

Lean Manufacturing: um estudo de caso em uma empresa fabricante de artefatos de borracha

Lean Manufacturing: A Case Study at a Rubber Artifact Company

Guilherme Alves de Azevedo¹

Marlon Henrique Ferreira²

Rafael Gonçalves Moreira Avelar³

Maria Aparecida Fernandes Almeida⁴

RESUMO

O presente artigo tem como objetivo a abordagem da filosofia de gestão que busca a eliminação de desperdícios, o Lean Manufacturing, associada à ferramenta de cronoanálise e ao rearranjo do espaço físico, layout, no processo de prensagem e vulcanização de artefatos de borracha, em uma empresa de pequeno porte localizada em Belo Horizonte. A metodologia utilizada foi de natureza aplicada, levantando dados para análise a partir do mapeamento do processo produtivo para identificar as possíveis causas relacionadas ao problema. Os resultados alcançados mostraram aumento significativo na produtividade denotando a importância da utilização das ferramentas do Lean Manufacturing na gestão produtiva para o setor estudado.

Palavras-chave: Lean Manufacturing. Produtividade. Layout. Manufatura de Artefatos de Borracha.

ABSTRACT

The main objective of this article is to approach the management philosophy that seeks waste elimination, Lean Manufacturing, associated with a chronoanalysis tool and the rearrangement of the physical space, layout, in the process of compression and vulcanization of rubber artifacts, in a small company located in Belo Horizonte. The methodology used was of applied nature, collecting data for analysis from the mapping of the productive process to identify the possible causes related to the problem. The results achieved showed a significant increase in productivity denoting the importance of using Lean Manufacturing tools in productive management for the studied sector.

Keywords: Lean Manufacturing. Productivity. Layout. Rubber Artifact Manufacturing.

1 INTRODUÇÃO

No atual cenário socioeconômico a competitividade entre as empresas se torna cada vez mais acirrada devido a evoluções tecnológicas, gerando a necessidade de aperfeiçoamento das técnicas e conceitos praticados por organizações, com intuito de atender de maneira eficiente as demandas do mercado.

¹Graduando em Engenharia de Produção na PUC Minas, Unidade Barreiro. E-mail: guilherme1st@hotmail.com.

²Graduando em Engenharia de Produção na PUC Minas, Unidade Barreiro. E-mail: marlonhenrique02hotmail.com.

³Graduando em Engenharia de Produção na PUC Minas, Unidade Barreiro. E-mail: ravelarbh@gmail.com.

⁴Orientadora, Professora Doutora, Dep. de Engenharia de Produção da PUC Minas, E-mail: mafa@pucminas.br.

Segundo Antunes (2011) as empresas que se encontram em um cenário mais competitivo, naturalmente optam pela otimização de seus processos, modificando suas atividades e métodos por meio de inovações de produtos, processos produtivos e gestão organizacional.

Para Slack *et al.* (2009), organizações de pequeno porte reagem mais prontamente frente a oportunidades ou problemas, isso se deve a sua estrutura informal, onde pessoas executam diferentes atividades de acordo com a necessidade.

A melhoria dos processos de produção por meio de inovação e reorganização do ambiente traz competitividade as empresas por meio da otimização das suas atividades e gestão, para Tubino (2017), a manufatura enxuta utiliza a aplicação de ferramentas e técnicas provenientes do Sistema Toyota de Produção (STP) para aumentar a eficácia dos sistemas produtivos pela eliminação de desperdícios (de superprodução, de espera, de movimentação e transporte, de estoque, da função processamento, de movimentos improdutivos, e de produtos defeituosos) identificados na cadeia de valor.

As atividades da administração da produção podem contribuir significativamente para o sucesso de qualquer organização, ao utilizar seus recursos de forma eficaz para produzir bens e serviços de modo a satisfazer seus consumidores (SLACK *et al.*, 2009).

A capacidade produtiva de um determinado processo, aonde o uso da mão de obra é usado de forma intensiva, pode ser determinada a partir do estudo de tempos e movimentos, ferramenta que teve seus conceitos introduzidos por Frederik Taylor e foi utilizada pela primeira vez na usina de *Midvale Steel Company*. Com o foco na eficiência e eficácia operacional na administração industrial, o estudo de tempos e movimentos é um dos métodos mais utilizados para o planejamento e padronização do trabalho (PEINADO E GRAEML, 2007).

Um dos fatores que ajudam os gestores a entenderem as funcionalidades da empresa juntamente com as possibilidades de seu crescimento são os indicadores de capacidade, métricas que quantificam a performance de acordo com os objetivos organizacionais. Para Davis *et al.* (2001) a capacidade de medir a performance permite que a empresa obtenha uma série de informações que quando analisadas em uma base temporal continua possibilita verificar se as metas ou padrões esperados foram alcançados, tornando-se um fator chave para o sucesso das organizações.

Outra maneira de utilizar recursos de forma eficaz com o intuito de otimizar a produção é a elaboração de um correto arranjo físico da planta da fábrica. Para Slack *et al.* (2009) as decisões de arranjo físico são importantes devido há algumas razões práticas, dentre elas destacamos a possíveis padrões de fluxo excessivamente longos e confusos, estoque de materiais, tempos de processamento desnecessários e longos, operações inflexíveis, fluxos imprevisíveis e altos custos que podem ser ocasionados devido ao incorreto arranjo físico do processo produtivo.

O presente estudo tem por objetivo analisar o processo produtivo de uma empresa de artefatos de borracha localizada em Belo Horizonte, e propor o melhor método de produção para o item selecionado pelos gestores. Para atingir o proposto, estratégias e ferramentas do sistema Lean Manufacturing ou produção enxuta foram aplicados, com intuito eliminar as perdas identificadas no processo produtivo, utilizou-se neste estudo, as ferramentas de Mapeamento de processo, Diagrama de Espaguete, Cronoanálise e Alteração de Layout.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Lean Manufacturing

As técnicas de gestão responsáveis pela fabricação de bens e serviços, conhecidas como administração da produção, é nomeada hoje como uma área funcional crítica dentro de qualquer organização por ter como objetivo agregar valor à entrega final dos produtos. Empresas que não fazem uma boa gestão dos recursos envolvidos em seus processos produtivos e falham em reconhecer a significativa contribuição da função administração da produção perderão lucro e participação de mercado para aquelas empresas que assim a reconhecem (DAVIS et al., 2001).

Segundo Martins e Laugeni (2005) todas as atividades desenvolvidas por uma empresa visando atender seus objetivos de curto, médio e longo prazos, se inter-relacionam, muitas vezes de forma extremamente complexas. Como tais atividades, na tentativa de transformar insumos em produtos acabados, consomem recursos e nem sempre agregam valor ao produto final, constitui objetivo da Administração da Produção a gestão eficaz dessas atividades.

O Lean Manufacturing teve sua origem no Japão após a Segunda Guerra Mundial onde, na década de 60, desenvolvido pelo engenheiro Taiichi Ohno e sua equipe, o mercado exigia maior flexibilidade e juntamente com o crescimento dos concorrentes conduzia a um novo sistema de produção (OHNO; SCHUMACHER, 1997).

