. O time se viu mais engajado para manter a organização da área, o que antes era mais difícil, já que o tempo estipulado para a produção não permitia paradas para guardar as caixas e peças que sobravam na linha.

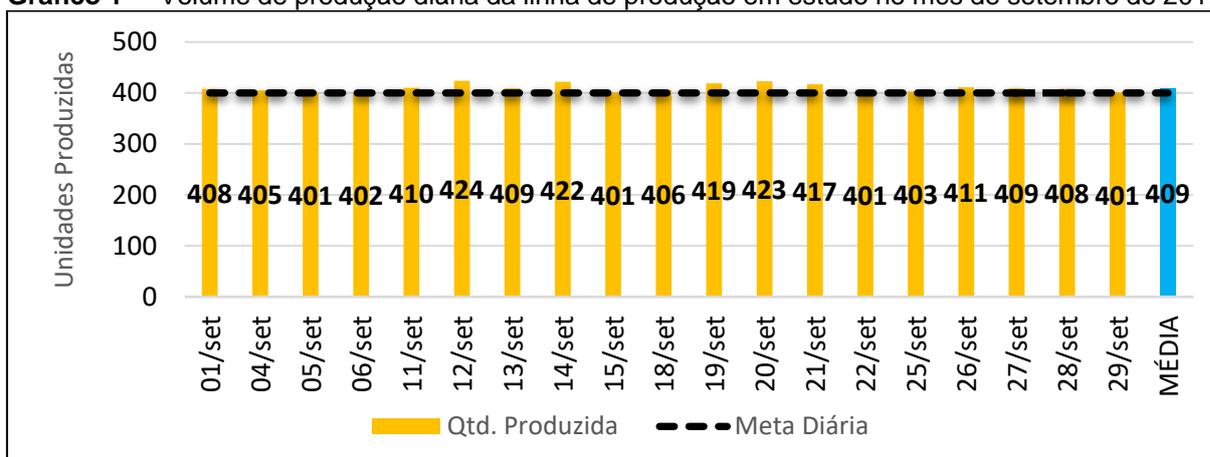
4.1 Gráficos de Produção

A seguir são apresentados os Gráficos de 1 a 9 com indicadores de produção diária da linha de montagem definida como o piloto do projeto. Iniciando a análise no mês de setembro de 2017, sem qualquer mudança efetiva em relação ao objetivo de implantação do *Lean*, posteriormente os meses seguintes, acompanhando cada etapa de implantação até o mês de abril de 2018, em que o projeto se encerra. Foram contemplados nos resultados apresentados nos gráficos somente informações coletadas nos dias úteis trabalhados no turno diurno, excluindo horas extras, produção em outros turnos, e quaisquer outras variáveis que pudesse distorcer a análise comparativa entre um mês e outro de produção.

No Gráfico 1 é possível observar a produção diária da linha piloto no mês de setembro de 2017, cujas colunas em amarelo representam os dias úteis trabalhados no mês com legendas na base inferior, e a quantidade de peças produzidas no dia localizada ao centro de cada coluna, com uma linha tracejada demarcando a meta diária de quatrocentas peças. A última coluna representa a média de produção do mês, com o rótulo localizado no centro da coluna informando a quantidade exata.

Observa-se que a meta diária a ser atingida em setembro de 2017 era de quatrocentas peças, e a linha de montagem conseguia atender esse objetivo, com uma média de 409 peças produzidas. Não houve nenhum dia em que a meta não fosse alcançada e o maior número registrado foi em 12 de setembro, com quatrocentas e vinte e quatro peças, seguido pelo dia 20 de setembro, com quatrocentas e vinte e três peças produzidas. Os dias com menor número registrado são 05, 15, 22 e 29, com quatrocentas e uma peças produzidas. Essas variações podem ser justificadas por diversas razões, tais como, interrupções na produção envolvendo falta de peças, calibração ou ajuste de maquinário, ou mesmo a complexidade em determinados lotes de mangueiras.

