

## ESTUDO DE IMPLANTAÇÃO DO MÉTODO DMAIC EM UM PROCESSO DO SETOR DE TESTES LABORATORIAIS DE UMA EMPRESA DE AUTOPEÇAS

### STUDY OF THE IMPLEMENTATION OF THE DMAIC METHOD IN A PROCESS OF THE LABORATORY TESTING SECTOR OF AN AUTO PARTS COMPANY

733

William Issami Ramos Igarashi<sup>1</sup>, Jefferson de Souza Pinto<sup>2</sup>

1- Discente do Curso de Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Campus Bragança Paulista; 2- Pós-Doutor e Doutor em Engenharia Mecânica, pela Universidade Estadual de Campinas –UNICAMP, pesquisador da FEM/UNICAMP e docente do IFSP, campus Bragança Paulista.

Contato: jeffsouzap@ifsp.edu.br

#### RESUMO

O trabalho tem por objetivo propor uma melhoria no processo de agendamento de ensaios de produção, sendo elaborado com base nos princípios do *Lean Six Sigma*. Inicialmente, foram definidos os principais conceitos utilizados pelo trabalho por meio da pesquisa bibliográfica, dentre as quais pode-se citar: *Lean*, *Six Sigma*, *Lean Six Sigma*, DMAIC, Gestão de Projetos, entre outros. Sendo desenvolvido um Estudo de Caso com abordagem qualitativa, natureza aplicada e pesquisa transversal dentro da empresa de autopeças. O estudo foi realizado em uma empresa da cadeia de suprimento de autopeças para a área automotiva como delimitação no setor de laboratório de validação, o qual é responsável pela garantia da qualidade dos produtos desenvolvidos pela empresa, por meio da realização de ensaios e relatórios de validação. Com base nos dados coletados e das ferramentas da qualidade presentes no roteiro DMAIC, foi possível identificar quais detratadores estavam presentes no processo estudado, os quais pode-se citar: a duplicidade de tarefas, o retrabalho constante e, a não padronização do fluxo de agendamento; sendo este último, tendo o tempo de ciclo elevado como o principal gargalo do sistema. Com base nas análises dos resultados obtidos sobre o estado atual do processo, foi proposto um novo fluxo para o agendamento de ensaios, além de um sistema digital para a eliminação do preenchimento manual de requisições de ensaios em papel físico, que simplifica o processo e reduz a geração de resíduos sólidos para o meio ambiente. Por fim, conclui-se que, houve uma redução de tempo de ciclo para o processo de agendamento de ensaios com a aplicação da metodologia do roteiro DMAIC do *Lean Six Sigma*, uma vez que houve a redução de uma tarefa do processo com a padronização do fluxo estudado. Além do sistema digital que trouxe agilidade e eliminação do uso de papel e, conseqüentemente, menor tempo para preenchimento da requisição pelo solicitante.

**Palavras-chave:** *Six Sigma*. *Lean Manufacturing*. *Lean Six Sigma*. DMAIC, Gestão de Projetos. Laboratório de Validação.

## ABSTRACT

The objective of the work is to propose an improvement in the process of scheduling production tests, based on the principles of Lean Six Sigma. Initially, the main concepts used in the work were defined through bibliographical research, among which we can mention: Lean, Six Sigma, Lean Six Sigma, DMAIC, Project Management, among others. A Case Study was developed with a qualitative approach, applied nature and cross-sectional research within the auto parts company. The study was carried out in a company in the auto parts supply chain for the automotive area as a delimitation in the validation laboratory sector, which is responsible for guaranteeing the quality of products developed by the company, by carrying out tests and validation reports. Based on the data collected and the quality tools present in the DMAIC script, it was possible to identify which detractors were present in the process, which can be cited: duplication of tasks, constant rework and non-standardization of the scheduling flow; the latter being the high cycle time as the main bottleneck of the system. Based on the analysis of the results obtained on the current state of the process, a new flow for scheduling tests was proposed, in addition to a digital system to eliminate the manual filling of test requests on physical paper, which simplifies the process and reduces the generation of solid waste for the environment. Finally, it is concluded that there was a reduction in cycle time for the test scheduling process with the application of the Lean Six Sigma DMAIC script methodology, since there was a reduction in a process task with the standardization of the flow studied. In addition to the digital system, which brought agility and elimination of paper use and, consequently, less time for the applicant to complete the request.

**Keywords:** Six Sigma. Lean Manufacturing. Lean Six Sigma. DMAIC. Project management. Test Laboratory.

## 1 INTRODUÇÃO

A empresa estudada atua no ramo de autopeças, sendo seu maior mercado o setor automobilístico. A filial brasileira conta com dois laboratórios, sendo um químico e outro de testes de validação. O principal objetivo do laboratório de testes, foco deste estudo, é garantir a qualidade de um produto de acordo com as normas de cada cliente.

A qualidade do processo é de fundamental importância, pois auxilia na garantia da qualidade do produto. A eficiência significa na indústria moderna e nas empresas em geral, redução de custo (Ohno, 1997).

Segundo Morgan e Liker (2020), empresas que executam ideias de novos produtos com velocidade e precisão possuem enorme vantagem competitiva, sendo que a execução com excelência se baseia em se atentar aos detalhes, minimizar desperdícios e operar de forma precisa com entrega dentro do prazo. Ainda definem que, para um desenvolvimento eficaz do produto, é necessário que seja reduzido o retrabalho, o tempo de espera e a má comunicação.

Segundo Back e Leal (1991), uma maneira de se conseguir a constatação da qualidade do produto é por meio da definição de testes adequados e um plano integrado de testes ao longo de todas as fases do ciclo de vida, que compreende sua fase inicial de concepção até o descarte do produto.

A realização de testes é imprescindível para validar um produto, sendo o mais adequado para verificar a adequação do produto, pelo fato de ser um meio de obter resultados diretos e tangíveis (Back e Leal, 1991).

O Seis *Sigma* ou *Six Sigma*, é uma ferramenta que busca a redução de custo devido à redução das não-conformidades (Rotondaro, 2012). O Seis Sigma segue um roteiro denominado DMAIC, que compreende um ciclo de atividades. Essas atividades compreendem: definir (*define*), analisar (*analyze*), medir (*measure*), melhorar (*improve*) e controlar (*control*) (Pepper e Spedding, 2010).

A metodologia *Lean Seis Sigma* busca a melhoria de processos por meio ferramentas de análise de dados de processos que são implementadas visando a redução dos custos ou a melhoria da qualidade do produto ou processo (FM2S, 2022). Segundo Werkema (2011), métricas que fazem parte do Seis *Sigma* e do *Lean Manufacturing* (Manufatura Enxuta) são contempladas e integradas no *Lean Seis Sigma*.

Assim, o objetivo geral deste trabalho é aplicar a metodologia do *Lean Seis Sigma* estruturada pelo roteiro DMAIC, que visa diminuir o tempo total de um processo dentro de um laboratório de ensaios de uma empresa privada.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo encontra-se o levantamento da literatura referente aos conceitos de *Lean Manufacturing*, gestão da qualidade, *Lean Seis Sigma* e suas ferramentas e, por fim, o gerenciamento de projetos e suas ferramentas, com foco para o gerenciamento do tempo.

Dentre as ferramentas voltadas para esta aplicação, este trabalho utiliza de algumas ferramentas como o mapeamento de processos, análise do tempo de ciclo,

SIPOC, diagrama de Pareto, histograma, fluxograma, diagrama de causa e efeito.

Para a pesquisa em questão foram utilizadas como base dados das plataformas: CAPES, *Quality Management Journal*, *TQM Journal*, *American Journal of Quality*, entre outras.

## 2.1 Lean Manufacturing

O *Lean Manufacturing* é uma iniciativa que busca eliminar desperdícios, isto é, excluir o que não tem valor para o cliente e imprimir velocidade à empresa (Werkema, 2021a). Sete tipos de desperdícios são identificados por Ohno (1997), sendo eles definidos por:

- a) Defeitos (nos produtos);
- b) Excesso de produção de mercadorias desnecessárias;
- c) Estoques de mercadorias à espera de processamento ou consumo;
- d) Processamento desnecessário;
- e) Movimento desnecessário (de pessoas);
- f) Transporte desnecessário (de mercadorias);
- g) Espera (dos funcionários pelo equipamento de processamento para finalizar o trabalho ou por uma atividade anterior).

Segundo Werkema (2021a), tais desperdícios são o cerne do *Lean Manufacturing*. Para Mann (2010), o *lean* consiste na disciplina, nas práticas diárias e nas ferramentas necessárias para manter um foco persistente e intensivo no processo. Pouco a pouco a cultura enxuta cresce a partir dessas práticas que vão se tornando hábitos.

O *lean manufacturing* deriva das ideias de Taiichi Ohno e tem como propósito fazer mais com menos e criando uma cultura de eliminação de desperdícios, desperdícios observados no modelo de produção fordista e reduzindo o custo de produção (Womack *et al.*, 2004). Para alcançar esse objetivo, o *lean* possui ferramentas, abaixo são conceituadas algumas que foram usadas no presente estudo de caso.

Destarte, a produção *lean* faz mais com menos, constrói os produtos de melhor qualidade, entregues no prazo, na quantidade encomendada pelos clientes, com menos estoques, tempo de ciclo, espaço e horas de trabalho (Morgan e Liker, 2020).

Logo, adotar o pensamento enxuto é pensar e produzir somente o necessário para a produção, seja na manufatura ou no desenvolvimento de novos produtos. Para que isto ocorra, faz-se necessário a realização de um mapa de processo, em que pode-se observar as operações do sistema, evidenciando as que agregam valor ou não, além de desperdícios, dando margem para a implementação de melhorias para o processo (Amorim e Xavier, 2021).

### 2.1.1 Mapa de processo

O mapa de processo é usado para documentar o conhecimento existente sobre o processo. Descreve os limites, as principais atividades/tarefas, os parâmetros de produto final, de produto em processo e os parâmetros de processo (Werkema, 2021b). Cheung e Bal (1998) complementam definindo como uma tática de orientação para desenvolvimento, projeto ou avaliação dos processos, desde um determinado setor ou até mesmo uma organização inteira.

Tseng (1999) sugere que, para facilitar o mapeamento dos processos, a apresentação utilize-se de uma linguagem gráfica, descrevendo de forma detalhada as interfaces do processo a ser mapeado, desenvolvendo assim uma análise concisa e adequada ao projeto.

