

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

LUCAS VIEIRA LANG

**APLICAÇÃO DO MÉTODO SMED EM UMA INDÚSTRIA DE PRODUTOS
AUTOMOTIVOS PARA MELHORIA NO PROCESSO DE SETUP**

PONTA GROSSA

2021

LUCAS VIEIRA LANG

**APLICAÇÃO DO MÉTODO SMED EM UMA INDÚSTRIA DE PRODUTOS
AUTOMOTIVOS PARA MELHORIA NO PROCESSO DE SETUP**

**APPLICATION OF THE SMED METHOD IN AN AUTOMOBILE PRODUCTS
INDUSTRY TO IMPROVEMENT IN THE SETUP PROCESS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção, do Departamento de Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Everton Luiz de Melo.



PONTA GROSSA

2021



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

	<p style="text-align: center;">Ministério da Educação UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ CÂMPUS PONTA GROSSA Departamento Acadêmico de Engenharia de Produção</p>	 <p style="text-align: center;">UTFPR <small>UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ</small></p>
---	--	---

TERMO DE APROVAÇÃO DE TCC

APLICAÇÃO DO MÉTODO SMED EM UMA INDÚSTRIA DE PRODUTOS AUTOMOTIVOS PARA MELHORIA NO PROCESSO DE SETUP

por

LUCAS VIEIRA LANG

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 08 de dezembro de 2021 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Everton Luiz de Melo
Prof. Orientador

Prof. Dr. Fabio Jose Ceron Branco
Membro titular

Prof. Dr. Juan Carlos Claros Garcia
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

RESUMO

Produzir de acordo com as necessidades dos clientes em sistemas de produção em lotes demandam *setups* constantes, que visam minimizar os custos de produção, os estoques e o tempo decorrente entre a produção da última peça do produto anterior e a primeira peça do produto seguinte. O Método *Single Minute Exchange of Die* (SMED) foi desenvolvido por Shigeo Shingo no grupo Toyota, almejando a redução sistemática dos tempos de *setup*, objetivando aumentar a capacidade de produção através da utilização das máquinas por mais tempo durante a jornada de trabalho, minimizando estoques e o *lead time* de produção através de lotes menores, que possibilitam maior flexibilidade de produção. O método SMED diminui os defeitos, os atrasos nas entregas e os custos de estocagem, além disto, aumenta a produtividade, satisfação do consumidor e a lucratividade. Assim, este estudo se propõe a aplicar o método SMED em uma linha de extrusão para produção de mangueiras em uma indústria de produtos automotivos situada no estado do Paraná. Para isso, realizou-se uma revisão bibliográfica através da consulta de artigos sobre o método. Após a aplicação da ferramenta SMED foram propostas as melhorias para diminuição do tempo de *setup* na linha de produção, as ações propostas tornam possível obter a diminuição de aproximadamente 42,93% do tempo de *setup* atual da linha de produção, representando ganhos semanais de 1 hora, 2 minutos e 15 segundos.

Palavras-chave: SMED. Setup. Controle de processo. Processos de fabricação.

ABSTRACT

Producing according to customer needs in batch production systems requires constant setups, which aim to minimize production costs, inventories and time between the production of the last part of the previous product and the first part of the next product. The Single Minute Exchange of Die (SMED) Method was developed by Shigeo Shingo in the Toyota group, aiming at the systematic reduction of setup times, aiming to increase production capacity through the use of machines for longer during the workday, minimizing stocks and production lead time through smaller batches, which enable greater production flexibility. The SMED method reduces defects, delivery delays and storage costs, in addition to increasing productivity, customer satisfaction and profitability. Thus, this study proposes to apply the SMED method in an extrusion line for the production of hoses in an automobile products industry located in the state of Paraná. For this, a bibliographical review was carried out through the consultation of articles about the method. After the application of the SMED tool, improvements were proposed to reduce setup time on the production line, the proposed actions make it possible to obtain a decrease of approximately 42.93% of the current setup time of the production line, representing weekly gains of 1 hour, 2 minutes and 15 seconds.

Keywords: SMED. Setup. Process Control. Manufacturing Process.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Princípios básicos do <i>lean manufacturing</i>	13
Figura 2 - Sete desperdícios	15
Figura 3 - Fluxograma estágios SMED	20
Figura 4 - Fluxograma da metodologia.....	24
Figura 5 - Diagrama esquemático do sistema de produção	27
Figura 6 - Mangueiras de sistemas de arrefecimento	28
Figura 7 - Linha de produção de mangueiras de arrefecimento	29
Figura 8 - Fluxograma das tarefas de <i>setup</i>	32
Figura 9 - <i>Check Table</i>	38
Gráfico 1 - Tempos de <i>setup</i> medidos	31
Gráfico 2 - Tempo de duração das etapas	33
Gráfico 3 - Separação de <i>setup</i> interno e externo.....	34
Gráfico 4 - Tempos de atividades após a alteração do fluxo de afiação do facão	35
Gráfico 5 - Tempos de atividades após a alteração do fluxo de troca de rastreabilidade.....	36
Gráfico 6 - Tempos de melhoria de processo.....	37
Gráfico 7 - Tempos de melhorias de processo após a implementação dos três estágios.....	39
Quadro 1 - Propostas de melhoria	40

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
1.1 PERGUNTA DE PESQUISA E OBJETIVOS	9
1.2 OBJETIVOS	9
1.2.1 Objetivo Geral	9
1.2.2 Objetivos Específicos	9
1.3 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA	10
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 MANUFATURA ENXUTA	12
2.1.1 PRINCÍPIOS BÁSICOS	13
2.1.1.1 Valor	14
2.1.1.2 Fluxo de valor	14
2.1.1.3 Fluxo	14
2.1.1.4 Puxar	14
2.1.1.5 Perfeição	15
2.1.2 DESPERDÍCIOS DA MANUFATURA ENXUTA	15
2.1.2.1 Superprodução	16
2.1.2.2 Espera	16
2.1.2.3 Transporte	16
2.1.2.4 Processamento	16
2.1.2.5 Estoque	17
2.1.2.6 Movimentação	17
2.1.2.7 Defeitos	17
2.2 PRINCIPAIS FERRAMENTAS UTILIZADAS	17
2.3 TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS	19
2.3.1 Estágios para aplicação da TRF	20
2.3.1.1 Estágio Inicial	20
2.3.1.2 Estágio 1: separar <i>setup</i> interno e externo	21
2.3.1.3 Estágio 2: converter <i>setup</i> interno em externo	22
2.3.1.4 Estágio 3: racionalizando os aspectos da operação de <i>setup</i>	22
3 METODOLOGIA DE PESQUISA	23
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	23
3.2 DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA	24
4 DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS	26
4.1 PROCESSO DE PRODUÇÃO	26
4.2 ANÁLISE DA LINHA DE PRODUÇÃO	27
4.3 ANÁLISE DO <i>SETUP</i>	29
4.3.1 Processo de <i>setup</i>	30

4.3.1.1	Aplicação do Estágio 1 – Separação do <i>setup</i> interno em externo	31
4.3.1.2	Aplicação do Estágio 2 – Conversão do <i>setup</i> interno em externo	34
4.3.1.2.1	<i>Alteração do fluxo de afiação do facão</i>	34
4.3.1.2.2	<i>Alteração do fluxo de troca de rastreabilidade</i>	35
4.3.1.3	Aplicação do estágio 3 – Racionalização dos aspectos de operação	36
4.3.1.3.1	<i>Alteração de ferramenta de setup</i>	37
4.3.1.3.2	<i>Desenvolvimento de dispositivo de conferência de equipamentos</i>	38
4.3.2	GANHOS NO <i>SETUP</i>	39
5	CONCLUSÕES	41
	REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

O mercado competitivo faz com que todas as empresas precisem aprender a se comportar mediante seus concorrentes, sendo necessário manter esforços para superá-los. Assim, quanto mais as organizações competem entre si em busca de melhorias para se destacar no mercado, maior é a evolução do processo de produção, acarretando em melhores produtos para os clientes.

O processo de melhoria contínua vem sendo utilizado por diversas empresas, com o objetivo de melhorar cada vez mais os seus resultados, através de processos, produtos ou serviços mais eficazes e eficientes. Este procedimento ocorre em um processo que exige continuidade, pois se trata de um ciclo sem fim, um procedimento cíclico onde através de uma melhoria, já ocorre a análise de novas oportunidades, sendo seguido de um novo plano de ação visando novas melhorias. Além disso, a cultura da empresa é essencial para o desenvolvimento desta metodologia, pois é necessário que todos os colaboradores adotem a filosofia do método, sendo inserido em todos os níveis da empresa, desde os operadores da linha de produção até a alta administração da empresa.

A metodologia *Lean Manufacturing* auxilia na melhoria dos resultados, através da eliminação de processos e atividades que não agregam valor para o cliente, visando eliminar os sete tipos de desperdícios, que são estoque, espera, defeitos, superprodução, movimentação, transporte e processamento excessivo.

Com o foco na redução de movimentos desnecessários, diminuição do excesso de produção e redução do processamento impróprio, a ferramenta *Single Minute Exchange of Die* (SMED) é aplicada com o objetivo de minimizar o tempo gasto com o *setup*, tornando o processo mais flexível através da possibilidade do aumento do *mix* de produção, melhorando a competitividade das empresas no mercado.

Este estudo possui por finalidade a aplicação da metodologia SMED em uma empresa do ramo automobilístico situada no estado do Paraná, com o objetivo de reduzir o tempo gasto no *setup* de uma máquina extrusora, através da identificação de oportunidades no procedimento realizado na empresa. A oportunidade de aplicação desta ferramenta ocorre devido à necessidade de aumentar a variedade de produtos processados por esse equipamento, acarretando em um maior *mix* de produção. Além disto, atualmente o *setup* deste maquinário é o mais demorado da

empresa, existindo oportunidades nos movimentos executados durante o processo de *setup*.

1.1 PERGUNTA DE PESQUISA E OBJETIVOS

Esta seção possui como objetivo apresentar quais são as metas que o presente estudo necessitará atingir para sua conclusão, além de indicar a pergunta de pesquisa que define este trabalho.