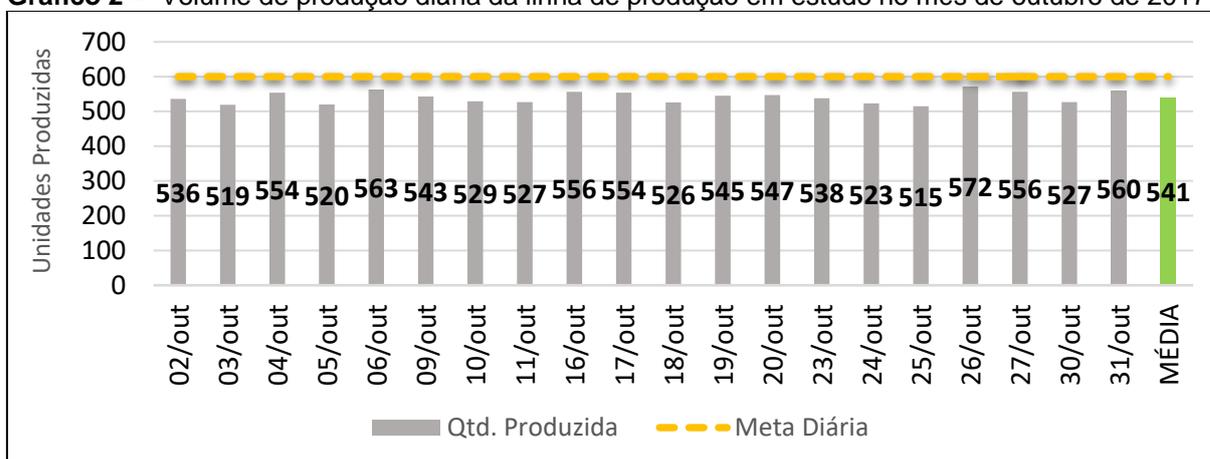
Gráfico 1 – Volume de produção diária da linha de produção em estudo no mês de setembro de 2017



Fonte: Elaborados pelos autores

O Gráfico 2 representa o volume de produção no mês de outubro de 2017. Nota-se que houve a revisão da meta diária de produção, passando de quatrocentas para seiscentas unidades ao dia (aumento de 50% em relação ao período anterior). Essa decisão foi tomada no intuito de alinhar as expectativas quanto ao volume produzido em relação às mudanças que seriam realizadas ao longo da execução do projeto

Gráfico 2 – Volume de produção diária da linha de produção em estudo no mês de outubro de 2017



Fonte: Elaborados pelos autores

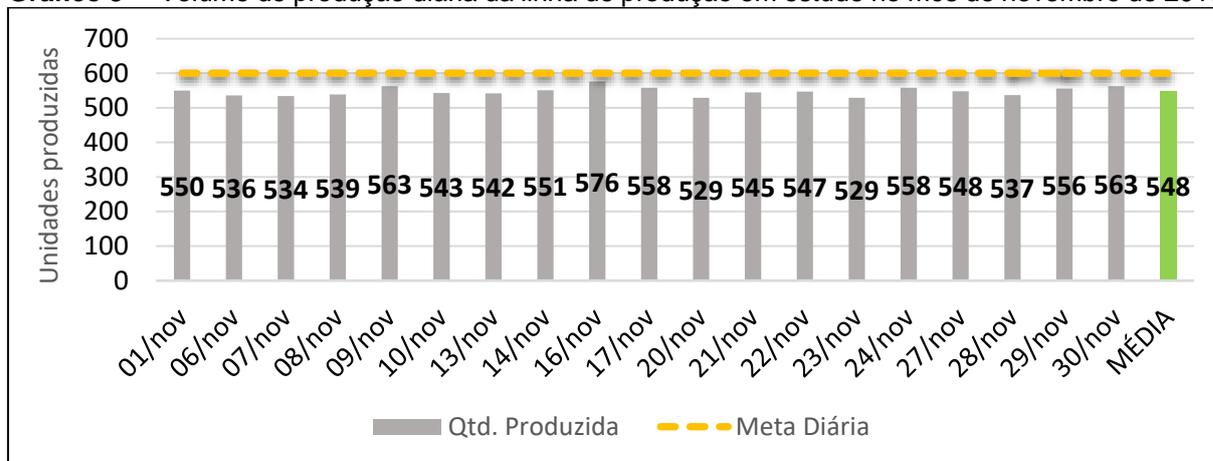
Evidentemente, a nova meta estabelecida não foi atingida em nenhum dia durante o mês, que teve média geral de quinhentas e quarenta e uma unidades produzidas, estando aproximadamente 10% abaixo do esperado, porém com um aumento de 34,5% em relação ao mês anterior. Esse aumento está atrelado a mudança no *layout*, acompanhada da nova impressora de etiquetas que propiciou

autonomia para ambas as operações de fixação dos terminais, possibilitando que a linha de montagem se subdividisse em duas.