O Sistema Toyota de Produção (Lean Manufacturing) é um sistema que busca eliminar desperdícios em uma linha de produção, afim de maximizar o valor agregado para cada uma das atividades de uma organização. Para Krajewski *et al.* (2014) Sistema de Produção Toyota são sistemas que maximizam o valor adicionado por cada uma das atividades de uma empresa por meio de eliminação de recursos desnecessários e demoras excessivas. Ainda segundo autor, os sistemas de produção enxuta incluem a estratégia de operações da empresa, o projeto do processo, a administração da qualidade, a administração das restrições, o projeto do layout, o projeto da cadeia de suprimentos.

A primeira etapa para uma filosofia de produção enxuta é identificar os desperdícios. A Toyota identificou sete tipos de desperdício que são constatados para ser aplicados a diferentes tipos de operações:

- a) Produção excessiva: Produzir mais do que for imediatamente necessário ao processo seguinte da operação.
- b) Tempo de espera: A eficiência em equipamento e no trabalho são duas medidas populares amplamente usadas para mensurar o tempo de espera do equipamento e da mão de obra, respectivamente. Menos óbvio é o tempo de espera dos itens, mascarado pelos operadores que são mantidos ocupados fazendo coisas desnecessárias para ocupar o tempo.
- c) Transporte: Mover itens ou clientes em torno da operação, frequentemente, não agrega valor. Mudanças no arranjo físico que aproximam os processos, melhorias nos métodos de transporte e organização do local de trabalho podem reduzir o desperdício.
- d) Processo: O próprio processo pode ser uma fonte de desperdício. Algumas operações podem apenas existir em razão do mau projeto do produto ou serviço ou da má manutenção e, assim, podem ser eliminadas.
- e) Estoque: Qualquer estoque deve tornar-se um alvo para eliminação. Entretanto, apenas após combater as causas do estoque é que ele pode ser reduzido.

- f) Movimentação: Um operador pode parecer ocupado, mas às vezes, nenhum valor está sendo acrescentado ao trabalho. A simplificação do trabalho é uma fonte rica de redução do desperdício relacionado à movimentação.
- g) Defeitos: Frequentemente, o desperdício de qualidade é muito significativo nas operações. (SLACK *et al.*, 2009).

Para Womack e Jones (2004), atividades que não agregam valor para o cliente final são caracterizadas como desperdício, pois absorvem recursos, sejam eles mão de obra ou tempo. Essas atividades podem ser classificadas de três formas:

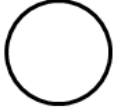
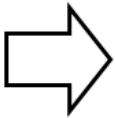
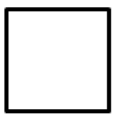
- a) Atividades que agregam valor (AV): atividades que são percebidas no produto pelo cliente e o tornam mais valioso.
- b) Atividades necessárias (AN): atividades necessárias ao produto, porém não são valiosas ao produto pela percepção do cliente.
- c) Atividades que não agregam valor (NAV): atividades que não são necessárias ao processo produtivo, e não tornam o produto mais valioso.

2.2 Mapeamento de Processos

O Mapeamento de Processos é uma das ferramentas essenciais do Lean Manufacturing, segundo Slack *et al.* (2009), envolve simplesmente a descrição de processos em termos de como as atividades relacionam-se umas com as outras dentro do processo. Uma das ferramentas utilizadas para a visualização é o fluxograma de processo, que apresenta as diversas etapas ou fluxos que ocorrem durante a execução de uma tarefa por meio de símbolos.

A figura 1, representa os eventos que ocorrem durante a execução de uma tarefa específica, ou durante uma série de ações por meio de alguns símbolos padronizados pela Sociedade Norte Americana de Engenheiros mecânicos (ASME), conforme apresentado em Barnes *et al.* (1977):

Figura 1 – Símbolos padronizados para o gráfico de fluxo de processo

OPERAÇÃO 	Um círculo maior indica uma operação como : Pregar, Furar, Datilografar.
TRANSPORTE 	Uma flecha indica um transporte como: Mover material com carrinho de mão, mover material carregando, mover material com guindaste.
INSPEÇÃO 	Um quadrado indica uma inspeção como: Examinar material quanto à qualidade ou quantidade, ler manômetro, examinar folheto e obter informações.
ESPERA 	A letra D indica uma espera como: Material no carrinho ou no chão, aguardando processamento, operário aguardando elevador.
ARMAZENAMENTO 	Um triângulo indica um armazenamento como: Armazenamento a granel de matéria-prima, produto acabado no armazém.

Fonte: BARNES *et al.* (1977).

2.3 Arranjo Físico (Layout)

Para Slack *et al.* (2009), arranjo físico é a disposição dos elementos notáveis ao se entrar em uma unidade produtiva, e segundo Stevenson (2001) refere-se à configuração de centros de trabalho e de instalações e equipamentos, com ênfase especial em reduzir movimentações, através do sistema, dos elementos aos quais se aplica o trabalho.

Durante o projeto de novas instalações ou quando se reformula configurações preexistentes, surge a necessidade de planejar um layout eficaz, para desenvolvimento do arranjo físico adequado, deve-se considerar os seguintes fatores:

1. Acidentes, ou riscos à integridade física e à segurança.
2. Mudanças no projeto de produtos ou serviços.
3. Introdução de novos produtos ou serviços.

4. Mudanças no volume de produção, ou no mix (composição) de produtos.
5. Mudanças nos métodos ou no equipamento.
6. Mudanças em requisitos ambientais ou outros, de ordem legal.
7. Problemas relacionados como o moral do pessoal (por exemplo, falta de contato face a face) (STEVENSON, 2001).

A maioria dos arranjos físicos na prática são derivações de apenas 4 tipos básicos:

1. Arranjo físico posicional: os recursos transformados não se movem entre os recursos transformadores, enquanto o equipamento, maquinário, instalações e pessoas movem-se na medida do necessário.
2. Arranjo físico por processo: os recursos ou processos similares são localizados juntos um do outro, dessa forma a utilização dos recursos transformadores é beneficiada.
3. Arranjo físico celular: os recursos transformados, entrando na operação são pré-selecionados para movimentar-se para uma parte específica da operação, na qual todos recursos transformadores necessários para atender suas necessidades imediatas de processamento se encontram.
4. Arranjo físico por produto: envolve localizar os recursos produtivos transformadores inteiramente segundo a melhor conveniência dos recursos que está sendo transformado. Cada produto, elemento de informação ou cliente segue um roteiro pré-definido. (SLACK *et al.*, 2009).