Segundo Andersen (1999), o mapeamento de processos pode ser realizado por processos locais ou globais, sendo que a vantagem de se mapear localmente restringindo a um determinado local ou setor da empresa, ocorre pelo entendimento comum entre todos os colaboradores do projeto no que tange a atividades, resultados e quais passos competem a cada um dos integrantes.

### 2.1.2 Mapa de Fluxo de Valor

Para Rother e Shook (2003), um fluxo de valor é composto por toda ação (que pode ou não agregar valor) para a entrega de um produto ou serviço, desde a

preparação da matéria prima, passando pelas etapas do processo produtivo até chegar ao consumidor final. O mapeamento de fluxo de valor é a diagramação dessas etapas de maneira a enxergar a cadeia produtiva por uma óptica macro. O mapeamento do fluxo de valor permite à gestão da produção enxergar as etapas do processo produtivo que realmente agregam valor ao produto final, as etapas que são importantes para a manutenção da qualidade, mesmo que não agreguem valor e as etapas que não agregam valor, que poderiam ser eliminadas do processo que não afetariam nem o valor final do produto e nem sua qualidade (Amorim e Xavier, 2021). Essa ferramenta é especialmente importante para a detecção de desperdícios no processo, permitindo uma visão clara do estado atual do processo e uma perspectiva de melhoria, impactando num estado futuro.

### 2.1.3 Análise do Tempo de Ciclo

A análise do tempo de ciclo é usada para avaliar o tempo gasto na produção de um bem ou serviço (Werkema, 2021b).

Para Rother e Shook (2003), o tempo de ciclo pode ser definido como a frequência com que um produto é finalizado em um processo, ou ainda como o tempo que o operador leva para completar todas as suas atividades antes de as repetir.

O tempo de ciclo é uma métrica que mede quanto leva para um item passar da coluna “em andamento” para a “concluída”. Ela ajuda as equipes a determinarem o tempo de início e fim das tarefas e, portanto, sua capacidade geral de produção. O tempo de ciclo de um processo é calculado dividindo-se todos os itens de trabalho em andamento por sua taxa média de conclusão (Ohno, 1997).

É importante ressaltar que o tempo de ciclo deve ser analisado em conjunto com outras métricas, como o *Takt Time*, para garantir a sincronização com a demanda do cliente. *Takt Time* é o tempo alocado para a produção de uma peça ou produto em uma célula ou linha (Iwayama, 1997).

## 2.2 Gestão da Qualidade

O Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) compreende atividades pelas quais a organização identifica seus objetivos e determina os processos e recursos necessários para alcançar os resultados desejados (ISO, 2015). Ainda segundo a ISO (2015), ele gerencia a interação de processos e recursos necessários para agregar valor e realizar resultados para as partes interessadas pertinentes, além de prover os meios para identificar ações para tratar consequências pretendidas e não pretendidas na provisão de produtos e serviços.

Segundo Corrêa (2019), os principais objetivos da SGQ são:

- a) Atender aos requisitos do cliente com o objetivo de aumentar sua satisfação;
- b) Obter uma visão da organização utilizando a abordagem de processos;
- c) Assegurar a melhoria contínua do processo;
- d) Medir e avaliar o desempenho e a eficácia do processo;
- e) Monitorar continuamente a satisfação dos clientes.

O SGQ de uma empresa deve conter processos operacionais, de suporte e de gestão, além de procedimentos que orientam como executar determinada tarefa com o devido detalhe e que auxiliam na definição das respectivas responsabilidades (Corrêa, 2019).

Essa abordagem é de interesse deste trabalho pelo fato da necessidade de se determinar processos que se demonstram detratores do sistema de agendamento do laboratório estudado.

### 2.2.1 Six Sigma

*Six sigma* é uma estratégia na qual é empregado uma abordagem disciplinada para capturar variabilidades do processo, utilizando-se de ferramentas e técnicas estatísticas e não estatísticas de forma rigorosa (Antony, 2004). É uma abordagem de melhoria de negócio que busca achar e eliminar causas de falhas e defeitos no

processo de negócio focado sobre as saídas que são de importância crítica para os clientes (Snee, 2000).

Ainda, define-se o *Six Sigma* como sendo mais do que apenas uma metodologia e um conjunto de ferramentas, é um modo de pensar que possibilita mudar o modo de trabalho para torná-lo mais dirigido aos dados, afastando-nos da decisão baseada na intuição (Motwani *et al.*, 2004).

Para Corrêa (2019), o *Six Sigma* é uma maneira de se administrar atividades da empresa, reduzir os custos e a variabilidade de processos, por meio de uma metodologia focada na medição estatística e na melhoria de eficiência e eficácia. Ainda segundo Corrêa (2019), a eficácia é definida como o grau de atendimento às expectativas e necessidades de seus clientes, enquanto a eficiência se dá pelo recurso utilizado na tentativa de tornar-se eficaz.

O termo *Six Sigma* surgiu na Motorola para o processo de gerenciamento da qualidade na Motorola (FM2S, 2022). Ao longo do tempo, com as implementações realizadas e os benefícios resultantes, a metodologia se difundiu para áreas diversas de serviços, como hospitais, indústrias no geral e serviços.

### 2.2.2 SIPOC

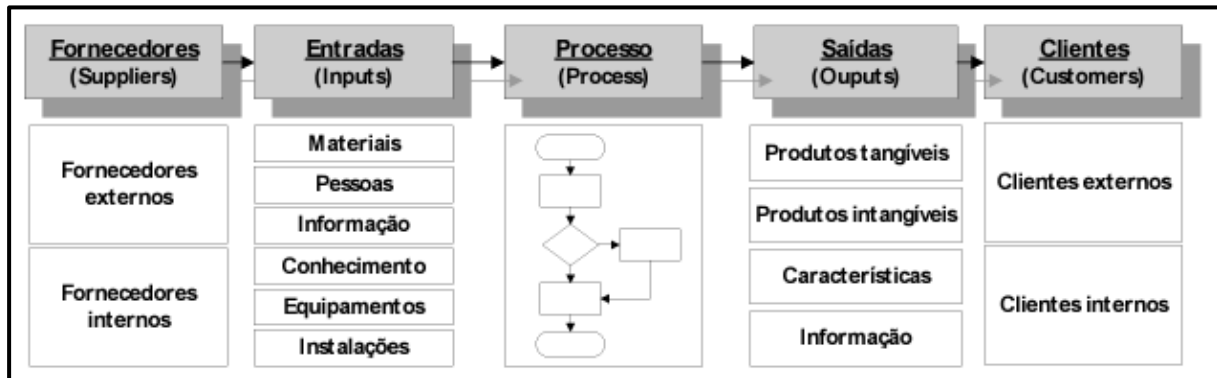
O SIPOC é um diagrama que tem como finalidade definir o principal processo envolvido no projeto e, conseqüentemente, facilitar a visualização do escopo do trabalho (Werkema, 2021b).

O termo SIPOC é uma sigla que representa um acrônimo para *Supplier* (Fornecedor), *Input* (Entrada), *Process* (Processo), *Output* (Saída) e *Customer* (Cliente). O SIPOC é uma ferramenta amplamente utilizada na gestão da qualidade e melhoria de processos, particularmente na etapa do *Define* do DMAIC (Marques e Requeijo, 2009).

A Figura 2.1 apresenta de forma geral, o *layout* de um SIPOC.



Figura 2.1 Exemplo de layout de SIPOC.



Fonte: Marques e Requeijo (2009, p. 1234).

A criação de um SIPOC é uma etapa importante na análise de processos e na identificação de oportunidades de melhoria. Ele ajuda a visualizar todo o fluxo de trabalho, identificar gargalos, pontos de falha e áreas de ineficiência. Além disso, o SIPOC ajuda a determinar quais partes do processo estão sob controle direto e quais estão fora do escopo, o que pode ser útil para a definição de limites de responsabilidade e a tomada de decisões (Rasmusson, 2006).

FM2S (2022), afirma que o SIPOC é uma ferramenta versátil que pode ser usada em conjunto com outras técnicas de melhoria de processos, como o DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar) do *Six Sigma*, para alcançar melhorias significativas na qualidade e eficiência dos processos organizacionais.

### 2.2.3 Diagrama de Pareto

O diagrama de Pareto é um gráfico de barras verticais, que dispõe a informação de modo a tornar evidente e visual a estratificação e a priorização de um fenômeno, além de permitir o estabelecimento de metas específicas (Werkema, 2021b).

É uma ferramenta de análise e priorização usada na gestão da qualidade e na tomada de decisões que, de acordo com Juran (1989), é uma técnica baseada no princípio de que, em muitos casos, a maioria dos efeitos ou resultados é causada por um pequeno número de causas ou fatores. Vilfredo Pareto, um renomado economista

italiano, observou esse fenômeno pela primeira vez ao notar que aproximadamente 80% da riqueza estava nas mãos de 20% da população. Ainda segundo Juran (1989), esse conceito foi posteriormente aplicado a várias outras áreas, incluindo a gestão de qualidade.

Segundo Breyfogle (1999), o Diagrama de Pareto ajuda a identificar quais problemas ou causas merecem atenção imediata, permitindo que a equipe direcione seus esforços e recursos para abordar as causas mais críticas. Isso geralmente resulta em melhorias significativas no desempenho ou na qualidade.

#### 2.2.4 Fluxograma

O Fluxograma é utilizado para a visualização das etapas e características (complexidade, geração de trabalho e refluxo, por exemplo) de um processo (Werkema, 2021b).

O objetivo do fluxograma é apresentar de forma simples o fluxo das informações e dos elementos, evidenciando a sequência operacional que caracteriza o trabalho executado (Corrêa, 2019). Cada etapa é representada por meio da utilização de figuras geométricas podendo ser elas círculos, triângulos, retângulos, linhas ou setas, sendo que cada uma contém um significado único.

Segundo Corrêa (2019), os fluxogramas devem ser utilizados quando se almeja:

- a) Entender como um processo funciona;
- b) Estudar um processo, a fim de implementar melhorias;
- c) Comunicar para outras pessoas como funciona um processo;
- d) Documentar um processo.