Além disso, um inspetor de qualidade multifuncional passou a atuar exclusivamente na linha, com o objetivo de oferecer suporte aos operadores e reduzir o número de defeitos gerados, e como consequência diminuir o número de paradas na produção. Foi constatado que a atuação do inspetor multifuncional provocou a queda no número de defeitos no processo, relacionados as falhas internas e externas.

O Gráfico 3 ilustra o volume de produção diária durante o mês de novembro de 2017. Observa-se que a média de produção para novembro de 2017 teve um tímido aumento em relação ao mês anterior. Os resultados gerais continuam basicamente os mesmos, devido ao fato de que pouca coisa mudou de um mês para o outro, ocorrendo apenas a aquisição de recipientes diferentes para devolução de peças e o treinamento do profissional de logística dedicado a atender a linha de produção, entretanto ainda sem iniciar as suas atividades.

Gráfico 3 – Volume de produção diária da linha de produção em estudo no mês de novembro de 2017

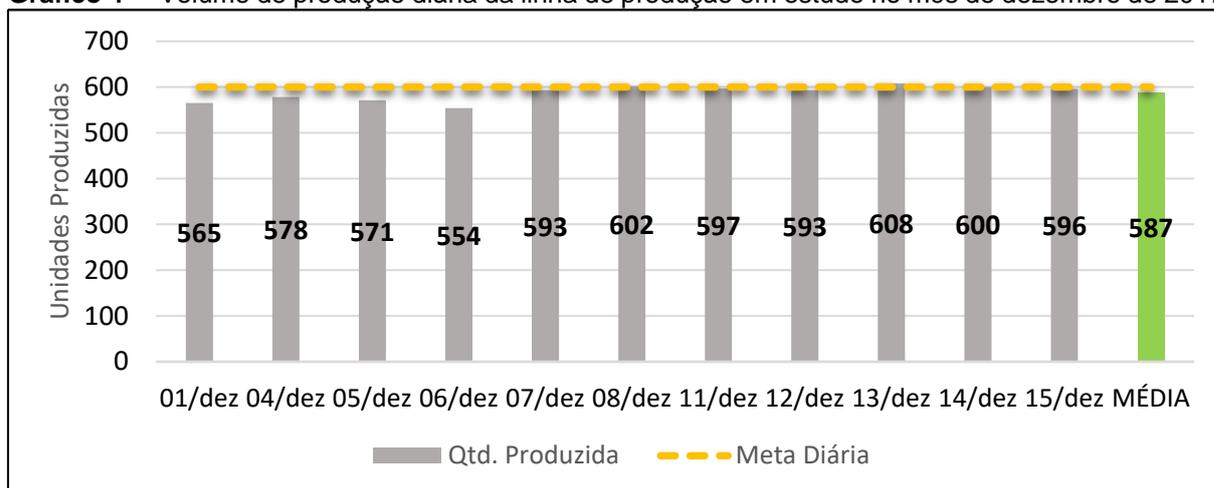


Fonte: Elaborados pelos autores

Novamente, a meta de seiscentas peças por dia não foi atingida em nenhum dia durante o mês de novembro de 2017. Isso pode estar relacionado ao fato de que nem todas as etapas do projeto tinham sido implementadas. A concepção da meta diária de seiscentas unidades foi feita a partir da previsão do cenário pós mudança, em que todas as alterações e melhorias já estariam executadas. A meta foi alterada no mês de outubro de 2017 devido ao interesse em observar o crescimento gradual, e quantificar as lacunas entre o resultado atingido e o resultado esperado.

Os Gráficos 4 e 5 representam os dados de produção diária dos meses de dezembro de 2017 e janeiro de 2018, respectivamente. Nota-se que a produção foi interrompida devido às férias coletivas, que tiveram início em 18 de dezembro de 2017 e retorno às atividades em 8 de janeiro de 2018.