Deste modo, esta monografia possui o objetivo de analisar e realizar a aplicação do método *Single Minute Exchange of Die* para responder a seguinte pergunta: Em uma linha de extrusão de mangueiras de sistemas de arrefecimento automotivos, quais ações são efetivas para a diminuição do tempo de *setup* através da aplicação da ferramenta SMED?

1.2 OBJETIVOS

Na aplicação deste trabalho, esta seção tem como objetivo definir o objetivo geral e objetivos específicos abarcados neste projeto.

1.2.1 Objetivo Geral

O presente estudo objetiva aplicar o método de troca rápida de ferramentas, visando alcançar o melhor desempenho para um sistema de produção, por meio da redução de tempo de *setup* de uma linha de produção de mangueiras de sistemas de arrefecimento automotivos.

1.2.2 Objetivos Específicos

Para alcançar o objetivo geral definido, faz-se necessário atender os objetivos específicos, definidos a seguir:

- Analisar o método de troca rápida de ferramenta proposto na literatura;

- Analisar e mapear o processo *setup* realizado no equipamento, compreendendo o contexto atual na linha de produção;
- Aplicar a metodologia SMED visando otimizar o processo de produção;
- Propor melhorias a serem implementadas no processo de *setup*.

1.3 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA

Na aplicação desta pesquisa, é realizado o acompanhamento do procedimento de *setup* em uma linha de produção de mangueiras de sistemas de arrefecimento, analisando os movimentos realizados atualmente durante o processo padrão de *setup*, visando mapear oportunidades no processo. Com a análise, são propostas melhorias no procedimento, além do acompanhamento teórico da aplicação das melhorias mapeadas, apontando os ganhos com a aplicação desta metodologia.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos, cada etapa abarca itens essenciais para a compreensão da metodologia utilizada e do problema estudado. Assim, esta monografia está disposta na seguinte estruturação:

- Capítulo 1 – Introdução, neste primeiro capítulo apresenta a contextualização do estudo, dos problemas da pesquisa, os objetivos desta pesquisa, bem como as delimitações;
- Capítulo 2 – Referencial teórico, que apresenta embasamento teórico utilizado como apoio para realização deste estudo. Neste capítulo aborda-se o histórico do *Lean Manufacturing*, conceitos e técnicas do método SMED, assim como as ferramentas utilizadas para o desenvolvimento deste trabalho;
- Capítulo 3 – Metodologia, que aborda a classificação da pesquisa e as etapas utilizadas para a realização do estudo;
- Capítulo 4 – Resultados e discussões, o qual apresenta o atual processo de *setup* da empresa analisada, os resultados obtidos pelo estudo, por

fim, as propostas melhorias, e as justificativas caso não seja mapeado melhorias;

- Capítulo 5 – Considerações finais, neste último capítulo estão dispostas as análises quanto aos objetivos do trabalho e propostas de futuros estudos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo tem como intuito a melhor compreensão dos conceitos necessários para o embasamento teórico do assunto abordado no estudo proposto, como a metodologia *lean manufacturing*, aplicações e importância do tema em um processo produtivo. Em sequência, a compreensão de *setup* e a importância do estudo para melhor flexibilidade de produção. Por fim, a ferramenta SMED, sendo necessário o conhecimento dos estágios em um sistema de troca rápida de ferramentas e as técnicas definidas para aplicação da ferramenta.

2.1 MANUFATURA ENXUTA

Oriunda do Japão, após a Segunda Guerra Mundial, o conceito de Manufatura Enxuta surgiu na Toyota Motors Company, empresa automobilística, conhecida como Sistema Toyota de Produção (SPT). O sistema foi necessário devido às crises enfrentadas pelo setor, fazendo-se imprescindível inovar para manter-se no mercado.

A metodologia teve origem após a visita do engenheiro da Toyota, Eiji Toyoda, nas fábricas da Ford nos Estados Unidos, onde após a visita concluiu junto de Taiichi Ohno, que futuramente estruturou o sistema de manufatura enxuta, que o mercado Japonês por demandar de vasta gama de veículos, como, carros de luxo para autoridades governamentais, grandes caminhões para transporte de mercadorias, pequenos caminhões para menores agricultores e carros pequenos que necessitavam ser adequados para as cidades populosas necessitava de um sistema de produção flexível, diferentemente do que pregava as tecnologias do ocidente na época baseadas em sistemas de produção em massa (WOMACK, JONES E ROSS, 2004).

De acordo com Womack (2004), o passo inicial de Ohno no desenvolvimento do método foi a realização do agrupamento dos colaboradores em equipes, sendo estas definidas com um líder, que substituiu o papel do supervisor definido pelo Fordismo. Cada equipe tinha a responsabilidade por uma parte da linha e um conjunto de tarefas, sendo que deveriam trabalhar em grupos, com o objetivo de performar o melhor possível nas tarefas necessárias.

Na sequência, definiu-se que as equipes seriam responsáveis pela limpeza dos setores, reparos das ferramentas e controle de qualidade. Após o bom funcionamento destas etapas, foi realizada a implementação de horários para que as equipes realizem sugestões de oportunidades de melhorias no processo com a participação dos engenheiros industriais, através de ciclos contínuos e graduais, conhecidos como *kaizen*.

O sistema de manufatura enxuta destacou-se com a continuidade do bom desempenho da Toyota, difundindo-se no mundo com o livro “A máquina que mudou o mundo”, de James Womack, Daniel Jones e Daniel Ross.

De acordo com Ohno (1997) a ideia básica é produzir apenas o necessário, no momento necessário e na quantidade necessária, eliminando desperdícios e elementos desnecessários a fim de reduzir custos.

2.1.1 PRINCÍPIOS BÁSICOS

Com o objetivo de compreensão dos princípios básicos do *lean manufacturing*, esta seção apresenta os princípios definidos por Womack (2004), ilustrados pela Figura 1.

Figura 1 - Princípios básicos do *lean manufacturing*



Fonte: Coelho (2021)

A Figura 1 apresenta o ciclo dos princípios básicos do *lean manufacturing* representados pelas seguintes etapas: valor, fluxo de valor, fluxo, puxar e perfeição.

Os princípios do *lean manufacturing* foram definidos através do sucesso da Toyota, visando auxiliar as empresas a criar produtos centrados no que os clientes necessitam, auxiliando melhor compreensão do processo produtivo, minimização de perdas e criação de valor para o cliente.

2.1.1.1 Valor

O valor é definido pelas necessidades dos clientes, sendo necessário identificar o problema do cliente com o objetivo de propor a solução por meio do produto, acarretando na necessidade de aquisição imediata pelo cliente. Assim, qualquer processo que não agregue valor ao produto final deve ser considerado um desperdício e deve-se buscar oportunidades para eliminá-lo.

2.1.1.2 Fluxo de valor

Após a definição do valor, é necessário mapear o fluxo de valor, identificando todas as etapas que influenciam no produto ou no processo, o objetivo é descrever, como um fluxograma de informações, um mapa de processo que permita enxergar etapas e tarefas que não criem valor e maneiras de removê-las do sistema.

2.1.1.3 Fluxo

De acordo com Womack (2004), é necessário que o produto ou serviço flua suavemente em relação ao cliente após a eliminação das tarefas que não agreguem valor. Sendo essencial que as etapas que permaneceram no processo não possuam interrupções, atrasos ou gargalos, assim torna-se possível obter ganhos de produtividade e eficiência.

2.1.1.4 Puxar

Após possuir um fluxo enxuto e aprimorado, faz-se necessário permitir com que o cliente puxe o produto conforme necessidade, assim, produtos não são

fabricados sem demandas, diminuindo a necessidade do gerenciamento de estoques que demandam de altos custos, resultando em menores gastos para o fabricante e para o cliente.

2.1.1.5 Perfeição

Por fim, de acordo com Crawford (2016), é necessário compreender que a manufatura enxuta não é um sistema estático, sendo necessário implementar a cultura da metodologia em todos os colaboradores envolvidos na produção, sendo possível gerar melhorias contínuas.

2.1.2 DESPERDÍCIOS DA MANUFATURA ENXUTA

Mudando os modelos de produção em massa definidos pelo Fordismo no século passado de produção, a manufatura enxuta visa eliminar os desperdícios dentro das organizações através de ciclos de melhorias contínuas, visando manter apenas tarefas que agregam valor para o cliente, tornando processos mais eficientes.

De acordo com Ohno (1997), a Figura 2 apresenta os sete tipos de desperdícios do *lean manufacturing*.



Fonte: Kanbanize (2021)

De acordo com a Figura 2, os sete tipos de desperdícios devem ser identificados para implementação do *lean manufacturing* nas organizações, estes desperdícios são definidos como as atividades humanas que utilizam recursos sem agregar valor ao produto ou ao processo.

2.1.2.1 Superprodução

De acordo com Ghinato (2000), a perda de superprodução é dividida em dois tipos, que são, produzir demais ou antecipadamente, representadas respectivamente pela produção excedente do volume requerido ou programado e pela produção antes da demanda, acarretando em acúmulo de produtos em estoque, gerando custos.

2.1.2.2 Espera

O desperdício ocasionado pela espera é representado pelo tempo no qual não ocorre nenhum tipo de processo, transporte ou verificação. As perdas por espera podem ser caracterizadas como espera no processo, no lote ou espera do operador. A espera no processo ocorre quando existe a necessidade de esperar o término de um processamento anterior para iniciar um novo processamento de um lote que já estava pronto, podendo ser caracterizadas pelo gargalo do sistema.

2.1.2.3 Transporte

A perda por transporte é caracterizada pelo movimento desnecessário de materiais, sendo estes movimentos tarefas que não agregam valor ao produto.

2.1.2.4 Processamento

Perda representada pelas tarefas do processamento que podem ser eliminadas sem afetar as funções e características do produto ou serviço, também são caracterizadas pelo uso de equipamentos com capacidades abaixo da

especificação técnica, além de execução de processos que não são exigidos pelos clientes.