A relação entre os tipos básicos de arranjo físico com o tipo de processo não é totalmente determinada. Cada tipo de processo pode adotar diferentes tipos básicos de arranjo, conforme podemos observar no quadro 1 abaixo:

Quadro 1 – Relação entre tipos de processo e tipos básicos de arranjo físico

Tipos de processos de manufatura	Tipos básicos de arranjo físico	Tipos de processos de serviços
Processo por projeto	Arranjo físico posicional	Serviços profissionais
Processo tipo jobbing		
Processo tipo batch	Arranjo físico por processo	Lojas de serviços
Processo em massa	Arranjo físico celular	Serviços de massa
Processo contínuo	Arranjo físico por produto	

Fonte: Slack *et al.* (2009)

Todos os arranjos físicos devem permitir o uso adequado disponível da operação, um bom arranjo físico terá sido concebido com possíveis necessidades futuras da operação em mente.

O Lean exige que o layout da fábrica seja projetado para garantir o fluxo equilibrado de trabalho com um mínimo de estoque em cada processo. O projetista do sistema precisa visualizar como todos os aspectos do sistema de logística interna e externa se ligam ao layout (JACOBS, *et al.* 2009).

2.4 Diagrama de espaguete

Segundo Krajewski *et al.* (2014) as organizações possuem normalmente fluxos de trabalho dominantes, que ao se aplicar a metodologia enxuta, pode ocasionar a mudança dos layouts existentes, de forma a aproximar as estações de trabalho e suas interações.

Para auxiliar na visualização dos fluxos no layout, pode-se utilizar o Diagrama de Espaguete, que é uma ferramenta que ajuda a estabelecer o layout a partir das observações das distâncias percorridas na realização de uma atividade ou processo (FREITAS, 2013).

2.5 Cronoanálise

Se tratando de ambientes industriais aonde a execução de tarefas repetitivas é predominante entre os colaboradores, é comum a realização do estudo de tempos e movimentos para determinar o tempo padrão de uma operação e deixar as atividades mais detalhadas e claras de serem realizadas. Segundo Peinado e Graeml (2007) o tempo padrão inclui em seu cálculo, a velocidade de trabalho do operador considerando também fatores de tolerância relativos às necessidades fisiológicas, tempo de espera e fadiga.

A cronoanálise contribui como uma técnica que auxilia na medição dos tempos padrões para se estimar a capacidade produtiva da linha de produção, a partir disso é possível identificar cenários de otimização dos recursos utilizados, mão de obra e insumos, e a determinação de metas de produção. O Estudo de tempos, movimentos e métodos de trabalho tem um papel central na determinação da produtividade (PEINADO E GRAEML, 2007).

Com o uso da cronoanálise é possível identificar as partes do processo que não estão produzindo os resultados esperados, seja por ineficiência ou por desperdícios dos recursos empregados, como tempo e materiais. De acordo com Oliveira (2012), o uso da cronoanálise é indicado quando há necessidade de melhorar a produtividade e entender detalhadamente o que ocorre no processo produtivo. Ela irá facilitar a realização de estudos de melhorias de processos e consequentemente no aumento da produtividade.

O estudo de tempos e movimentos, dá-se por meio da cronoanálise, caracterizada como uma ferramenta avançada de qualidade, que evidencia os pontos de melhoria por meio de registros, objetivando:

(1) desenvolver o sistema e o método preferido; (2) padronizar; (3) determinar o tempo necessário de pessoa qualificada trabalhando em ritmo normal; (4) treinar o operador no método preferido (BARNES *et al.*, 1977).

3 METODOLOGIA

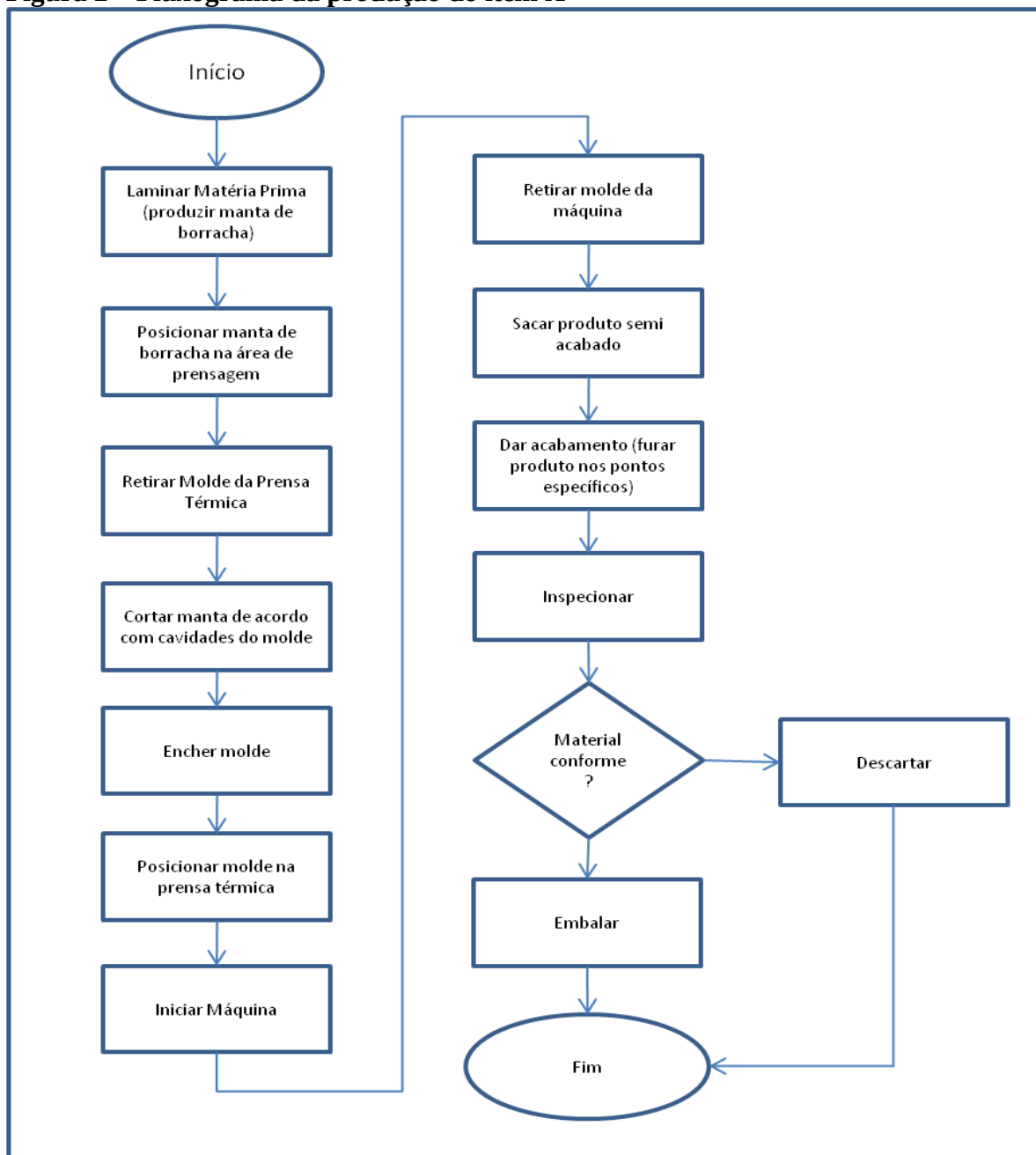
O método de desenvolvimento deste trabalho foi o estudo de caso de natureza aplicada, “concentra-se em torno dos problemas presentes nas atividades da organização. Está empenhada na elaboração de diagnósticos, identificação de problemas e busca de soluções.” (THIOLLENT, 2009).

