



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SMED NO SETUP DO
CONJUNTO DE INJEÇÃO DE UMA INDÚSTRIA DE
TRANSFORMAÇÃO PLÁSTICA**

Mariana Mattie

Lajeado, outubro de 2023.

Mariana Mattie

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SMED NO SETUP DO CONJUNTO DE INJEÇÃO DE UMA INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO PLÁSTICA

Projeto de Monografia apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso de Engenharia de Produção, da Universidade do Vale do Taquari - Univates, como parte da exigência para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Orientadora(o): Prof. Dr. Rafael Crespo Izquierdo.

Lajeado, outubro de 2023.

Mariana Mattie

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SMED NO SETUP DO CONJUNTO DE
INJEÇÃO DE UMA INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO PLÁSTICA**

A banca examinadora abaixo aprova a Monografia apresentada no componente curricular Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso de Engenharia de Produção, da Universidade do Vale do Taquari - Univates, como parte da exigência para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção:

Prof. Dr. Rafael Crespo Izquierdo - orientador
Universidade do Vale do Taquari – Univates

Prof. Dr. Manfred Costa
Universidade do Vale do Taquari - Univates

Prof. Dr. Eduardo Becker Delwing
Universidade do Vale do Taquari - Univates

Lajeado, 22 de dezembro de 2023.

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SMED NO SETUP DO CONJUNTO DE INJEÇÃO DE UMA INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO PLÁSTICA

APPLICATION OF THE SMED METHODOLOGY IN THE SETUP OF THE INJECTION SET OF A PLASTIC MANUFACTURING INDUSTRY

Mariana Mattie * mariana.mattie@universo.univates.br

Rafael Crespo Izquierdo * rcrespo9@hotmail.com

*Universidade do Vale do Taquari (UNIVATES), Lajeado, RS, Brasil.

Resumo: O cenário atual das indústrias demanda cada vez mais soluções que visam a redução de perdas e a melhoria de eficiência em seus processos. Uma das áreas que mais vem sendo evidenciada, é o uso de diferentes estratégias para a redução do tempo de troca de ferramentas em equipamentos, visto que se tratam de operações que não agregam valor ao produto. O presente estudo tem como objetivo aplicar a SMED (Single Minute Exchange of Die) para melhorar o tempo de *setup* do conjunto de injeção de uma empresa transformadora de plástico. A metodologia proposta é composta por 4 etapas. São elas: 1) levantamento das atividades realizadas no *setup*; 2) divisão das atividades em *setup* interno ou externo; 3) desenvolver melhorias nos equipamentos e nos processos para transformar os *setups* internos em externos; e, por fim, 4) analisar o processo de *setup* de forma macro a fim de propor melhorias. Os resultados obtidos mostram que foi possível reduzir o tempo de *setup* de matéria-prima em aproximadamente 20% entre os meses de janeiro e maio de 2023, o que reforça o uso dessa metodologia em problemas que envolvem o *setup* de conjuntos de injeção.

Palavras-chave: *Setup*. SMED. Conjunto de injeção.

Abstract: The current industry scenario increasingly requires solutions that aim to reduce losses and improve efficiency in their processes. One of the areas that has been explained the most is the use of different strategies to reduce the time needed to change tools in equipment, as these are transactions that do not add value to the product. The present study aims to apply a SMED (Single Minute Exchange of Die) to improve the configuration time of the injection assembly of a plastic processing company. The proposed methodology consists of 4 steps. They are: 1) survey of activities carried out in the *setup*; 2) division of activities into internal or external configuration; 3) develop improvements in equipment and processes to transform internal configurations into external ones; and, finally, 4) analyze the configuration process in a macro way in order to provide improvements. The results obtained show that it was possible to reduce the raw material configuration time by approximately 20% between the months of January and May 2023, which reinforces the use of this methodology in problems involving the *setup* of the injection sets.

Keywords: *Setup*. SMED. Injection Set.

1 INTRODUÇÃO

A crescente necessidade na redução de perdas relacionadas aos equipamentos, como, por exemplo, parada de máquina por manutenções, tempo de troca de ferramentas, produção de resíduos, entre outras, reflete no uso frequente de metodologias originárias da filosofia *Lean*. As metodologias baseadas no *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) e no Índice de Rendimento Operacional Global (IROG), por exemplo, são indicadores que vêm sendo utilizadas nas indústrias para otimizar o uso dos recursos, para reduzir as perdas dos processos e para aumentar a eficiência dos equipamentos por meio de estratégias que visam a redução do tempo de *setup*.

O *setup* consiste no processo de configuração e preparação de uma máquina para a produção de duas ou mais variedades de produtos. Esse processo caracteriza-se por não agregar valor ao produto, de modo que, do ponto de vista de gestão industrial e eficiência fabril, não é um procedimento desejado. Nesse contexto, muitos estudos vêm sendo realizados para reduzir o tempo de configuração e troca de componentes dos equipamentos, como, por exemplo, a aplicação da técnica *Single Minute Exchange of Die* (SMED), entre outras.

A SMED, que pode ser traduzida como Troca de Ferramenta em um único dígito de minutos, ou Troca Rápida de Ferramenta (TRF), como é chamada no Brasil, consiste em reduzir ao máximo o tempo de *setup* através da otimização, da padronização dos procedimentos e da realização do maior número possível de atividades com a máquina em produção. Em síntese, a SMED é uma metodologia que tem como principal objetivo reduzir a indisponibilidade dos equipamentos.

Há na literatura diversos trabalhos que discorrem sobre a aplicação da SMED no *setup* de componentes mecânicos, nas etapas de trocas de ferramentas e moldes, e, de forma menos abrangente, nos procedimentos de *setup* de matéria prima. Uma breve discussão sobre a implementação da SMED em diferentes tipos de processos é apresentada a seguir.

Uma das aplicações que mais fazem uso da SMED é a troca de ferramentas, de moldes e de componentes mecânicos. Back (2019) aplicou a metodologia SMED no *setup* mecânico de uma indústria alimentícia. Os resultados mostraram que foi possível reduzir em até 50% o tempo de troca de ferramentas. Vieira e Cambruzzi

(2020) aplicaram a *SMED* para redução do tempo de *setup* mecânico de troca de molde em uma máquina injetora de plásticos, conseguindo uma redução de, aproximadamente, 70% no tempo de *setup* dos componentes mecânicos. Gomes (2021), ao aplicar a *SMED* em uma empresa de usinagem de componentes aeronáuticos, conseguiu reduzir o tempo de *setup* mecânico em quase 80%. Existem, também, estudos que aplicam a *SMED* para melhorar a eficiência durante as trocas de matéria prima nos processos, cujas tarefas muitas vezes são realizadas por operadores. As principais atividades realizadas no *setup* de matéria prima são limpeza, ajustes de processos e troca de produtos. Freires *et al.* (2023) aplicaram a *SMED* no *setup* de matéria-prima de uma máquina rebobinadeira, obtendo resultados consideráveis quanto à redução do tempo de execução do *setup* em mais de 35%.