2.1.2.5 Estoque

Este desperdício engloba todas as perdas representadas por estoques, seja de matéria-prima, produto acabado ou material em etapa de processamento, todos estes estoques tem custos para a empresa e para o cliente.

2.1.2.6 Movimentação

A movimentação caracteriza uma perda por deslocamento excessivo entre postos de trabalho ou movimentações desnecessárias de pessoas e equipamentos.

2.1.2.7 Defeitos

Por fim, a perda por defeitos, é caracterizada pela fabricação de produtos com qualidade fora da especificação, sendo necessário retrabalho ou substituições de produtos, para satisfazer os requisitos de uso, desperdiçando recursos.

2.2 PRINCIPAIS FERRAMENTAS UTILIZADAS

A fim de atingir os objetivos da manufatura enxuta é necessário a utilização de ferramentas e técnicas, que juntas, tornam o sistema possível. A seguir, serão apresentadas as principais técnicas e ferramentas utilizadas pelo *lean manufacturing* visando eliminar as atividades que não agregam valor ao produto.

- *Kaizen*: Este termo refere-se ao processo de melhoria contínua, que visa tornar o processo mais eficiente a partir de reuniões cíclicas dos colaboradores com os engenheiros de processo visando a identificação de oportunidades de processo. Os objetivos do *kaizen* são a eliminação de desperdícios, correção de problemas de fluxo de trabalho e resolução de problemas de negócio a partir de melhorias no processo.

- *Poka-Yoke*: É uma ferramenta representada por um dispositivo ou procedimento à prova de falhas, que visa evitar a ocorrência de erros em um processo de produção eliminando as possíveis causas.
- *Kanban*: De acordo com Elias (2003), *kanban* é a ferramenta de controle de produção que tem por objetivo reduzir o desperdício, eliminando perdas por estoque e por superprodução. O *kanban* funciona através do acionamento de uma ferramenta de pedido quando um item começa a ficar com baixo estoque, gerando uma nova solicitação automática de estoque. O cartão do *kanban* possui informações de quantidade e tipos de materiais que cada posto de trabalho está necessitando e no sentido inverso os componentes pedidos.
- 5S: O programa 5S tem como objetivo melhorar a eficiência, qualidade e produtividade no ambiente de trabalho, sendo o programa baseado em cinco sentidos, que são, *Seiri* (utilização), *Seiton* (organização), *Seiso* (limpeza), *Seiketsu* (bem-estar) e *Shitsuke* (autodisciplina). O sentido de utilização tem como objetivo separar o útil do inútil, deixando disponível no setor apenas o que é necessário. O sentido de organização define que devemos deixar cada coisa que foi selecionada como útil no seu devido lugar, existindo demarcações para os itens e que itens de utilização constantes devem ter fácil acesso. O sentido de limpeza traz como objetivo manter o ambiente de trabalho constantemente limpo, assim facilmente será possível identificar perdas de processo. O sentido de bem-estar visa garantir a qualidade de vida do colaborador na empresa, de modo a verificar a utilização dos EPI, regras de segurança e ergonomia dos colaboradores. Por fim, o sentido de autodisciplina está relacionado à cultura do 5S nos funcionários, de modo que o programa está inserido na empresa, garantindo que os padrões sejam cumpridos.
- SMED: Segundo Shingo (2000), a ferramenta *Single Minute Exchange of Die* (SMED) é uma abordagem científica que tem por objetivo a redução do tempo de *setup*, podendo ser aplicada em qualquer fábrica ou máquina.

2.3 TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS

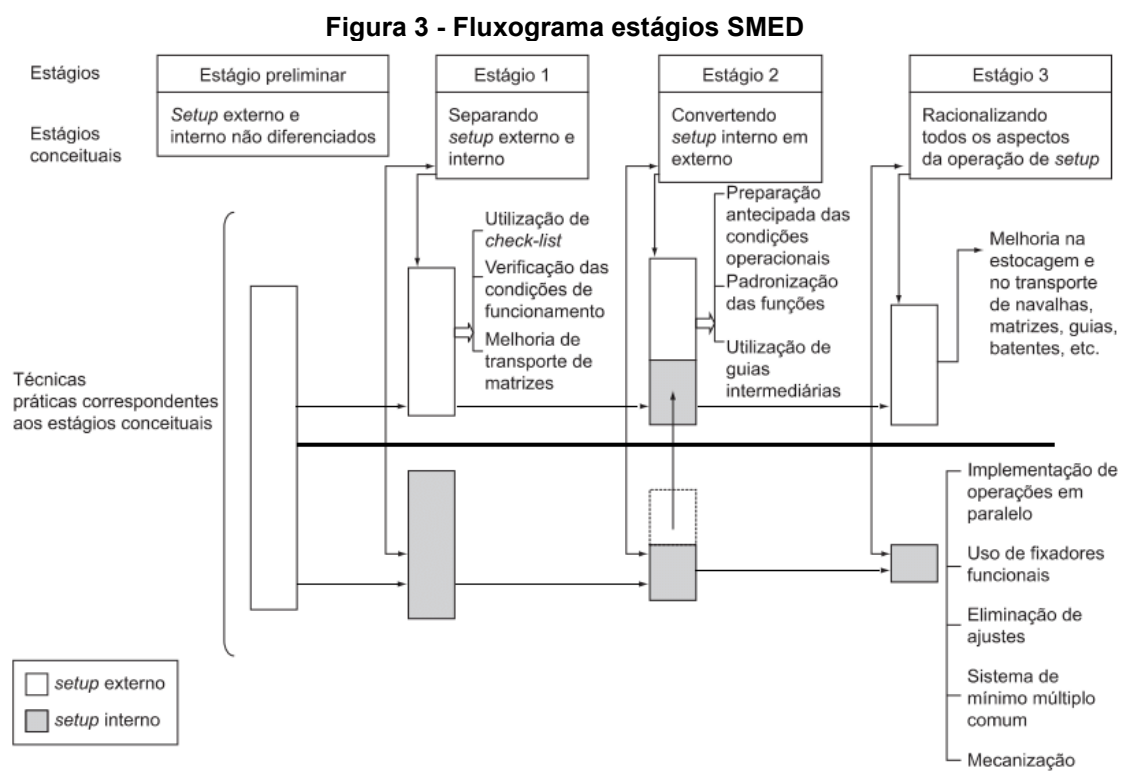
A ferramenta *Single Minute Exchange of Die* (SMED), traduzida como Troca Rápida de Ferramentas (TRF), teve início em um estudo conduzido por Shigeo Shingo, em 1950, visando buscar oportunidades de melhoria de eficiência em uma fábrica da Mazda em Hiroshima, fabricante de veículos de três rodas. Neste primeiro estudo, Shigeo Shingo concluiu que as operações de *setup* são divididas em dois tipos, interno e externo, definidos respectivamente como, o tempo de preparação interno como montagem ou remoção das matrizes, sendo estas realizadas apenas quando a máquina não estiver em funcionamento e o tempo de preparação externo definidos como transportes das matrizes que estavam em uso para o estoque ou o transporte de novos componentes para a máquina, sendo que estas tarefas podem ser realizadas com a máquina em funcionamento.

A continuação do desenvolvimento da ferramenta ocorreu em um estudo de Shingo no estaleiro da Mitsubishi Heavy Industries em Hiroshima, que ao analisar a capacidade de uma Plaina de usinagem a base de motores a diesel identificou a oportunidade de transformar *setup* interno em externo, obtendo aumento de 40% de produtividade devido a utilização de uma plaina extra onde era realizada *setup* externo.

A conclusão do desenvolvimento da ferramenta Troca Rápida de Ferramentas ocorreu após uma terceira experiência de Shigeo Shingo, em que após uma visita à fábrica de carrocerias da Toyota Motor Company, em 1969, foi desafiado a reduzir o tempo de *setup* de quatro horas para menos duas horas em uma prensa de 1000 toneladas. Após seis meses de estudo, alcançou-se a redução de tempo de *setup* para 90 minutos, porém após uma nova visita à fábrica no mês seguinte, recebeu novas ordens de reduzir este tempo para menos de três minutos. Então, em um quadro negro, Shingo listou oito técnicas para redução de tempos de *setup* e alcançou a meta após três meses aplicando seu método. Por acreditar que seria possível realizar qualquer *setup* em menos de 10 minutos, Shigeo Shingo nomeou sua nova ferramenta como *Single Minute Exchange of Die*, método que posteriormente se expandiu para empresas no mundo.

2.3.1 Estágios para aplicação da TRF

Os tipos de *setup* são distinguidos como interno e externo, sendo que os quatro estágios conceituais para a melhoria de *setup* dependem da separação desses tipos, além da conversão do interno para externo. Entretanto, segundo Shingo (1996), é possível identificar oportunidades de melhoria na realização de cada estágio conceitual, representados pela Figura 3.



Fonte: Adaptado de Shingo (1996)

Segundo Shingo (1996), a Figura 3 apresenta o fluxograma dos estágios do SMED, sendo a aplicação segregada em um estágio preliminar e três estágios subsequentes com o objetivo de reduzir o tempo de *setup*.

2.3.1.1 Estágio Inicial

Durante o estágio inicial, normalmente, as condições de *setup* interno e externo não são segmentadas, ocorrendo vários tipos de perdas, dentre elas destaca-se a perda por transporte de produtos acabados ou matéria-prima após o

desligamento da máquina, pois enquanto a máquina está sem funcionamento está ocorrendo a perda de um tempo custoso. Também, destaca-se a perda pela disponibilização de matrizes defeituosas, que só serão identificadas após o início dos testes do equipamento, gerando retrabalho para remoção das peças defeituosas, enquanto a máquina permanece parada.

Esta análise no chão de fábrica deve ser feita por gerentes e engenheiros de manufatura, visando alcançar melhores resultados e análises precisas de oportunidades de melhoria de tempos de *setup*.

2.3.1.2 Estágio 1: separar *setup* interno e externo

Para separação efetiva do tempo de preparação interno do externo, deve-se utilizar algumas técnicas que são efetivas para garantir que as tarefas que podem ser feitas com as máquinas em funcionamento serão feitas durante o *setup* externo.