Com uma ótica focada em produtividade, foram analisadas as etapas do processo tais como: preparação da matéria prima, ferramental (molde), tempo máquina (prensa térmica) e layout na produção do item, que por motivos de confidencialidade será nomeado de item “X”.

Para a coleta de dados, foi concedido acesso as dependências da empresa para visita técnica, entrevistas e coleta de dados durante 2 meses. Foram utilizados os seguintes materiais: cronômetro digital, filmadora, e tabela de anotações.

Mapeou-se todo o processo produtivo do item selecionado, os estudos serão focados a partir da etapa de prensagem, onde há maior interação do operador nas atividades, criou-se o fluxograma apresentado na figura 2:

Figura 2 – Fluxograma da produção do item X



Fonte: Elaborado pelos autores.

O processo de fabricação do item abordado neste estudo possui diversas etapas, a primeira etapa do processo produtivo é “Laminar Matéria Prima”, onde a borracha não vulcanizada é misturada a produtos químicos para obter as características físicas e químicas desejadas, e ser laminada na espessura indicada para o enchimento do molde. A segunda etapa consiste em

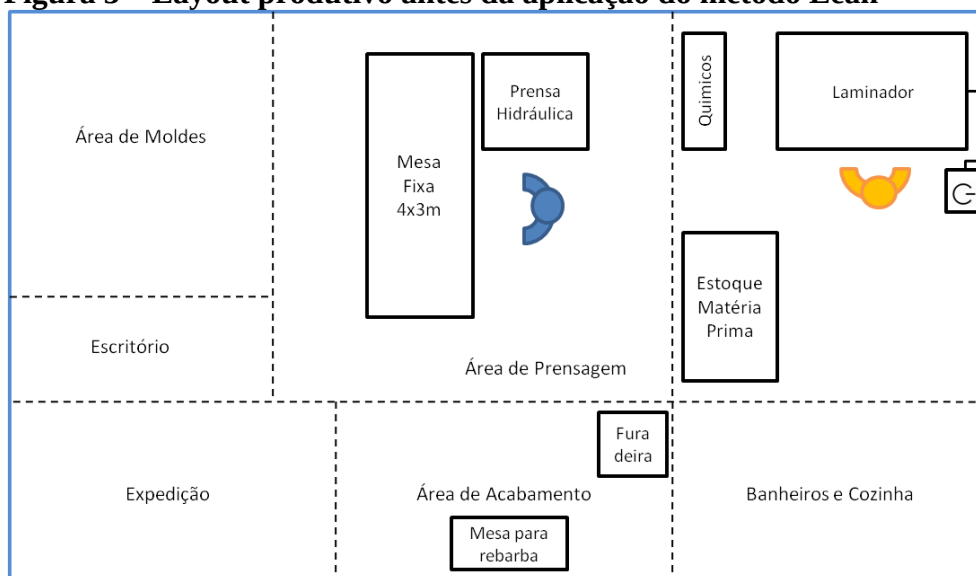
encaminhar a “manta de borracha laminada” ao setor de prensagem, onde o mesmo será cortado para enchimento do molde. A terceira etapa consiste em retirar o molde aquecido da prensa térmica para enchimento. A quarta etapa, o corte, é feito manualmente, através de uma faca, para adequar o material ao enchimento das cavidades do molde. A quinta etapa, o enchimento do molde, ocorre manualmente posicionando o produto sob suas cavidades e fechando com uma tampa lisa de aço. Na sexta etapa, o molde é posicionado na “prensa hidráulica” e prensado com pressão, temperatura e tempo suficiente para vulcanizar a borracha e manter o tamanho específico da peça em questão. A sétima etapa consiste em retirar o molde da prensa, posteriormente, na oitava etapa, sacar a peça já vulcanizada. A penúltima etapa consiste em dar acabamento por meio de furos e corte de rebarbas. Por fim, o produto é inspecionado e liberado para ser embalado e entregue ao cliente ou separado para reaproveitamento, ou refugo.

4 DESENVOLVIMENTO: ESTUDO DE CASO

O estudo foi realizado numa empresa de pequeno porte do ramo de artefatos de borracha e por confidencialidade terá seu nome preservado. Situada em Belo Horizonte, MG, a empresa foi fundada em 2010 e atua no segmento industrial, atendendo a demanda de peças técnicas de acordo com a necessidade de cada cliente. A empresa possui um quadro de funcionários de 3 colaboradores e um espaço físico de aproximadamente 200 m².

Para prosseguir nos estudos, ilustrou-se o layout atual da empresa, conforme apresentado na figura 3:

Figura 3 – Layout produtivo antes da aplicação do método Lean



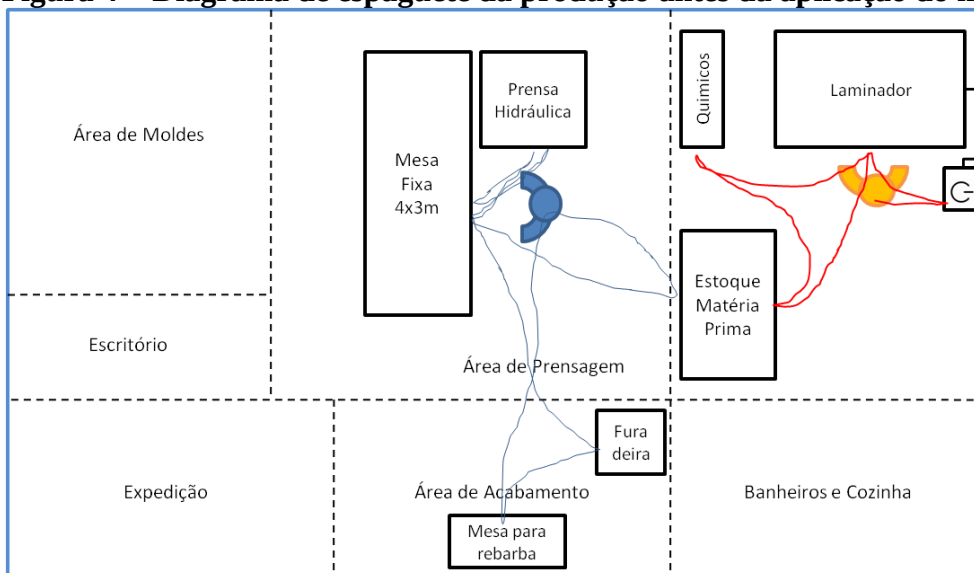
Fonte: Elaborado pelos autores.