Gráfico 4 – Volume de produção diária da linha de produção em estudo no mês de dezembro de 2017

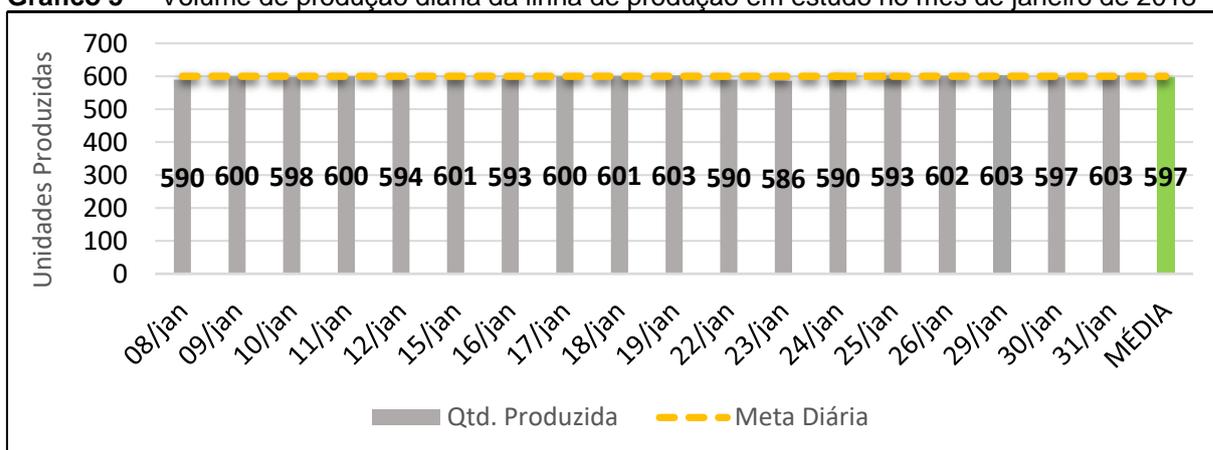


Fonte: Elaborados pelos autores

No mês de dezembro de 2017 houve o início das atividades do operador de logística que se dedicaria apenas ao abastecimento da linha piloto. Essa mudança, como explicado anteriormente, garantiu ao montador de mangueiras a dedicação exclusiva ao processo de fabricação, excluindo atividades que não pertencem à montagem. Com isso, pode-se observar um aumento de produção de aproximadamente 7% em relação ao mês anterior, cuja média foi de 548 unidades ao dia. Verifica-se que em três dias de trabalho (08, 13 e 14) a meta diária de seiscentas peças produzidas foi atingida.

Em janeiro de 2018, a média registrada foi levemente superior ao mês de dezembro de 2017, nota-se que houveram mais dias cuja meta de seiscentas peças foi atingida (9 dias). Entretanto, ambos os meses estiveram com a média abaixo do esperado. Neste caso, a comparação fica comprometida devido às férias coletivas, que interromperam a produção em doze dias úteis entre um mês e outro, tornando mais delicada a equivalência entre os dois cenários, uma vez que houveram menos dias úteis em dezembro com relação a janeiro.

Gráfico 5 – Volume de produção diária da linha de produção em estudo no mês de janeiro de 2018