- Utilização de *checklist*: deve-se fazer uma lista de conferência de equipamentos, componentes e etapas necessárias na operação, incluindo, nomes, especificações, números de itens e parâmetros de processo. De acordo com Shingo (2000) sugere-se nesta etapa a verificação dupla do *checklist*, além da utilização de uma *check table*, que é uma mesa de verificação com marcações dispostas na sua superfície, onde é possível posicionar as ferramentas sobre os desenhos na mesa, verificando a presença de todos os instrumentos necessários. É fundamental a definição de um *checklist* e uma *check table*, evitando listas genéricas, que geram perda de tempo e oportunidades de erros;
- Verificação das condições de funcionamento: após realizar a conferência dos itens, é necessário durante o *setup* externo verificar se todos os equipamentos possuem condições de funcionamento, de modo que evite falhas que acarretam em perda de tempo durante o *setup* interno;
- Melhoria no transporte de componentes: deve-se transportar os componentes durante a realização do *setup* externo, garantindo a locomoção de peças e ferramentas ao local da atividade antes do início

do *setup* interno, de modo que as atividades de transporte só sejam realizadas enquanto a máquina funciona de maneira automática.

2.3.1.3 Estágio 2: converter *setup* interno em externo

Esta seção consiste em preparar antecipadamente as condições operacionais e padronizar as funções. Shingo (2000) define este estágio como a análise das operações de *setup* atuais para determinação da possibilidade de conversão através da percepção da verdadeira função da tarefa, sendo fundamental adotar novas visões que não são vinculadas à velhos hábitos. Como exemplo, cita-se o aquecimento de moldes a gás, de modo que as primeiras peças resultantes da injeção saíam com boa qualidade, não necessitando do retrabalho que seria demandado caso os moldes utilizados estivessem frios. Assim, uma tarefa anteriormente realizada como *setup* interno seria convertido em externo.

2.3.1.4 Estágio 3: racionalizando os aspectos da operação de *setup*

Após a compreensão do estágio 1 e 2, é possível continuar fazendo melhorias de *setup*, sendo fundamental compreender que a racionalização dos aspectos pode ocorrer simultaneamente com os estágios anteriores, não sendo necessário aguardar o término dos estágios para identificar e implementar melhorias.

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

A fim de descrever a metodologia utilizada para a realização deste trabalho, apresenta-se neste capítulo a metodologia utilizada para produção deste estudo, dividido em duas etapas, nas quais aborda-se a classificação da pesquisa e a descrição do planejamento da aplicação do método proposto.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

A classificação de pesquisas científicas decorre de critérios relacionados com os objetivos gerais ou aos procedimentos técnicos, sendo que de acordo com Gil (2008) é possível classificar as pesquisas nos seguintes grupos por objetivos: exploratórias, descritivas e explicativas.

Quanto ao objetivo da pesquisa, este estudo é caracterizado como uma pesquisa exploratória, devido a englobar o levantamento bibliográfico de informações relacionadas ao tema pesquisado, com o objetivo de auxiliar na compreensão dos assuntos expostos nesta monografia, auxiliando a constituir hipóteses. Para Selltitz (1967), as pesquisas exploratórias envolvem as seguintes etapas: levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado e análise de exemplos que auxiliem na compreensão da problemática.

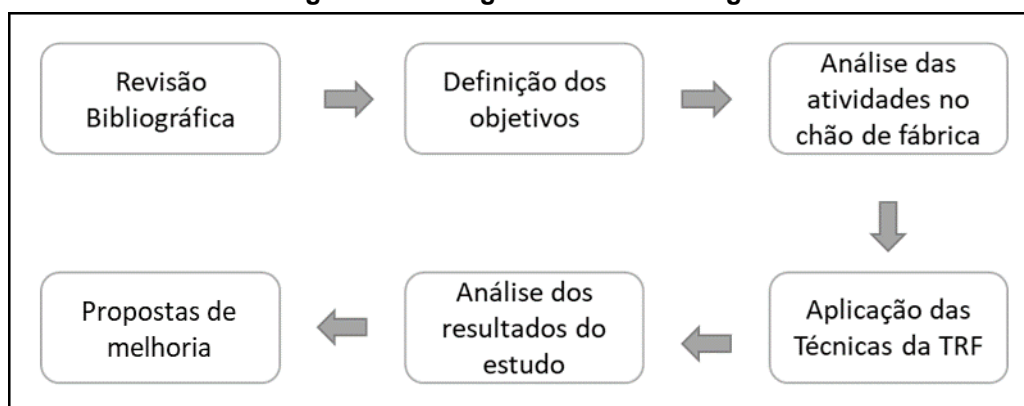
Por fim, segundo Gil (2008) também é possível classificar de acordo com os procedimentos técnicos, que são, pesquisa bibliográfica, pesquisa documental, pesquisa experimental, pesquisa *ex-post facto*, estudo de coorte, levantamento de campo, estudo de campo, estudo de caso, pesquisa ação e pesquisa participante. Sob ponto de vista de procedimentos técnicos, esta monografia pode ser caracterizada como um estudo de campo, justificado pela realização do trabalho no chão de fábrica, através de aplicação de métodos de coletas de dados *in-loco*, utilizando-se de medições cronometradas, observações diretas das atividades realizadas pela equipe estudada, além de entrevistas, com o objetivo de captar informações para compreensão da realidade do cenário de estudo.

3.2 DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA

Desta forma, para realização do presente estudo, apresenta-se as seguintes etapas: revisão bibliográfica, definição dos objetivos, análise das atividades no chão de fábrica, aplicação das técnicas da troca rápida de ferramentas, análise dos resultados do estudo e conclusão.

Como meio de simplificar a visualização dos passos do trabalho e ilustrar as etapas citadas, elaborou-se o seguinte fluxograma apresentado na Figura 4.

Figura 4 - Fluxograma da metodologia



Fonte: Autoria própria

Para melhor compreensão do fluxograma apresentado pela Figura 4, no primeiro passo é realizado a pesquisa de teses, artigos, livros e doutorados sobre o tema troca rápida de ferramentas. Para a realização desta etapa, utilizou-se filtros através das seguintes palavras-chave: “troca rápida de ferramenta” + “*Lean Manufacturing*”, realizando a leitura de títulos e resumos para segregação dos materiais utilizados para realização do estudo. A revisão bibliográfica foi realizada no começo do estudo, sendo necessário ao longo do trabalho pesquisar novas referências e aprofundar alguns temas, por meio da realização de novas pesquisas, por consequência aumentando o número de referências de acordo com o desenvolvimento do estudo.

A definição dos objetivos ocorreu de acordo com um alinhamento com o gestor da empresa de aplicação do estudo, através da explicação do método de acordo com as pesquisas e ferramentas encontradas nos materiais previamente

estudados, a fim de definir as metas e objetivos, além do campo de aplicação deste trabalho.

Em seguida, no passo de análise das atividades no chão de fábrica, realizou-se o acompanhamento das atividades, objetivando melhor compreensão do ambiente de trabalho. Sendo a realização deste passo segmentada em duas etapas de acompanhamento do processo completo da produção do produto final da planta e o acompanhamento específico do processo de produção na etapa de extrusão.

De acordo com Shingo (2000), a aplicação da metodologia da troca rápida de ferramentas está segmentada em três estágios a partir do estágio inicial, que são:

- Estágio 1: separação do *setup* interno e externo, sendo este estágio segmentado nas fases de utilização de *checklists*, verificação das condições de funcionamento e melhoria no transporte de matrizes e outros componentes;
- Estágio 2: conversão do *setup* interno em externo, definido pelas atividades auxiliares de preparação antecipada das condições operacionais e padronização de função; e,
- Estágio 3: racionalização dos aspectos da operação de *setup*, definido pelas atividades complementares de melhorias radicais nas operações de *setup* externo e interno.

Com a análise dos resultados do estudo, objetiva-se a interpretação dos dados obtidos através da aplicação do método, com o objetivo de mapear oportunidades, além de responder à pergunta proposta pela pesquisa e da explanação dos resultados obtidos para empresa parceira, com o objetivo de definir novos parâmetros de trabalho de acordo com as implicações do trabalho.

Por fim, o último passo, de conclusão, tem o objetivo da explanação dos resultados obtidos para empresa parceira, com o objetivo de definir novos parâmetros de trabalho de acordo com as implicações do trabalho, realizando propostas de melhorias.

4 DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS

Para o desenvolvimento deste estudo foi realizado o acompanhamento *in-loco* do processo de produção durante duas semanas com o objetivo de compreender os desafios enfrentados pela equipe durante a rotina de produção, além de realizar a imersão no processo, a fim de melhorar a comunicação com os operadores responsáveis pelas máquinas analisadas.

4.1 PROCESSO DE PRODUÇÃO

Realizou-se a aplicação da metodologia SMED proposta neste estudo em uma empresa do ramo automobilístico situada no estado do Paraná em uma linha de produção de mangueiras de sistemas de arrefecimento.

O fluxo de produção das mangueiras ocorre de acordo com as seguintes etapas: extrusão da camada interna, aplicação da malha de reforço, extrusão da camada externa, corte das mangueiras, descanso das mangueiras, vulcanização e montagem.

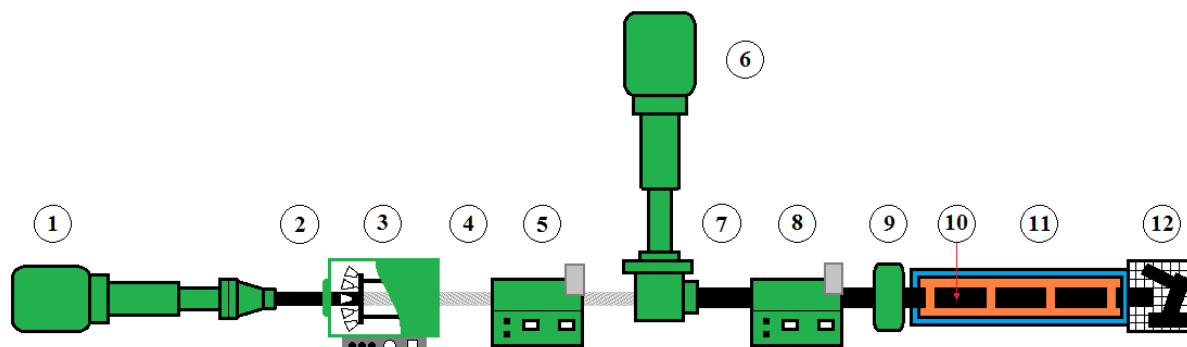
A empresa trabalha com produção variada, sendo produzidas cinco tipos de mangueiras distintas de acordo com o diâmetro demandado, sendo que atualmente os diâmetros de produção são: 7mm, 14mm, 18mm, 28mm e 30mm. Deste modo, para que ocorra a produção de diâmetros variados é necessário a realização de *setup* no equipamento, este procedimento ocorre de acordo com a instrução de trabalho previamente definida pela empresa, possuindo tempo para padrão realização do *setup* independente do diâmetro desejado.