Das disposições físicas da empresa, utiliza-se um arranjo físico por processo, definido assim a disposição dos recursos transformadores por meio de setores, são eles: preparo de matéria prima, prensagem, acabamento e expedição.

O item selecionado para este estudo, é um artefato de borracha produzido pelo método de prensagem, a área de prensagem consiste em 1 máquina (prensa hidráulica), 1 mesa 4x3m fixa ao chão posicionada perpendicular à prensa. Evidenciou-se que a mesa fixa não possui proporções adequadas para o processo, e por ser fixa, não permite flexibilidade para o rearranjo rápido.

Para ilustrar a movimentação do operador durante cada ciclo, foi elaborado um diagrama de espagete conforme figura 4, e um gráfico do fluxo de processos conforme figura 5.

Figura 4 - Diagrama de espagete da produção antes da aplicação do método Lean



Fonte: Elaborados pelos autores.

Figura 5 - Gráfico do fluxo do processo de prensagem antes da aplicação do método Lean

Distância em m	Símbolo	Descrição
2,5		Transportar manta da matéria prima até mesa fixa
		Cortar Manta de acordo com cavidades do molde
		Enchimento do Molde
		Posicionar molde na prensa térmica
		Tempo Máquina
		Sacar produto semi-acabado
5,0		Andar até setor de acabamento
		Furar e rebarbar
		Inspecionar
		Embalar
		Armazenar
5,0		Andar até posição inicial, retorno ao ciclo

RESUMO DO TRABALHO EXECUTADO

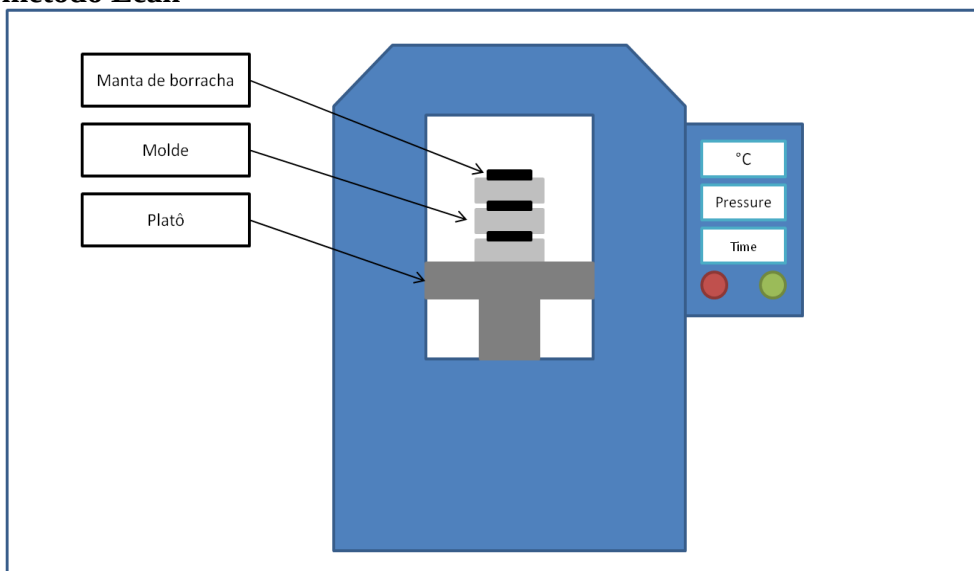
Número de operações		6
Número de transportes		3
Número de esperas		1
Número de Inspeções		1
Número de armazenagens		1
Distância inicial percorrida em m		12,5

Fonte: Elaborado pelos autores

A movimentação do operador ocorre a cada ciclo máquina, iniciando na retirada de matéria prima no setor de laminação e posicionamento na mesa fixa, deslocamento entre mesa fixa e máquina, destinação do produto semiacabado até a furadeira, posteriormente deslocamento até a mesa para rebarba, e retorno ao ponto de origem. Devido ao fato da utilização do arranjo físico por processo, o operador de produção, movimenta-se frequentemente entre o setor de prensagem e o setor de acabamento, com intuito de utilizar máquinas necessárias para produção da peça.

Por fim, observou-se a forma de processamento atual, a prensagem do produto é feita com uso de 3 moldes, empilhados verticalmente de acordo com a figura 5, a área ocupada pelo molde corresponde a apenas 40% da capacidade do platô de prensagem da máquina.

Figura 5 – Representação do método de prensagem do item em estudo antes da aplicação do método Lean

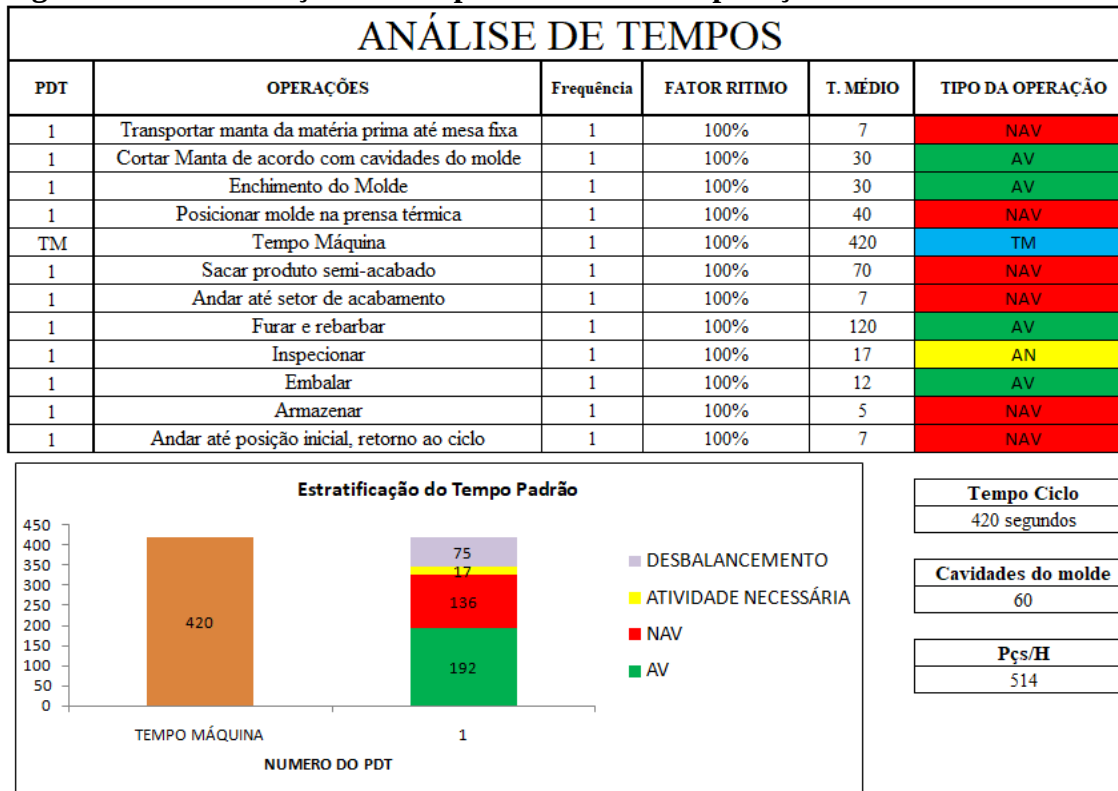


Fonte: Elaborado pelos autores.