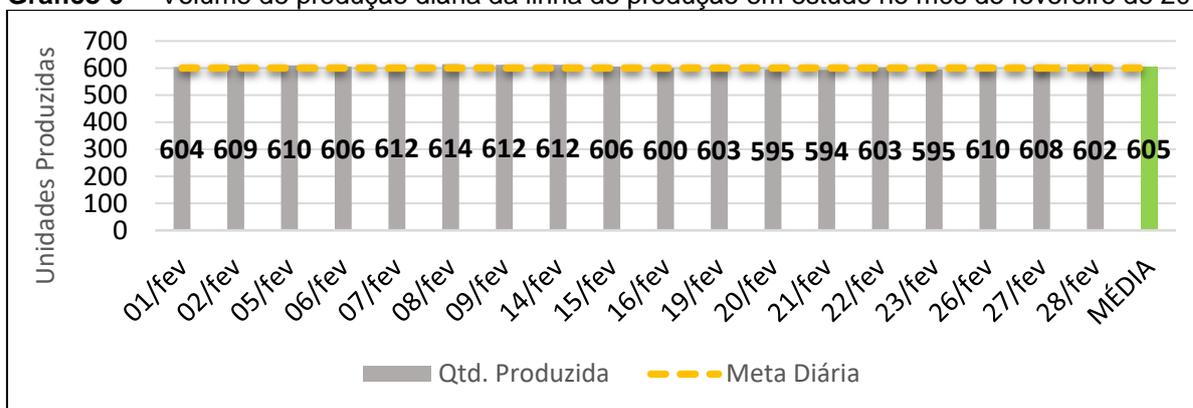


Fonte: Elaborados pelos autores

O Gráfico 6 apresenta a produção diária no mês de fevereiro de 2018. Observa-se que em aproximadamente 83% dos dias trabalhados nesse mês a meta foi atingida, e como consequência, a média geral de seiscentas e cinco peças, representada na última coluna do gráfico. Apenas nos dias 20, 21 e 23 o número de unidades produzidas ficou abaixo do esperado. Tais oscilações ocorreram devido a um atraso por parte do fornecedor no abastecimento de um componente específico, necessário para a montagem de alguns lotes de peças. Este atraso gerou a necessidade de reprogramar a sequência de produção de última hora, resultando no comprometimento da performance diária nas datas destacadas.

Fevereiro de 2018 foi o primeiro mês completo após a conclusão de todas as mudanças implementadas, que se encerraram no mês de dezembro de 2017. Sendo assim, qualquer evento fora do planejado que comprometa atingir a meta diária, como o que ocorreu nos dias 20, 21 e 23 terá que ser justificado e registrado, para ser discutido posteriormente entre as áreas envolvidas.

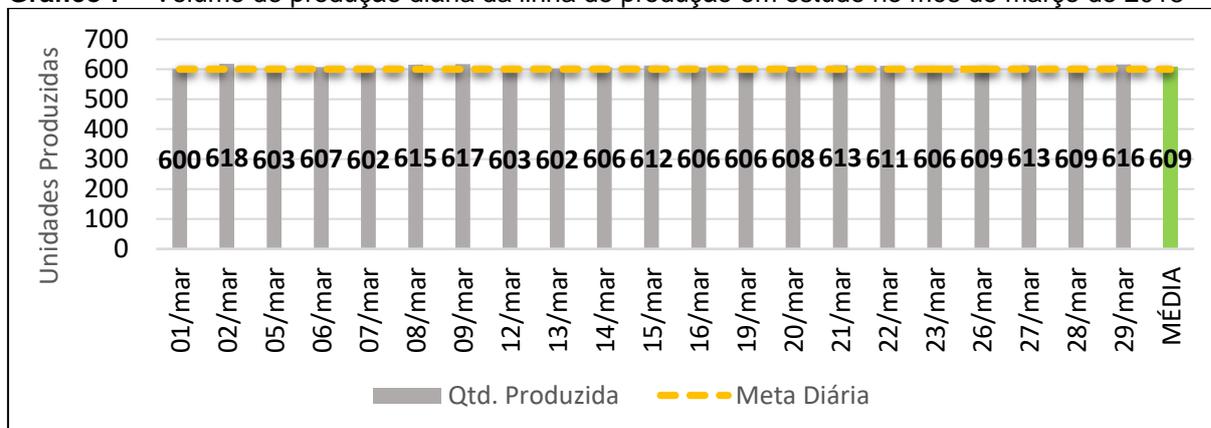
Gráfico 6 – Volume de produção diária da linha de produção em estudo no mês de fevereiro de 2018



Fonte: Elaborados pelos autores

Em continuidade, o Gráfico 7 expõe os resultados da produção diária do mês de março de 2018.

Gráfico 7– Volume de produção diária da linha de produção em estudo no mês de março de 2018