#### 2.2.5 Diagrama de Causa e Efeito

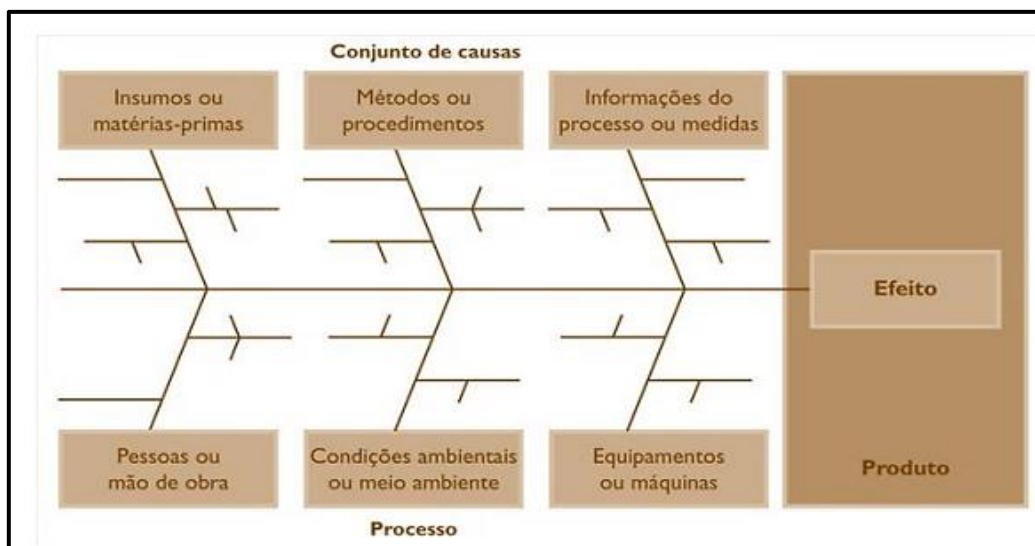
Originalmente proposto pelo engenheiro Kaoru Ishikawa no ano de 1943, o Diagrama de Causa e Efeito, também chamado de espinha de peixe (Corrêa, 2019), é utilizado para apresentar a relação entre um resultado de um processo (efeito) e os

fatores (causas) que, por questões técnicas, possam afetar o resultado considerado (Werkema, 2021b).

Segundo Corrêa (2019), o Diagrama de Ishikawa é uma das ferramentas mais eficazes e mais utilizadas em ações de melhorias e controle da qualidade nas organizações, pois permite agrupar e visualizar as várias causas que estão na origem de qualquer problema ou de um resultado que se pretende melhorar, geralmente feitos por grupos de trabalho e acabam por envolver os agentes do processo em análise. Após identificado o problema, é feita uma lista das possíveis causas e, depois, faz-se o diagrama de causa e efeito. A classificação é feita composta por seis categorias, os famosos 6M: método, matéria-prima, mão de obra, máquinas, medição e meio ambiente.

Na Figura 2.2 é apresentado o Diagrama de Causa e Efeito elaborado por Werkema (2021b).

Figura 2.2 Diagrama de Causa e Efeito.



Fonte: Werkema (2021b, p. 11).

## 2.3 Método DMAIC

Para Santos e Martins (2008), o DMAIC é mais caracterizado pelo seu potencial de solução de problemas por assegurar a redução na taxa de defeitos e falha nos

produtos. Sendo baseada no uso de ferramentas estatísticas, juntamente com diversas ferramentas do controle da qualidade (Rechulski, 2004).

O DMAIC é constituído por cinco etapas apresentadas no Quadro 2.1.

**Quadro 2.1** Etapas do método DMAIC.

<b>D</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>I</b>	<b>C</b>
<i>Define</i>	<i>Measure</i>	<i>Analyze</i>	<i>Improve</i>	<i>Control</i>
Definir	Medir	Analisar	Melhorar	Controlar
Definir com precisão o escopo do projeto	Determinar a localização ou foco do problema	Determinar as causas de cada problema prioritário	Propor, avaliar e implementar soluções para cada problema prioritário	Garantir que o alcance da meta seja mantido a longo prazo

Fonte: Adaptado de Werkema (2021b, p. 89).

### 2.3.1 Definir (*Define*)

Nesta etapa são identificados os clientes e suas necessidades (Breyfogle, 1999).

Segundo Werkema (2021a), a meta e o escopo do projeto deverão ser claramente definidos e cita algumas ferramentas utilizadas nesta etapa, sendo as utilizadas por este trabalho: Mapeamento do fluxo de valor e SIPOC.

Complementarmente, Kuan (2012) afirma que o Benchmarking, definido como a busca por referências a outros projetos ou empresas de desempenho superior e/ou qualidade melhor, é uma ferramenta essencial nesta fase.

As perguntas que devem ser respondidas por esta etapa, segundo Rahman (2018) são:

- a) Qual é o problema?
- b) Qual é o escopo?
- c) Quem são os patrocinadores?
- d) Qual métrica é importante?

### 2.3.2 Medir (*Measure*)

Nesta etapa os processos são mensurados e as performances analisadas (Breyfogle, 1999).

Segundo Werkema (2021a), o problema deverá ser refinado ou focalizado.

É uma etapa crítica da vida do projeto e tem inicialmente dois focos: (1) determinar o começo ou a base do processo e (2) procurar por dados que levam a entender a causa raiz do problema (Krishnan e Prasath, 2013).

Werkema (2021a) ainda lista algumas ferramentas utilizadas nesta etapa, sendo a utilizada por este trabalho o mapeamento do fluxo de valor.

As perguntas que devem ser respondidas por esta etapa, segundo Rahman (2018) são:

- a) Qual dado está disponível?
- b) O dado é preciso?
- c) Como o dado deve ser tratado?
- d) Qual gráfico deve ser traçado?

### 2.3.3 Analisar (*Analyze*)

Nesta etapa são verificadas as causas dos principais defeitos (Breyfogle, 1999). Para tal, é relevante estar ciente que o conjunto de ações deve ser estruturado em um plano que atue na causa real, e não com foco no efeito, tornando a melhoria sustentável (Jirasukprasert *et al.*, 2014).

Werkema (2021a) complementa, dizendo que deverão ser determinadas as causas fundamentais do problema prioritário associado a cada uma das metas definidas na etapa anterior, listando as ferramentas desta etapa, sendo as utilizadas por este trabalho: Fluxograma, Mapa de Processo, Mapeamento do fluxo de valor, Análise do Tempo de Ciclo e Diagrama de Causa e Efeito.

Após realizado as análises desta etapa, deve-se verificar se há mudanças nas etapas anteriores e, caso não haja, prossegue-se para a etapa seguinte.

As perguntas que devem ser respondidas por esta etapa, segundo Rahman (2018) são:

- a) Qual a causa raiz do problema?
- b) As causas raízes foram verificadas?
- c) Onde deve-se direcionar os esforços?
- d) Quais dados foram descobertos?

### 2.3.4 Melhorar (*Improve*)

Nesta etapa são analisadas as formas para se eliminar as causas dos defeitos (Breyfogle, 1999).

A principal característica da etapa é a utilização de experimentos estatísticos com o objetivo de gerar aperfeiçoamentos e reduzir índices do problema (Jirasukprasert *et al.*, 2014).

Werkema (2021a) acrescenta, dizendo que inicialmente devem ser geradas ideias sobre soluções potenciais para a eliminação das causas fundamentais do problema prioritário detectadas na etapa Analyse. As ferramentas que serão utilizadas por este trabalho e que constam nesta etapa são: Diagrama de Causa e Efeito e mapeamento do fluxo de valor.

As perguntas que devem ser respondidas por esta etapa, segundo Rahman (2018) são:

- a) Tem-se as soluções efetivas?
- b) Como verificar se as soluções são efetivas?
- c) Foi reduzido a variação do processo?

### 2.3.5 Controlar (*Control*)

Nesta etapa é verificado se as melhorias implementadas estão sob controle de forma a se permanecer os benefícios alcançados (Breyfogle, 1999).

Segundo Werkema (2021a), consiste na avaliação do alcance da meta em larga escala, sendo as ferramentas principais o procedimento Operacional Padrão, *Poka-Yoke*, Relatório de Anomalias e OCAP.

As perguntas que devem ser respondidas por esta etapa, segundo Rahman (2018) são:

- a) Qual o plano de implementação?
- b) É possível manter o resultado obtido?

## 2.4 Lean Six Sigma

Foi desenvolvida originalmente pela Motorola, inicialmente chamada apenas de *Six Sigma*, visando a redução de variação nos resultados produtivos, incorporando posteriormente conceitos das técnicas japonesas de manufatura enxuta. Atualmente, engloba aspectos do *Lean* das empresas japonesas, e do *Six Sigma* clássico focado em dados (Rahman, 2018).

É o programa resultante da integração entre o *Six Sigma* e o *Lean Manufacturing*, por meio da incorporação dos pontos fortes de cada um deles, uma estratégia mais abrangente, poderosa e eficaz que cada uma das partes individualmente, e adequada para a solução de todos os tipos de problemas relacionados à melhoria de processos e produtos (Werkema, 2021a).

O sucesso da metodologia *Lean Six Sigma* com a resolução dos problemas, redução dos desperdícios, padronização e melhoria contínua é fundamentada em fatores críticos de sucesso tais como compromisso da liderança, gerenciamento de projetos, infraestrutura e cultura organizacional, conhecimento sobre o *Lean Six Sigma* e treinamento e educação e conexão do *lean six sigma* com a estratégia da organização (Bakar, 2015).

Complementarmente, Ribeiro e Abreu (2020) listam oito características que são chave para se conduzir as organizações rumo ao sucesso com o *Lean Six Sigma*: DMAIC, abordagem estatística, rápida conclusão do projeto, definição clara dos objetivos, foco nos clientes processos, melhoria dos lucros e liderança ativa.

O presente trabalho se baseia nas ferramentas utilizadas pelo *Lean Six Sigma*, conforme apresentada na seção 2.3 com as etapas do DMAIC. A escolha de se utilizar o programa teve como fator crucial a integração dos aspectos do *lean* e do *Six Sigma*,

conforme apontado pela FM2S (2022) e Werkema (2021a), possibilitando a utilização de uma gama maior de ferramentas para o trabalho.

## 2.5 Gestão de Projetos

748

Para Kerzner (2013), a abordagem de gerenciamento de projetos é caracterizada por métodos de reestruturação da administração e da adaptação de técnicas especiais de gestão, com o objetivo de obter melhor controle e utilização de recursos existentes.