Com relação à aplicação da *SMED* nos processos que demandam elevados tempos de *setup*, observou-se que os estudos analisados apresentaram resultados muito satisfatórios, uma vez que os autores alcançaram reduções significativas nos tempos de *setup*. Um fato que chamou a atenção é que grande parte dos trabalhos utilizam a *SMED* nos processos que envolvem a troca de ferramenta, de molde ou de componentes mecânicos (*setup* mecânico), não havendo uma discussão difundida sobre o uso dessa metodologia nos processos que requerem a troca de produtos, limpeza ou ajustes de processos (*setup* de matéria prima). Este artigo, através da apresentação de um estudo de caso, procura contribuir com pesquisas que buscam reduzir os tempos de *setup* de matéria prima. O estudo de caso que será apresentado versa sobre a aplicação da *SMED* em um processo composto por sistemas de injeção, no qual a troca da matéria prima (pigmento) era realizada por meio do conhecimento dos operadores sem uma análise técnica com base em procedimentos metodológicos.

O presente trabalho propõe a implementação da metodologia *SMED* no *setup* de um conjunto de injeção de uma empresa do ramo de transformação do plástico. A empresa onde o estudo foi desenvolvido apresentou um número elevado de ocorrências do *setup* do conjunto de injeção e um tempo considerável para a realização desta atividade, acarretando em perdas de produção e produtividade.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O presente capítulo apresenta conceitos importantes relacionados ao tema, os quais são fundamentais para a aplicação da SMED na redução do tempo de *setup* em uma injetora de plásticos. Os conceitos abordados são o processo de *setup* e sua utilização na área industrial, as características da filosofia *Lean*, os conceitos e a aplicação da SMED e a sistemática para a redução do tempo de *setup* e, por fim, as características e o funcionamento do conjunto de injeção.

2.1 Processo de *setup*

Autores como Shingo (1996a) e Martins e Laugeni (2016) explicam que o processo de *setup* de máquina, de forma geral, é a configuração ou preparação de uma máquina ou sistema para um uso específico. O *setup* envolve a realização de uma série de tarefas, ajustes e instalações necessárias para garantir que a máquina esteja pronta e operacional para desempenhar suas funções.

Segundo Martins e Laugeni (2016), o *setup* é uma atividade cíclica que ocorre a cada lote produzido, a fim de preparar o equipamento para produzir um novo lote. Quer dizer, trata-se de um trabalho realizado durante um certo tempo em um equipamento, com o objetivo de deixá-lo em condições normais de funcionamento. O *setup* de uma máquina pode envolver o ajuste de parâmetros específicos, a inserção de ferramentas apropriadas, a configuração de sensores, a limpeza e preparação de componentes e a realização de testes de funcionamento para garantir que a máquina esteja pronta para a produção.

Segundo Shingo (1996a), o *setup* é uma sequência de atividades de preparação de máquinas que antecipam qualquer tipo de operação para produção de um produto. Em um processo industrial, trata-se do tempo decorrido desde o fim de uma produção até o início de outra, englobando todas as etapas necessárias para preparação da próxima produção. As operações de *setup* são classificadas em dois tipos: o *setup* interno engloba todas as atividades que são realizadas com a máquina parada; e o *setup* externo trata das atividades que podem ser realizadas com a máquina em operação.

2.2 Filosofia Lean

Para Liker (2021), a filosofia *Lean*, também conhecida como *Lean Manufacturing* ou Produção Enxuta, é uma abordagem de gestão que busca maximizar o valor para o cliente, eliminando desperdícios e otimizando os processos. Essa filosofia originou-se no Sistema Toyota de Produção, desenvolvido pela Toyota, no Japão, após a Segunda Guerra Mundial.

O *Lean* é uma metodologia de produção que foca na redução de desperdícios, utilizando menos espaço, menos esforço e menos capital para produzir. O termo também contraria o estereótipo de produção em massa caracterizado por grandes lotes, elevados custos de inventário e de estoques, possibilitando a produção de pequenos lotes e viabilizando a variedade de produtos (COSTA, 2018, p.15).

O *Lean* baseia-se em 5 princípios, os quais são apresentados na Figura 1.

Figura 1 - Os 5 princípios do Lean Thinking



Fonte: Lean nas Emergências (2023).

Para Womack, Jones e Roos (2010), os princípios do *Lean* são definidos da seguinte maneira:

- 1) O valor é definido pelas necessidades do cliente;

- 2) O fluxo de valor consiste no mapeamento de todas as etapas e processos envolvidos, desde o fornecimento de matéria prima até a entrega do produto ao cliente;
- 3) No fluxo contínuo, a primeira etapa é remover todos os desperdícios possíveis dos processos do fluxo de valor, para, então, garantir que as etapas fluam suavemente, sem interrupções, atrasos ou gargalos, na forma de um fluxo contínuo;
- 4) Na produção puxada se foca em eliminar desperdícios e principalmente eliminar estoques;
- 5) Na perfeição, último princípio, o objetivo é desenvolver um pensamento de melhoria contínua, onde é necessário constantemente analisar os processos visando melhorias.

2.3 Metodologia SMED

Segundo Shingo (2018), a SMED é uma sistemática desenvolvida para reduzir o tempo de troca de ferramentas ou *setups* em processos de manufatura, especialmente em linhas de produção com máquinas ou equipamentos que requerem ajustes ou trocas frequentes.

Para Gomes (2021), o objetivo da SMED é minimizar o tempo gasto na troca de ferramentas, buscando reduzir o tempo de parada da máquina e aumentar a eficiência da produção. Ainda, segundo o autor, o tempo de *setup* é considerado um tempo não produtivo, uma vez que não agrega valor direto ao produto final. A redução desse tempo permite aumentar a capacidade produtiva, a flexibilidade e a agilidade na resposta às mudanças de demanda.