Torna-se necessário a realização deste estudo para aumentar a capacidade de produção e atender o *mix* de produção demandado pela empresa, devido à linha de produção analisada não possuir estudos prévios no tema e por se tratar de uma linha nova em uma empresa que demanda de *setup* diário.

4.2 ANÁLISE DA LINHA DE PRODUÇÃO

Com o objetivo de melhor compreensão do processo produtivo, ilustra-se na Figura 5 as etapas que antecedem o descanso das mangueiras por meio do diagrama esquemático do sistema de produção.

Figura 5 - Diagrama esquemático do sistema de produção



Fonte: Caetano (2021)

De acordo com o diagrama esquemático ilustrado na Figura 5, a máquina extrusora (1) realiza a extrusão da camada interna da mangueira do sistema de arrefecimento, que possui variação no diâmetro interno de acordo com a demanda de produção, sendo necessário a realização de *setup* para cada alteração de diâmetro necessário. Para o início desta etapa a máquina recebe o composto de borracha para fabricação através de um sistema de alimentação automático que realiza o transporte para o interior do equipamento.

Na etapa 2 da Figura 5 a camada interior da mangueira passa por um túnel de aspersão de água, com o objetivo de realizar o resfriamento do revestimento interno do material.

Em seguida, na etapa 3 da Figura 5 é realizada a aplicação de uma malha de reforço na parte externa do tubo através de uma máquina de costura, tendo como resultado o forro interior revestido pela malha (4), o transporte desse material é realizado através de um puxador de arraste para linhas de extrusão (5), responsável por transportar o produto até a entrada da segunda extrusora (6).

Na etapa 6 da Figura 5 é realizada a aplicação da camada externa da mangueira do sistema de arrefecimento, que pode variar a espessura de acordo com a especificação do diâmetro externo pretendido, sendo o resultado deste processo

apresentado pela etapa 7 da Figura 5, neste momento também é realizada a aplicação automática da rastreabilidade de acordo com a data de fabricação.

Na sequência, na etapa 8 da Figura 5 é realizado o transporte do material através de outro puxador de arraste para linhas de extrusão para um sistema de resfriamento (9) responsável por condicionar o material para o corte. Em seguida, na etapa 10 da Figura 5 é realizado o corte automático das mangueiras de acordo com o comprimento especificado.

A etapa 11 da Figura 5 representa o transporte automático das mangueiras cortadas para o cesto de aço inoxidável. Por fim, os cestos preenchidos com as mangueiras são armazenados no estoque (12) para a realização do descanso necessário que antecede a etapa de vulcanização das mangueiras. A Figura 6 ilustra o produto acabado após a vulcanização das mangueiras para sistemas de arrefecimento.

Figura 6 - Mangueiras de sistemas de arrefecimento



Fonte: Caetano (2021)

As mangueiras de um sistema de arrefecimento ilustradas na Figura 6 são compostas por uma camada interna de borracha com diâmetro variado de acordo com a demanda de produção. A camada interna é revestida por uma malha de fios com o objetivo de garantir a resistência da mangueira e possui o revestimento externo de outra camada de borracha que varia a espessura da parede externa de acordo com a demanda.

Para melhor ilustração do processo produtivo, a Figura 7 representa a disposição dos equipamentos, da etapa 3 até a 9, de uma linha de produção similar ao acompanhado durante o estudo.

Figura 7 - Linha de produção de mangueiras de arrefecimento



Fonte: Caetano (2021)

4.3 ANÁLISE DO *SETUP*

Aplicou-se a metodologia SMED neste estudo nas máquinas extrusoras e na máquina de cortes de mangueira devido à necessidade apresentada durante a entrevista com o líder de produção, com o objetivo de reduzir o tempo de *setup* e aumentar a produtividade da linha de produção.

O início da análise do *setup* ocorreu sem a medição de tempo ou interferência nas atividades, com o objetivo de conhecer melhor o procedimento realizado pelos colaboradores e as características comportamentais durante o

processo. Para isto, foi realizada uma conversa com a equipe de produção, explicando o objetivo e a importância do estudo.

O acompanhamento sem medição de tempo foi realizado durante uma semana, sendo possível obter maior credibilidade dos operadores, diminuir a possibilidade de alterações de tarefas que manipulam os resultados e conhecer melhor o procedimento padronizado pela empresa.

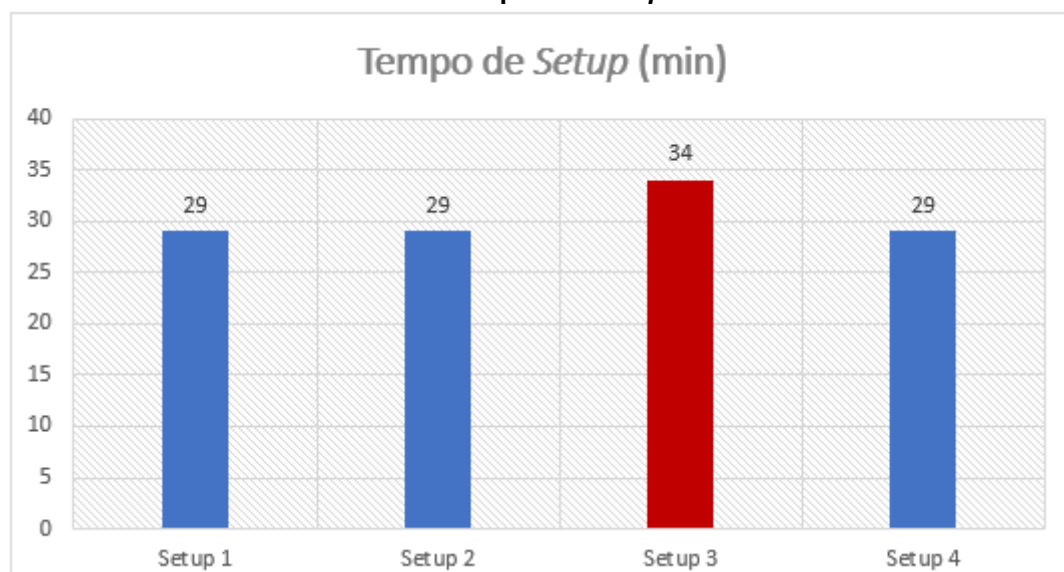
Após a primeira semana de acompanhamento, iniciou-se a cronometragem das atividades, sendo que essa fase não pode ser realizada por meio de filmagem devido às normas da empresa. A cronometragem ocorreu por quatro dias durante os processos de *setup* realizados com o objetivo de aferir a repetibilidade do procedimento de *setup*, sendo que nestes dias ocorreram um *setup* por dia de acordo com a demanda de produção. As medições foram realizadas a partir do início do procedimento até o final do *setup*, caracterizado pelo retorno do funcionamento da linha de produção.

Além disso, durante o procedimento de *setup* utilizou-se de uma folha de procedimentos para registrar as atividades realizadas, a duração da atividade e o tipo de *setup*.

4.3.1 Processo de *setup*

O procedimento de *setup* dos equipamentos estudados é realizado diariamente por um colaborador, o qual tem a responsabilidade de realizar todo procedimento, sendo que não existe a possibilidade de alterar o número de funcionários para realização destas tarefas devido às normas da empresa.

O Gráfico 1 representa os tempos de *setup* obtidos por meio da realização da cronometragem dos tempos das tarefas durante os quatro dias de medições. Por questões de confidencialidade a lista de tarefas com as etapas e os tempos cronometrados não será divulgada.

Gráfico 1 - Tempos de *setup* medidos

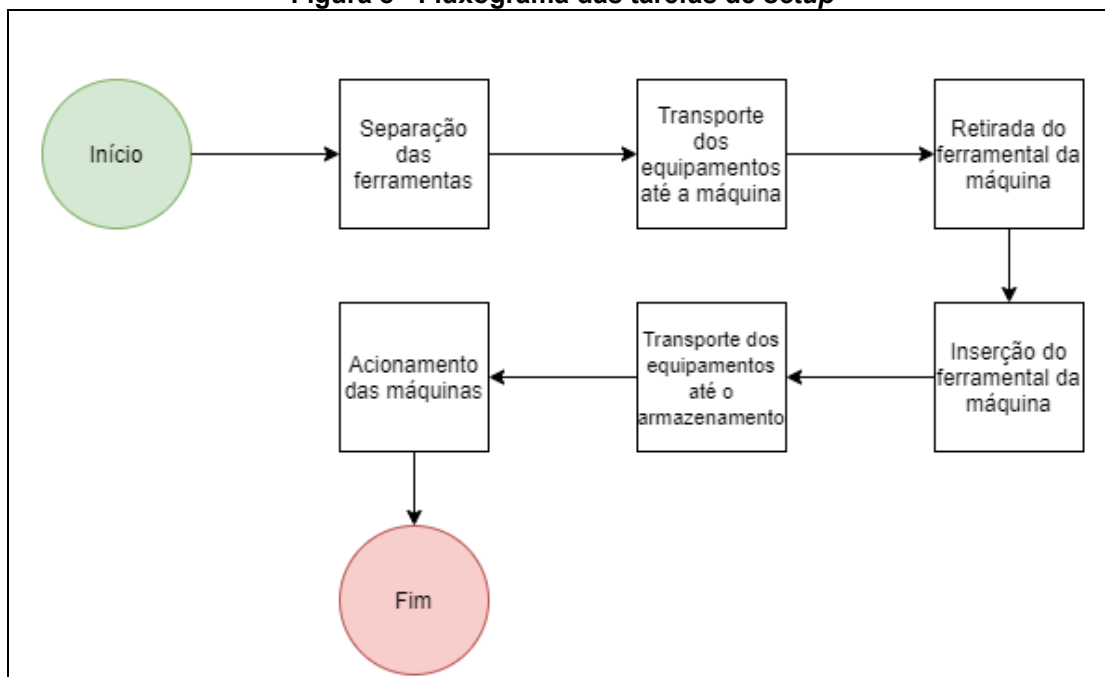
Fonte: Autoria própria

Com a observação das atividades realizadas durante o procedimento de troca de ferramentas, conclui-se que o tempo cronometrado do *setup* 3 ilustrado no Gráfico 1, foi um desvio do padrão, caracterizado por um problema mecânico observado durante as coletas. Assim, descartou-se a coleta dos dados do *setup* 3 e usou-se como base para realização do estudo os tempos obtidos das demais coletas de dados. Ressalta-se que o procedimento é padronizado, ou seja, independente do diâmetro que será produzido não ocorre alteração no procedimento realizado. O número de coletas concretizadas para realização deste trabalho foi limitado devido às dificuldades de acesso por restrições com a empresa parceira, porém devido a utilização do procedimento *setup* padronizado por instrução de trabalho faz-se crer que não existe grande variabilidade no processo.

4.3.1.1 Aplicação do Estágio 1 – Separação do *setup* interno em externo

Durante a aplicação do estágio 1 definido por Shingo (2000), foi possível perceber que não era realizado a separação de estágio interno e externo em nenhuma das etapas do procedimento de *setup*, visto que todas as tarefas de *setup* eram realizadas com a linha de produção parada.

Sendo assim, separou-se as tarefas de *setup* em etapas macro definidas na Figura 8.

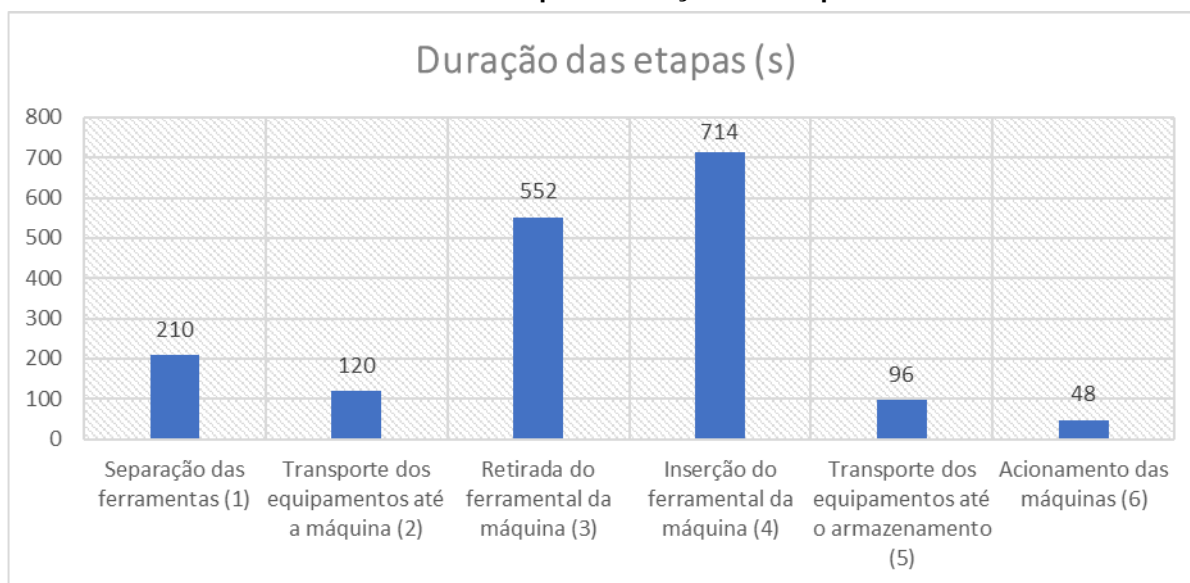
Figura 8 - Fluxograma das tarefas de *setup*

Fonte: Autoria própria

A Figura 8 apresenta o fluxograma do procedimento de *setup* padronizado realizado pelo colaborador da empresa, tendo o início do processo a partir da etapa de separação das ferramentas, seguindo para as etapas de transporte dos equipamentos até a máquina, retirada do ferramental da máquina, inserção do ferramental da máquina, transporte dos equipamentos até o armazenamento e acionamento das máquinas.

Assim, com a separação das etapas, analisou-se separadamente cada uma das etapas de acordo com a necessidade e as possibilidades de melhorias a serem implementadas em cada tarefa. O gráfico 2 representa o tempo, em segundos, de cada etapa definida durante o processo de análise.

Gráfico 2 - Tempo de duração das etapas



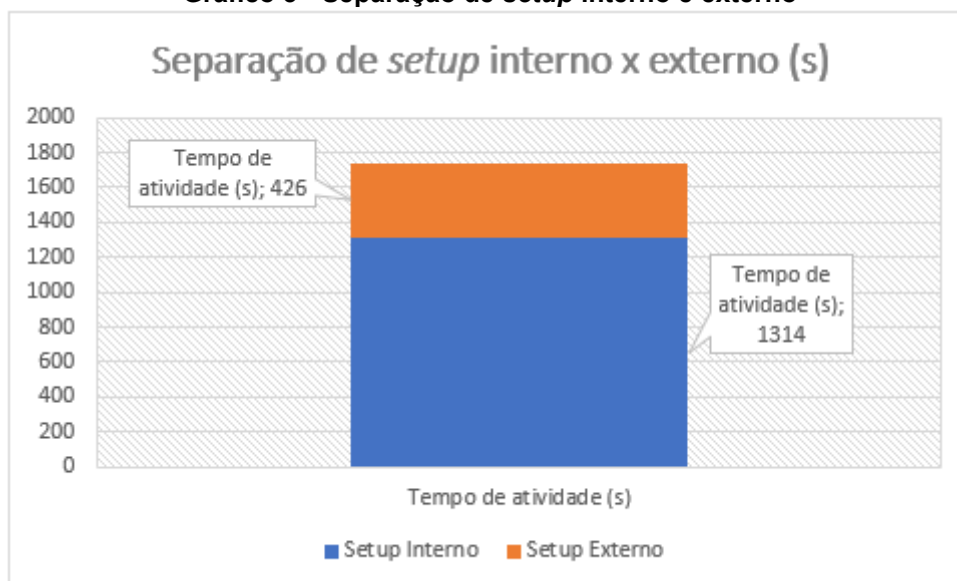
Fonte: Autoria própria

No Gráfico 2 são apresentados os tempos de realização de cada etapa de acordo com o fluxograma definido pela Figura 8, sendo que a etapa (4) é a que demanda de maior tempo para realização das atividades.

De acordo com Shingo (2000), deve-se separar as tarefas em *setup* interno e externo, de modo que as atividades que possam ser realizadas com a máquina ainda em funcionamento sejam realizadas com linha de produção em atividade, tendo assim menor tempo de máquinas paradas, acarretando em maior produtividade.

Assim, converteu-se em *setup* externo as etapas de separação das ferramentas, transporte de equipamentos até a máquina e transporte dos equipamentos até o armazenamento.

O Gráfico 3 ilustra a separação dos tempos de *setup* interno em externo após a conversão.

Gráfico 3 - Separação de *setup* interno e externo

Fonte: Autoria própria

No Gráfico 3 são apresentados os tempos de *setup* interno e externo, após a conversão para *setup* externo das etapas de separação das ferramentas, transporte de equipamentos até a máquina e transporte dos equipamentos até o armazenamento. Assim, o tempo de *setup* interno após esta melhoria foi reduzido de 29 minutos para 21 minutos e 54 segundos (1314 segundos), representando ganho de 7 minutos e 6 segundos por *setup*.

4.3.1.2 Aplicação do Estágio 2 – Conversão do *setup* interno em externo

Para a realização da aplicação do estágio 2 propôs-se alterações nos fluxos do procedimento, permitindo a conversão de *setup* interno em externo.

4.3.1.2.1 Alteração do fluxo de afiação do facão

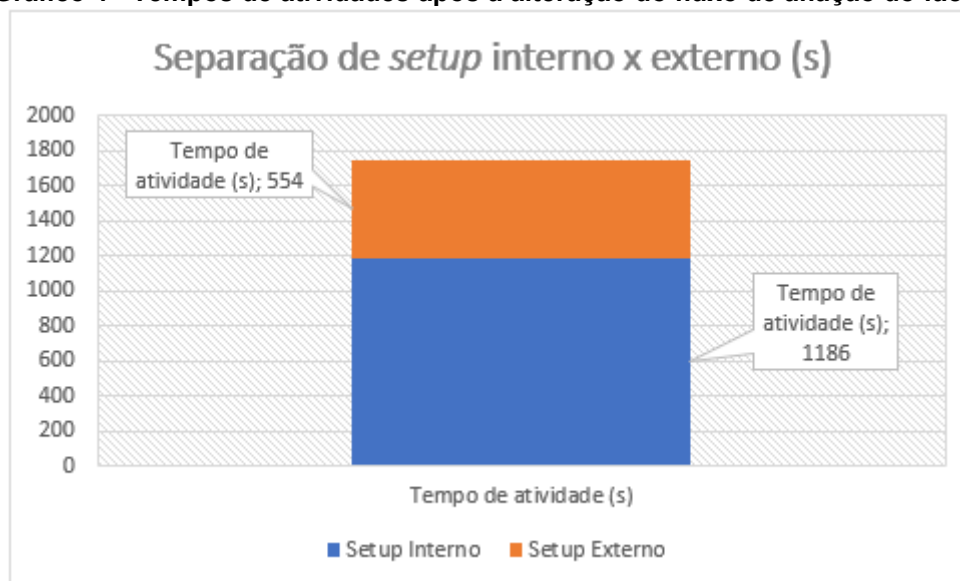
Durante a etapa de inserção de ferramentas na máquina de corte é realizada a afiação da faca de corte do equipamento. A cronometragem dos tempos de atividade para realização desta tarefa resultou em 128 segundos para concretização, este tempo é representado como perda por movimentação e espera devido

deslocamento com a faca até a máquina de afiação, afiação efetiva do componente e locomoção até a máquina de corte.

Deste modo, sugeriu-se a utilização de um facão reserva previamente afiado, permitindo a substituição do componente da máquina sem a necessidade de realizar a tarefa de afiar o facão durante o *setup* interno.

O Gráfico 4 ilustra os tempos de processo até a implementação da alteração do fluxo de afiação do facão.

Gráfico 4 - Tempos de atividades após a alteração do fluxo de afiação do facão



Fonte: Autoria própria

No Gráfico 4 são apresentados os tempos de *setup* interno, *setup* externo e melhoria de processo após a aplicação dos estágios 1 e 2, aplicação de melhoria na ferramenta utilizada para *setup*, desenvolvimento de dispositivo de conferência de equipamentos e alteração do fluxo de afiação do facão. Assim, o tempo de *setup* interno após as alterações foi reduzido para 19 minutos e 46 segundos (1186 segundos), representando ganho de 9 minutos e 14 segundos por *setup*.

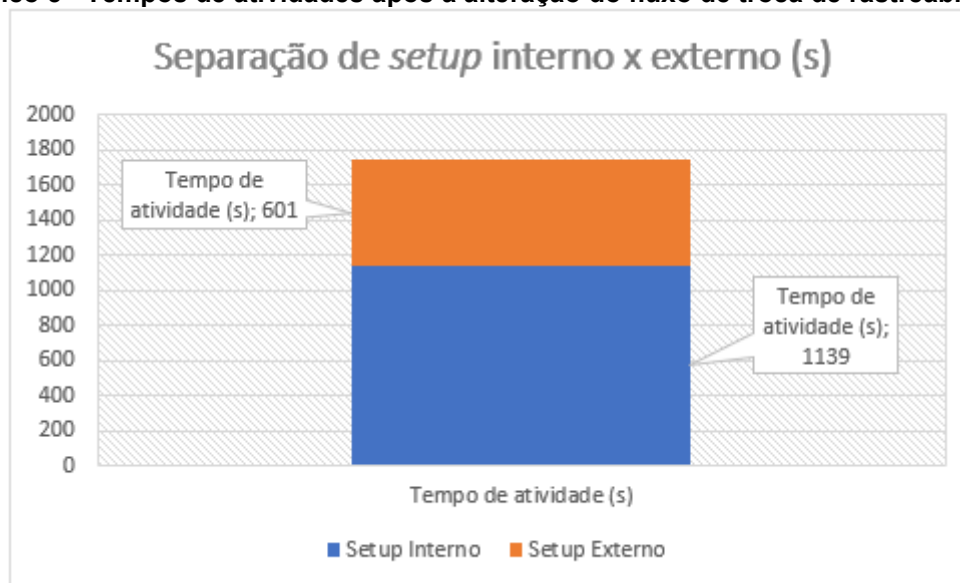
4.3.1.2.2 Alteração do fluxo de troca de rastreabilidade

O procedimento de alteração de rastreabilidade é realizado durante o *setup* interno, porém existe a possibilidade da utilização de um conjunto reserva para realizar a alteração do código de rastreio durante o *setup* externo. Deste modo, no

momento de *setup* interno seria realizado a troca do conjunto atual na máquina pelo novo conjunto com código de rastreio previamente alterado, apresentando ganho de 47 segundos na etapa de inserção do ferramental.

O Gráfico 5 ilustra o tempo final proposto após as melhorias implementadas no procedimento de *setup*.

Gráfico 5 - Tempos de atividades após a alteração do fluxo de troca de rastreabilidade



Fonte: Autoria própria

O Gráfico 5 apresenta os tempos de atividade com as alterações realizadas durante o procedimento, possibilitou-se reduzir para 1139 segundos o tempo de *setup* interno, ou seja, reduziu-se de 29 minutos para 18 minutos e 59 segundos (1139 segundos), apresentado ganho diário de processamento de 10 minutos e 1 segundo.

4.3.1.3 Aplicação do estágio 3 – Racionalização dos aspectos de operação

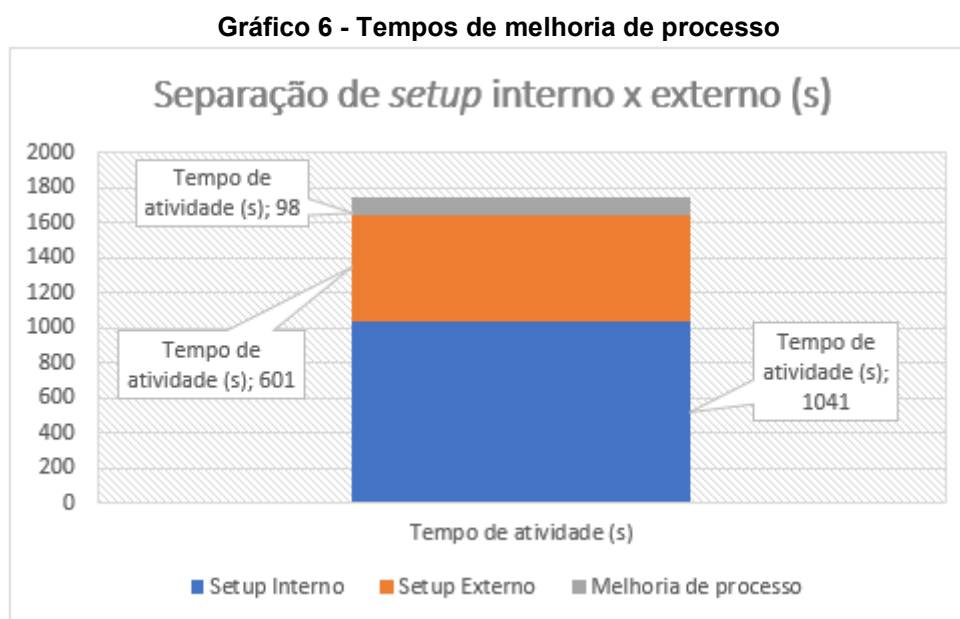
Para a realização da aplicação do estágio 3 propôs-se melhorias nas operações de *setup* externo e interno.

4.3.1.3.1 Alteração de ferramenta de *setup*

Durante as etapas de retirada e inserção do ferramental da máquina, analisou-se separadamente o procedimento realizado na máquina de corte de mangueiras. Para realização do procedimento de troca dos soquetes da máquina de corte é necessário a retirada e a inserção de dezoito parafusos, sendo utilizado para a realização deste procedimento chaves Allen de 8 e 6 mm.

A cronometragem dos tempos de atividade para concretização desta tarefa resultou em 176 segundos de atividade.

Neste procedimento sugeriu-se a utilização de uma parafusadeira angular industrial, com o potencial de redução de tempo interno de *setup* em 98 segundos de atividade, reduzindo o tempo da etapa 3 para 454 segundos. Assim, o Gráfico 6 ilustra os tempos de *setup* interno, *setup* externo e melhoria de processo.



Fonte: Autoria própria

No Gráfico 6 são apresentados os tempos de *setup* interno, *setup* externo e melhoria de processo após a aplicação dos estágios 1 e 2 e a aplicação de melhoria na ferramenta utilizada para *setup*. Assim, o tempo de *setup* interno após esta melhoria foi reduzido para 17 minutos e 21 segundos (1041 segundos), representando ganho de 11 minutos e 39 segundos por *setup*.

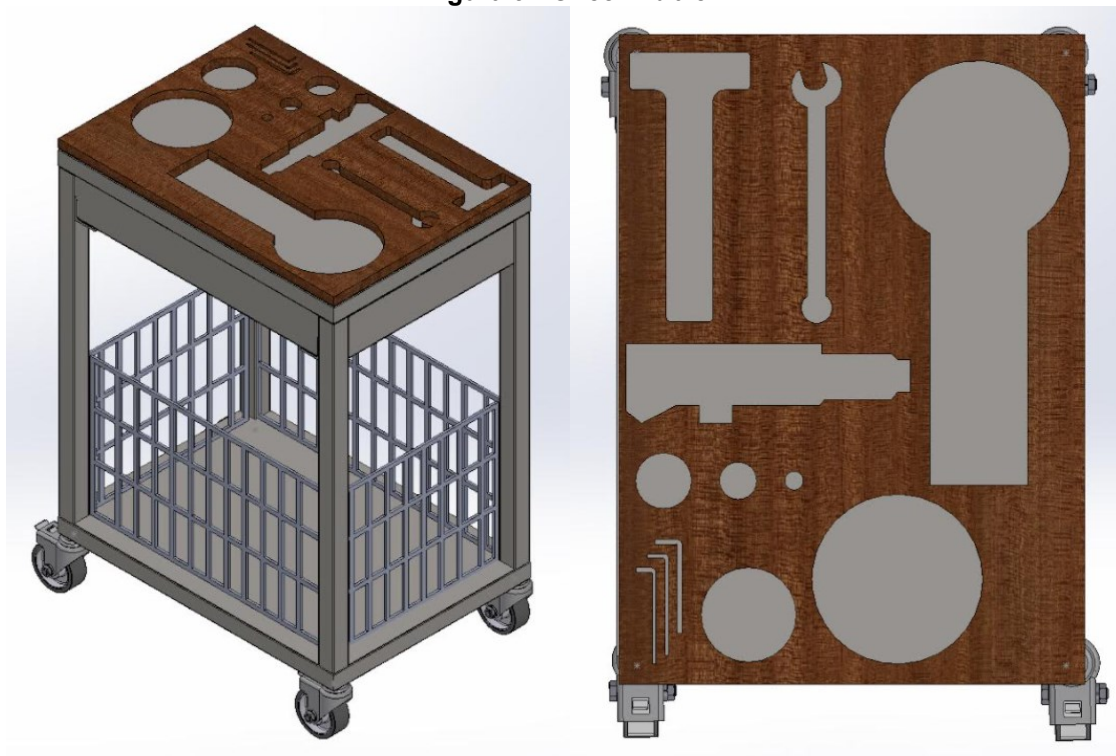
4.3.1.3.2 Desenvolvimento de dispositivo de conferência de equipamentos

Na sequência, analisou-se a etapa de inserção do ferramental em todas as máquinas, sendo possível mapear oportunidades de ganhos de movimentação durante a realização do procedimento.

Durante o procedimento de inserção de equipamentos na máquina extrusora, o colaborador necessitou realizar o deslocamento até o armazém durante uma vez em todas as medições devido à ausência de componentes essenciais para realização da atividade.

Assim, sugeriu-se o desenvolvimento de um carrinho de transporte com um dispositivo de conferência de equipamentos (*check table*) representado pela Figura 9.

Figura 9 - *Check Table*



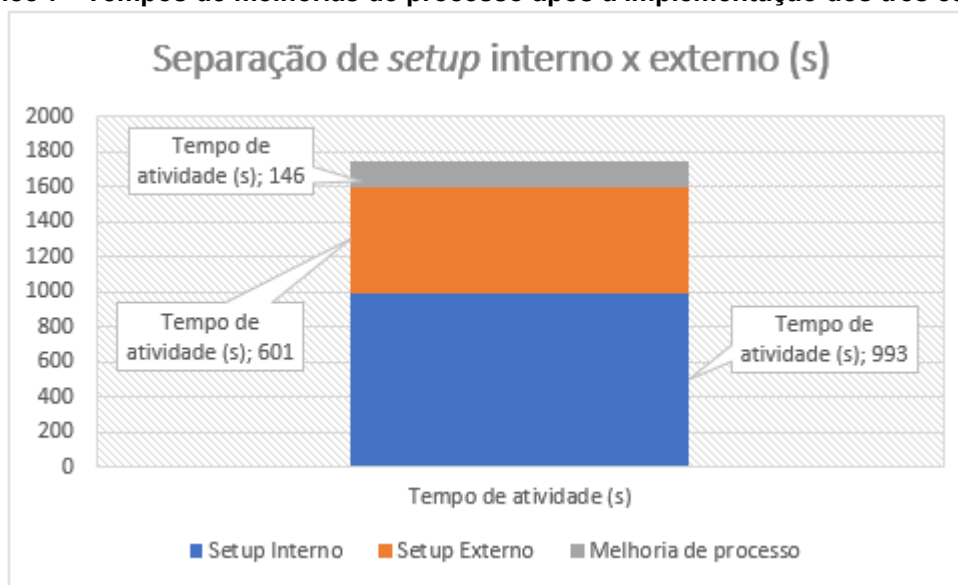
Fonte: Autoria própria

O objetivo do dispositivo ilustrado pela Figura 9 é auxiliar e garantir a conferência das ferramentas necessárias para realização do *setup* antes da parada da linha de produção, representado ganho de 48 segundos de movimentação

desnecessária durante a etapa de inserção do ferramental que é realizada durante o *setup* interno.

A *check table* é um carrinho de transporte de equipamentos que possui o encaixe correto para todas as ferramentas e equipamentos necessários para realização do procedimento. Assim, o Gráfico 7 ilustra os tempos de *setup* interno, *setup* externo e melhoria de processo.

Gráfico 7 - Tempos de melhorias de processo após a implementação dos três estágios



Fonte: Autoria própria

No Gráfico 7 são apresentados os tempos de *setup* interno, *setup* externo e melhoria de processo após a aplicação dos três estágios propostos no método SMED. Assim, o tempo de *setup* interno após as melhorias foi reduzido para 16 minutos e 33 segundos (993 segundos), representando ganho de 12 minutos e 27 segundos por *setup*.

4.3.2 GANHOS NO *SETUP*

Calculou-se as reduções de tempo apresentadas no *setup* através de testes durante o procedimento, porém a aplicação e continuidade das melhorias propostas é de responsabilidade da empresa, pois demandam alterações no fluxo padrão dos procedimentos e de investimento para compra de novos componentes e equipamentos.

O Quadro 1 apresenta as melhorias propostas por equipamento de acordo com a aplicação das mudanças no procedimento atual.

Quadro 1 - Propostas de melhoria

Máquina	Propostas
Extrusora	<ol style="list-style-type: none"> 1. Padronização das atividades; 2. Segregação das atividades em <i>setup</i> interno x externo; 3. Desenvolvimento de carrinho de transporte com <i>check list</i> para todas as ferramentas necessárias nas tarefas; 4. Compra de marcador de rastreabilidade extra para rápida substituição;
Máquina de corte	<ol style="list-style-type: none"> 1. Padronização das atividades; 2. Segregação das atividades em <i>setup</i> interno x externo; 3. Desenvolvimento de carrinho de transporte com <i>check list</i> para todas as ferramentas necessárias nas tarefas; 4. Compra de parafusadeira angular industrial para melhor eficiência na troca dos soquetes.

Fonte: Autoria própria

Considerando as propostas de melhorias descritas no Quadro 1 e os valores apresentados anteriormente, torna-se possível a redução do tempo de *setup* em 42,93%. Assim, para responder à pergunta problema, sobre quais ações são efetivas para a diminuição do tempo de *setup* através da aplicação da ferramenta SMED em uma linha de extrusão de mangueiras de sistemas de arrefecimento, conclui-se na necessidade de realização das seguintes melhorias: padronização das atividades, segregação das atividades em *setup* interno x externo, desenvolvimento de carrinho de transporte com *check list* para todas as ferramentas necessárias nas tarefas, compra de parafusadeira angular industrial para melhor eficiência na troca dos soquetes e compra de marcador de rastreabilidade extra para rápida substituição.

Em relação às melhorias propostas, a empresa parceira já iniciou o procedimento de padronização das atividades e segregação das atividades em *setup* interno e externo, alterando os documentos de instrução de trabalho presentes no setor. O desenvolvimento do carrinho de transporte com *checklist* para as ferramentas utilizadas durante o *setup* torna-se de responsabilidade da equipe de engenharia do setor. Por fim, a compra dos novos componentes está em análise de investimento por meio de projeto de melhoria interno da empresa.

5 CONCLUSÕES

A redução do tempo de *setup* é essencial para garantir melhor produtividade em empresas que trabalham com *mix* de produção. Assim a aplicação da metodologia *SMED* torna-se essencial para o aprimoramento do processo, acarretando ganhos substanciais para as empresas.

Deste modo foi possível alcançar o objetivo geral deste estudo definido previamente, por meio da aplicação do método *SMED* e das sugestões de melhorias propostas em conjunto com a empresa parceira.

Em relação aos objetivos específicos, conclui-se que o método *SMED* proposto na literatura é aplicável para todas as empresas que possuam a necessidade de realização de *setup*, devido a qualidade de descrição e a abrangência de aplicação da ferramenta. Além disso, o método é de baixa complexibilidade de aplicação, sendo necessários poucos recursos para fazer o estudo.

A aplicação das melhorias e a padronização dos procedimentos torna-se responsabilidade da empresa, devido à necessidade de mudança de padrões corporativos e investimento para aquisição de novos componentes.

As propostas de melhorias tiveram a viabilidade econômica analisadas e foram validadas em conjunto do coordenador de produção responsável pelo setor, sendo calculado o ganho de produção semanal de 1 hora, 2 minutos e 15 segundos.

Durante a execução deste estudo foram mapeadas oportunidades de pontos de melhoria não analisados neste trabalho. Visando a melhoria contínua dos processos da empresa e produção enxuta, propõe-se como projetos futuros aplicação do método *SMED* no estudo da máquina de costura e nas máquinas autoclaves, a viabilização financeira para a compra de conjuntos de soquetes e anéis reservas para máquina de corte, não sendo necessário a separação do soquete dos anéis das máquinas para a troca durante o *setup* interno e a aplicação do estudo nas linhas de produção dos outros produtos da fábrica.

REFERÊNCIAS

- CAETANO, M. **O fabrico de mangueiras**. Ctborracha. Disponível em: <https://www.ctborracha.com/borracha-sintese-historica/aplicacoes/mangueiras/o-fabrico-de-mangueiras/>. Acesso em: 03 nov. 2021.
- COELHO, P. **Lean Manufacturing (Manufatura Enxuta) e a redução de desperdícios na Indústria**. Engquimicasantosp. Disponível em: <https://www.engquimicasantosp.com.br/2020/02/lean-manufacturing-manufatura-enxuta.html>. Acesso em: 15 out. 2021.
- CRAWFORD, M. **5 Lean Principles Every Engineer Should Know**. 2016. Disponível em: <https://www.asme.org/topics-resources/content/5-lean-principles-every-should-know>. Acesso em: 26 jun. 2021.
- ELIAS, S. J. B; MAGALHÃES, L. C. **Contribuição da Produção Enxuta para obtenção da Produção mais limpa**. Revista Produção Online, v. 3, n. 4, 2003.
- GHINATO, P. **Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações**, Ed.: Adiel T. de Almeida & Fernando M. C. Souza, Edit. da UFPE, Recife, 2000.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- KANBANIZE. **Os 7 Desperdícios do Lean: Como Otimizar Recursos**. Disponível em <https://kanbanize.com/pt/gestao-lean/valor-desperdicio/7-desperdicios-do-lean>. Acesso em: 13 out. 2021.
- OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção**. Bookman, 1997.
- SELLTIZ, C. *et al.* **Métodos de pesquisa nas relações sociais**. São Paulo: Ed. Herder, 1967.
- SHINGO, S. **O sistema Toyota de Produção: do ponto de vista da engenharia de produção**. Bookman, 1996.
- SHINGO, S. **Sistema de Troca Rápida de Ferramenta**. Porto Alegre: Bookman, 2000.
- WOMACK, J. P; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. Tradução de Ana Beatriz Rodrigues, Priscilla Martins Celeste. Rio de Janeiro: Campus, 1998.