O gerenciamento de projetos é o planejamento, a organização, a direção e o controle dos recursos da empresa para um objetivo de relativo curto prazo, que foi estabelecido para concluir metas e objetivos específicos. Ademais, o gerenciamento de projetos utiliza a abordagem sistêmica de gestão por meio da alocação de pessoal funcional (hierarquia vertical) para um projeto específico (hierarquia horizontal) (Kerzner, 2013, p. 3).

O gerenciamento de projetos envolve, de acordo com o PMI (2013), cinco grupos de processos, sendo eles:

- a) Iniciação do projeto;
- b) Planejamento do projeto;
- c) Execução do projeto;
- d) Monitoramento e controle do projeto;
- e) Encerramento do projeto.

O ciclo de vida do gerenciamento de projetos é estabelecido, tendo como critério, seu início e fim (Rabechini, Carvalho e Laurindo, 2002). Adicionalmente, para que se logre êxito, é necessário se cumpra os seguintes objetivos (Kerzner, 2013):

- a) Dentro do prazo;
- b) Dentro dos custos;
- c) Conforme o nível de tecnologia/desempenho desejado;
- d) Com utilização eficiente e eficaz dos recursos atribuídos;



e) Quando aceito pelo cliente.

O setor da empresa analisado pelo presente trabalho se enquadra na fase de planejamento e execução do projeto, uma vez que se trata de um laboratório de ensaios de validação de produto.

749

### 2.5.1 Gestão da qualidade de projetos

Segundo Costa e Pereira (2019), o gerenciamento da qualidade de projetos tem como objetivo desenvolver o melhor produto, respeitando as restrições encontradas, sendo sua política definida por processos, objetivos e responsabilidades.

O PMI (2013) considera três processos para a gestão da qualidade de projetos:

- a) Planejar o gerenciamento da qualidade;
- b) Realizar a garantia da qualidade;
- c) Realizar o controle da qualidade.

A gestão da qualidade em projetos é de grande importância para a melhoria contínua, colocando o ciclo PDCA como a base para a melhoria da qualidade, e implementando programas como o Seis Sigma e o Lean Seis Sigma, aprimora-se o gerenciamento e a qualidade do produto (Costa, 2019).

O laboratório de ensaios de validação realiza testes que garantem que o produto está de acordo com as especificações de normas exigidas por cada cliente.

### 2.5.2 Gerenciamento do cronograma em projetos

Segundo Carvalho (2015), o gerenciamento do tempo do projeto é composto por processos que permitem o cumprimento de prazos acordados dentro do planejado.

O PMI (2013) define sete grandes processos para realizar a gestão do cronograma em projetos, são eles:

- a) Planejar o gerenciamento do cronograma;
- b) Definir atividades;
- c) Sequenciar as atividades;

- d) Estimar os recursos das atividades;
- e) Estimar a duração das atividades;
- f) Desenvolver o cronograma;
- g) Controlar o cronograma.

Deve-se ressaltar que um dos fatores cruciais para o andamento do projeto e cumprimento dos prazos é o engajamento da equipe envolvida em todo o ciclo (Maximiano, 2014).

Para Maximiano (2014), tempo de ciclo é o tempo em que decorre o início e o fim de qualquer operação. Tempos de ciclo maiores significam esperas em outras fases de um mesmo processo, maior gasto e cliente final insatisfeito.

Assim, é necessário gerenciar o tempo do projeto para o cumprimento de prazos acordados pelos solicitantes dos testes da empresa. O que impacta diretamente na qualidade do serviço prestado pelo setor, influenciando na liberação dos lotes de produção do processo, que será objeto de análise do trabalho.

### 3 MÉTODO E PROCEDIMENTOS

Este capítulo tem como objetivo, caracterizar a pesquisa em todas as suas classificações possíveis, relatar os métodos utilizados para obtenção dos dados e descrever o objeto de estudo utilizado para aplicação do estudo, que foram utilizados para elaboração deste trabalho.

#### 3.1 Classificação da Pesquisa

As estratégias de pesquisa utilizadas no trabalho são pesquisa bibliográfica e o estudo de caso. Para Yin (2005, p. 32), o estudo de caso “é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto de vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos”.

A pesquisa bibliográfica será utilizada e sua principal vantagem, segundo Gil (2002), é o fato de permitir a cobertura mais ampla de uma gama de fenômenos do que pesquisado diretamente, também fazendo-se indispensável para um estudo histórico, levando ao conhecimento de fatos passados. No caso do trabalho, é apresentado a teoria sobre *lean manufacturing*, *six sigma* e gestão de projetos.

As análises a serem realizadas no Estudo de Caso serão realizadas a partir de observações e documentos da organização objeto de estudo. Para o desenvolvimento das referidas análises serão utilizadas as etapas propostas por Yin (2005), desde o planejamento da pesquisa e seleção do caso, desenvolvimento da teoria, seleção e análise de dados, e, desenvolvimento do relato com base nas teorias.

A pesquisa desenvolvida neste trabalho é de natureza aplicada, que de acordo com Silva e Menezes (2005), este tipo de pesquisa visa desenvolver conhecimentos que auxiliem na resolução de problemas específicos, uma vez que este trabalho tem por objetivo projetar e propor, um novo fluxo de dados em um determinado processo da empresa utilizada como objeto de estudo.

A pesquisa, sob o ponto de vista de seus objetivos, é uma pesquisa exploratória, que tem como finalidade desenvolver, esclarecer e modificar ideias e conceitos, tendo em vista formular hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores. Ela também se apresenta como uma pesquisa aplicada, que visa descrever as características de determinado fenômeno e estabelecer a relação entre variáveis, envolvendo o uso de técnicas padronizadas de coleta de dados (Gil, 2008).

Em relação a abordagem do problema, sua classificação se enquadra como uma pesquisa qualitativa, pois tem como objetivo interpretar o fenômeno observado, descrevendo as etapas do mesmo e compreendendo o fluxo do processo *in loco*.

O levantamento dos dados é realizado de modo indutivo, uma vez que a análise foi realizada em uma empresa, local em que ocorrem as transformações a serem examinadas, sendo esta a fonte para obtenção de todos os dados possíveis para desenvolvimento da pesquisa deste trabalho (Silva e Menezes, 2005).

O estudo será do tipo transversal que, segundo Hulley *et al.* (2013), é caracterizado por se ter todas as medições coletadas em apenas um determinado

momento no tempo. No caso do trabalho, ela se caracteriza por ser transversal pois o estudo analisa dados coletados num intervalo de tempo para determinar causas e efeitos, servindo como base para a proposta de melhoria apresentado ao final do trabalho.

O Quadro 3.1 apresenta uma síntese da classificação da pesquisa exposta anteriormente.

752

**Quadro 3.1** Quadro síntese da classificação da pesquisa.

Métodos Amplos	Indutivo
Estratégia da Pesquisa	Pesquisa Bibliográfica
	Estudo de Caso
Abordagem do Problema	Pesquisa Qualitativa
Tempo	Pesquisa Transversal
Natureza	Pesquisa Aplicada
Objetivos	Exploratória
	Descritiva

Fonte: Próprio autor (2023).

### 3.2 Método e Procedimentos

Para o desenvolvimento do estudo de caso, foi utilizado como roteiro as 5 etapas descritas por Yin (2005), desde o planejamento da pesquisa e seleção de caso, desenvolvimento da teoria, seleção e análise de dados.

Etapa 1 - se encontra desenvolvida no Capítulo 2, sendo ela uma fundamentação teórica por meio de uma pesquisa bibliográfica para as aplicações utilizadas no decorrer do trabalho.

Etapa 2 - define-se o projeto a ser estudado. O processo escolhido foi o de agendamento de ensaios realizados em laboratório de testes para liberação de lotes da produção, a qual será apresentada no Capítulo 4.

Etapa 3 - para a coleta de dados, detalhada no Capítulo 4, faz-se o uso de uma pesquisa sistemática, pois é necessário o acompanhamento *in loco* o processo estudado em funcionamento, juntamente com uma observação direta não participante,

pois o processo é avaliado sem a interferência do pesquisador, o qual corrobora com Silva e Menezes (2005).

Assim, partiu-se então da observação atual do processo de agendamento de ensaios como objeto de estudo. Após este levantamento, visa-se apontar as etapas que destoam dos demais, além de constatar ações repetidas em diferentes etapas, o que ocasiona um tempo maior de ciclo.

De posse de tais informações, será acompanhado a realização de um ciclo completo de agendamento, com o intuito de averiguar quais etapas eram de fato essenciais e quais causavam o atraso no processo e eram desnecessárias.

Etapa 4 - todas as informações coletadas até então foram utilizadas para a elaboração de um mapeamento de estado atual, servindo como base para a análise do caso, apresentada com maiores detalhes no Capítulo 4.

Etapa 5 - por fim, na última etapa definida por Yin (2005), como elaboração de relatórios, será elaborado uma proposta de estado futuro para o problema levantado dentro do setor laboratorial da empresa utilizada como objeto de estudo. A proposta que visa eliminar os desperdícios levantados para melhorar a eficiência e eficácia do processo de agendamento de ensaios, será abordada no Capítulo 5.

Para delimitação do presente trabalho, foi limitado o tipo de ensaio realizado pela empresa para que fosse utilizado como exemplo para trabalhos futuros, abrangendo os demais testes.

Para a coleta de dados do trabalho, foram utilizados como materiais de base. (a) O documento de requisição de ensaios laboratoriais da empresa objeto de estudo, auxiliando na criação do mapeamento do fluxo de valor; e (b) a planilha do Microsoft Excel® contendo as informações dos ensaios realizados.

Conforme parecer apresentado no Anexo I, o trabalho foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Instituto Federal de São Paulo (IFSP), com o CAAE número 65276522.0.0000.5473.

Para manter o sigilo da empresa, chamaremos ela pelo nome “Empresa A”, e a amostra envolvida no processo avaliado será chamada de “Produto A”.

### 3.3 Objeto de Estudo

A empresa A é uma multinacional com sede no Brasil, sendo que sua principal atividade é o de fornecer autopeças, terminais e conectores, para o setor automotivo.

O laboratório de ensaios oferece serviços de medição para os mais diversos tipos de grandeza, desenvolvimento de programas de testes especializados e elaboração de dispositivos de testes, objetivando uma robusta coleta de dados à área de engenharia assim como testes investigativos para análise de causas para solução de problemas. Nele, são realizados ensaios mecânicos, elétricos e ambientais.