De acordo com Sugai, McIntosh e Novaski (2007), a SMED envolve o estudo detalhado do processo de troca de ferramentas. Essa metodologia foca na identificação e eliminação das atividades desnecessárias, simplificando tarefas, padronizando procedimentos e utilizando técnicas como a pré-preparação. Tais procedimentos podem ser separados em atividades internas ou externas ao *setup*.

Para Shingo (1996), as atividades internas são aquelas que só podem ser realizadas quando a máquina está parada, enquanto as atividades externas podem ser feitas com a máquina em operação. Essa separação permite que uma parte do

setup seja realizada enquanto a máquina ainda está produzindo, reduzindo significativamente o tempo total de troca.

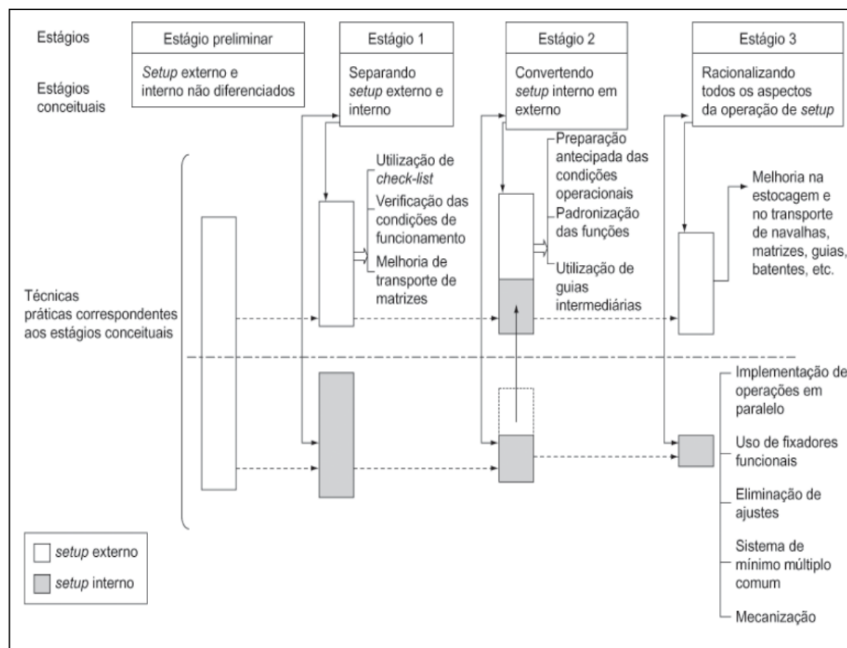
Shingo (1996) afirma que a redução nos tempos de *setup* obtida com a implementação da SMED é essencial para o Sistema Toyota de produção, reforçando a importância desta sistemática. Desta forma, fica evidente a necessidade da utilização desta ferramenta no meio industrial.

2.4 Etapas para implementação da SMED

Shingo (1996) idealizou a metodologia e a aperfeiçoou ao longo dos anos com suas experiências práticas relatadas em seu livro "O Sistema *Toyota de produção*" (1996), chegando, assim, na metodologia ideal para a implementação da sistemática SMED (ver Figura 2). A SMED é implementada em quatro etapas:

- a) Estágio preliminar: é realizado o acompanhamento do *setup* no qual será aplicada a metodologia e o levantamento das atividades realizadas, a fim de montar um fluxograma atual do processo;
- b) Estágio 1: é o mais importante na aplicação do método. Ele implica na separação das operações de *setup* interno e externo;
- c) Estágio 2: consiste em converter o máximo possível de operações de *setup* interno em externo, diminuindo o tempo de máquina parada;
- d) Estágio 3: o último estágio foca na melhoria geral do procedimento de *setup*, com a finalidade de simplificar e padronizar as atividades executadas.

Figura 2 - Estágios para implementação da SMED



Fonte: Shingo (1996, p. 90).

2.5 Conjunto de injeção

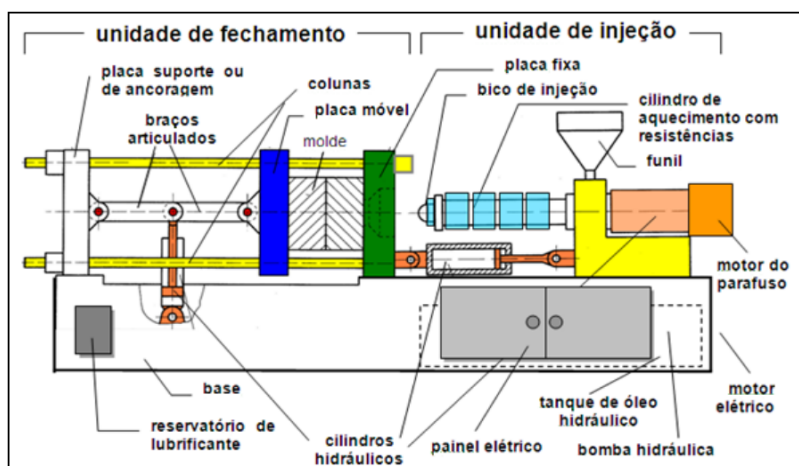
Consiste em um conjunto de máquinas e componentes necessários para realizar a injeção do plástico dentro do molde de injeção. Os principais componentes deste conjunto são a máquina injetora, o molde, o dispositivo misturador, o dispositivo dosador de pigmento e a balança dosadora de resina. Esta seção apresenta o funcionamento dos componentes que formam o conjunto de injeção. As imagens e as informações técnicas do conjunto de injeção foram disponibilizadas pela empresa onde o estudo foi realizado, e retiradas de bibliografias da área.

2.5.1 Máquina injetora

A máquina injetora, que é o principal componente do conjunto de injeção, é utilizada na fabricação de produtos injetados a partir do processo de injeção de material polimérico na forma de fluido. A estrutura básica da máquina consiste no mecanismo do molde e em um cilindro aquecido por resistências, o qual é responsável por transformar, homogeneizar e injetar o material no molde (ACCORSI, 2020, p. 18).

De acordo com Rosato (1995), o funcionamento da máquina injetora é dividido em duas unidades: a unidade de injeção e a unidade de fechamento. A unidade de injeção é o local onde a injetora recebe o polímero sólido, sendo responsável por aquecer e injetar o material na segunda unidade. A unidade de fechamento recebe o material em estado líquido sob aplicação de uma força e pressão constantes. O material é injetado dentro do molde, onde é resfriado, para gerar uma peça com a geometria definida pelo molde utilizado. A Figura 3 ilustra as duas unidades e seus respectivos componentes.

Figura 3 - Máquina injetora de plásticos



Fonte: Garcia (2004, p. 9).

2.5.2 Molde

Conforme Costa (2018), o molde, que é responsável por conduzir o material até a zona moldante, é um dos principais componentes do processo de injeção plástica. Ele é constituído por uma placa fixa e uma placa móvel, possibilitando moldar, resfriar e extrair o material.

A placa fixa é instalada na parte rígida da máquina injetora. O principal componente desse tipo de placa é o sistema de alimentação, local onde o bico de injeção da injetora fornece material fundido para o molde. Esse material percorre canais até chegar na cavidade do molde, gerando a geometria da peça injetada (SCHOOCH, 1996).

A outra placa é fixada no lado móvel da injetora. Essa placa é responsável pela extração da peça por meio de extratores, os quais podem variar de acordo com

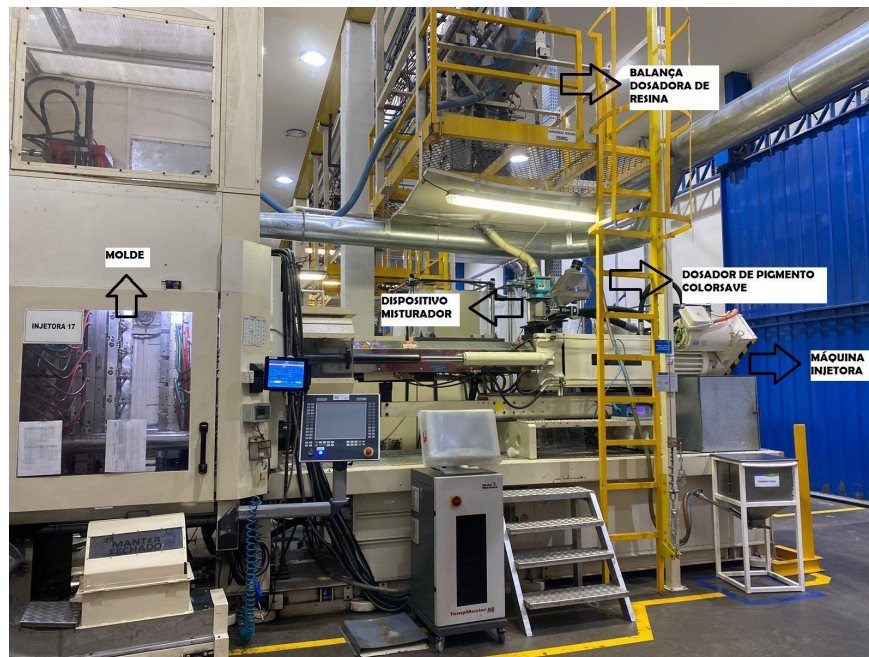
o molde e o design na peça injetada. A junção das duas partes forma a zona moldante, a qual é preenchida de material fundido e refrigerada pelos canais de circulação de água (SCHOOCH, 1996).

2.5.3 Funcionamento do conjunto de injeção

Além da máquina injetora e do molde, principais componentes do conjunto de injeção, o mesmo também conta com três periféricos para seu funcionamento adequado. São eles: balança dosadora de resina, dosador de pigmento e dispositivo misturador. A balança dosadora de resina é responsável por fornecer a resina à máquina injetora, o dosador de pigmento é responsável por fornecer o pigmento que dará cor à peça injetada, e o dispositivo misturador mistura os dois componentes e direciona a mistura para a injetora.

O funcionamento do conjunto de injeção inicia com o fornecimento de resina e de pigmento, cujo processo é realizado pelas balanças dosadoras e pelo dosador, nessa ordem. Esses materiais entram no misturador e, após a mistura dos componentes, são direcionados para a unidade de injeção, onde no canhão da máquina injetora, o material será fundido e direcionado para a unidade de fechamento. Na unidade de fechamento, o material fundido entra no molde e preenche a zona moldante, de modo que, quando resfriado, a peça é retirada no formato desejado. A Figura 4 mostra o conjunto de injeção da empresa onde o estudo foi realizado.

Figura 4 - Conjunto de injeção

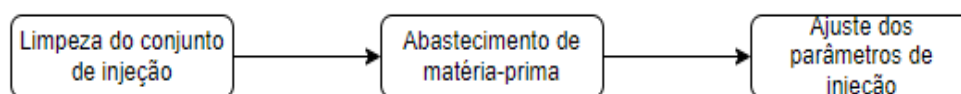


Fonte: Dos autores (2023).

2.5.4 Setup do conjunto de injeção

O *setup* do conjunto de injeção é composto por uma sequência de atividades que visam efetuar a troca do produto que está em produção, de forma a substituir apenas a matéria-prima do produto, e não o molde, resultando em um produto diferente em cor, mas com a mesma geometria. Em síntese, o *setup* da matéria-prima é realizado em três etapas. São elas: 1) limpeza do conjunto de injeção após a parada da máquina, observando possíveis focos de contaminação na linha de produção; 2) abastecimento da máquina com a matéria-prima necessária para a fabricação do novo produto; e, por fim, 3) ajuste dos parâmetros do processo, como, por exemplo, velocidade de injeção, tempo de resfriamento, pressão e tempo de recalque. A Figura 5 apresenta as etapas utilizadas para esse procedimento.

Figura 5 - Fluxograma básico do *setup* de matéria-prima



Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

3 METODOLOGIA

O presente capítulo apresenta as principais definições referentes à metodologia de pesquisa e os procedimentos metodológicos utilizados para a implementação da SMED no processo de *setup* da matéria-prima do conjunto de injeção.

3.1 Metodologia de Pesquisa

Em termos metodológicos, o presente trabalho se insere principalmente nas pesquisas de campo e de caráter exploratório, tendo em vista que a implementação da SMED foi realizada no chão de fábrica somente após a coleta de dados do processo, e que o uso da SMED em processos de *setup* de matéria-prima em conjuntos de injeção é pouco explorado. Esses procedimentos estão de acordo com as definições apresentadas por Fonseca (2002) e por Sampieri, Collado e Lucio (2013).

3.2 Metodologia para a implementação da SMED

O *setup* do conjunto de injeção é realizado diariamente, nos quatro turnos da empresa, por um colaborador designado para essa atividade. Conhecidos como Setter de cor, os operadores realizam em torno de 100 *setups* do conjunto de injeção mensalmente. As etapas para a implementação da SMED são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Etapas para implementação da SMED utilizadas pelos autores

1	Mapeamento dos dados históricos do <i>setup</i> do conjunto de injeção
2	Acompanhamento da execução do <i>setup</i> junto a cada operador
3	Montagem da lista de atividades que compõem o <i>setup</i>
4	Classificação das atividades como <i>setup interno</i> e externo
5	Análise das atividades de <i>setup</i> interno, e conversão para <i>setup</i> externo das que possibilitaram a mudança
6	Análise do procedimento final e melhoria geral
7	Revisão do procedimento com o suporte do especialista de processo da empresa
8	Treinamento dos operadores para execução do novo procedimento
9	Coleta de dados e análise dos resultados

Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

3.2.1 Estágio preliminar

Este estágio é de suma importância para o mapeamento e entendimento da situação atual e histórica do processo analisado, para dar início a execução da metodologia. Ele engloba as seguintes etapas realizadas pelos autores: 1) mapeamento dos dados históricos do *setup* do conjunto de injeção; 2) acompanhamento da execução do *setup* junto a cada operador; 3) montagem da lista de atividades que compõem o *setup*.

A primeira etapa consistiu no levantamento dos dados históricos do *setup* em questão. A empresa onde o estudo foi aplicado, recentemente implementou um novo sistema para controle da produção. Então, os dados do *setup* do conjunto de injeção atualmente são coletados pelo software, e, assim, foi possível adquirir dados históricos de execução desse procedimento, iniciado em janeiro de 2023. As informações coletadas foram: o tempo de cada *setup* realizado e o número de *setups* realizados, para assim obter o tempo médio de realização da atividade mensalmente.

A segunda etapa compreende o acompanhamento dos quatro operadores que executam o *setup* no conjunto de injeção. As informações coletadas ao longo desse procedimento foram: nome do operador, data e turno da realização do *setup*, máquina onde o *setup* foi realizado, pois ele é realizado em todas as máquinas da empresa, o mapeamento das atividades e o levantamento das particularidades na aplicação de cada operador. A Tabela 2 apresenta a ficha utilizada para o levantamento das informações de cada operador.

Tabela 2 - Ficha de avaliação de cada operador (estágio preliminar)

Nome do operador:	
Turno:	
Data:	
Máquina:	
Produto que saiu:	
Produto que entrou:	
Sequência de atividades realizadas	
1	
2	
3	
4	

...	
-----	--

Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

Com o mapeamento realizado, foi executada a etapa número três, que consistiu em agrupar todas as informações coletadas, e formar um único procedimento englobando todas as atividades realizadas pelos operadores no *setup* do conjunto de injeção.

3.2.2 Estágio 1

Neste estágio foi realizada a quarta etapa. Após o levantamento das atividades de cada operador e montagem do procedimento, a próxima etapa consistiu em separar as atividades em *setup* interno (SI) e *setup* externo (SE), a fim de identificar possíveis melhorias nos procedimentos realizados. O Quadro 1 apresenta as atividades separadas em SE e SI antes da implementação da SMED.

Quadro 1 - Sequência de atividades antes da implementação da SMED

Passo	Tarefa	Classificação da atividade
1	Preparação para a troca (reunir todo o material necessário)	SE
2	Cortar o fornecimento de resina e pigmento da máquina	SI
3	Limpeza e calibração do dosador de pigmento	SI
4	Direcionar o material para resíduo (saco vermelho)	SI
5	Trocar a OP no MES e zerar a produção no IHM da injetora	SI
6	Realizar o procedimento de limpeza do misturador	SI
7	Inspecionar possíveis sujidades na rosca do extrusor	SI
8	Limpeza com aditivo	SI
9	Retornar abastecimento padrão de resina	SI
10	Iniciar o abastecimento do pigmento	SI
11	Após a nova cor cobrir o produto, avaliar a necessidade de limpeza de tips	SI
12	Em caso de limpeza de tips, parar a máquina e acionar manutenção	SI
13	Ajustar os parâmetros de injeção para a cor que irá entrar (pressão, velocidade, tempo, resfriamento, temperatura, etc)	SI
14	Setar número de cavidades ativas na injetora, dosador de pigmento (aplicação) e MES	SI

15	Realizar a limpeza geral da máquina	SI
16	Etapa de liberação de produto	SI
17	Lançamento de dados	SE

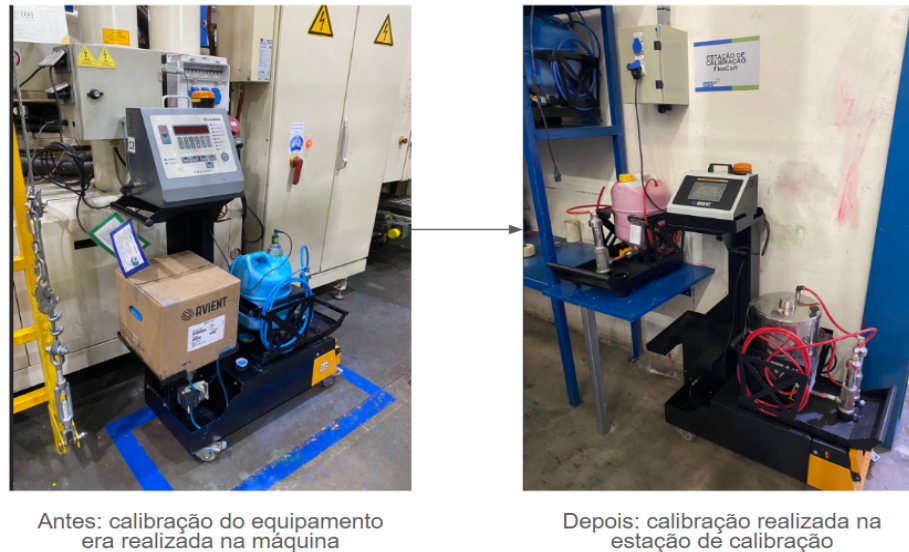
Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Como pode-se observar no Quadro 1, a maioria das atividades eram realizadas pelos operadores quando o conjunto de injeção encontrava-se parado. As únicas tarefas executadas com a máquina em funcionamento foram atividades de preparação e de lançamentos dos dados.

3.2.3 Estágio 2

Neste estágio, que engloba a quinta etapa, as atividades de SI apresentadas no Quadro 01 foram analisadas com intuito de convertê-las em SE. Dentre as tarefas que são realizadas por meio de SI, somente os passos 3 e 15 foram identificados como possíveis potenciais de melhoria. A solução encontrada para a atividade de calibração do dosador de pigmento foi criar uma estação em um ambiente externo à máquina, possibilitando realizar a calibração como tarefa externa, realizando a troca do kit de pigmento, pesando o *shot weight*, e calibrando o dosador diretamente no seu IHM. Sendo assim, as únicas atividades que permaneceram como tarefa de SI foram a inserção da mangueira e a ligação do dosador para inicializar o conjunto de injeção. A Figura 6 mostra a estação de calibração no chão de fábrica. Essa mudança foi possível devido a empresa ter dosadores de pigmentos sobressalentes e eles serem móveis, como é observado na Figura 6, desta forma, o operador realiza o procedimento em um dosador sobressalente na estação de calibração, e na máquina, realiza apenas a troca dos dosadores.

Figura 6 - Estação de calibração



Antes: calibração do equipamento
era realizada na máquina

Depois: calibração realizada na
estação de calibração

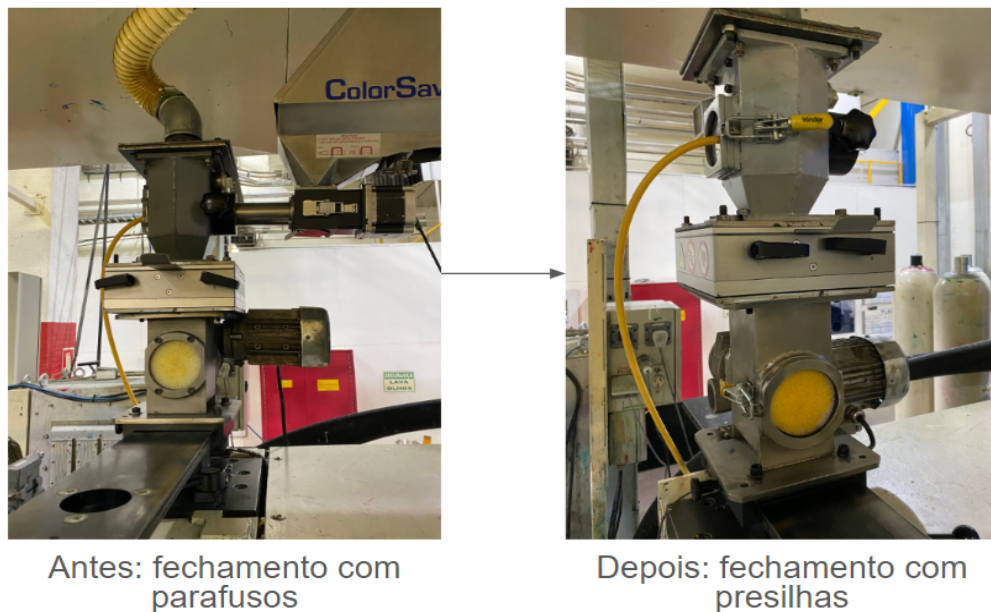
Fonte: Dos autores (2023).

A resolução adotada para a tarefa de limpeza foi a divisão da mesma em 2 atividades distintas. Na primeira delas, os operadores devem limpar as partes internas da máquina, o que só é possível com a máquina parada, caracterizando uma tarefa de SI. Já na segunda atividade, os operadores são encarregados pela limpeza geral dos componentes externos do conjunto de injeção. Tal atividade foi proposta para que o operador possa trabalhar com a máquina em funcionamento, gerando um procedimento de SE.

3.2.4 Estágio 3

O último estágio é responsável por racionalizar todos os aspectos de operação de *setup*, de maneira que duas mudanças foram sugeridas neste artigo. A primeira mudança consistiu em uma alteração no sistema de fechamento do misturador, substituindo o sistema de fixação com parafusos por um sistema com presilhas. Essa ação otimizou a execução do sexto passo da sequência de atividades, que consiste na limpeza do misturador, tarefa realizada pelo operador, onde é desmontado todo o equipamento para limpeza da parte interna. A Figura 7 apresenta as modificações implementadas no sistema de fechamento do misturador.

Figura 7 - Modificação no fechamento do misturador



Fonte: Dos autores (2023).

A alteração apresentada no fechamento do misturador, foi implementada em apenas uma máquina da empresa, como fins de teste de resultado. A partir da confirmação dos resultados obtidos, a mudança será implementada no restante das máquinas, uma por vez, seguindo o critério de prioridade, de maior número de execução do presente *setup*.

A segunda alteração foi realizada no procedimento de limpeza com o aditivo. Antes da implementação da SMED, o operador realizava a mistura do aditivo com a resina de forma manual, em um recipiente específico, para, então, abastecer a máquina com a mistura preparada. Sendo assim, a mudança sugerida consistiu em abastecer o aditivo líquido diretamente na tremonha da máquina injetora, deslocando-se direto para o canhão da máquina e eliminando o processo de mistura manual. A Figura 8 ilustra a alteração sugerida no procedimento de limpeza com aditivo.

Figura 8 - Abastecimento do aditivo diretamente na tremonha da máquina injetora



Fonte: Dos autores (2023).

O novo sequenciamento de atividades do *setup* de matéria prima, com as alterações descritas e implementadas por meio da SMED, é apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 - Sequência de atividades após a implementação da SMED

Passo	Tarefa	Classificação da atividade
1	Preparação para a troca (reunir todo o material necessário)	SE
2	Limpeza e calibração do dosador de pigmento	SE
3	Cortar o fornecimento de resina e pigmento da máquina	SE
4	Direcionar o material para resíduo (saco vermelho)	SI
5	Trocar a OP no MES e zerar a produção no IHM da injetora	SI
6	Procedimento de limpeza com a máquina parada	SI
7	Realizar o procedimento de limpeza do misturador	SI
8	Inspecionar possíveis sujidades na rosca do extrusor	SI
9	Limpeza com aditivo	SI
10	Retornar abastecimento padrão de resina	SI

11	Iniciar o abastecimento do pigmento	SI
12	Após a cor cobrir o produto, avaliar a necessidade de limpeza de tips	SI
13	Em caso de limpeza de tips, parar a máquina e acionar manutenção	SI
14	Ajustar os parâmetros de injeção para a cor que irá entrar (pressão, velocidade, tempo, resfriamento, temperatura, etc)	SI
15	Setar número de cav ativas na injetora, dosador de pigmento (aplicação) e MES	SI
16	Etapa de liberação de produto	SI
17	Realizar a limpeza geral da máquina - Limpeza no espaço físico da máquina para entregar a máquina liberada para o operador de acordo com os padrões de produção e BPF	SE
18	Lançamento de dados	SE

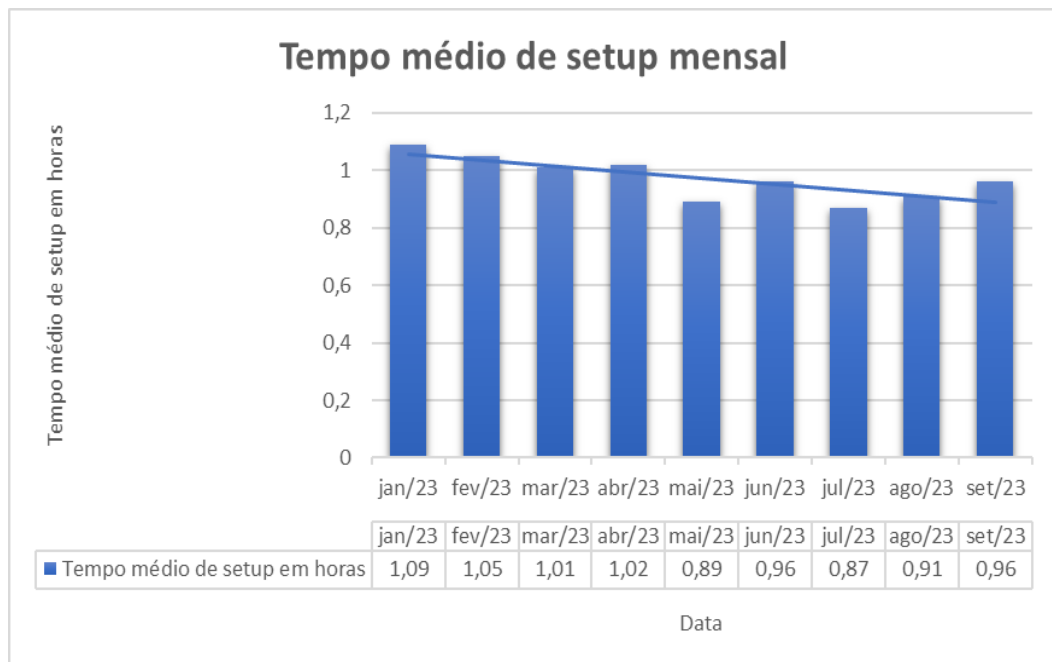
Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Após a finalização do novo procedimento foram realizadas as etapas 7, 8 e 9 levantadas pelos autores. A sétima etapa consistiu na apresentação e revisão do novo procedimento para o especialista de processo da fábrica, com o objetivo de garantir que o procedimento estava otimizado ao máximo, e passível de ser executado no dia a dia dos operadores. Então os operadores foram treinados para a execução do novo procedimento de *setup* do conjunto de injeção e passaram a utilizar o mesmo em massa. A última etapa realizada foi a coleta de dados, que seguiu a mesma metodologia utilizada para coleta dos dados históricos, por meio do software MES da empresa, onde foram coletados os dados de duração e número de execuções.

4 RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo propõe a implementação da metodologia SMED no *setup* do conjunto de injeção de uma empresa transformadora de plásticos. Os resultados obtidos com a implementação da metodologia SMED, apresentados no Gráfico 1, mostram que em maio de 2023, mês da efetivação do método, houve um ganho de mais de 20% do tempo de *setup* do conjunto de injeção quando comparado ao mês de janeiro. Considerando que a empresa em estudo realiza anualmente em torno de 1200 *setups* do conjunto de injeção, essa redução de 20% representa um ganho de 240 horas produtivas por ano.

Gráfico 1 - Tempo médio do *setup* no período de janeiro a agosto de 2023



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Além dos ganhos associados à diminuição do tempo de *setup* e, consequentemente, ao aumento das horas produtivas, observou-se também ganhos relacionados à padronização das atividades. Isso pôde ser observado em questões como a diminuição do resíduo gerado e o menor desgaste do operador durante as suas atividades, as quais também se convertem em ganhos financeiros para a empresa.

Visto que a mudança no sistema de fechamento do misturador foi realizada em apenas uma máquina injetora, como forma de teste, e ainda pode ser implementada nas outras máquinas injetoras da empresa, os ganhos obtidos com a implementação da metodologia podem ser ainda maiores, e estimasse que com a implementação completa, podem chegar a uma redução de 35% do tempo médio mensal de execução dessa atividade.

Conclui-se que a metodologia SMED pode ser aplicada em diferentes *setups* de diferentes áreas, trazendo resultados significativos. Conforme bibliografias consultadas, fica evidente que os resultados obtidos com a aplicação da metodologia em *setups* mecânicos gera uma maior redução do tempo de *setup*, mas fica claro com o estudo aplicado e os resultados obtidos, que a aplicação da SMED em *setups*

de matéria-prima também traz resultados, em porcentagens menores, mas igualmente significativos, visto que todo o tempo de parada de máquina acarreta em perdas financeiras para a empresa. O Quadro 3 reúne as bibliografias utilizadas como base para execução do trabalho, e contém os resultados obtidos nestes trabalhos que descrevem a aplicação da SMED em diferentes áreas da indústria.

Quadro 3 – Resultados obtidos com a aplicação da SMED em diferentes áreas e tipos de *setups*

Autores	Aplicação	Ganhos
Back (2019)	<i>Setup</i> mecânico de uma indústria alimentícia	Redução de aproximadamente 50%
Vieira e Cambruzzi (2020)	<i>Setup</i> mecânico de troca de molde em uma máquina injetora de plásticos	Redução de aproximadamente 70%
Gomes (2021)	<i>Setup</i> mecânico na indústria de usinagem de componentes aeronáuticos	Redução de aproximadamente 80%
Freires et al. (2023)	<i>Setup</i> de matéria prima de uma máquina rebobinadeira	Redução de aproximadamente 35%

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Quanto à aplicação da SMED, conclui-se que essa metodologia é eficaz, pois fornece ótimos resultados a curto prazo, é de fácil utilização e não necessita de altos investimentos. Além disso, os resultados obtidos neste estudo evidenciam que a SMED pode ser utilizada para redução de tempo de qualquer atividade de *setup*, seja ela puramente mecânica, seja operacional.

REFERÊNCIAS

ACCORSI, M. F. **Desenvolvimento de um sistema de monitoramento de processo para máquinas injetoras de plásticos**. 2020. 132 f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade de Caxias do Sul, Bento Gonçalves, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ucs.br/xmlui/handle/11338/8883>. Acesso em: 13 maio 2023.

AEC. **Gravimetric Batch Blenders With Allen-Bradley Controller (Standard & CE Models): Operation, Installation and Service Manual**. [s.l]: AEC, 2002. Disponível em: <https://www.yumpu.com/en/document/view/18804529/os-oa-series-gravimetric-batch-blenders-aec-blend-and-reclaim->. Acesso em: 26 maio 2023.

AVIENT. **FlexCart – Mini: Manual de Operações e Boas Práticas**. [s.l]: [entre 2010 e 2020]. Disponível em: <https://www.avient.com/sites/default/files/2020-08/colormatrix-flexcart-mini-liquid-metering-system-flyer-1.pdf>. Acesso em: 26 maio 2023.

BACK, G. C. **Aplicação do método Smed para melhoria no processo de setup em uma indústria alimentícia**. 2019. 57 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2019. Disponível em:

<http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/12915/1/smedprocessosetupindustria.pdf>.

Acesso em: 03 abr. 2023.

COSTA, A. F. L. **Reorganização do departamento de manutenção numa indústria de injeção de plásticos**. 2018. 64 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade do Porto, Porto, 2018. Disponível em:

<https://core.ac.uk/download/pdf/154836061.pdf>. Acesso em: 13 maio 2023.

FIGUEIREDO, P. N.; PINHEIRO, M. C. Competitividade industrial brasileira e o papel das capacidades tecnológicas inovadoras: a necessidade de uma investigação criativa. **Technological Learning and Industrial Innovation Working Paper Series**, [s.l.], 2016. Disponível em:

<https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/19446/2016-1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 05 maio 2023.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002.

FREIRES, V. de M.; SANTOS, G. G. dos; NERY, C. L. P.; OLIVEIRA, M. A. de; VERONEZE, G. de M. Aplicação de SMED com suporte de simulação computacional para redução de tempo de setup de uma máquina rebobinadeira. **Revista Produção Online**, [S. l.], v. 23, n. 1, p. 48-76, 2023. DOI: 10.14488/1676-1901.v23i1.4876.

Disponível em: <https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/4876>. Acesso em: 10 out. 2023.

GARCIA, M. C. R. **Moldes para injeção de termoplásticos**: Fundamentos de projetos e ferramentas. Rio Grande do Sul: CEFET, 2004.

GOLDACKER, F.; OLIVEIRA, H. J. de. Set-up: ferramenta para a produção enxuta. **Revista da FAE**, Blumenau, v. 11, n. 2, p. 127-139, jul./dez. 2008. Disponível em: <https://revistafae.fae.edu/revistafae/article/download/332/228>. Acesso em: 15 maio 2023.

GOMES, D. M. R. **Aplicação da sistemática SMED em uma indústria norte americana de usinagem de componentes aeronáuticos**. 2021. 68 f. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2021. Disponível em:

<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/223366>. Acesso em: 03 abr. 2023.

LIAD. **ColorSave 1000ST-INJ**: Single-component mastermatch/additive gravimetric feeder for injection molding machines. [s.l.]: LIAD, 2017. Disponível em:

<https://4moulding.nl/wp-content/uploads/ColorSave1000INJbrochure.pdf>. Acesso em: 26 maio 2023.

LIKER, J. K. **O modelo toyota**: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. São Paulo: Bookman, 2021. *E-book*. Disponível em:

https://books.google.com.br/books?id=GT5NEAAQBAJ&hl=pt-BR&redir_esc=y.

Acesso em: 28 maio 2023.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da Produção**. 3 ed. Minas Gerais: Saraiva, 2016.

METODOLOGIA Lean. **Lean nas Emergências**, 2023. Disponível em: <https://www.leannasemergencias.com.br/a-comunidade-lean-nas-emergencias/metodologia-lean/>. Acesso em: 21 maio 2023.

RIBEIRO, L. dos S. **Evolução tecnológica e automação das máquinas injetoras**. 2009. 78 f. Monografia (Especialização em Produção com ênfase em plástico) - Curso de Tecnólogo em Produção, Centro Tecnológico da Zona Leste, São Paulo, 2009. Disponível em: http://tecomplasticos.com.br/PDF_Injetoras/Aut_Injetoras.pdf. Acesso em: 20 maio 2023.

ROSATO, D. V. **Injection molding handbook**. 2. ed. New York: Champman and Hall, 1995.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, M. D. P. B. **Metodologia de pesquisa**. Porto Alegre: Penso, 2013. *E-book*. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788565848367>. Acesso em: 28 maio 2023.

SARAIVA, P. A.da C. **Projeto de um molde de injeção**. Leiria, Portugal: IPL, Escola superior de tecnologia e gestão, 2016.

SCHOOCH, K. F. Training in Injection Molding. **IEEE Electrical Insulation Magazine**, [s.], v. 12, n. 5, 1996. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/537195/>. Acesso em: 28 maio 2023.

SHINGO, S. **A Revolution in Manufacturing: The SMED System**. A Revolution in Manufacturing: The SMED System, 2018.

SHINGO, S. **O sistema Toyota de produção**: do ponto de vista da engenharia de produção. Disponível em: Porto Alegre: Bookman, 1996a.

SHINGO, S. **Sistema de Troca Rápida de Ferramenta**: Uma revolução nos sistemas produtivos. Porto Alegre: Bookman, 1996b.

SUGAI, M.; MCINTOSH, R. I.; NOVASKI, O. Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 14, n. 2, p. 323-335, maio/ago. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/8zqzvd8p5HgGqbszxtSqzYs/?lang=pt>. Acesso em: 12 abr. 2023.

VIEIRA, E. L.; CAMBRUZZI, C. L. Aplicação do SMED para redução do tempo de set up em uma máquina injetora de plásticos. **Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção**, Curitiba, v. 8, n. 13, p. 155-171, jul. 2020. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/relainep/article/view/73236/41127>. Acesso em: 23 abr. 2023.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **The Machine That Changed the World**. Massachusetts: Free Press, 2007.