Após ilustrar e entender o método de produção praticado, por meio do fluxograma de processo, layout e diagrama de espaguete, iniciou-se a cronoanálise, que ocorreu em quatro etapas: observação, levantamento de dados, cronometragem e estratificação do tempo padrão. Os dados foram coletados no período da manhã e tarde, com ritmo normal de produção e operador qualificado para operação.

A figura 6, desenvolvida a partir de uma planilha de cronoanálise, mostra a estratificação do tempo ciclo encontrado:

Figura 6 – Estratificação do Tempo Ciclo antes da aplicação do método Lean



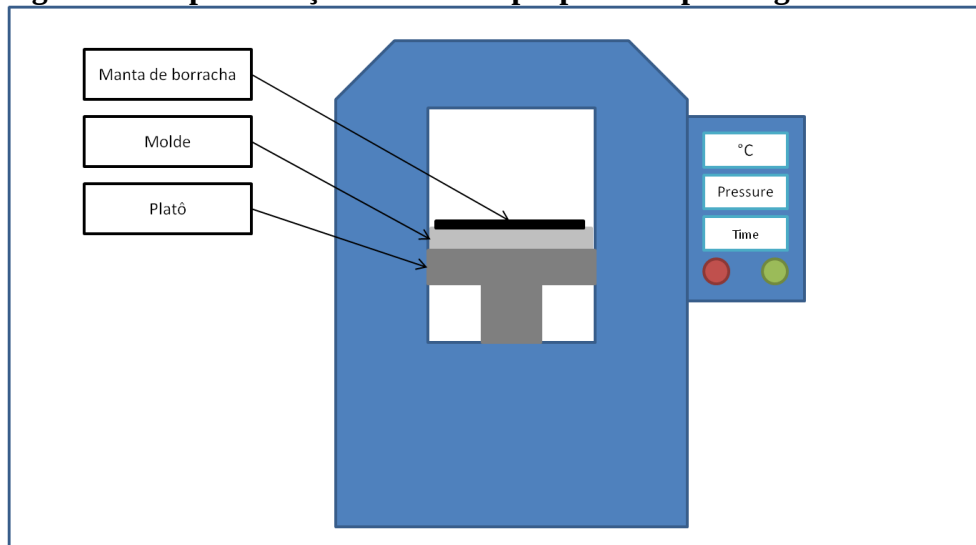
Fonte: Elaborado pelos autores.

Neste cenário, cada ciclo possui capacidade de produzir 60 peças semiacabadas em tempo ciclo de 420 segundos, totalizando uma produção de 514 peças por hora.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A primeira melhoria proposta neste estudo é a alteração do molde para confecção das peças, a confecção de um novo molde mais eficiente, fabricado em um centro de usinagem não representa investimentos substanciais para a empresa em questão, sendo autorizado sua fabricação. A figura 7 representa a nova proposta, e o quadro 2 a capacidade produtiva do novo molde (número de cavidades).

Figura 7 – Representação do método proposto de prensagem com novo molde



Fonte: Elaborado pelos autores.

O novo molde possui dimensões que ocupam 95% da área efetiva de prensagem, o que contribui para a vulcanização da borracha em menor tempo, e redução de movimentos de carga e descarga.

Quadro 2 – Capacidade do molde (comparativo entre molde convencional e molde sugerido)

Molde	Cavidades	Tempo de Vulcanização
Convencional	60	7 minutos
Molde sugerido	120	4 minutos

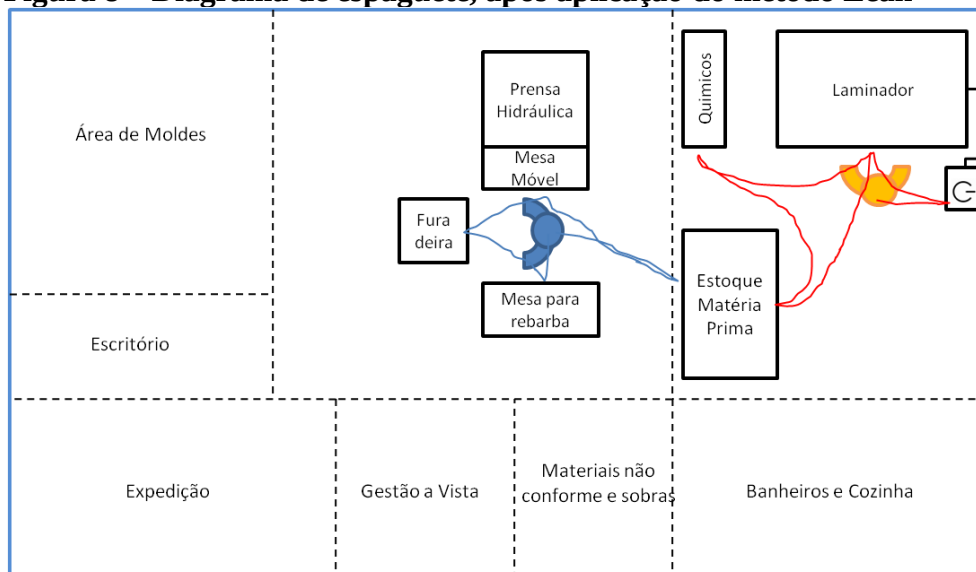
Fonte: Elaborado pelos autores

A segunda melhoria proposta para o estudo foi a alteração do layout, afim de reduzir a movimentação do operador e os tempos de manuseio do molde (enchimento e saque do molde).

Para eliminar ineficiências de operação relacionadas ao layout, optou-se por substituir a mesa fixa, adquirindo uma mesa móvel com dimensões ajustadas a saída da máquina, facilitando assim a movimentação do molde. Para a redução da distância percorrida entre o processo de prensagem e acabamento, aproximou-se a furadeira e a mesa de rebarba à célula de prensagem, elaborando um layout em “u”, unindo as operações.

Conforme figura 8, o novo layout proposto reduz movimentos e deslocamento do operador, sendo assim, mais eficiente.