É imprescindível que o cronograma estabelecido por Engenheiros de Projeto da empresa seja cumprido dentro do prazo. O laboratório de ensaios se encontra ao final do ciclo do projeto do produto, validando o produto para que seja liberado para a produção ao cliente. Para que tal exigência seja atendida, o agendamento de ensaios laboratoriais deve ser claro e o mais objetivo possível, para que não ocorram atrasos nas entregas de resultados e relatórios emitidos pelo laboratório. Um processo de agendamento, bem definido e executado, cumprindo com os requisitos exigidos na realização de testes, evidenciam a qualidade dos processos e produtos da empresa, se tornando referência no mercado. Entretanto, quando há gargalos e ruídos que geram atrasos e entregas não conformes, a reputação da empresa com seus clientes é comprometida.

## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

Este capítulo tem por objetivo apresentar o setor na qual foi aplicado o estudo, bem como, a descrição do problema que ocorre dentro dele, e a proposta de melhoria elaborada com o intuito de solucionar os problemas descritos, atendendo os objetivos apresentados no capítulo introdutório deste trabalho.

A construção deste capítulo seguirá as 5 etapas propostas por Yin (2005) para a elaboração de Estudos de Caso, sendo que a primeira das etapas fora apresentada

no Capítulo 2, que é a Fundamentação Teórica. Portanto, este capítulo partir-se-á da segunda etapa, caracterizada pela definição do projeto a ser estudado.

#### 4.1 Descrição do Processo Analisado

755

Conforme apresentado, a Empresa A é uma multinacional com sede em Schaffhausen, Suíça (escritório principal) e Berwyn, Pennsylvania, United States (escritório executivo), de referência no mercado de autopeças para o setor automotivo, sendo seu principal produto conectores e terminais. Além de atender clientes do setor automotivo, a filial brasileira conta com soluções para a linha branca e energia (cunhas para transmissão de energia em cabos alta tensão). No Brasil, mantém-se um setor de engenharia de desenvolvimento para novos produtos e suporte à produção. Para se manter competitiva no mercado, a empresa tem trabalhado constantemente em automatizar seus processos, sejam eles industriais ou administrativos, mantendo a qualidade que a faz ser líder no mercado.

A busca pela qualidade assegurada, inovação e competitividade vem se tornando cada vez mais necessários no mercado automotivo. Com clientes e normas cada vez mais exigentes, a experimentação de testes torna-se um requisito indispensável na qualidade do desenvolvimento de novos produtos e melhoria contínua. Para isso, o sucesso na medição do desempenho de um produto sob teste é um componente chave para atender a demanda por maior segurança, confiabilidade e durabilidade.

A certificação de um produto constitui-se em um importante diferencial de mercado para o distribuidor, seja ele fabricante ou importador, que quer agregar a garantia da qualidade ao seu produto e aos seus processos de fabricação.

O laboratório de ensaios de validação, objeto de estudo do trabalho, faz parte da engenharia de desenvolvimento e tem como objetivo, garantir e controlar a qualidade do produto na fase de monitoramento do projeto, fase esta definida pelo PMI (2013) no Capítulo 2. Além disso, assiste a produção com ensaios de inspeção de *layout* por amostragem em lotes, e ainda realiza a liberação de lotes de alguns produtos fabricados, como é o caso do Produto A.

A principal atribuição do laboratório de ensaios da Empresa A, é a de realizar testes de validação para novos produtos desenvolvidos pelos engenheiros de produto, compostos por ensaios mecânicos, elétricos, climáticos e químicos.

Os ensaios mecânicos, climáticos e químicos contemplam, por exemplo, ensaios para verificação da construção e robustez da peça. Compõe este grupo, (a) os ensaios de resistência mecânica (tração e compressão) e; (b) ensaios pelos quais, dependendo da classificação, composição e aplicação da peça, partes ou todo o conjunto são submetidos a quedas; (c) simulações de chuva ou; (d) queda de líquidos químicos sobre o componente e; (e) ensaios de pré-condicionado à umidade, em que o equipamento fica dentro de uma câmara de umidade durante um determinado número de dias para verificar se após este tratamento ocorrem alterações que levem a riscos de segurança. O maior destaque é do teste de vibração (realizado por máquina de vibração, podendo ser realizado com temperatura ambiente ou não, dependendo da especificação do cliente final), que simula as condições de operação em campo do componente. Os registros gerados devem relatar as condições da peça após à realização de algum procedimento de ensaio. Por exemplo, relatar as condições de uma parte aplicada do componente após um ensaio de queda, em que a parte do componente é submetida à uma queda livre de uma determinada altura, ou verificar se uma peça teve sua propriedade alterada após o envelhecimento ou ataque de produtos químicos.

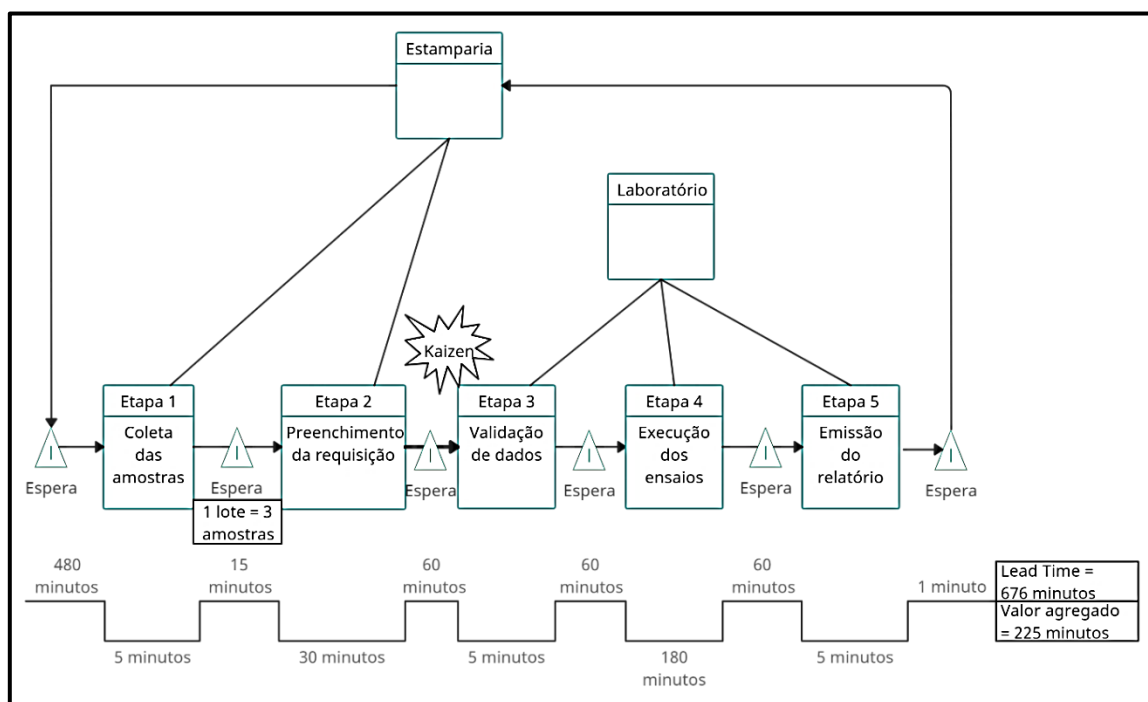
Os ensaios elétricos, assim como os ensaios mecânicos, visam a verificação da construção e robustez da peça, levando em consideração suas propriedades elétricas, como por exemplo, o isolamento elétrico. Abrangem este conjunto, (a) ensaios de medições de queda de tensão (para determinação da resistência de contato entre componentes); (b) ensaios de medição de correntes de fuga (correntes que não são projetadas em seu funcionamento normal, mas que podem ocorrer, e de acordo com a sua intensidade levar a algum risco de segurança); (c) rigidez dielétrica (altas tensões são aplicadas a peça para verificar se há rompimento de isolamento dielétrica).

A Figura 4.1 ilustra o mapa de processo no qual o sistema de agendamento de testes de produção para o Produto A está inserido. Assim, apresenta uma visão macro



do sistema e evidencia quais processos agregam e quais não agregam valor ao sistema, conforme definido na seção 2.1.2. O tempo de *lead time* foi calculado com base nos documentos eletrônicos do laboratório, a partir de um *Kaizen* realizado para o processo analisado, sendo este focado na etapa de execução de ensaios.

**Figura 4.1** Mapa de fluxo de valor do sistema de agendamento de ensaios de produção para o Produto A.



Fonte: Próprio autor (2023).

Antes do início da primeira etapa, é necessário que seja realizado o processo de banho químico no produto A que, logo em seguida, é colocado em fornos industriais para tratamento térmico que, conforme a Figura 4.1, tem como duração de 8 horas. Cada uma das 5 etapas contém tarefas específicas, as quais são:

Etapa 1: O colaborador da estamparia responsável pelo banho químico do Produto A realiza a coleta de 3 amostras, assim que se encerra o tratamento térmico em forno industrial. Uma das amostras é coletada do cesto superior, outra do cesto do meio e outra do cesto inferior, sendo identificadas na peça com a letra “S” para a cesta superior, “M” para a cesta do meio e por fim, “I” para o cesto inferior.

Etapa 2: Após a separação e identificação das amostras, o colaborador da estamparia preenche uma requisição manualmente em um papel A4, o qual deve conter:

- a) Data de criação da requisição;
- b) Primeiro e último nome do solicitante;
- c) Telefone;
- d) E-mail;
- e) Departamento responsável;
- f) Cliente/Fornecedor;
- g) Código do produto;
- h) Nome do produto;
- i) Revisão do desenho do produto;
- j) Lote (para testes de produção);
- k) Motivo do teste;
- l) Teste solicitado;
- m) Especificação/Norma aplicável; e,
- n) Histórico/Motivo do teste.

Preenchida a requisição, o colaborador deve entregá-la ao supervisor do laboratório de ensaios, juntamente com as amostras recolhidas para o teste.

Etapa 3: O supervisor do laboratório em posse da requisição e das amostras para ensaio, realizada uma validação dos dados entregues, analisando se há dados conflitantes entre amostra e requisição, ou ausência de alguma informação necessária para a realização do ensaio requisitado. Caso encontre algum erro, ele solicita por e-mail o envio dos dados ou de novas amostras, como pode ser visto no mapa de processo da Figura 4.5. Uma vez validado, entrega a requisição e as amostras do ensaio para o colaborador especializado em testes de produção, sendo realizada uma nova verificação de dados e amostras.