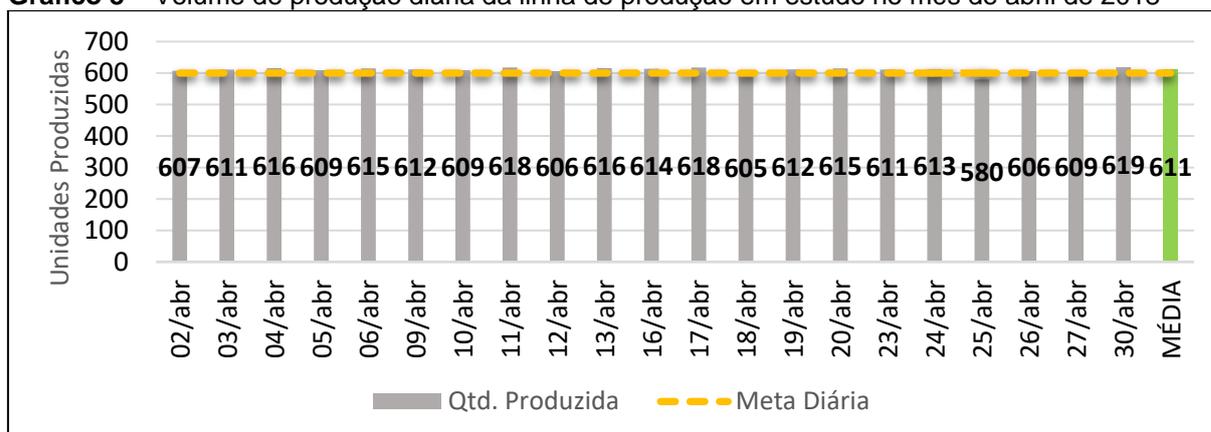


Fonte: Elaborados pelos autores

Março foi um mês com resultados positivos, onde todos os dias atenderam a meta de seiscentas unidades, com uma média geral de seiscentas e nove peças. O maior número de peças produzidas foi no dia 8, com seiscentas e quinze peças, e o menor foi no dia primeiro, com seiscentas peças.

O mês de abril de 2018 foi o último mês analisado, cujas informações são mostradas no Gráfico 8.

Gráfico 8– Volume de produção diária da linha de produção em estudo no mês de abril de 2018



Fonte: Elaborados pelos autores

Observa-se que o comportamento no mês de abril de 2018 foi parecido com o mês anterior, com uma média de seiscentas e onze peças produzidas. O maior número de produção foi registrado no dia 30, com seiscentas e dezenove peças. O

dia 25 foi o único que ficou abaixo da meta estabelecida, apresentando quinhentas e oitenta unidades. De acordo com os registros, novamente houve a falta de um componente, levando a necessidade de reprogramar os lotes que seriam produzidos neste dia, fazendo com que a performance fosse prejudicada.

A falta de componentes ocorre devido a incapacidade de alguns fornecedores em atender a demanda, que aumentou drasticamente no ano de 2017, e está prevista para se manter em alta até 2019, de acordo com as estimativas de demanda informadas pela corporação. A filosofia *just-in-time* previne justamente este tipo de situação quando determina que os fornecedores sejam envolvidos no processo de produção enxuta, através de ferramentas como o *kanban*² (MONDEN, 2015). Afinal, em nada adianta alinhar o processo de manufatura internamente, se os fornecedores que alimentam o princípio do ciclo produtivo não conseguem atender a demanda estabelecida.

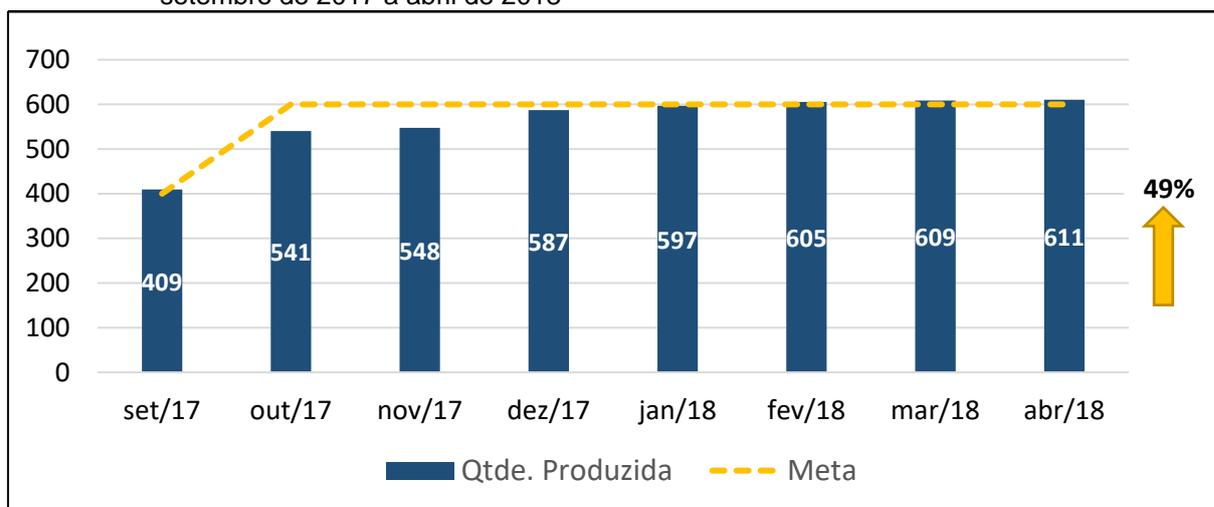
A utilização do sistema *kanban*, que faz parte do *Lean Production* não foi contemplada no estudo de caso, pois a organização optou por implementar medidas que pudessem ser realizadas mais rapidamente, uma vez que o envolvimento com fornecedores pode ser bem complexo e desafiador, sobretudo os estrangeiros, que representam mais de 90% do número total de fornecedores de matéria prima da empresa em estudo. Além disso, a maior parte desse envolvimento dependeria da própria corporação, que define quem são os fornecedores, restando poucas medidas de ação para serem tomadas pela direção local.