Figura 8 – Diagrama de espaguete, após aplicação do método Lean

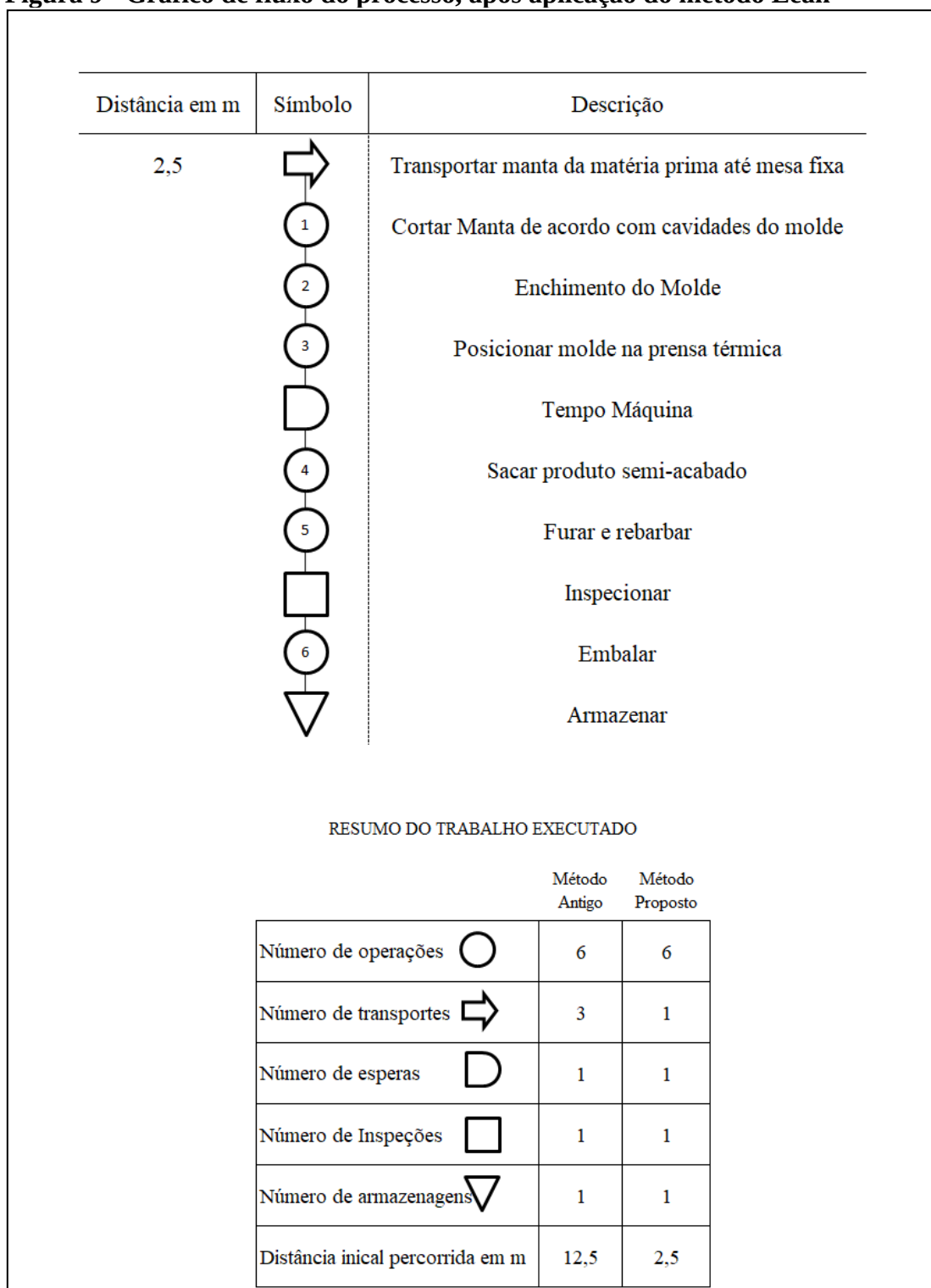


Fonte: Elaborado pelos autores.

Com o espaço liberado, foi criada uma área para destinação de materiais não conforme e sobras, e espaço para gestão a vista e treinamentos, proporcionando um ambiente mais limpo e seguro para os funcionários.

Para constatação da melhoria do fluxo do processo, foi elaborado um comparativo entre o método antigo e o método proposto, conforme figura 9.

Figura 9 - Gráfico de fluxo do processo, após aplicação do método Lean

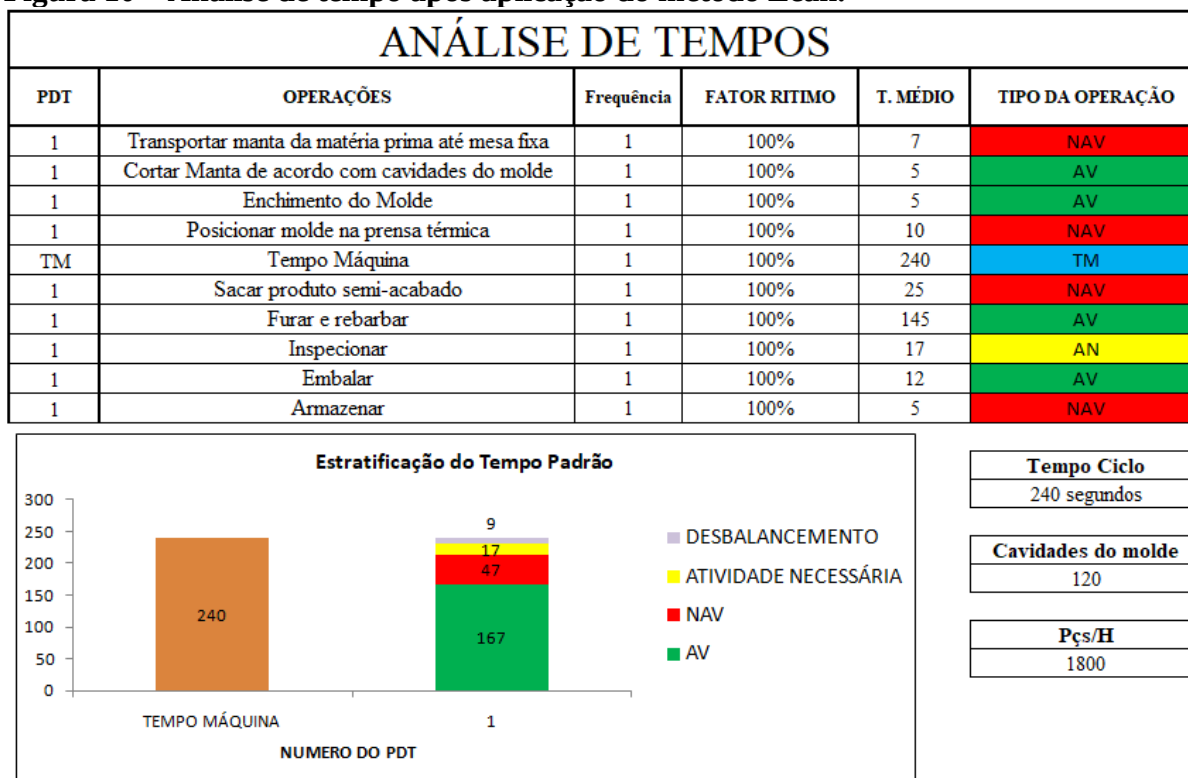


Fonte: Elaborado pelos autores.

O rearranjo físico possibilitou um melhor fluxo produtivo, houve a eliminação 2 tarefas de transporte, ocasionando consequentemente a redução de 10m percorridos por ciclo.