Etapa 4: O colaborador do laboratório em posse das amostras, realiza o preparo delas para a execução no equipamento de ensaios de tração, sendo necessário o corte em ambos os lados de 1 cm para que seja possível o encaixe do paquímetro

utilizado para medir o valor de *springback* da amostra. Cabe ressaltar, que o *springback* é definido pela recuperação da deformação elástica do material após o descarregamento da força. Complementarmente, o critério de aceitação para tal teste varia de acordo com cada variação do Produto A, podendo variar entre 0.020 polegadas e 0.050 polegadas. Após o preparo, executa-se os testes que, para o Produto A, são testes mecânicos de tração, *springback* e, por fim, condutividade do material. O tempo de 180 minutos para esta etapa, inclui o preparo das amostras pelo executor do teste do laboratório, montagem do *setup* na máquina de tração e aferição dos valores encontrados.

A Figura 4.2 apresenta o equipamento utilizado para a realização do teste, com o Produto A sendo tracionado pela garra superior fixa e pela inferior que se movimenta, realizando a tração. A Figura 4.3 mostra a realização da aferição do valor de *springback* com a utilização de um paquímetro após o ensaio de tração. E, a Figura 4.4 apresenta o equipamento utilizado para a aferição da condutividade do material, que é realizado encostando-se a ponta de prova na amostra em teste, sendo o valor apresentado no visor do condutímetro.

**Figura 4.2** Equipamento de tração de ensaios mecânicos da Empresa A.



Fonte: Próprio autor (2023).

**Figura 4.3** Aferição de valor de *springback* da amostra do Produto A.



Fonte: Próprio autor (2023).

**Figura 4.4** Equipamento para aferição da condutividade do Produto A.



Fonte: Próprio autor (2023).

Etapa 5: Após a finalização dos testes na Etapa 4, é gerado um relatório pelo colaborador, contendo os resultados e a forma de execução do teste, além dos dados sobre a amostra contidas na requisição. O Laboratório segue normas para realização

dos ensaios solicitados, portanto, a forma de execução é padronizada. O relatório emitido é enviado para o solicitante via e-mail. Caso haja reprova, o teste é solicitado novamente após um novo tratamento químico realizado pela estamperia no Produto A, entretanto se aprovado, o lote é liberado para envio ao cliente.

#### 4.2 Seleção e Análise dos Dados

Para facilitar a visualização do escopo do processo, como foi definido na seção 2.2.3, desenvolveu-se um SIPOC para o processo de agendamento de ensaios, o qual é representado pelo Quadro 4.1.

Quadro 4.1 SIPOC do sistema de agendamento de ensaios.

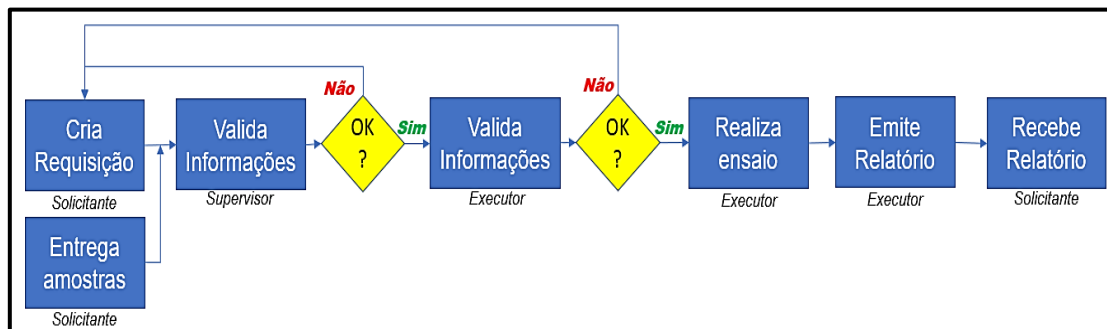
Suppliers	Inputs	Process	Outputs		Customers
Solicitantes	Amostras para ensaio	Separo e envio de amostras	Amostras selecionadas e identificadas		Executor
	Dados do ensaio	Preenchimento do sistema com dados para o ensaio	Requisição preenchida		Supervisor
Supervisor	Requisição preenchida	Valida informações	Requisição revisada		Executor
Executor	Requisição revisada	Valida informações	Requisição revisada		Executor
	Amostras selecionadas e identificadas	Executa teste de tração	Resultado do teste	Relatório	Solicitante
		Executa teste de <i>springback</i>	Resultado do teste	Relatório	
Executa teste de condutividade		Resultado do teste	Relatório		

Fonte: Próprio autor (2023).

Ao analisar o Quadro 4.1, nota-se que há tarefas duplicadas, ou seja, a mesma tarefa é realizada novamente por pessoas diferentes. Conforme apontado por Ohno (1997) na seção 2.1, tal repetição na execução da mesma tarefa é caracterizada como processamento desnecessário, considerada como um dos 7 desperdícios apresentado pelo autor. Realizado o SIPOC, parte-se para a elaboração do mapa de processo, para que se entenda de forma visual as atividades listadas pelo SIPOC.

A Figura 4.5 apresenta o mapa de processo do sistema de agendamento, o qual, segundo Werkema (2021b) na seção 2.1.1, é utilizado para descrever as principais tarefas e ou atividades dentro de um processo. Nota-se que, não há uma ordem padronizada para a criação da requisição e entrega de amostras, sendo que há casos em que são entregues as amostras e posteriormente a requisição, e outros casos que são o oposto. Segundo o PMI (2013), na seção 2.5.2, um dos grandes processos para a gestão do cronograma de projetos é a da sequenciar as atividades, logo, evidencia-se a necessidade de se definir uma seqüência considerando a prioridade de cada atividade.

**Figura 4.5** Mapa de processo do sistema de agendamento de ensaios.



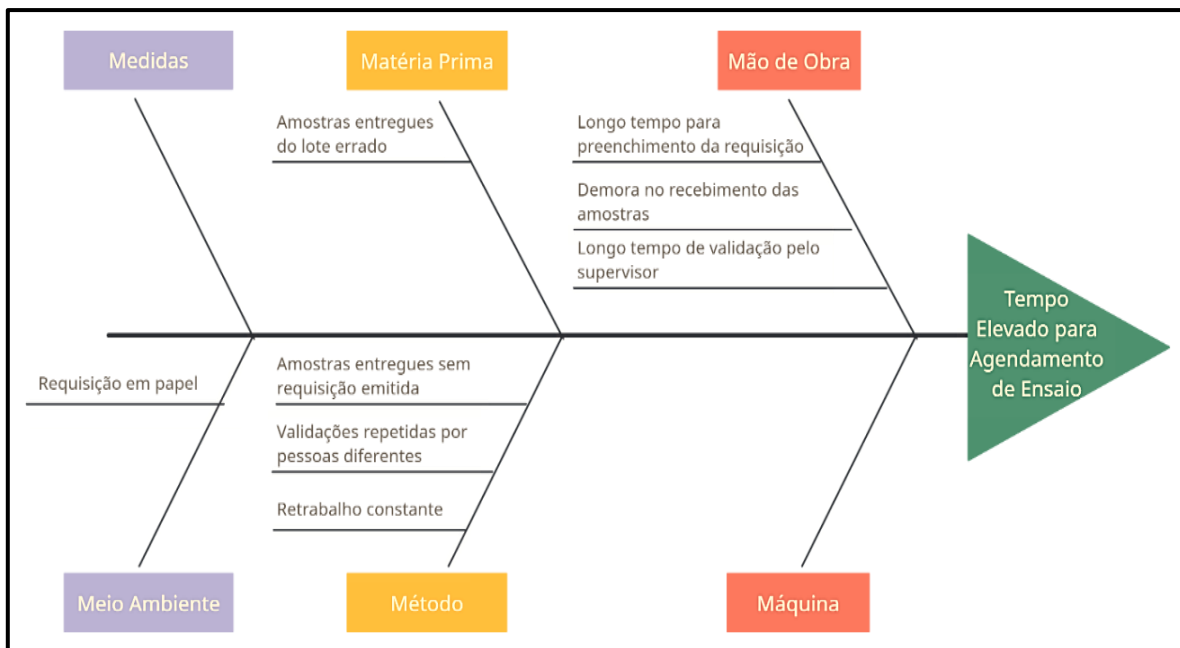
Fonte: Próprio autor (2023).

Na Figura 4.1 apresentada na seção 4.1 com suas etapas anteriormente detalhadas, é evidenciado que o tempo de execução do teste tem o maior tempo de ciclo. Entretanto, um *Kaizen* foi realizado por diversos setores da empresa, em paralelo a este trabalho, mitigando o problema, uma vez que o tempo para a execução do teste era de 360 minutos. Destarte, o trabalho focou os esforços para o segundo maior processo em tempo de ciclo, sendo esta a etapa de preenchimento de requisição.

Tendo o processo mapeado e estabelecido o fluxo de valor, é possível identificar os detratores do processo, uma vez que o diagrama de Ishikawa nos auxilia a agrupar e visualizar as causas que estão na origem do problema, conforme Corrêa (2019) no Capítulo 2, pode-se observar na Figura 4.6 que os principais detratores se concentram

no método e na mão de obra do processo, causadores do tempo elevado para o agendamento de testes no setor estudado.

**Figura 4.6** Diagrama de Ishikawa do processo analisado.



Fonte: Próprio autor (2023).

Ao analisar as tarefas do método e mão de obra (Figura 4.6), evidencia-se o desperdício de tempo com retrabalho e processamento desnecessário, corroborando com Ohno (1997) no Capítulo 2.

O problema das amostras de lotes entregues, que divergem das informadas pela requisição, ocorreu apenas uma vez durante a coleta dos dados e, portanto, foi tratado como uma anormalidade de baixo impacto pelo trabalho.

E ainda, foi analisado que o impacto ambiental gerado pela geração de resíduos sólidos provenientes do descarte das requisições impressas era considerável, uma vez que após a digitalização do documento o impresso se tornava obsoleto.