Entretanto, essa decisão comprometeu parcialmente a efetividade das alterações implementadas, pois o sistema *Lean Production* depende da sintonia entre fornecedores e empresa para que os estoques sejam minimizados ao máximo, sem que a produção seja comprometida.

Encerrando a análise individual realizada em setembro de 2017 a abril de 2018, observa-se no Gráfico 9 a evolução geral dos índices de produção da linha piloto desde o início do projeto de implantação do sistema *Lean Production*, até a sua conclusão.

² *Kanban* é uma técnica para viabilizar a produção puxada por meio de sinais visuais (cartões, luzes, etc.), que interliga todas as operações de suprimento a uma linha de montagem final em um fluxo uniforme e ininterrupto. Com isso reduz-se os estoques e o tempo de espera, melhorando a produtividade (MOURA, 1989).

Gráfico 9– Evolução do volume produzido pela linha de montagem em estudo durante o período de setembro de 2017 a abril de 2018



Fonte: Elaborados pelos autores

O Gráfico 9 proporciona uma visão geral sobre os resultados obtidos após a implantação do projeto. Fica clara a percepção de que o objetivo central da empresa em aumentar a produtividade foi alcançado com as mudanças implementadas. A evolução foi ocorrendo gradualmente, à medida em que cada tópico presente no cronograma ia sendo executado.

Observa-se ao longo do período analisado um aumento de produtividade em 49,39%. Esse aumento no volume de produção após sete meses do início da execução do projeto de implantação do sistema *Lean Production* foi extremamente satisfatório, levando em conta que somente a partir de fevereiro de 2018 é que a meta de seiscentas unidades começou a ser atingida de maneira concreta, sendo refletido na média do mês. Espera-se que essa performance seja mantida, uma vez que os três últimos meses analisados (fevereiro, março e abril) sustentam este resultado.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo teve como tema a abordagem dos benefícios e desafios na aplicação dos princípios do *Lean Production* em uma indústria de equipamentos hidráulicos, por meio de um estudo de caso realizado em uma empresa localizada na região de Campinas/SP.

Verificou-se um aumento de aproximadamente 49,39% no número de peças produzidas diariamente, com base na média obtida nos 7 meses de observações

(outubro de 2017 a abril de 2018), em comparação ao mês de setembro de 2017, antes do início da aplicação dos princípios do *Lean Production*.

Embora a empresa tenha observado um aumento significativo em produtividade, foi percebido que a falta de alguns processos pertencentes ao sistema *Lean Production*, como a utilização do *kanban* para gestão de estoques e alinhamento com fornecedores, pode comprometer o atingimento de algumas metas, como analisado nos meses de fevereiro e abril de 2018, onde a produção diária ficou abaixo do esperado algumas vezes devido à falta de peças em estoque.

Isso acontece em virtude da filosofia *just-in-time*, assim como o *Lean Production* serem extremamente complexas, sendo impossível aplicar seus princípios de uma só vez. O próprio Taiichi Ohno levou cerca de 20 anos para desenvolver e implementar o *Lean Production* na Toyota. Obviamente, a dificuldade hoje é menor, pois o sistema já se encontra consolidado, e constantemente aprimorado com novas tecnologias que facilitam a execução de muitas atividades, podendo contar com muitos cases de outras empresas que também se adaptaram ao sistema Toyota de Produção.