Com as alterações realizadas baseando-se no conceito Lean, e realizando novamente cronoanálise do processo, obteve-se um novo tempo ciclo, conforme figura 10.

Figura 10 – Análise de tempo após aplicação do método Lean.



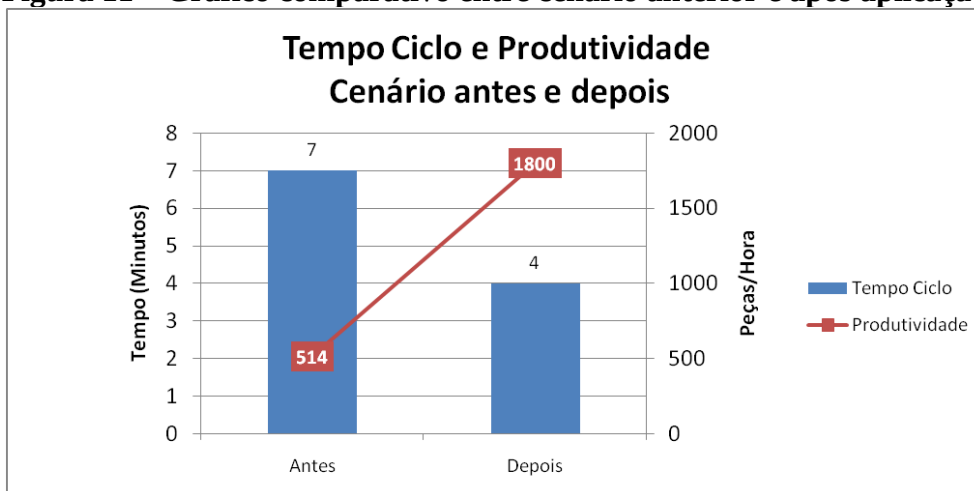
Fonte: Elaborado pelos autores.

Mudanças de processo e layout permitiram reduzir o tempo de atividades manuais e tempo máquina, obteve-se um tempo de 167 segundos para atividades que agregam valor (AV), 47 segundos para atividades que não agregam valor (NAV), 17 segundos para atividade necessária (AN), e a diferença de tempo entre a máquina e o operador causa um desbalanceamento de 9 segundos.

Constatou-se na cronoanálise um novo tempo ciclo de 240 segundos, trabalhando-se com um molde de 120 cavidades e mais eficiente, a produção por hora aumentou para 1800 peças.

A figura 11 ilustra o comparativo da produtividade entre o modelo antigo e o modelo proposto:

Figura 11 – Gráfico comparativo entre cenário anterior e após aplicação do Lean



Fonte: Elaborado pelos autores.

Conforme observado, houve uma redução de 46% do tempo ciclo (redução de 3 minutos), e aumento de 250% na produtividade (aumento de 1286 peças/hora).

Os resultados obtidos foram satisfatórios para a empresa, alcançando números expressivos na produção e melhoria no ambiente de trabalho, utilizando-se os conceitos de Lean Manufacturing na produção de artefatos de borracha.

O estudo de caso permitiu conhecer e analisar as perdas existentes no processo produtivo, que podem ser evitadas por meio de mudanças, observou-se: perda de capacidade devido ao mal aproveitamento da área útil máquina, excesso de movimentos para enchimento do molde, tempo máquina elevado para vulcanização do material devido a utilização de 3 moldes empilhados, e atraso na movimentação do operador devido à mesa fixa perpendicular a máquina não estar nas dimensões adequadas, e arranjo físico não adequado para o processo do item abordado.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo demonstrou o potencial das ferramentas do Lean Manufacturing que envolvem a análise de tempo, movimentações, utilização do espaço físico e processo, têm de impactar positivamente a produtividade e organização de uma empresa de manufatura. A observação e análise de dados, permitiram identificar os tipos de perdas relevantes para o processo de manufatura do artefato de borracha escolhido, permitindo aplicar os conceitos da manufatura enxuta, reduzindo os desperdícios por meio alteração do layout, que consistiu em utilizar o modelo de arranjo físico celular, reduzindo movimentações desnecessárias evidenciadas no gráfico espagete e gráfico do fluxo do processo. No que se refere a mudança no processo, realizou-se a troca do molde, para aumentar a área efetiva de prensagem de 40% para 95% da capacidade da máquina, ampliando 100% o número de cavidades, obtendo ganhos em produtividade e diminuindo o tempo de vulcanização e movimentação do molde.

As análises de tempo contribuíram significativamente na implementação dos métodos propostos, devido a sua capacidade de mensuração, e confirmação efetiva dos dados com auxílio das tecnologias da informação, por meio do uso de cronômetros, planilhas e gráficos.

Conclui-se que houve melhorias quantitativas e qualitativas satisfatórias para a empresa, tornando factível o pensamento de melhoria contínua na presente gestão.

REFERÊNCIAS

ANTUNES JUNIOR, J. A. V. **Sistemas de produção: conceitos e práticas para projetos e gestão da produção enxuta**. Porto Alegre: Bookman, 2011.

BARNES, R. M. *et al.* **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho**. [s.l.]: E. Blücher, 1977.

DAVIS, M. M.; AQUILANO, N. J.; CHASE, R. B. **Fundamentos da administração da produção**. Tradução: Eduardo D'Agord Schaan *et.al.* 3. ed. Porto Alegre: Bookman Editora, 2001.

FREITAS, E. B. **Diagrama de Espaguete. Engenharia de Produção**, v 5, 2013. Disponível em: http://engenhariadeproducaoindustrial.blogspot.com/2013/03/diagrama-de-espaguete-spaghetti_10.html. Acesso em: out., 2019.

JACOBS, F. R.; SOUSA, T. C. F.; CHASE, R. B. **Administração da produção e de operações: o essencial**. [s.l.]: Bookman, 2009.

KRAJEWSKI, L. J. *et al.* **Administração de produção e operações**. [s.l.]: Pearson Education do Brasil, 2009.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção**. [s.l.]: Saraiva, 2005.

OHNO, T.; SCHUMACHER, C. **O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala**. [s.l.]: Bookman, 1997.

OLIVEIRA, J.C.G. **Estudo dos tempos e métodos, cronoanálise e racionalização industrial**. 2012. Disponível em: <http://www.administradores.com.br/artigos/administracao-e-negocios/estudo-dos-49tempos-e-metodos-cronoanalise-e-racionalizacao-industrial/63820/>>. Acesso em: 07 ago. 2019.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da produção: operações industriais e de serviços**. 1. ed. Curitiba: UnicenP, 2007.

SLACK, N. *et al.* **Administração da produção**. [s.l.]: Atlas, 2009.

STEVENSON, W. J. **Administração das operações de produção**. [s.l.]: LTC - Livros Técnicos e Científicos, 2001.

THIOLLENT, M. **Pesquisa-ação nas organizações**. [s.l.]: Atlas, 2009.

TUBINO, D. F. **Planejamento e controle da produção: teoria e prática**. [s. l.], 2017.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza.** [s.l.]: Campus, 2004.