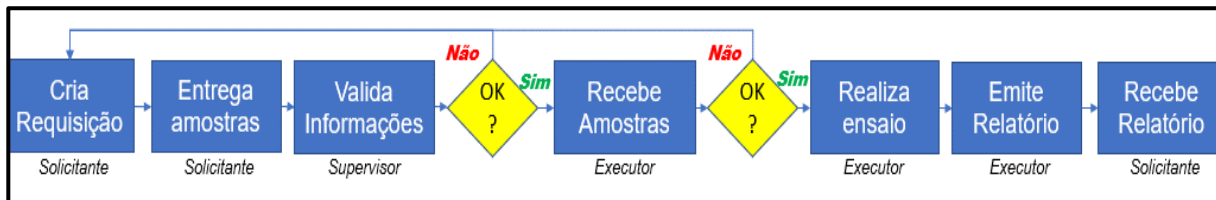
Os processos de medida e máquina, não apresentaram problemas em sua execução que impacte diretamente no tempo elevado para o agendamento do ensaio.

### 4.3 Apresentação das Propostas de Melhoria

Uma vez que se tem os estudos realizados *in loco* e as ferramentas utilizadas para visualização dos problemas, torna-se possível a sugestão de melhorias para o sistema analisado.

Para a padronização do fluxo de agendamento e eliminação dos processos duplicados, propõe-se o seguinte mapa de fluxo, representado pela Figura 4.7, no qual é definido que a requisição deve ser gerada e só após entregue as amostras. Ressalta-se que, devido ao fluxo de trabalho definido pela Empresa A, toda requisição de teste deve passar pelo supervisor do laboratório, para que seja realizado o controle de entrada de ensaios solicitados. Tal atividade pode ser tratada como uma proposta de melhoria futura.

Figura 4.7 Proposta de novo mapa de processo para o sistema de agendamento.



Fonte: Próprio autor (2023).

Dado as ferramentas expostas na seção 4.2 e considerando o processo de automatização de processos que a empresa está realizando, o trabalho apresenta uma proposta de sistema informatizado, no qual será possível o preenchimento e envio do mesmo para o laboratório de ensaios, reduzindo assim, o tempo que se tinha para a emissão de uma nova requisição, colaborando também para a redução de resíduos, no caso o papel, no meio ambiente.

A Figura 4.8 apresenta a tela que será vista e preenchida pelo colaborador da estamparia para a emissão de uma requisição de testes. Ela contempla os dados necessários para que seja realizado o teste e para a emissão do relatório com os resultados. Os dados que estavam presentes na requisição na folha física, ficam armazenados em um sistema de banco de dados. Ao selecionar o colaborador, o



sistema carrega os dados do banco de dados (BDD) sobre o telefone, e-mail e departamento do solicitante, da mesma forma que uma vez selecionado o código do produto, as informações sobre o cliente e/ou fornecedor são carregados. O operador consegue adicionar mais de um teste se aplicável, clicando no botão ao lado da barra de seleção de testes, sendo elas listadas abaixo conforme forem incluídas. Para enviar a requisição, o solicitante pressiona o botão “Enviar”, caso queira apagar os dados, o botão “Apagar” é pressionado. O ícone de Instituto Federal foi incluído de forma a preservar a Empresa A, representando o local do logo da mesma na tela proposta.

765

**Figura 4.8** Proposta de sistema para emissão de requisição (tela criar requisição).

The screenshot shows a web form titled 'Requisição de Ensaio Produto A' under the 'Nova Requisição' tab. The form includes the following fields and elements:

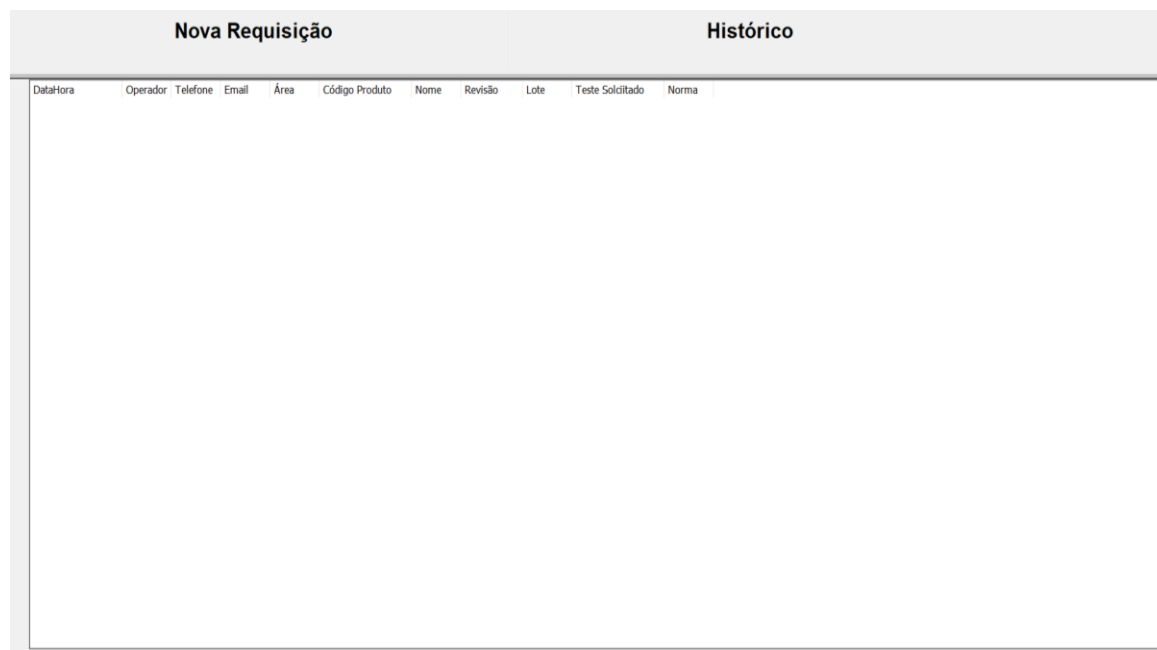
- Operator:** A dropdown menu.
- Código de Produto:** A dropdown menu.
- Nome do Produto:** A text input field.
- Revisão:** A text input field.
- Lote:** A text input field.
- Teste:** A dropdown menu with an 'Incluir' button next to it.
- A large empty text area below the 'Teste' dropdown.
- At the bottom, there are two buttons: a green 'Enviar' button and a red 'Apagar' button.
- In the top right corner, there is a logo for 'INSTITUTO FEDERAL São Paulo - Câmpus Bragança Paulista'.

Fonte: Próprio autor (2023).

A Figura 4.9 apresenta a tela de “Histórico”, o qual apresenta os dados das requisições enviadas para a realização de testes para o laboratório, sendo armazenados no BDD da intranet da Empresa A. Uma potencial melhoria para o sistema é a inclusão de relatórios de testes das solicitações recebidas anteriormente pelo laboratório, sendo o mesmo anexado em uma coluna “Relatório”.

O menu superior, presente na Figura 4.8 e na Figura 4.9, permite o colaborador navegar entre as telas de emissão de requisição e visualização do histórico de requisições enviadas.

**Figura 4.9** Proposta de sistema para missão de requisição (tela histórico).



766

Fonte: Próprio autor (2023).

Para a implementação do sistema proposto, é possível utilizar-se do terminal de autoatendimento presente no setor do almoxarifado, apresentado na Figura 4.10. Sendo que o mesmo, é utilizado para a requisição de insumos e materiais.

**Figura 4.10** Terminal de autoatendimento do setor de almoxarifado.



Fonte: Próprio autor (2023).

A partir da análise da Figura 4.10, evidencia-se que é necessário um investimento em um novo terminal de autoatendimento de uso exclusivo para o setor de estampa. E, após a sua implementação, é demandada a realização de um treinamento básico sobre o método de preenchimento da requisição digital.

Destarte, o sistema proposto traz uma série de benefícios para a empresa, dentre os quais cita-se:

- a) redução da geração de resíduos de papel;
- b) redução do tempo de agendamento realizado pelo solicitante;
- c) automatização do processo;
- d) geração de um sistema dedicado ao agendamento de testes de produção;
- e) possibilita ao gestor, uma visão da quantidade de ensaios solicitados/executados;
- f) tomada de decisões baseadas em indicadores gerados pelo processo.

## 5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O problema de pesquisa traz a seguinte questão: “Como reduzir o tempo total do sistema de agendamento de testes internos de um laboratório de uma empresa de autopeças”. A partir do mapeamento do processo, evidenciou-se seus gargalos, seguida de uma proposta ao problema identificado. Sendo a solução, um sistema automatizado para emissão de relatórios, o qual reduz o tempo demandado pelo operador ao preencher o documento de forma manual e em papel.

E assim, conclui-se que a pergunta que origina o problema de pesquisa, foi respondida, comprovando que é possível reduzir o tempo total do sistema de agendamento ao aplicar os conceitos do *Lean* e *Six Sigma* para otimização do processo estudado. Conseqüentemente, é cumprido o objetivo geral de coletar as informações a respeito do sistema de agendamento de testes internos, realizados pelo laboratório de ensaios da empresa. Melhoria que gera a redução do tempo total gasto no processo com a implementação do método DMAIC do Seis Sigma.

Encontrou-se na literatura, em sua maioria livros e artigos que abordavam a teoria de cada conceito, inclusive com aplicações semelhantes as que foram utilizadas para elaboração da pesquisa e caracterização da mesma; Realizou-se o mapeamento do processo do sistema de agendamento da empresa, juntamente com o mapeamento do fluxo do valor, possibilitando assim, a análise do processo; Os dados foram analisados, a partir do mapeamento realizado, com a utilização do mapa de fluxo de valor e do SIPOC do sistema de agendamento; Todo o processo de coleta de dados e análise do mesmo, foi baseado no método DMAIC, que culminou na elaboração de um sistema de agendamento automatizado para a emissão de requisições de ensaios; Propôs-se a aquisição de um terminal de autoatendimento para implementação do sistema automatizado proposto.

É importante relatar que nenhum processo é imune a erros, logo estes podem ser otimizados e melhorados. O trabalho desenvolvido, se pauta em conceitos referentes ao *Lean Six Sigma* para a realização da melhoria do processo em estudo.

Durante o levantamento de referências observou-se a escassez de artigos e trabalhos relacionados à laboratórios de ensaios de validação no Brasil. Destarte, o presente trabalho buscou conceituar as características e funções desempenhadas pelo laboratório de validação, a fim de colaborar com trabalhos futuros sobre a área.