Por fim, pode-se notar que o trabalho cumpriu aos objetivos que se propôs alcançar, dando um panorama geral sobre o sistema *Lean Production*, acompanhando um processo de implementação em uma Indústria de Equipamentos Hidráulicos e posteriormente analisando os resultados finais. Chegou-se à conclusão de que mesmo parcialmente, ou seja, sem a aplicação de todas as ferramentas e métodos que o *Lean Production* compreende, as ações executadas geraram um aumento significativo no volume de produção.

REFERÊNCIAS

BERTAGLIA, Paulo Roberto. **Logística e gerenciamento da cadeia de abastecimento**. São Paulo: Saraiva, 2003.

DENNIS, Pascal. **Produção lean simplificada**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

HOFFMANN, N.; REIS, L. V.; KIPPER, L. M. Cientometria dos sistemas de produção Lean Manufacturing e Cleaner Production: um olhar nos periódicos da ABEPRO. **Revista Produção Online**, v. 18, n. 1, p. 329-349, 2018. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v18i1.2796>

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas 2003.

LEAN INSTITUTE BRASIL. **Sistema Toyota de Produção (Toyota Production System - TPS)**. 2017. Disponível em: [https://www.lean.org.br/conceitos/117/sistema-toyota-de-producao-\(toyota-production-system---tps\).aspx](https://www.lean.org.br/conceitos/117/sistema-toyota-de-producao-(toyota-production-system---tps).aspx). Acesso em: 25 set. 2017.

LUSTOSA, Leonardo *et al.* **Planejamento e controle da produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

MONDEN, Yashuro. **Sistema Toyota de Produção**. São Paulo: Instituto de Movimentação e Armazenagem de Materiais - IMAM, 1984.

MONDEN, Yashuro. **Sistema Toyota de Produção: uma abordagem integrada ao just-in-time**. Porto Alegre: Bookman, 2015.

MOURA, Reinaldo Aparecido. **Kanban: a simplicidade do controle de produção**. São Paulo: Instituto de Movimentação e Armazenagem de Materiais - IMAM, 1989.

OHNO, Taiichi. **Toyota production system**. Cambridge: Productivity Press, 1988.

RAMPASSO, I. S.; ANHOLON, R. Parâmetros para avaliação de células de manufatura que utilizam a filosofia Lean: uma revisão da literatura. **Revista Produção Online**, v.17, n. 4, p. 1329-1355, 2017. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v17i4.2637>

SANTOS, J; WYSK A. R; TORRES, J. M. **Otimizando a produção com a metodologia Lean**. São Paulo: Leopardo, 2009.

SILVA, A. L. E.; SILVA, V. C.; KIPPER, L. M.; CARVALHO, F. S., MORAES, J. A. R. Aumento do desempenho fabril sob a luz da Teoria das Restrições: o caso de uma fábrica de colchões. **Revista Produção Online**, v. 17, n. 1, p. 3-25, jan./mar. 2017. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v17i1.2321>

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON Robert. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

TEGNER, M. G.; LIMA, P. M.; VEIT, D. R; CORCINI NETO, S. L. H. Lean Office e BPM: proposição e aplicação de método para a redução de desperdícios em áreas administrativas. **Revista Produção Online**, v. 16, n. 3, p. 1007-1032, jul./set. 2016. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v16i3.2308>

TORTORELLA, G.; FETTERMANN, D.; ANZANELLO, M. Implementação da manufatura enxuta e os comportamentos das lideranças: uma pesquisa exploratória. **Revista Produção Online**, v.17, n. 3, p. 857-882, 2017. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v17i3.2675>

VIEIRA FILHO, Geraldo. **Gestão da qualidade total: uma abordagem prática**. 4. ed. Campinas: Alinea, 2012.

WOMACK, James P; JONES, Daniel T. **A máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

WOMACK, James P; JONES, Daniel T. **Lean thinking**. New York: Free Press, 2003.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.



Artigo recebido em: 03/12/2018 e aceito para publicação em: 12/02/2019
DOI: <http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v19i1.3362>