No desenvolvimento do trabalho, as fases do método DMAIC foram integradas as etapas do Estudo de Caso. Destarte, utilizou-se das 5 etapas definidas por Yin (2005) com as ferramentas do DMAIC. No que se refere a mudança da requisição física utilizando o papel para o meio digital, estima-se que o tempo de trabalho que agrega valor ao produto, irá aumentar com base no pressuposto de que os operadores não desperdiçam tempo com preenchimento em papel físico ao utilizar um sistema automatizado e prático, sendo necessário um monitoramento para tal. Assim, com a eliminação do desperdício de tempo com preenchimento manual em papel, será possível aumentar a eficiência e a eficácia do sistema de agendamento.

Destarte, aumentar-se-á a eficiência e a eficácia do processo produtivo da empresa objeto de estudo. E ainda, por meio da eliminação dos desperdícios de tempo têm-se como consequência a diminuição dos custos.

Ainda, apesar de não ter sido objeto de análise do trabalho, foi analisado o aspecto ambiental, representada pela requisição impressa e seu impacto ambiental, caracterizada pela geração de resíduos sólidos no meio ambiente. Com a implementação do sistema informatizado, é esperado uma redução significativa no consumo de folhas de papel pelo setor de estamperia e laboratório.

Por fim, a aplicação dos conceitos do *Lean Six Sigma* por meio do roteiro DMAIC, proporcionou uma melhoria, não apenas no setor responsável pela execução dos ensaios, mas principalmente, na área da estamperia, o que possibilitará a implementação futura do método. Destarte, o trabalho se torna referência para uma ampliação do estudo em outras áreas produtivas da Empresa A, que também utilizem dos serviços de testes de produção junto ao laboratório de validação.

No desenvolvimento do trabalho identificou-se limitações na pesquisa, dentre as quais pode-se citar:

- a) Não foi objetivo deste trabalho propor melhorias nos processos produtivos realizados pelo setor de estamperia. Devido a restrições e sigilos empresariais, a pesquisa encontrou dificuldades em coletar dados referentes ao setor de estamperia, por isso se baseou em arquivos do laboratório que continham dados sobre o tempo de preparo das amostras para a realização do teste no Produto A;
- b) Devido ao tempo despendido para a realização da pesquisa, verificou-se que não seria possível uma análise que abrangesse todos os testes executados pelo laboratório físico, os quais contemplam ensaios para clientes internos e externos. Mediante a isso, a pesquisa norteou-se em focar em testes de produção com um produto específico, e ainda, realizando o estudo dos seus desperdícios de tempo;
- c) Não foi possível a implementação *in loco* do sistema proposta, pois seria necessário um investimento em um novo terminal de autoatendimento na área da estamperia;
- d) A Empresa A realizou um *Kaizen* no processo de execução de teste e, por este motivo, não foi foco do trabalho;

e) Por fim, não foi objetivo do trabalho um estudo para readequação do *layout* do setor de estamperia para que não se afete a linha produtiva, uma vez que o trabalho tratou da redução do tempo de agendamento de ensaios.

A partir do desenvolvimento do trabalho e das limitações apresentadas, se estabelece as seguintes propostas de trabalhos futuros:

- a) Elaborar um estudo de *layout* para a área de estamperia, com a implementação de um novo terminal de autoatendimento com o sistema proposto, o qual incluía a análise do impacto de sua implantação;
- b) Realizar um mapeamento dos testes de validação, tanto para clientes internos como para clientes externos, que objetive expandir o estudo do trabalho, englobando todo tipo de teste executado pelo laboratório de ensaios;
- c) Propor um estudo para a eliminação do deslocamento do operador na entrega do Produto A ao laboratório, uma vez que o trabalho eliminou o processo manual da requisição física. Cabe observar, que, o deslocamento ainda se faz necessário para que sejam realizados os ensaios.

## REFERÊNCIAS

ISO - *International Organization for Standardization*. **ABNT NBR ISO 9000**: sistemas de gestão da qualidade – fundamentos e vocabulário. 3. ed. brasileira em Língua Portuguesa. Rio de Janeiro: ABNT, 2015. 59p.

AMORIM, M. J.; XAVIER, T. P. Mapeamento de processo e pensamento enxuto: um estudo bibliométrico. *Brazilian Journal of Production Engineering*. v. 6, n. 9, p.47-65, 2021.

ANDERSEN, B. *Business process improvement toolbox*. Milwaukee: ASQ, 1999.

ANTONY, J. *Some pros and cons of six sigma: an academic perspective*. *The TQM Magazine*, v.16, n.4, p.303-306, 2004.

BACK, N.; LEAL, L. C. M. Uma metodologia de planejamento de teste de produtos industriais. *Produção*, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, p. 61-69, 1991.

BAKAR, F. A. *Critical success factors of Lean Six Sigma deployment: a current review. International Journal of Lean Six Sigma*, v. 6, n. 4, p. 339-348, 2015.

BREYFOGLE, F. W. *Implementing Six Sigma, smarter solutions: using statistical methods*, New York: Wiley, 1999.

CARVALHO, F. C. A. **Gestão de projetos**. São Paulo: Pearson, 2015.

CORRÊA, F. R. **Gestão da qualidade**. Rio de Janeiro: Fundação Cecierj, 2019.

CHEUNG, Y.; BAL, J. *Process analysis techniques and tools for business improvements. Business Process Management Journal*, v. 4, n. 4, p. 274-290, 1998.

COSTA, A. B.; PEREIRA, F. S. **Fundamentos de gestão de projetos: da teoria à prática – como gerenciar projetos de sucesso**. Curitiba: InterSaberes, 2019.

FM2S. **Apostila Certificação Lean Seis Sigma Yellow Belt**. Campinas: FM2S Educação e Consultoria, 2022.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HULLEY, S. B.; CUMMINGS, S. R.; BROWNER, W. S.; GRADY, D. G.; NEWMAN, T. B. **Designing clinical research**. 4. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2013.

IWAYAMA, H. **Basic Concept of Just-in-time System**. Curitiba: IBQP-PR, 1997.

JIRASUKPRASERT, P.; GARZA-REYES, J. A.; KUMAR, V.; LIM, M. K. *A Six Sigma and DMAIC application for the reduction of defects in a rubber gloves manufacturing process. International Journal of Lean Six Sigma*, v. 5, p. 2-21, 2014.

JURAN, J. M. **Juran on Leadership for Quality: an executive handbook**. Nova Iorque: The Free Press, 1989.

KRISHNAN, B. R.; PRASATH, K. A. *Six Sigma concept and DMAIC implementation. International Journal of Business, Management & Research (IJBMR)*, v. 3, n. 2, p. 111-114, 2013.

KERZNER, H. **Gerenciamento de projetos: uma abordagem sistêmica para planejamento, programação e controle**. 11. ed. São Paulo: Blücher, 2013.

KUAN, C. C. C. *Research on product reliability improvement by using DMAIC process*, **Asian Journal on Quality**, v. 13, p. 67-76, 2012.

MANN, D. **Liderança Lean**: ferramentas de gestão para sustentar a cultura *lean*. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Hemus, 2010.

MARQUES, P. A.; REQUEIJO, J. G. **SIPOC: A Six Sigma tool helping on ISO 9000 quality management systems**. In: XIII Congreso de Ingeniería de Organización, Barcelona-Terrassa, Espanha, 2009. p. 2033. **Anais... Asociación para el Desarrollo de la Ingeniería de Organización (ADINGOR)**, 02 a 04 set. 2009.

MAXIMIANO, A. C. A. **Administração de projetos**: como transformar ideias em resultados. 5. ed. São Paulo: Atlas, p. 396, 2014

MORGAN, J. M.; LIKER, J. K. **Projetando o futuro**: como a Ford, a Toyota e outras organizações de classe mundial usam o desenvolvimento *lean* de produtos para promover a inovação e transformar seus negócios. Porto Alegre: Bookman, 2020.

MOTWANI, J.; KUMAR, A.J. *A business process change framework for examining the implementation of six sigma: a case study of Dow Chemicals*. **The TQM Magazine**, v.16, n.4, p.273-283, 2004.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção**: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PEPPER, M. P. J.; SPEDDING, T. A. *The evolution of Lean Six Sigma*. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 27, n. 2, p. 138-155, 2010.

PMI – *Project Management Institute*. **Guia PMBOK®**: um guia do conhecimento de projetos. 5. ed. Newton Square: PMI, 2013. 589p.

RABECHINI Jr, R.; CARVALHO, M. M; LAURINDO, F. J. B. Fatores críticos para a implementação de gerenciamento por projetos: o caso de estudo de uma organização de pesquisa. **Produção**, v. 12, n. 2, p. 28-41, 2002.

RAHMAN, A.; SHAJU; S. U. C.; SARKAR, S. K.; HASHEM, M. Z.; HASAN, S. M. K.; ISLAM, U. *Application of six sigma using define measure analyze improve control (DMAIC) methodology in garment sector*. **Independent Journal of Management & Production**, v. 9, n. 3, p. 810-826, 2018.

RASMUSSEN, David. **SIPOC picture book: a visual guide to SIPOC/DMAIC relationship**. Wisconsin: Oriel Incorporated, 2006.

RECHULSKI, D. K. Programas de qualidade seis sigma: características distintivas do modelo DMAIC e DFSS. **Produção em Iniciação Científica da Escola Politécnica da USP, PIC-EPUSP**, São Paulo, n. 2, p. 1219-1237, 2004.



RIBEIRO, R. E. M.; ABREU, C. R. S. **Inovação em Sistemas de Produção na era da indústria 4.0**. Teresina - PI: Editora KDP, 2020.

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

ROTONDARO, R. G. **Seis Sigma**: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços. São Paulo: Atlas, 2012.

SANTOS, A. B.; MARTINS, M. F. Modelo de referência para estruturar o Seis Sigma nas organizações. **Gestão e Produção**, v. 15, n. 1, p. 43-56, jan./abr. 2008.

SNEE, R. D. *Impact of six sigma on quality engineering*. **Quality Engineering**, v.12, n.3, p. 4-9, 2000.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4. ed. Florianópolis: UFSC, 2005.

TSENG, M. M.; QINHAI, M.; SU, C. J. *Mapping Customers' Service Experience for Operations Improvement*. **Business Process Management Journal**, v. 5, n. 1, p.50-64, 1999.

WERKEMA, C. **Lean Seis Sigma**: introdução às ferramentas do *Lean Manufacturing*. 2. ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2011.

WERKEMA, C. **Criando a cultura Lean Seis Sigma**. 3. ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2021a.

WERKEMA, C. **Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas**. 1. ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2021b.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROSS, D. **A máquina que mudou o mundo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. Porto Alegre: Bookman, 2005.

*Os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo*