

**UNIVERSIDADE DE SOROCABA  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA, EXTENSÃO E INOVAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROCESSOS TECNOLÓGICOS E  
AMBIENTAIS**

**Evelyn Amanda de Abreu Lopes Ramos**

**DESENVOLVIMENTO DE UM *FRAMEWORK* PARA SELEÇÃO DE  
FERRAMENTAS NO MÉTODO DMAIC: UMA ABORDAGEM PRÁTICA PARA  
PROJETOS DE MELHORIA DE PROCESSOS**

**Sorocaba/SP  
2025**

**Evelyn Amanda de Abreu Lopes Ramos**

**DESENVOLVIMENTO DE UM *FRAMEWORK* PARA SELEÇÃO DE  
FERRAMENTAS NO MÉTODO DMAIC: UMA ABORDAGEM PRÁTICA PARA  
PROJETOS DE MELHORIA DE PROCESSOS**

Dissertação apresentada à Banca Examinadora do Programa de Pós-Graduação em Processos Tecnológicos e Ambientais da Universidade de Sorocaba, como exigência parcial para obtenção do título de Mestre em Processos Tecnológicos e Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Rogério Augusto Profeta

**Sorocaba/SP  
2025**

### Ficha Catalográfica

R142d Ramos, Evelyn Amanda de Abreu Lopes  
Desenvolvimento de um framework para seleção de ferramentas no método DMAIC : uma abordagem prática para projetos de melhoria de processos / Evelyn Amanda de Abreu Lopes Ramos. – 2025.  
118 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Rogério Augusto Profeta  
Dissertação (Mestrado em Processos Tecnológicos e Ambientais) –  
Universidade de Sorocaba, Sorocaba, SP, 2025.

1. Six sigma (Padrão de controle de qualidade). 2. Framework (Arquivo de computador). 3. Administração da produção. 4. Controle de qualidade. 5. Controle de processo. I. Profeta, Rogério Augusto, orient. II. Universidade de Sorocaba. III. Título.

**EVELYN AMANDA DE ABREU LOPES RAMOS**

**DESENVOLVIMENTO DE UM *FRAMEWORK* PARA SELEÇÃO DE  
FERRAMENTAS NO MÉTODO DMAIC: UMA ABORDAGEM PRÁTICA  
PARA PROJETOS DE MELHORIA DE PROCESSOS**

Dissertação apresentada à  
Banca Examinadora do  
Programa de Pós-Graduação  
em Processos Tecnológicos e  
Ambientais da Universidade  
de Sorocaba, como exigência  
parcial para obtenção do  
título de Mestre em Processos  
Tecnológicos e Ambientais.

Aprovado: 27/06/2025

(BANCA EXAMINADORA



---

Prof. Dr. Rogério Augusto Profeta

Universidade de Sorocaba



---

Prof. Dr. Adilson Rocha

FATEC Sorocaba



---

Profa. Dra. Valquíria Miwa Hanai-Yoshida

Universidade de Sorocaba

Dedico esta dissertação aos meus amados pais,  
Maria Eliete de Abreu Lopes (*in memoriam*) e  
José Antonio Sampaio Lopes (*in memoriam*)  
que agora habitam a eternidade, mas que  
continuam vivos em cada batida do meu  
coração.

Esta vitória é de vocês tanto quanto é minha,  
certamente sem vocês, eu não estaria onde  
estou hoje!

Com amor eterno e imensa gratidão,  
Evelyn.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, a quem entrego todos os desejos do meu coração. Agradeço por cada promessa que vejo se realizando em minha vida, agradeço a sabedoria e força que me foi dada. Foi em Sua presença que encontrei forças nos momentos mais difíceis da minha vida e sei que o Senhor tem o melhor preparado para a minha vida, basta confiar em Ti.

Agradeço aos meus pais, Maria Eliete (*in memoriam*) e José Antonio (*in memoriam*), cuja presença continua viva em meu coração. Vocês foram a minha base, minha inspiração e minha maior fonte de amor. Serei eternamente grata por ter tido a oportunidade de ser filha de vocês, de ter os melhores pais do mundo.

Agradeço ao meu amado marido, Diego Ramos, que me apoiou incondicionalmente em cada momento desta minha caminhada.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Rogério Augusto Profeta pela paciência e orientação durante todo o meu período de mestrado. Agradeço aos membros da banca examinadora Prof. Dr. Adilson Rocha e Profa. Dra. Valquíria Miwa Hanai-Yoshida, pela leitura atenta e contribuições valiosas para esse projeto.

Agradeço ao corpo docente do programa de Pós-Graduação em Processos Tecnológicos e Ambientais da Universidade de Sorocaba pelos ensinamentos. Agradeço aos participantes da pesquisa, cuja colaboração foi fundamental para a realização deste estudo.

Nenhuma nova ideia surge do vácuo. Pelo contrário, novas ideias emergem de um conjunto de condições em que as velhas ideias parecem não mais funcionarem.  
(James Womack; Daniel Jones; Daniel Roos)

## RESUMO

O *Lean Six Sigma* é uma metodologia consolidada na área de melhoria de processos, e o método DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar) é o principal método utilizado dentro dessa metodologia. Um dos grandes desafios enfrentados por profissionais quando iniciam na área do *Lean Six Sigma* é saber quais as ferramentas adequadas para serem utilizadas em seus primeiros projetos de melhoria de processos, devido a grande quantidade de ferramentas que estão associadas ao método DMAIC. Diante disso, este trabalho teve por objetivo propor um *framework* que auxilie na identificação de ferramentas adequadas para serem utilizadas em cada etapa do método DMAIC, de acordo com cada projeto de melhoria de processos. A pesquisa foi conduzida de acordo com a metodologia proposta por Eisenhardt (1989), que segue as seguintes etapas: Definição do problema de pesquisa; Seleção dos casos; Elaboração de instrumentos; Ir a campo para coletas dados; Análise de dados; Formulação de hipóteses; Abrangendo a literatura; Conclusão. Foram selecionados seis profissionais com conhecimentos na área do *Lean Six Sigma* para participar da pesquisa contribuindo com suas percepções de acordo com suas experiências, gerando dados quantitativos e qualitativos que permitiram a realização de análises intra-casos e inter-casos. Como produto prático da pesquisa, foi proposto o “*Framework Belt Flow*”, um modelo estruturado que inicialmente foi desenvolvido em formato de fluxograma e depois foi transformado em um aplicativo, que permite que por meio da tomada de decisão os usuários consigam identificar quais ferramentas podem utilizar em cada etapa do método, de acordo com seu projeto de melhoria de processos. Os resultados demonstraram alta aceitação do *framework* pelos participantes da pesquisa, que consideraram ele como claro, aplicável e útil para a redução das dificuldades na escolha de ferramentas associadas as etapas do DMAIC. Desta forma, o estudo apresentou uma contribuição teoria e prática relevante para a área do *Lean Six Sigma*, oferecendo uma solução prática para um problema recorrente na área.

**Palavras-chave:** *lean six sigma*; DMAIC; *framework*.

## ABSTRACT

Lean Six Sigma is a well-established methodology in the field of process improvement, with DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, and Control) serving as its core structured approach. One of the main challenges faced by professionals entering the Lean Six Sigma environment is identifying the most appropriate tools to use in their initial improvement projects, given the vast number of tools associated with each phase of the DMAIC cycle. This study aimed to propose a framework to support the selection of suitable tools for each stage of the DMAIC method, tailored to the specific characteristics of individual process improvement projects. The research followed the methodology proposed by Eisenhardt (1989), which comprises the following steps: Getting Started; Selecting Cases; Crafting Instruments and Protocols; Entering the field; Analyzing data; Shaping Hypotheses; Enfolding Literature; Reaching Closure. Six professionals with experience in Lean Six Sigma were selected to participate, contributing both qualitative and quantitative data based on their professional backgrounds. This enabled the execution of intra-case and inter-case analyses. As a practical outcome, the Belt Flow Framework was developed — a structured decision-support model, initially designed using flowcharts and subsequently transformed into an interactive digital application. The tool guides users in selecting appropriate DMAIC tools through a logic-based decision flow tailored to their specific project context. The results showed a high level of acceptance among participants, who considered the framework clear, applicable, and helpful in reducing uncertainty in tool selection across DMAIC stages. Therefore, this study offers a relevant theoretical and practical contribution to the Lean Six Sigma field, providing a concrete solution to a recurring challenge in process improvement projects.

**Keywords:** Lean Six Sigma; DMAIC; Framework.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Ferramentas associadas à etapa Definir do método DMAIC .....	25
Figura 2 – Ferramentas associadas à etapa Medir do método DMAIC.....	27
Figura 3 – Ferramentas associadas à etapa Analisar do método DMAIC .....	29
Figura 4 – Ferramentas associadas à etapa Melhorar do método DMAIC.....	31
Figura 5 – Ferramentas associadas à etapa Controlar do método DMAIC .....	33
Figura 6 – Informações iniciais e concordância com o TCLE – parte 1 .....	47
Figura 7 – Informações iniciais e concordância com o TCLE – parte 2 .....	48
Figura 8 – Identificação do perfil do participante .....	49
Figura 9 – Identificação de dificuldades no uso do método DMAIC.....	50
Figura 10 – Percepções sobre as etapas e ferramentas associadas ao método DMAIC – Parte 1 .....	51
Figura 11 – Percepções sobre as etapas e ferramentas associadas ao método DMAIC – Parte 2 .....	52
Figura 12 – Percepções sobre as etapas e ferramentas associadas ao método DMAIC – Parte 3 .....	53
Figura 13 – Percepção e Sugestões.....	54
Figura 14 – Representação visual do “ <i>Framework Belt Flow</i> ” .....	91
Figura 15 – Acesso ao “ <i>Framework Belt Flow</i> ”.....	91
Figura 16 – Critérios de busca <i>Web of Science</i> .....	95
Figura 17 – Novos critérios de busca <i>Web of Science</i> .....	96
Figura 18 – Critérios iniciais de busca BDTD .....	98
Figura 19 – Critérios finais de busca BDTD .....	99
Figura 20 – Fluxograma da Revisão de Literatura Integrativa.....	103
Figura 21 – Avaliação do <i>framework</i> parte 1 .....	105
Figura 22 – Avaliação do <i>framework</i> parte 2 .....	106
Figura 23 – Acesso ao “ <i>Framework Belt Flow 2.0</i> ” .....	113
Gráfico 1 – Etapas mais desafiadoras do DMAIC, segmentadas por nível de experiência dos participantes da pesquisa .....	66
Gráfico 2 – Impacto da grande quantidade de ferramentas associadas ao método DMAIC na escolha de ferramentas incorretas.....	67
Gráfico 3 – Escolha de ferramentas inadequadas ou dúvidas em como aplicá-las .....	68
Gráfico 4 – Média de notas para dificuldade percebida, por etapa do DMAIC .....	69
Gráfico 5 – Boxplot de notas para dificuldade percebida, por etapa do DMAIC .....	70
Gráfico 6 – Número de citações e publicações ao longo do tempo (2007 – 2024).....	94
Gráfico 7 – Número de citações e publicações ao longo do tempo (2020 – 2024).....	95
Gráfico 8 – Número de citações e publicações ao longo do tempo (2020 – 2024).....	97
Gráfico 9 – Avaliação do <i>Framework Belt Flow</i> por critério e por participante.....	110
Gráfico 10 – Recomendação do <i>framework</i> para outros profissionais que utilizam o método DMAIC.....	111
Quadro 1 – Metodologia de construção de teoria, a partir de estudo de caso .....	37
Quadro 2 – Quadro sintetizado (análise intra-casos).....	64
Quadro 3 – Instrumento de extração de dados .....	100
Quadro 4 – Instrumento de extração de dados com classificação .....	102
Quadro 5 – Quadro comparativo com comentários dos participantes sobre o “ <i>Framework Belt Flow</i> ” .....	112

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BB	<i>Black Belt</i>
BDTD	Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações
DMAIC	Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar
GB	<i>Green Belt</i>
IA	Inteligência Artificial
LSS	<i>Lean Six Sigma</i>
MBB	<i>Master Black Belt</i>
SS	<i>Six Sigma</i>
WB	<i>White Belt</i>
YB	<i>Yellow Belt</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>15</b>
<b>2.1</b>	<b>O surgimento das indústrias automobilísticas e seus sistemas de produção.....</b>	<b>15</b>
<b>2.2</b>	<b><i>Lean Manufacturing</i> .....</b>	<b>16</b>
<b>2.3</b>	<b><i>Six sigma</i> .....</b>	<b>19</b>
<b>2.4</b>	<b><i>Lean six sigma</i> .....</b>	<b>20</b>
2.4.1	As certificações Belt .....	22
<b>2.5</b>	<b>Método DMAIC .....</b>	<b>23</b>
2.5.1	Método DMAIC – Etapa Definir .....	24
2.5.2	Método DMAIC – Etapa Medir .....	26
2.5.3	Método DMAIC – Etapa Analisar .....	28
2.5.4	Método DMAIC – Etapa Melhorar .....	30
2.5.5	Método DMAIC – Etapa Controlar .....	32
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>35</b>
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>36</b>
<b>4.1</b>	<b><i>Getting Started</i> – Definição do problema de pesquisa.....</b>	<b>38</b>
<b>4.2</b>	<b><i>Selecting Cases</i> – Seleção dos casos .....</b>	<b>38</b>
<b>4.3</b>	<b><i>Crafting Instruments and Protocols</i> – Elaboração de Instrumentos e Protocolos .</b>	<b>38</b>
<b>4.4</b>	<b><i>Entering the field</i> – Ir a campo (Coleta de dados).....</b>	<b>39</b>
<b>4.5</b>	<b><i>Analyzing data</i> – Análise dos dados.....</b>	<b>40</b>
<b>4.6</b>	<b><i>Shaping Hypotheses</i> – Formulação de hipóteses .....</b>	<b>40</b>
<b>4.7</b>	<b><i>Enfolding Literature</i> – Abrangendo a literatura .....</b>	<b>41</b>
<b>4.8</b>	<b><i>Reaching Closure</i> – Conclusão.....</b>	<b>42</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>43</b>
<b>5.1</b>	<b><i>Getting Started</i> – Definição do problema de pesquisa.....</b>	<b>43</b>
<b>5.2</b>	<b><i>Selecting Cases</i> – Seleção dos casos .....</b>	<b>43</b>
<b>5.3</b>	<b><i>Crafting Instruments and Protocols</i> – Elaboração de Instrumentos e Protocolos .</b>	<b>45</b>
5.3.1	Informações iniciais e concordância com o TCLE .....	46
5.3.2	Identificação do perfil do participante .....	48
5.3.3	Identificação de dificuldades no uso do método DMAIC.....	49
5.3.4	Percepções sobre as etapas e ferramentas associadas ao método DMAIC .....	51
5.3.5	Percepção e sugestões .....	54
5.3.6	Avaliação do <i>framework</i> proposto .....	55
<b>5.4</b>	<b><i>Entering the field</i> – Ir a campo (Coleta de dados).....</b>	<b>55</b>
<b>5.5</b>	<b><i>Analyzing data</i> – Análise dos dados.....</b>	<b>56</b>
5.5.1	Análises intra-casos.....	57
5.5.2	Análises inter-casos.....	64
<b>5.6</b>	<b><i>Shaping Hypotheses</i> – Formulação de hipóteses .....</b>	<b>72</b>
5.6.1	<i>Framework Belt Flow</i> (Produto prático da pesquisa desenvolvida) .....	73
5.6.2	Fundamentação da hipótese .....	92
<b>5.7</b>	<b><i>Enfolding Literature</i> – Abrangendo a literatura .....</b>	<b>93</b>
5.7.1	Revisão de literatura integrativa .....	93
<b>5.8</b>	<b>Avaliação do “<i>Framework Belt Flow</i>” .....</b>	<b>104</b>
5.8.1	Questões para avaliação do “ <i>Framework Belt Flow</i> ” .....	104

5.8.2	Análises intra-casos.....	107
5.8.3	Análises inter-casos.....	109
<b>5.9</b>	<b><i>Reaching Closure</i> – Conclusão.....</b>	<b>113</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>115</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>118</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Com o aumento da competitividade empresarial, cada vez mais empresas dos mais diversos ramos de atuação precisam buscar e implementar metodologias para melhorar os seus processos, e uma dessas metodologias é o *Lean Six Sigma*, que é composto pelo *Lean Manufacturing* e pelo *Six Sigma*.

De acordo com Werkema (2011a), o surgimento do *Lean Manufacturing* remete ao Sistema Toyota de Produção, onde Taiichi Ohno (engenheiro da Toyota) criou uma metodologia que tinha como objetivo a redução de desperdícios e o aumento da produtividade.

Brenig-Jones e Dowdall (2023) afirmam que o *Six Sigma* busca a melhoria de processos com o objetivo de obter resultados consistentes e confiáveis, por meio da redução da variabilidade dos processos que conseqüentemente, resultam no aumento da qualidade dos produtos.

A integração do *Lean* ao *Six Sigma* é algo que ocorre de forma natural pelas empresas, pois a maioria delas busca usufruir dos pontos fortes de ambas as metodologias, visto que uma é complementar à outra (Werkema, 2011a).

Dentro da metodologia do *Lean Six Sigma*, o principal método utilizado é o método DMAIC, composto por cinco etapas: Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar. O DMAIC fornece uma estrutura sistemática com o objetivo de estruturar um projeto de melhoria de processos existente, por meio de ferramentas associadas a cada uma de suas etapas (Brenig-Jones; Dowdall, 2023).

Os profissionais da área do *Lean Six Sigma*, possuem muitas dúvidas sobre quais ferramentas utilizar, principalmente, ao realizarem os seus primeiros projetos de melhoria de processos utilizando o método DMAIC, visto que a quantidade de ferramentas associadas ao método é alta. E apesar de muitos trabalhos científicos terem sido desenvolvidos no âmbito do *Lean Six Sigma*, eles não trazem um *framework* claro, que poderia servir como um guia para profissionais da área executarem seus projetos especificamente.

Portanto, o tema deste projeto justifica-se devido à crescente demanda de empresas utilizando a metodologia do *Lean Six Sigma* e o método DMAIC e conseqüentemente a crescente busca dos profissionais por conteúdos relacionados à essa área. Dessa forma, torna-se urgente a necessidade da criação de um *framework* que auxilie os profissionais a utilizarem o método DMAIC adequadamente, proporcionando melhores resultados associados a utilização do método.

A hipótese que sustenta essa pesquisa é a de que os profissionais da área do *Lean Six Sigma* possuem dificuldades ao identificar quais as ferramentas que devem ser utilizadas em cada etapa do método DMAIC, de acordo com as particularidades de cada projeto de melhoria, sendo assim, que a criação de um *framework* auxiliará esses profissionais a escolherem adequadamente quais as ferramentas associadas ao método DMAIC poderiam ser utilizadas em cada projeto de melhoria de processos.

A metodologia utilizada nesta pesquisa foi a construção de teoria a partir de estudo de caso, proposta por Eisenhardt (1989). Essa metodologia foi aplicada por meio dos seguintes passos: 1) Definição do problema de pesquisa; 2) Seleção dos casos, definindo os entrevistados para a pesquisa; 3) Coleta de dados, utilizando dados qualitativos e quantitativos por meio das pesquisas realizadas; 4) Análise dos dados, buscando entender os padrões existentes; 5) Desenvolvendo hipóteses a partir dos padrões identificados; 6) Comparação com a literatura, buscando semelhanças e contradições para validar a hipótese de pesquisa; 7) Conclusão.

Este estudo está estruturado em 6 capítulos, iniciando nessa introdução onde o objetivo é introduzir o assunto principal e o problema de pesquisa. O capítulo 2 é a revisão de literatura, onde foram apresentados os principais conceitos relacionados com o *Lean Manufacturing*, *Six Sigma*, *Lean Six Sigma*, método DMAIC e suas principais ferramentas.

O capítulo 3 apresenta os objetivos deste trabalho, dividindo-os em: objetivo geral e objetivos específicos. A metodologia utilizada neste trabalho é encontrada em detalhes no capítulo 4, permitindo assim, que o leitor tenha um completo entendimento sobre como esse projeto foi realizado. Já o capítulo 5 apresenta os resultados e discussões sobre o projeto de pesquisa, apresentando então resultados das pesquisas realizadas e o *framework* criado. E para finalizar, o capítulo 6, considerações finais, apresenta a conclusão do projeto.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Para a elaboração da revisão de literatura desta pesquisa, foram utilizadas publicações relacionadas ao tema *Lean Six Sigma* e ao método DMAIC. Desta forma, para a construção do referencial teórico foram utilizadas as principais publicações identificadas na revisão de literatura, livros que são obras clássicas e referências na área do *Lean Six Sigma*, além de artigos científicos que foram considerados importantes para a construção deste capítulo. O referencial teórico foi subdividido em:

- 1) O Surgimento das indústrias automobilísticas e o sistema de produção em massa, onde o contexto histórico dos sistemas de produção foi abordado.
- 2) *Lean Manufacturing*, onde foram abordadas questões históricas e principais conceitos associados a essa metodologia;
- 3) *Six Sigma*, onde foram abordadas questões históricas e principais conceitos associados a essa metodologia;
- 4) *Lean Six Sigma*, onde foram abordadas as características da junção das metodologias *Lean Manufacturing* com *Six Sigma*;
- 5) Método DMAIC e suas ferramentas, explicando cada uma das etapas do método.

Cabe ressaltar que além desse referencial teórico, elaborou-se a revisão de literatura do tipo integrativa que mostrou inclusive, o estado da arte sobre o tema, porém, como é uma etapa crucial dentro da metodologia de pesquisa proposta por Eisenhardt (1989), metodologia utilizada neste trabalho, ela foi apresentada somente no subcapítulo 5.7 *Enfolding Literature* – Abrangendo a literatura, mais especificamente em 5.7.1 Revisão de literatura integrativa.

### 2.1 O surgimento das indústrias automobilísticas e seus sistemas de produção

Em meados de 1890 a principal companhia automobilística do mundo era a P&L (Panhard e Levassor), responsável por fabricar centenas de automóveis por ano, utilizando o sistema de produção artesanal, onde artesões altamente qualificados montavam cuidadosamente a mão uma quantidade pequena de carros, gerando um alto custo de produção e a impossibilidade de padronização dos veículos devido ao grande número de fornecedores envolvidos no processo de fabricação, organizações descentralizadas e a falta de um sistema de metrologia, mas por outro lado, oferecia carros personalizados de acordo com os desejos dos compradores (Jones; Roos; Womack, 2004).

Frederick Taylor começou a procurar uma melhor forma para realizar os trabalhos, baseando-se em princípios científicos, realizou estudos de tempos e movimentos para determinar a melhor maneira para a execução das tarefas dos processos de produção, separando o planejamento da produção, onde os engenheiros industriais determinavam a melhor maneira de executar o trabalho e a mão de obra executava os trabalhos seguindo essas orientações, nascendo ali o conhecido Taylorismo (Dennis, 2011).

Ainda de acordo com Dennis (2011), Henry Ford tinha como objetivo desenhar um carro que fosse fácil de fabricar e de consertar, algo inovador para a época, onde para conseguir atingir seus objetivos, Ford padronizou as peças em todas as suas operações, reduziu o número de peças móveis nos motores, simplificou o processo de montagem e utilizou as ideias de Taylor para reduzir o número de tarefas que cada operador realizava. Além disso, Ford também implementou a linha de montagem, onde o carro se movimentava até o operador que ficava parado na linha, reduzindo significativamente os tempos de produção (Dennis, 2011).

A Ford Motor, por meio do carro modelo Ford T começou a trabalhar com o Sistema de Produção em Massa, proporcionando baixos custos de produção o que resultou em preços menores dos automóveis para os compradores (Jones; Roos; Womack, 2004).

Slack, Brandon-Jones e Burgess (2023, p. 188) descrevem o sistema de produção em massa como “os que produzem bens em alto volume e em variedade relativamente baixa”. Ainda de acordo com Slack, Brandon-Jones e Burgess (2023, p. 188) “Em geral, as atividades dos processos de produção em massa são repetitivas e bastante previsíveis.”

Ohno (1997) explica que o modelo de trabalho dos Estados Unidos baseado no sistema de produção em massa era focado em reduzir custos e para isso, o foco era na produção em grandes quantidades, porém isso requeria máquinas extremamente rápidas e com alto desempenho, conseqüentemente, eram máquinas com custos muito elevados também, o que fazia com que houvesse a necessidade de fazer com que essas máquinas trabalhassem o máximo possível.

“Este tipo de produção é um sistema de produção em massa planejado no qual cada processo faz muitos componentes e os manda para o processo seguinte. Este método gera, naturalmente uma abundância, de desperdício” (Onho, 1997, p. 17).

## **2.2 *Lean Manufacturing***

Segundo Oliveira (2024), as origens do *Lean Manufacturing* remetem ao TPS (Sistema Toyota de Produção), sendo que o nome *Lean Manufacturing*, que significa produção ou

manufatura enxuta, surgiu pela primeira vez no livro “A máquina que mudou o mundo” escrito por James P. Womack e Daniel T. Jones, em 1990.

De acordo com Ohno (1997, p.8) “O Sistema Toyota de Produção foi concebido e sua implementação começou logo após a Segunda Guerra Mundial”. De acordo com Werkema (2011b), Taiichi Ohno foi o responsável por criar um sistema de produção com foco na identificação e eliminação de desperdícios, fornecendo uma abordagem diferente dos sistemas de produção que existiam até aquele momento, o objetivo era reduzir custos e aumentar a qualidade e a velocidade de entrega do produto aos clientes.

“O conceito inicial do Sistema Toyota de Produção foi, como eu tenho enfatizado diversas vezes, baseado na completa eliminação do desperdício” (Ohno, 1997, p.8).

Womack e Jones (1998) explicam que a palavra japonesa utilizada para se referir à desperdício, é “Muda”, os autores ainda explicam que “Muda” está relacionado com qualquer atividade que absorva recursos, mas não gere valor ao cliente. Womack e Jones (1998) enfatizam que dentro das organizações existem três tipos de atividades/etapas, aquelas que de fato agregam valor (que geram transformação), as atividades que não agregam valor, mas são necessárias e aquelas atividades que de fato não agregam valor ao produto, os desperdícios.

Oliveira (2024) explica que as atividades que acrescentam alguma função ou característica que resulte em uma vantagem competitiva pode ser considerada como atividades que agregam valor, já as atividades que precisam acontecer para o que o fluxo ocorra, ou seja, atividades que consomem recursos, mas não contribuem para geração de valor, são as atividades necessárias e aquelas atividades que apenas consomem recursos, gerando custos desnecessários são os desperdícios.

As atividades que não agregam valor são desperdícios que devem ser eliminados imediatamente, os 7 tipos de desperdícios definidos pelo Engenheiro Taiichi Ohno (1997) são:

- a) Superprodução;
- b) Espera;
- c) Transporte;
- d) Processamento demais;
- e) Inventário (estoque);
- f) Movimentação;
- g) Produzir produtos defeituosos.

Oliveira (2024) cita que além dos 7 desperdícios identificados por Ohno, há também o oitavo desperdício, desperdício intelectual, que está relacionado com o desperdício do conhecimento intelectual e de habilidades dos colaboradores.

A eliminação de desperdícios é algo que parece óbvio quando o assunto é a redução de custos e aumento de qualidade e produtividade, porém, até aquele momento, nenhuma outra empresa havia trabalhado com a redução de desperdícios, e foi exatamente esse ponto que fez com que a Toyota ganhasse destaque, e de acordo com Womack e Jones (1998) Taiichi Ohno foi o maior defensor da eliminação dos desperdícios que já existiu.

Jones, Roos e Womack (2004) afirmam que o maior antídoto existente para os desperdícios é o pensamento enxuto, os autores explicam “que é uma forma de especificar valor, alinhar na melhor sequência as ações que criam valor, realizar essas atividades sem interrupção toda vez que alguém as solicita e realizá-las de modo cada vez mais eficaz”.

Os autores Womack e Jones (1998) detalham sobre os 5 princípios da produção enxuta:

1. **Especifique o valor:** A especificação do valor é algo essencial para empresas que querem ser consideradas como “empresas enxutas”, essa especificação deve ser definida em produtos específicos, que possuem capacidades específicas, preços específicos e clientes específicos. Quem define o que é valor, é o próprio cliente, e é importante que a empresa saiba como identificar o que o cliente considera como valor.
2. **Identifique o fluxo do valor:** O fluxo de valor corresponde a identificar todos os passos que um produto ou serviço passa dentro da organização, isso inclui, por exemplo: concepção, lançamento e projeto detalhado do produto, recebimento do pedido, transformação da matéria-prima no produto e entrega do produto.
3. **Fluxo:** Após identificadas e eliminadas as etapas que não agregam valor, é necessário fazer com que as etapas que restaram fluam de forma contínua na organização, por meio da criação de fluxos contínuos.
4. **Puxar:** Está relacionado com a produção puxada, onde os clientes manifestam o seu interesse pela compra do produto, e somente depois, o produto é produzido.
5. **Perfeição:** Após a implementação correta dos 4 primeiros princípios, a perfeição deixa de ser algo utópico, tornando algo que a princípio parecia impossível, possível, visto que ao seguir os princípios de especificar o valor, identificar o fluxo de valor, fazer o valor fluir e ter uma produção puxada permitirá que os desperdícios sejam identificados e eliminados rapidamente gerando um processo cada vez melhor.

Para uma empresa ser considerada enxuta, além de seguir os princípios citados anteriormente, a empresa precisa possuir duas características fundamentais, apontadas por Jones, Roos e Womack (2004, p.85):

- a) Transferir o máximo de tarefas e responsabilidades para os colaboradores que de fato agregam valor ao produto final;
- b) Detectar rapidamente quando um problema ocorre e relacioná-lo a sua causa.

Oliveira (2024) explica que “o *Lean Manufacturing* reflete uma mudança de *mindset* na organização, que corresponde ao *Lean Thinking* (mentalidade enxuta); portanto, sua aplicação demanda técnica e conhecimento completo dos processos produtivos e de seus pontos críticos.”

### 2.3 *Six sigma*

Pyzdek e Keller (2010) explicam que o método *Six Sigma* busca desenvolver processos com alto desempenho nas organizações, por meio da utilização de princípios e técnicas comprovadas, com o objetivo de reduzir a variabilidade dos processos.

De acordo com Brenig-Jones e Dowdall (2023), o “O *Six Sigma* é uma abordagem sistemática e robusta de melhoria, que se concentra no cliente e em outros *stakeholders* fundamentais”. Werkema (2011a, p. II), detalha sobre o surgimento do *Six Sigma*, explicando que o Seis Sigma surgiu dentro da Motorola no ano de 1987, “com o objetivo de tornar a empresa capaz de enfrentar seus concorrentes, que fabricavam produtos de qualidade superior a preços menores”.

Oliveira (2024) relata que muitos acreditam que um processo com um nível de qualidade de 99% possui um nível de qualidade aceitável ou até mesmo alto, porém, a metodologia do *Six Sigma* propõem que o nível de falha seja o menor possível, gerando níveis de variações extremamente baixos nos processos, ou seja, ser um processo considerado Seis Sigma, significa que aquele processo poderá gerar no máximo 3,4 defeitos a cada 1 milhão de oportunidades de defeitos, gerando um nível de qualidade de 99,9966% e para atingir esse objetivo deverá haver um processo de análise constante, sempre focado em dados.

O Seis Sigma trata-se de uma metodologia que tem como objetivo aumentar a lucratividade das empresas, aumentando a satisfação dos clientes, por meio do aumento da qualidade dos processos e produtos (Werkema, 2011a).

Werkema (2013, p.22) defende que são aspectos fundamentais do *Six Sigma*:

- a) Foco na satisfação do consumidor (a partir das “características críticas para a qualidade” - *Critical to Quality* ou CTQs);
- b) Infraestrutura criada na empresa, com papéis bem definidos para os patrocinadores e especialistas do Seis Sigma (*Sponsors, Champions, Master Black Belts, Black Belts e Green Belts*);
- c) Busca contínua da redução da variabilidade;
- d) Extensão para o projeto de produtos e processos (*Design for Six Sigma – DFSS*);
- e) Aplicação efetiva a processos administrativos, de serviços ou de transações e não somente a procedimentos técnicos.

Os benefícios gerados com a aplicação do Seis Sigma, de acordo com Oliveira (2024) são:

- a) Melhoria da eficiência do processo;
- b) Redução dos custos da má qualidade;
- c) Eliminação de defeitos;
- d) Redução do ciclo dos processos;
- e) Melhoria do serviço oferecido ao cliente;
- f) Facilita a tomada de decisão, gerando decisões mais assertivas;
- g) Aumento da lucratividade;
- h) A tomada de decisão é baseada em dados.

## 2.4 *Lean six sigma*

De acordo com Werkema (2011a), a integração entre o *Lean Manufacturing* e o *Six Sigma* ocorre de maneira natural, onde as empresas que optam pela implementação do *Lean Six Sigma* buscam o melhor de cada uma das metodologias, visto que são metodologias complementares. Ainda de acordo com a autora, o *Lean Six Sigma* é uma estratégia mais abrangente, poderosa e eficaz, sendo aplicável para a resolução de todos os tipos de problemas dentro das organizações, que sejam relacionados com a melhoria de processos.

Oliveira (2024) comenta que da fusão do *Lean Manufacturing* com o Seis Sigma, surgiu uma das metodologias mais famosas e requisitadas no mundo corporativo: o *Lean Seis Sigma*, que é capaz de proporcionar uma abordagem abrangente e eficiente para as organizações, aumentando a produtividade e reduzindo desperdícios e a variabilidade de processos, agregando valor ao cliente, por meio da melhoria de seus processos.

Além disso, Oliveira (2024), destaca que é possível obter inúmeros benefícios com a integração do *Lean* ao *Six Sigma*, visto que o *Lean* possui como foco: tornar o processo mais eficiente, reduzir desperdícios e aumentar a velocidade e o *Six Sigma* possui como foco: tornar o processo eficaz, reduzir a variabilidade e os defeitos.

Brenig-Jones e Dowdall (2023) apresentam os 7 princípios do *Lean Six Sigma*:

- a) **Foco no cliente:** Deve-se identificar todos os elementos que são importantes para o cliente como requisitos críticos para a qualidade, tornando-os mensuráveis para que seja possível verificar o desempenho deles;
- b) **Identifique e entenda como o trabalho é feito:** É necessário ir ao chão de fábrica (Gemba) para conseguir visualizar o fluxo dos processos, além disso, é importante que haja um mapeamento do fluxo de valor, com o objetivo de identificar os processos que de fato agregam valor ao produto deles;
- c) **Gerencie, melhore e suavize o fluxo de processos:** Nesse ponto, o objetivo é conseguir visualizar gargalos e outros desperdícios que ocorrem no gemba, para isso foi necessário analisar cuidadosamente o fluxo do processo deles;
- d) **Remova desperdícios e passos que não agregam valor:** Ao analisar as etapas dos processos é comum perceber que apenas 15% das atividades de fato agregam valor ao produto. As atividades que não agregam valor devem ser eliminadas;
- e) **Gerencie com base em fatos e reduza a variação:** É necessário que todas as análises sejam realizadas de maneira correta, baseada em dados e fatos;
- f) **Envolva a equipe e as pessoas no processo:** As pessoas devem ser capacitadas e envolvidas no processo de desenvolvimento de projetos de *Lean Six Sigma*, essa é a chave para as organizações serem eficazes;
- g) **Aplique a atividade de melhoria de forma sistemática:** O método DMAIC é utilizado para estruturar de forma sistemática projetos de *Lean Six Sigma*.

É fundamental haver um alinhamento entre o programa LSS e os objetivos estratégicos da organização, assim os projetos podem auxiliar na resolução de problemas que possuem um maior impacto, Oliveira (2024), destaca os sete passos para a implementação do programa *Lean Seis Sigma*:

- a) **Lançamento do programa *Lean Seis Sigma*:** Informar a todos a adoção do programa de LSS;
- b) **Entrevista com a alta gestão e média gestão:** Definição de papéis e responsabilidades, além de possíveis projetos e candidatos à belts;

- c) **Reunião com o *sponsor* do programa *Lean Seis Sigma***: Validação da relação entre projetos e metas estratégicas;
- d) **Treinamento para a alta gestão e *Champions***: Definição e treinamento do público-alvo da alta gestão;
- e) **Treinamento dos *Green Belts* e/ou *Black Belts***: Realização do treinamento dos belts tornando-os capazes de conduzir projetos LSS;
- f) **Acompanhamento de projetos**: Criação da rotina de acompanhamento e periodicidade de suporte pelos *Champions*;
- g) **Certificação**: Validação dos resultados, organização de evento para entrega de certificados e definição de reconhecimentos para os belts envolvidos.

“O *Lean Six Sigma* pode ser implementado em qualquer área. Sua aplicabilidade vai desde a área industrial até as áreas de serviços, saúde e esportes.” (Oliveira, 2024, p. 94).

#### 2.4.1 As certificações Belt

Werkema (2012, p.41) afirma “Para que o *Lean Seis Sigma* tenha sucesso na empresa, é necessário treinar pessoas com perfil apropriado, que se transformem em patrocinadores do programa ou em especialistas no método e nas ferramentas *Lean Seis Sigma*.”

Dentro da metodologia do *Lean Six Sigma* existem as “Certificações Belt”, uma analogia às graduações das artes marciais. De acordo com Oliveira (2024), as certificações Belt são:

- a) ***Master Black Belt*** – MBB: Responsável por gerenciar o programa de LSS, possui visão gerencial, financeira e estratégica;
- b) ***Black Belt*** – BB: Profissional com amplo conhecimento em estatística e nas ferramentas associadas à metodologia. Em geral, atua em tempo integral com a liderança de projetos complexos de LSS e como mentor de *Green Belts*;
- c) ***Green Belt*** – GB: Profissional com dedicação parcial as atividades dentro de projetos de LSS, atuando com a execução de projetos e liderança de projetos menos complexos;
- d) ***Yellow Belt*** – YB: Profissionais que atuam como membro da equipe de projeto, dando suporte para os Black Belts e Green Belts;
- e) ***White Belt*** – WB: Profissionais que atuam como membro da equipe de projeto, dando suporte para os Black Belts e Green Belts;
- f) ***Champion***: Líder da área onde o projeto será aplicado;

- g) **Sponsor:** É o responsável por viabilizar a disponibilização dos recursos financeiros e humanos para que os projetos de LSS sejam executados.

## 2.5 Método DMAIC

Segundo Oliveira (2024), o DMAIC é um método estruturado para a identificação, análise e resolução de problemas em processos, sendo o método mais adotado para projetos *Lean Six Sigma*. Ainda de acordo com o autor, o método DMAIC fornece uma linha de raciocínio lógico onde é possível realizar uma análise do problema, de forma técnica, precisa e estruturada, sendo dividido em cinco etapas: Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar.

De acordo com Pyzdek e Keller (2010), o método DMAIC é composto pelas seguintes etapas:

- a) D – Definir: Que busca definir as metas do projeto.
- b) M – Medir: Tem como objetivo medir os processos existentes.
- c) A – Analisar: Nessa etapa o foco é analisar os processos para identificar maneiras de eliminar a lacuna entre o desempenho atual do processo e a meta desejada, buscando a causa raiz do problema.
- d) I – Melhorar: Implementar ações para melhorar o processo.
- e) C – Controlar: Desenvolver maneiras para controlar o novo processo.

Enquanto Werkema (2013) diz que os objetivos de cada etapa do método DMAIC são: D – Definir com precisão o escopo do projeto; M – Determinar a localização ou foco do problema; A – Determinar as causas de cada problema prioritário; I – Propor, avaliar e implementar soluções para cada problema prioritário; C – Garantir que o alcance da meta seja mantido a longo prazo.

Por meio das etapas do método DMAIC, é possível resolver problemas complexos em que a causa raiz não é conhecida, baseando as decisões em dados e fatos, que permitem uma maior assertividade nas decisões tomadas, evitando assim as conclusões precipitadas e promovendo a cultura da melhoria contínua, garantindo que as melhorias serão mantidas com o passar dos meses (Oliveira, 2024).

Diversas ferramentas são associadas a cada uma das etapas do método DMAIC, ferramentas estas que não são exclusivas do método, mas que são utilizadas conforme a necessidade dos projetos de melhoria de processos. A integração dessas ferramentas ao método

DMAIC, torna-o um método sistemático baseado em dados e no uso de ferramentas para atingir os resultados estratégicos determinados nos projetos (Werkema, 2013).

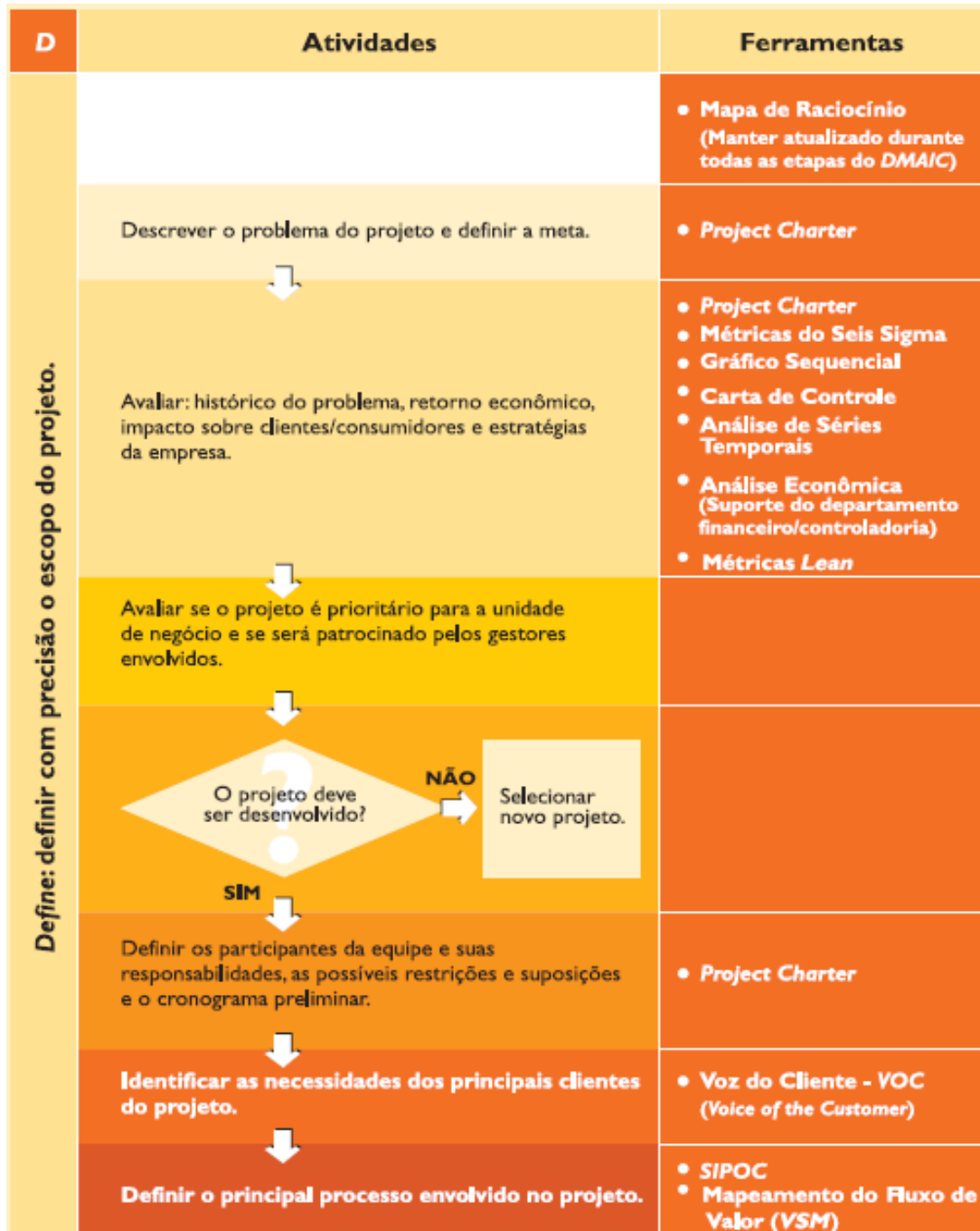
### 2.5.1 Método DMAIC – Etapa Definir

De acordo com Pyzdek e Keller (2010), os principais objetivos da fase Definir, do método DMAIC incluem: Desenvolver um termo de abertura de projeto, definindo o escopo, os objetivos e o cronograma do processo, o processo, as partes interessadas, os membros da equipe e a autorização do *sponsor*. Além de montar e treinar a equipe. Na etapa Definir, é preciso determinar quais são os projetos que impactam mais nos resultados da organização.

Oliveira (2024) destaca que são atividades associadas a etapa Definir: Definição do tema do projeto; Definição do escopo do projeto; Definição da equipe responsável; Determinação das KPIs (Indicadores-chave de desempenho); Definição da meta global; Elaboração do cronograma e *baseline* do projeto; Definição dos *stakeholders*.

Werkema (2011a), descreve as atividades associadas à etapa definir do método DMAIC e fornece uma proposta de incorporação das ferramentas associadas ao *Lean Six Sigma* a etapa definir, conforme apresentado pela figura 1:

Figura 1 – Ferramentas associadas à etapa Definir do método DMAIC



Fonte: WERKEMA, Cristina. Criando a Cultura Lean Seis Sigma. 1. ed. Rio de Janeiro: GEN Atlas, 2012

Durante a etapa definir, as ferramentas recomendadas por Werkema (2011a) são: Mapa de raciocínio; *Project Charter*; Métricas do Seis Sigma; Gráfico Sequencial; Carta de Controle; Análise de Séries Temporais; Análise Econômica; Métricas *Lean*; Voz do Cliente; SIPOC e Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM).

Enquanto Pyzdek e Keller (2010), recomendam a utilização das seguintes ferramentas, na etapa Definir do método DMAIC: *Project Charter*; Métricas do Seis Sigma (Métricas

críticas para qualidade, Índices de capacidade, Rendimento de produção, Nível sigma); Métricas associadas ao cronograma (Tempo de ciclo, Eficiência do ciclo do processo, *Lead time*, Velocidade, Eficiência global do equipamento); métricas associadas a análise financeira e redução de custos; Diagrama de Gantt; PERT-CPM.

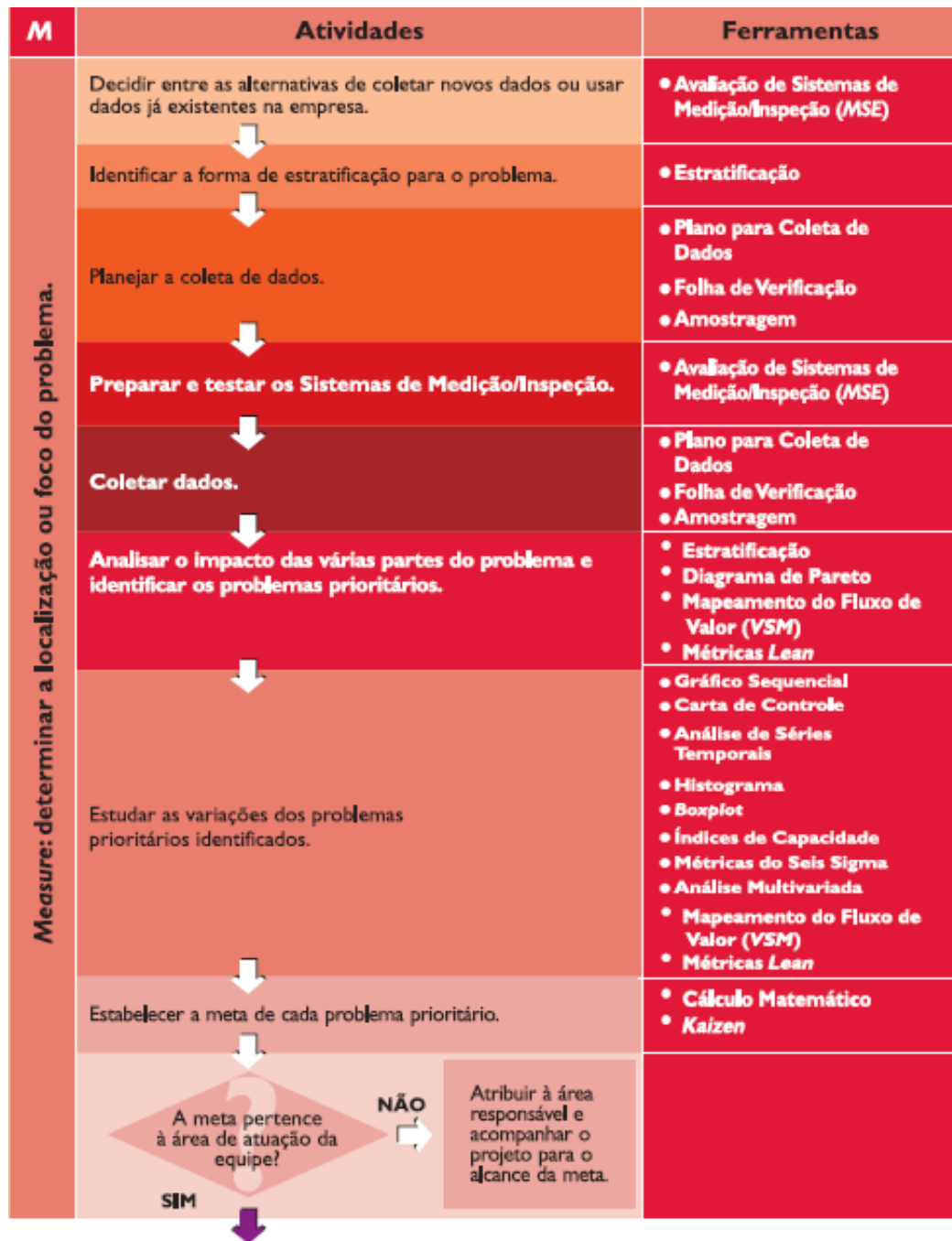
### 2.5.2 Método DMAIC – Etapa Medir

De acordo com Pyzdek e Keller (2010), os principais objetivos da fase Medir, do método DMAIC incluem: Definição do processo, garantindo que seja possível investigar os dados do processo; Definição das métricas, no sentido de definir um meio confiável para conseguir medir o processo; Estabelecimento da *baseline* do projeto, com o objetivo de quantificar os resultados iniciais do processo e depois compará-los com os resultados obtidos após as melhorias implementadas; Definir como avaliar o sistema de medição, validando e garantindo a confiabilidade dos dados coletados.

Oliveira (2024) comenta que são atividades associadas a etapa Medir: Análise da confiabilidade da base de dados do projeto; Busca por novos dados; Estratificação dos dados; Análise do histórico dos dados; Análise do sistema de medição (MSA); Análise da performance dos processos.

Werkema (2011a), descreve as atividades associadas à etapa medir do método DMAIC e fornece uma proposta de incorporação das ferramentas associadas ao *Lean Six Sigma* a etapa medir, conforme apresentado pela figura 2:

Figura 2 – Ferramentas associadas à etapa Medir do método DMAIC



Fonte: WERKEMA, Cristina. Criando a Cultura Lean Seis Sigma. 1. ed. Rio de Janeiro: GEN Atlas, 2012

Na etapa Medir, Werkema (2011a) recomenda a utilização das ferramentas: Avaliação de Sistemas de Medição / Inspeção; Estratificação; Plano para Coleta de Dados; Folha de Verificação; Amostragem; Diagrama de Pareto; Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM); Métricas *Lean*; Gráfico Sequencial; Carta de Controle; Análise de Séries Temporais; Histograma; *Boxplot*; Índices de Capacidade; Métricas do Seis Sigma; Análise Multivariada; Cálculo matemático; *Kaizen*.

Pyzdek e Keller (2010), recomendam a utilização de ferramentas, na etapa Medir do método DMAIC, como: Fluxogramas; SIPOC; Coleta de dados contínuos e discretos; CTQ.

### 2.5.3 Método DMAIC – Etapa Analisar

De acordo com Pyzdek e Keller (2010), os principais objetivos da fase Analisar, do método DMAIC incluem: Analisar o fluxo de valor para identificar maneiras de eliminar a lacuna entre o desempenho inicial e o desempenho esperado após as melhorias; Analisar as fontes de variação que contribuem para o problema. Determinar os x's que se correlacionam para gerar o Y, ou seja, determinar a relação entre a causa raiz e o efeito no processo.

Oliveira (2024) informa que são atividades associadas a etapa Analisar: Identificação das causas raízes; Comprovação das causas raízes, por meio de fatos e dados; Utilizar os dados coletados para análises quantitativas e qualitativas; Realizar análises estatísticas para comprovação de causas raízes.

Werkema (2011a), descreve as atividades associadas à etapa analisar do método DMAIC e fornece uma proposta de incorporação das ferramentas associadas ao *Lean Six Sigma* a etapa analisar, conforme apresentado pela figura 3:

Figura 3 – Ferramentas associadas à etapa Analisar do método DMAIC

A	Atividades	Ferramentas
Analyze: determinar as causas do problema prioritário.	Analisar o processo gerador do problema prioritário ( <i>Process Door</i> ).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fluxograma</li> <li>• Mapa de Processo</li> <li>• Mapa de Produto</li> <li>• Análise do Tempo de Ciclo</li> <li>• FMEA</li> <li>• FTA</li> <li>• Mapeamento do Fluxo de Valor (<i>VSM</i>)</li> <li>• Métricas <i>Lean</i></li> </ul>
	Analisar dados do problema prioritário e de seu processo gerador ( <i>Data Door</i> ).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliação de Sistemas de Medição/Inspeção (<i>MSE</i>)</li> <li>• Histograma</li> <li>• <i>Boxplot</i></li> <li>• Estratificação</li> <li>• Diagrama de Dispersão</li> <li>• Cartas "Multi-Vari"</li> </ul>
	Identificar e organizar as causas potenciais do problema prioritário.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Brainstorming</i></li> <li>• Diagrama de Causa e Efeito</li> <li>• Diagrama de Afinidades</li> <li>• Diagrama de Relações</li> </ul>
	Priorizar as causas potenciais do problema prioritário.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagrama de Matriz</li> <li>• Matriz de Priorização</li> </ul>
	Quantificar a importância das causas potenciais prioritárias (determinar as causas fundamentais).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliação de Sistemas de Medição/Inspeção (<i>MSE</i>)</li> <li>• Carta de Controle</li> <li>• Diagrama de Dispersão</li> <li>• Análise de Regressão</li> <li>• Testes de Hipóteses</li> <li>• Análise de Variância</li> <li>• Planejamento de Experimentos</li> <li>• Análise de Tempos de Falhas</li> <li>• Testes de Vida Acelerados</li> <li>• Métricas <i>Lean</i></li> </ul>

Fonte: WERKEMA, Cristina. Criando a Cultura Lean Seis Sigma. 1. ed. Rio de Janeiro: GEN Atlas, 2012

De acordo com Werkema (2011a), na etapa Analisar, as ferramentas utilizadas são: Fluxograma; Mapa de Processos; Mapa de Produto; Análise do Tempo de Ciclo; FMEA; FTA; Mapeamento do Fluxo de Valor (*VSM*); Métricas *Lean*; Avaliação do Sistema de Medição / Inspeção; Histograma; *Boxplot*; Estratificação; Diagrama de Dispersão; Cartas "Multi-vari"; *Brainstorming*; Diagrama de Causa e Efeito; Diagrama de Afinidades; Diagrama de Relações;

Diagrama Matriz; Matriz de Priorização; Carta de Controle; Análise de Regressão; Teste de Hipóteses; Análise de Variância.

Pyzdek e Keller (2010), recomendam a utilização de ferramentas, na etapa Analisar do método DMAIC, como: Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM); Diagrama de Espaguete; Diagrama de Causa e Efeito; *Boxplot*; Técnicas de inferência estatística; Teste de hipóteses; Análises de correlação e regressão; *Design of experiments* (DOE); Análise de variância; Regressão logística; Métodos não paramétricos.

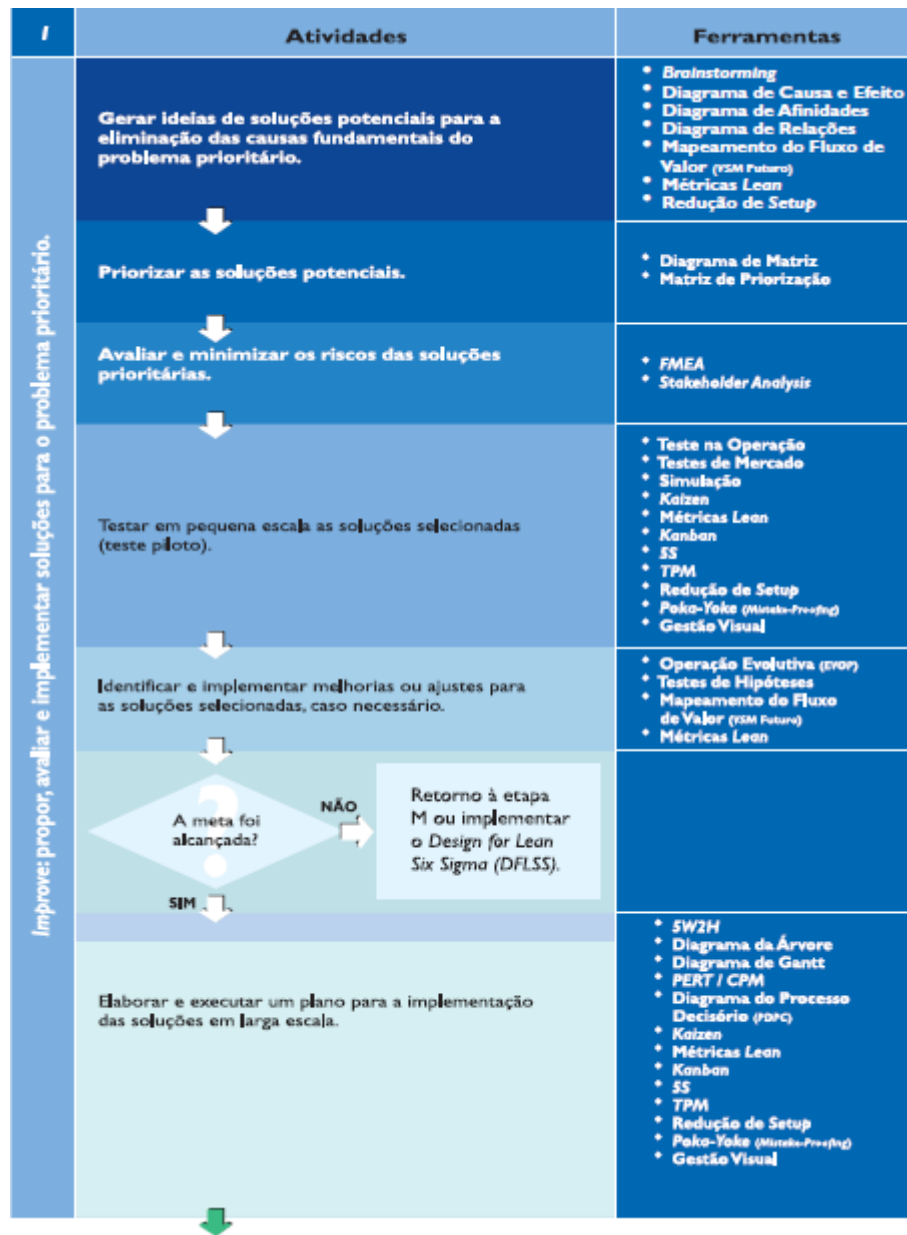
#### 2.5.4 Método DMAIC – Etapa Melhorar

A etapa “I” do método DMAIC, vem do inglês “*Improve*”, traduzido para “Melhorar” e de acordo com Pyzdek e Keller (2010), os principais objetivos da fase Melhorar, do método DMAIC incluem: Implementar as melhorias, priorizando os resultados, caso existam mais de uma solução proposta e, após determinada e implementada a solução escolhida, avaliar os riscos do novo processo.

Oliveira (2024) ressalta que são atividades associadas a etapa Melhorar: Proposição, priorização e execução de soluções para tratar as causas raízes identificadas; Coleta dos resultados e verificação dos impactos das melhorias implementadas; Medição dos ganhos financeiros após a implementação do plano de ação.

Werkema (2011a), descreve as atividades associadas à etapa melhorar do método DMAIC e fornece uma proposta de incorporação das ferramentas associadas ao *Lean Six Sigma* a etapa melhorar, conforme apresentado pela figura 4:

Figura 4 – Ferramentas associadas à etapa Melhorar do método DMAIC



Fonte: WERKEMA, Cristina. Criando a Cultura Lean Seis Sigma. 1. ed. Rio de Janeiro: GEN Atlas, 2012

Na etapa Melhorar, Werkema (2011a) recomenda utilizar as seguintes ferramentas: *Brainstorming*; Diagrama de Causa e Efeito; Diagrama de Afinidades; Diagrama de Relações; Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM); Métricas *Lean*; Redução de *Setup*; Diagrama de Matriz; Matriz de Priorização; FMEA; *Stakeholder Analysis*; Testes na Operação; Testes de Mercado; Simulação; Kaizen; Kanban; 5S; TPM; Poka-Yoke; Gestão Visual; Operação Evolutiva (EVOP); Testes de Hipóteses; 5W2H; Diagrama de Árvore; Diagrama de Gantt; PERT / CPM; Diagrama do Processo Decisório (PDPC).

Pyzdek e Keller (2010), recomendam a utilização das seguintes ferramentas, na etapa Melhorar do método DMAIC: Ferramentas *Lean*; Ferramentas para simulação; FMEA; Diagrama de afinidades; FTA.

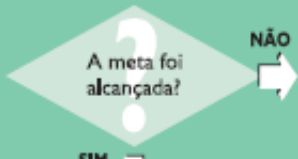
#### 2.5.5 Método DMAIC – Etapa Controlar

De acordo com Pyzdek e Keller (2010), os principais objetivos da fase Controlar, do método DMAIC incluem: Validar estatisticamente se o novo processo atendeu aos objetivos que foram definidos no *Project Charter*; Desenvolver e implementar um plano de controle para padronizar o novo processo; Documentar as lições aprendidas e as descobertas do projeto.

Oliveira (2024) comenta que são atividades associadas a etapa Controlar: Monitoramento dos resultados após a implementação das melhorias; Criação de mecanismos para controle que sustentem os resultados obtidos.

Werkema (2011a), descreve as atividades associadas à etapa controlar do método DMAIC e fornece uma proposta de incorporação das ferramentas associadas ao *Lean Six Sigma* a etapa controlar, conforme apresentado pela figura 5:

Figura 5 – Ferramentas associadas à etapa Controlar do método DMAIC

C	Atividades	Ferramentas
Controlar: garantir que o alcance da meta seja mantido a longo prazo.	Avaliar o alcance da meta em larga escala.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliação de Sistemas de Medição/Inspeção (MSE)</li> <li>• Diagrama de Pareto</li> <li>• Carta de Controle</li> <li>• Histograma</li> <li>• Índices de Capacidade</li> <li>• Métricas do Seis Sigma</li> <li>• Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM Futuro)</li> <li>• Métricas Lean</li> </ul>
	<div style="text-align: center;">  <p>A meta foi alcançada?</p> </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;"> <p><b>NÃO</b> → Retorno à etapa M ou implementar o <i>Design for Lean Six Sigma (DFLSS)</i>.</p> </div>
	Padronizar as alterações realizadas no processo em consequência das soluções adotadas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procedimentos Padrão</li> <li>• 5S</li> <li>• TPM</li> <li>• Poka-Yoke (Mistake Proofing)</li> <li>• Gestão Visual</li> </ul>
	Transmitir os novos padrões a todos os envolvidos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manuais</li> <li>• Reuniões</li> <li>• Palestras</li> <li>• OJT (On the Job Training)</li> <li>• Procedimentos Padrão</li> <li>• Gestão visual</li> </ul>
	Definir e implementar um plano para monitoramento da performance do processo e do alcance da meta.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliação de Sistemas de Medição/Inspeção (MSE)</li> <li>• Plano p/ Coleta de Dados</li> <li>• Amostragem</li> <li>• Carta de Controle</li> <li>• Histograma</li> <li>• Índices de Capacidade</li> <li>• Métricas do Seis Sigma</li> <li>• Aud. do Uso dos Padrões</li> <li>• Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM Futuro)</li> <li>• Métricas Lean</li> <li>• Poka-Yoke (Mistake Proofing)</li> </ul>
	Definir e implementar um plano para tomada de ações corretivas caso surjam problemas no processo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relatórios de Anomalias</li> <li>• OCAP (Out of Control Action Plan)</li> </ul>
	Sumarizar o que foi aprendido e fazer recomendações para trabalhos futuros.	

Fonte: WERKEMA, Cristina. Criando a Cultura Lean Seis Sigma. 1. ed. Rio de Janeiro: GEN Atlas, 2012

Na Etapa Controlar, Werkema (2011a) recomenda as seguintes ferramentas: Avaliação do Sistema de Medição / Inspeção; Diagrama de Pareto; Carta de Controle; Histograma; Índices de Capacidade; Métricas do Seis Sigma; Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM); Métricas *Lean*; Procedimentos Padrão; 5S; TPM; Poka-Yoke; Gestão Visual; Manuais; Reuniões; Palestras; *On the Job Training* (OJB); Plano para coleta de dados; Amostragem; Auditoria do

uso dos padrões; Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM – Futuro); Relatórios de anomalias; *Out of Control Action Plan* (OCAP).

Enquanto Pyzdek e Keller (2010), recomendam a utilização das seguintes ferramentas, na etapa Controlar do método DMAIC: Plano de controle; Auditorias de Processos.

A quantidade de ferramentas associadas a cada uma das etapas do método DMAIC é elevada, como foi possível observar nesse capítulo de referencial teórico. Devido a essa grande quantidade, muitos profissionais da área do *Lean Six Sigma*, especialmente, aqueles que estão iniciando seus primeiros projetos (mas não se limitando a eles), enfrentam dificuldades em determinar quais as ferramentas podem utilizar em cada etapa do método DMAIC, de acordo com cada projeto de melhoria de processos.

A escolha inadequada das ferramentas pode resultar em perda da credibilidade da metodologia do *Lean Six Sigma* dentro da organização, devido a projetos com resultados falhos que ocorreram resultantes da escolha errada de ferramentas, desta forma, a necessidade de modelos que orientem a seleção adequada das ferramentas associadas ao método DMAIC, torna-se evidente e este é o foco do presente trabalho: propor um *framework* lógico e interativo para apoiar a escolha das ferramentas adequadas para cada etapa do método DMAIC, de acordo com cada projeto de melhoria de processos.

Ao analisar o estado da arte sobre o tema central deste estudo, notou-se que apesar de existirem muitas publicações na área do *Lean Six Sigma* e do método DMAIC, os autores buscaram criar material científico com foco na implementação do método em si e não em estudar melhorias para o método, mostrando uma lacuna existente na literatura sobre o tema, e em 5.7.1 (Revisão de literatura integrativa, realizada dentro do método de pesquisa escolhido) pode-se observar a análise realizada com detalhes.

### 3 OBJETIVOS

#### OBJETIVO GERAL

O objetivo geral dessa deste projeto é propor um *framework* para a escolha das ferramentas mais apropriadas para cada etapa do método DMAIC, de acordo com cada projeto de melhoria de processos.

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos incluem:

- a) Conhecer o estado da arte sobre o objeto de pesquisa;
- b) Criar fontes de pesquisa sobre o assunto (artigo, livro);
- c) Sistematizar o conhecimento para apoiar a decisão na escolha de ferramentas;
- d) Propor alternativas de abordagem do método DMAIC.

## 4 METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste trabalho de mestrado foi a construção de teoria a partir de estudo de caso, descrita por Eisenhardt (1989), onde o foco foi construir uma teoria sólida a partir de dados quantitativos e qualitativos provenientes de casos múltiplos, a partir de padrões identificados e considerando a iteração entre teoria e prática. Vale ressaltar que o que define um caso nessa metodologia é o quanto aquele caso selecionado tem a capacidade de contribuir com dados ricos para a formulação de uma teoria emergente.

Essa é uma metodologia que possui como característica a sua abordagem iterativa, possuindo um caráter dinâmico e não linear, permitindo que seja possível mover-se continuamente entre os dados coletados, a teoria emergente e a literatura. É uma metodologia poderosa, pois garante que a teoria que está sendo gerada de forma prática, seja válida e relevante para a teoria existente. Essa metodologia foi aplicada por meio dos seguintes passos:

- a) *Getting Started* – Definição do problema de pesquisa;
- b) *Selecting Cases* – Seleção dos casos;
- c) *Crafting Instruments and Protocols* – Elaboração de Instrumentos e Protocolos;
- d) *Entering the field* – Ir a campo (Coleta de dados);
- e) *Analyzing data* – Análise dos dados;
- f) *Shaping Hypotheses* – Formulação de hipóteses;
- g) *Enfolding Literature* – Abrangendo a literatura;
- h) *Reaching Closure* – Conclusão.

O quadro 1 fornece uma breve explicação da atividade desenvolvida em cada passo da metodologia proposta por Eisenhardt (1989), assim como a razão pela qual esse passo existe.

Quadro 1 – Metodologia de construção de teoria, a partir de estudo de caso

<b>Etapas</b>	<b>Atividade</b>	<b>Razão</b>
<b>a) Getting Started – Definição do problema de pesquisa</b>	Definição da questão de pesquisa.	Concentra esforços.
	Possivelmente conceitos a priori.	Fornece melhor fundamentação das medidas de construção.
	Ausência de teorias e hipóteses.	Mantém flexibilidade teórica.
<b>b) Selecting Cases – Seleção dos casos</b>	População especificada.	Restringe a variação externa e aguça a validade externa.
	Amostragem teórica, não aleatória.	Concentra esforços em casos teoricamente úteis, ou seja, aqueles que replicam ou estendem a teoria ao preencher categorias conceituais.
<b>c) Crafting Instruments and Protocols – Elaboração de Instrumentos e Protocolos</b>	Vários métodos de coleta de dados.	Fortalece a fundamentação da teoria por meio da triangulação de evidências.
	Dados qualitativos e quantitativos combinados.	Visão sinérgica das evidências.
	Vários investigadores.	Promove perspectivas divergentes e fortalece a fundamentação.
<b>d) Entering the field – Ir a campo (Coleta de dados)</b>	Coleta e análise de dados sobrepostos, incluindo anotações.	Acelera análises e revela ajustes úteis para coleta de dados.
	Métodos de coleta de dados flexíveis e adaptados as oportunidades.	Permite que os investigadores aproveitem temas emergentes e características únicas do caso.
<b>e) Analyzing data – Análise dos dados</b>	Análise dentro dos casos.	Ganha familiaridade com dados e geração preliminar de teoria.
	Pesquisa de padrões entre casos usando técnicas divergentes.	Força os investigadores a olhar além das impressões iniciais e a ver as evidências através de múltiplas lentes.
<b>f) Shaping Hypotheses – Formulação de hipóteses</b>	Tabulação iterativa de evidências para cada contexto.	Aprimora a definição, validade e mensurabilidade dos conceitos.
	Replicação, não amostragem, lógica entre casos.	Confirma, amplia e aguça a teoria.
	Busca de evidências do "porquê" por trás das relações.	Constrói validade interna.
<b>g) Enfolding Literature – Abrangendo a literatura</b>	Comparação com literatura conflitante.	Cria validade interna, eleva o nível teórico e aprimora as definições dos conceitos.
	Comparação com literatura semelhante.	Aumenta a generalização, melhora a definição dos conceitos e eleva o nível teórico.
<b>h) Reaching Closure – Conclusão</b>	Saturação teórica quando possível.	Término do processo quando a melhoria marginal se torna pequena.

Fonte: Adaptado de Eisenhardt (1989)

Este trabalho foi estruturado rigorosamente de acordo com a metodologia de construção de teoria a partir de estudo de caso, seguindo os passos propostos por Eisenhardt (1989), conforme pode ser observado nos subcapítulos abaixo.

#### **4.1 *Getting Started* – Definição do problema de pesquisa**

De acordo com Eisenhardt (1989), a primeira etapa é a da definição do problema de pesquisa, que pode ocorrer por meio da formulação de uma questão de pesquisa. Desta forma, iniciou-se a aplicação da metodologia de Eisenhardt (1989) por meio da definição da questão de pesquisa.

Depois de definida a questão de pesquisa, ocorreu toda a estruturação do trabalho baseado nas demais etapas descritas na metodologia de Eisenhardt (1989), com o objetivo de se resolver o problema de pesquisa em si.

#### **4.2 *Selecting Cases* – Seleção dos casos**

Eisenhardt (1989) propõe que sejam selecionados de 4 a 10 casos com o objetivo de garantir o equilíbrio entre a profundidade e a generalização, permitindo assim que seja possível realizar uma análise detalhada de cada um dos casos (ou objetos de análise), identificando padrões e variações entre eles.

A autora também propõe que se deve utilizar de uma amostragem teórica e não aleatória, pois dessa forma é possível escolher casos que ajudem a replicar a teoria desenvolvida (Eisenhardt, 1989).

Após a seleção dos objetos de análise, ou seja, as empresas, foi solicitado às mesmas o preenchimento da carta de autorização para submissão ao CEP (Comitê de Ética e Pesquisa) da Universidade de Sorocaba, por meio da plataforma Brasil.

O objetivo foi que após a aprovação pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade de Sorocaba, fosse iniciada a etapa de coleta de dados com os entrevistados.

#### **4.3 *Crafting Instruments and Protocols* – Elaboração de Instrumentos e Protocolos**

As entrevistas foram conduzidas com os profissionais-chaves das empresas escolhidas, por meio da aplicação de um questionário *online*, que foi enviado por e-mail para o profissional. A escolha pela aplicação do questionário de forma *online* vem ao encontro de proporcionar ao participante flexibilidade e facilidade ao acessar o questionário, podendo realizar conforme sua disponibilidade dentro do período proposto.

Esse questionário foi do tipo semiestruturado, pois combinou perguntas abertas e fechadas, buscando identificar tanto as percepções quantitativas, por meio da utilização de escalas, quanto percepções qualitativas, por meio de respostas abertas.

O questionário foi estruturado em seções que abordam:

- a) Informações iniciais e concordância com o TCLE;
- b) Identificação do perfil do participante;
- c) Identificação de dificuldades no uso do método DMAIC;
- d) Percepções sobre as etapas e ferramentas associadas ao método DMAIC;
- e) Percepção e sugestões;
- f) Avaliação do *framework* proposto.

Toda a estruturação do questionário foi realizada baseada nas recomendações metodológicas descritas por Eisenhardt (1989).

#### **4.4 *Entering the field* – Ir a campo (Coleta de dados)**

Eisenhardt (1989), recomenda que seja realizada a coleta de diferentes tipos de dados e depois, haja a triangulação entre eles, com o objetivo de triangular as evidências coletadas usando múltiplas fontes de dados.

O objetivo de realizar a coleta de dados vai ao encontro de reunir as informações ricas e trianguladas permitindo uma análise profunda dos objetos de análise. De acordo com Eisenhardt (1989), os conceitos de informações ricas e trianguladas são fundamentais para pesquisas, e de forma simples pode-se conceituar informações ricas como os dados detalhados, contextuais e profundos que fornecem uma visão completa sobre os objetos de análise e as informações trianguladas como sendo o uso de múltiplas fontes ou métodos de coleta de dados para validar e fortalecer os resultados.

A coleta de dados foi realizada respeitando a busca por informações ricas, onde foram incluídas questões abertas e detalhadas para entender a dificuldade da utilização prática do método DMAIC e de suas ferramentas associadas, e também para entender como um *framework* pode apoiar a identificação de ferramentas adequadas para serem utilizadas em cada etapa do método DMAIC, considerando as características específicas de projetos de melhoria de processos, sempre respeitando a metodologia descrita por Eisenhardt (1989).

É importante ressaltar novamente, que a coleta de dados foi iniciada somente após a aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade de Sorocaba.

Nas próximas etapas da metodologia de Eisenhardt (1989), também se respeitou a busca pela triangulação das informações, onde as respostas dos entrevistados foram comparadas entre si, com o objetivo de identificar padrões e variações entre os casos. A escolha por empresas de diferentes perfis se deu exatamente com o objetivo de conseguir realizar essa triangulação, visto que a partir disso foi possível buscar similaridades e explorar divergências entre as percepções de profissionais inseridos em diversos ramos.

#### **4.5 *Analyzing data* – Análise dos dados**

Nesse momento, Eisenhardt (1989) propõem que sejam identificados os padrões emergentes, iniciando a análise dos dados dentro dos casos estudados realizando uma análise detalhada de cada um dos casos de forma isolada (análise intra-caso), e posteriormente, entre os casos estudados, comparando os casos e buscando as similaridades e diferenças relevantes entre eles (análise inter-casos). Desta forma, após a coleta dos dados, foi necessário realizar as análises intra-caso e inter-casos.

Nesse momento, foram realizadas análises quantitativas e análises qualitativas dos dados coletados, respeitando a metodologia proposta de Eisenhardt (1989), que informa que deve haver a combinação de diferentes tipos de análises de dados.

As análises quantitativas foram realizadas em relação as questões que envolviam algum tipo de escala numérica ou múltipla escolha. Foi possível calcular medidas de tendência central, distribuição de frequência e identificar correlações existentes.

Já com as análises qualitativas foi possível analisar as questões abertas, identificando e agrupando as respostas por tema e verificando a existência de similaridades ou divergências entre as respostas obtidas, realizando então, a triangulação dos dados.

Nesse momento, houve também a construção de padrões, pois convergências e divergências nas respostas foram identificadas de forma clara, por meio do cruzamento entre os dados quantitativos e os dados qualitativos, seguindo sempre as recomendações propostas na metodologia de Eisenhardt (1989).

#### **4.6 *Shaping Hypotheses* – Formulação de hipóteses**

Após observados e identificados os padrões dentro e entre os casos estudados (análise intra-casos e inter-casos), Eisenhardt (1989) recomenda que sejam formuladas as hipóteses e

que elas estejam conectadas aos padrões observados. Em seguida, revisou-se os dados coletados para encontrar evidências que refutem ou suportem as hipóteses formuladas.

Eisenhardt (1989) ainda recomenda que sejam exploradas as razões por trás dos padrões, buscando justificar as hipóteses com base nos dados obtidos, mostrando o porquê eles são relevantes.

Após, tornou-se necessário refinar as hipóteses e realizar a preparação delas para a validação, ajustando as hipóteses com base nos dados que foram obtidos, para que em seguida fosse possível conectar os padrões identificados e as hipóteses formuladas à literatura existente, seguindo a metodologia de Eisenhardt (1989). O objetivo nessa etapa foi formular hipóteses que fossem testadas e validadas ainda nesse estudo ou em estudos futuros.

#### **4.7 *Enfolding Literature* – Abrangendo a literatura**

Eisenhardt (1989) informa que nesse ponto é necessário comparar os resultados obtidos com as descobertas da literatura, desta forma, nessa etapa foram identificadas semelhanças e contradições entre os dados coletados e a literatura encontrada, com o objetivo de validar as hipóteses formuladas.

Inicialmente identificou-se os resultados chave do estudo, priorizando os resultados mais relevantes que impactam diretamente na questão de pesquisa que foi definida inicialmente. Logo em seguida, realizou-se uma busca na literatura para identificar estudos existentes que corroboram ou conflitam com os resultados obtidos, para isso, realizou-se uma revisão de literatura do tipo integrativa.

A revisão de literatura integrativa permitiu a síntese do conhecimento existente na literatura por meio de um processo sistemático, abrangente e analítico e foi conduzida com base nas fases descritas por Souza et al. (2010), que compreendem:

- a) Primeira Fase: elaboração da pergunta norteadora;
- b) Segunda Fase: busca ou amostragem na literatura;
- c) Terceira Fase: coleta de dados;
- d) Quarta Fase: análise crítica dos estudos incluídos;
- e) Quinta Fase: discussão dos resultados;
- f) Sexta Fase: apresentação da revisão integrativa.

Com isso tornou-se possível explorar as semelhanças e diferenças entre os resultados obtidos e a literatura encontrada, permitindo assim que fossem validadas as hipóteses de

pesquisa definidas anteriormente, seguindo a metodologia de Eisenhardt (1989). Realizar essa comparação entre os resultados obtidos e a literatura permitiu, além de validar as hipóteses, identificar de que forma este estudo pode contribuir para a área acadêmica, preenchendo possíveis lacunas identificadas.

#### **4.8 *Reaching Closure* – Conclusão**

De acordo com os procedimentos metodológicos de Eisenhardt (1989), a conclusão tem como objetivo encerrar a análise quando não houverem mais ganhos incrementais significativos, realizando o fechamento do método de pesquisa.

Esta etapa iniciou quando os dados adicionais não trouxeram novas informações e aprendizados significativos, mostrando que houve uma saturação teórica dos estudos. Nessa etapa houve a consolidação dos resultados identificados, destacando as contribuições práticas e teóricas, assim como os limites estabelecidos como limites de generalização, seguindo a metodologia proposta por Eisenhardt (1989).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esse capítulo apresenta os resultados obtidos por meio da utilização das etapas propostas na metodologia de construção de teoria a partir de estudo de caso, descrita por Eisenhardt (1989). A organização da estrutura desse capítulo segue as etapas do método, facilitando ao leitor o correto entendimento de sua aplicação.

O estudo contou com a participação de seis profissionais com conhecimentos na área do *Lean Six Sigma*, e a análise foi conduzida por meio de um roteiro semiestruturado, com questões quantitativas e qualitativas, permitindo entender as percepções individuais dos participantes e tornando possível a triangulação dos dados.

Desta forma, torna-se possível observar a aplicação fiel do método de Eisenhardt (1989) ao longo desse capítulo, iniciando pela definição da questão de pesquisa, seleção dos casos, elaboração de protocolos e instrumentos, coleta de dados, análises dos dados, formulação de hipóteses, comparação com a literatura existente, avaliação e validação do “*Framework Belt Flow*”, produto prático da pesquisa desenvolvida e para finalizar, a conclusão da pesquisa.

A seguir inicia-se a explanação de cada um dos passos recomendados na metodologia utilizada, começando pela definição da questão de pesquisa, passo crucial para condução de toda a pesquisa.

### 5.1 *Getting Started* – Definição do problema de pesquisa

Neste trabalho, definiu-se como questão de pesquisa:

“Como um *framework* pode apoiar a identificação de ferramentas adequadas para serem utilizadas em cada etapa do método DMAIC, considerando as características específicas de projetos de melhoria de processos, segundo a percepção de profissionais com conhecimento em *Lean Six Sigma*?”

Baseado na definição do problema de pesquisa, por meio da questão de pesquisa, tornou-se possível dar sequência no andamento do projeto.

### 5.2 *Selecting Cases* – Seleção dos casos

Baseadas nas recomendações do método de pesquisa escolhido, foram selecionadas seis empresas que representam diferentes perfis organizacionais com o objetivo de garantir que houvesse o equilíbrio entre a profundidade e a generalização defendido por Eisenhardt (1989).

Além disso, ao escolher empresas com diferentes perfis tonou-se possível analisar padrões amplos e é possível replicar os estudos em diversos contextos. Desta forma, os objetos de análise escolhidos foram:

a) **Caso 1: Universidade (Sorocaba/SP)**

Setor: Instituição de ensino superior de grande porte, que possui mais de 80 cursos de graduação (presencial e EAD), oferecendo também, cursos de pós-graduação lato e stricto sensu.

Relevância do *Lean Six Sigma*: Dentre os cursos de graduação oferecidos pela Universidade, encontra-se o curso de Engenharia de Produção, onde são abordadas disciplinas relacionadas com o *Lean Six Sigma*, além de um curso de pós-graduação específico em *Lean Six Sigma*.

Perfil do entrevistado: Professor de disciplinas de *Lean Six Sigma* (além de ser o coordenador do curso de Engenharia de Produção).

b) **Caso 2: Empresa de consultoria em Melhoria de Processos (Sorocaba/SP):**

Setor: Consultoria de pequeno porte, especializada em melhoria de processos industriais.

Relevância do *Lean Six Sigma*: Liderada pelo sócio proprietário que atua há mais de 30 anos com *Lean Six Sigma* e que já coordenou equipes de melhoria de processos no Brasil e no exterior, como *Master Black Belt* responsável. Além de coordenar treinamentos de certificação Belt há mais de 10 anos.

Perfil do entrevistado: Sócio proprietário e *Master Black Belt* em *Lean Six Sigma*.

c) **Caso 3: Gabinete Legislativo (Sorocaba/SP)**

Setor: Gabinete legislativo que se preocupa com questões relacionadas a qualidade, produtividade e melhoria de processos, aplicando de forma ativa os conceitos relacionados com o *Lean Six Sigma*.

Relevância do *Lean Six Sigma*: Essa preocupação é refletida na presença de um *Black Belt* em *Lean Six Sigma* no corpo de assessores, indicando um forte comprometimento com a aplicação do *Lean Six Sigma* no ambiente público, buscando aplicar o método DMAIC para aprimorar processos legislativos, promovendo maior eficiência e eficácia nas entregas à sociedade.

Perfil do entrevistado: Assessor e *Black Belt* em *Lean Six Sigma*.

d) **Caso 4: Associação de Engenheiros e Arquitetos (Sorocaba/SP)**

Setor: Associação profissional com foco no setor de engenharia e arquitetura.

Relevância do *Lean Six Sigma*: A associação é liderada por um presidente que possui mais de 13 anos de experiência consolidada na área da qualidade, com conhecimentos na área do *Lean Six Sigma*.

Perfil do entrevistado: Presidente e Engenheiro Mecânico.

e) **Caso 5: Empresa multinacional do ramo automobilístico:**

Setor: Empresa multinacional de grande porte referência mundial no ramo automobilístico.

Relevância do *Lean Six Sigma*: Possui um programa consolidado de *Lean Six Sigma* em todo o mundo, sendo considerada uma referência para a área.

Perfil do entrevistado: Gerente de Melhoria contínua da empresa.

f) **Caso 6: Empresa de consultoria e Treinamentos (São José dos Campos/SP):**

Setor: Empresa de pequeno porte, especializada em consultorias e treinamentos na área de melhoria de processos.

Relevância do *Lean Six Sigma*: O diretor (proprietário) é Engenheiro de Produção e possui experiência consolidada com projetos de melhorias de processos e treinamentos na área do *Lean Six Sigma*.

Perfil do entrevistado: Diretor e Engenheiro de Produção.

Acima também foram identificados o perfil do entrevistado, é importante destacar que foi definido que cada organização participante teria um único entrevistado obrigatoriamente, e isso justifica-se pela posição estratégica que esse profissional possui na organização que atua e em relação ao seu envolvimento e conhecimento com o *Lean Six Sigma* indo ao encontro das recomendações de Eisenhardt (1989).

### 5.3 *Crafting Instruments and Protocols* – Elaboração de Instrumentos e Protocolos

A estruturação do questionário foi realizada baseada nas recomendações metodológicas descritas por Eisenhardt (1989), buscando gerar dados tanto qualitativos, quanto quantitativos, permitindo uma análise ampla e profunda nas próximas etapas da metodologia descrita por

Eisenhardt (1989). Além disso, no momento da estruturação do questionário buscou-se gerar múltiplos tipos de dados buscando fortalecer a triangulação entre eles e com isso, aumentar a confiabilidade dos resultados em si.

O questionário foi elaborado utilizando uma ferramenta para criar formulários online (Google *Forms*) e foi do tipo semiestruturado, além disso, o mesmo foi estruturado em seções: 5.3.1) Informações iniciais e concordância com o TCLE; 5.3.2) Identificação do perfil do participante; 5.3.3) Identificação de dificuldades no uso do método DMAIC; 5.3.4) Percepções sobre as etapas e ferramentas associadas ao método DMAIC; 5.3.5) Percepção e sugestões; 5.3.6) Avaliação do *framework* proposto; conforme pode ser observado abaixo:

### 5.3.1 Informações iniciais e concordância com o TCLE

A figura 6 apresenta o trecho inicial do questionário, descrevendo os objetivos do estudo, as condições para a participação do estudo e os canais de contato para esclarecimentos.

Figura 6 – Informações iniciais e concordância com o TCLE – parte 1

**Impacto da utilização de um *framework* para identificar as ferramentas adequadas para serem utilizadas em cada etapa do método DMAIC, considerando as características específicas de projetos de melhoria de processos.**

O(a)  
Sr(a) está sendo convidado(a) a participar como voluntário(a) desta pesquisa. A sua participação não é obrigatória e, a qualquer momento, poderá desistir e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com a pesquisadora ou com a Instituição.

Solicitamos que leia com atenção o **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)** que foi compartilhado com você e só responda as questões depois de preenchê-lo.

**IMPORTANTE:** Não há respostas certas ou erradas para as questões deste formulário, pois o foco é na sua percepção pessoal.

A sua participação na pesquisa é voluntária e confidencial, as respostas não terão impacto negativo em sua posição ou avaliação no trabalho e apenas os pesquisadores terão acesso as respostas individuais.

É importante ressaltar que em caso de qualquer dúvida, o participante poderá contatar a pesquisadora responsável.

**Esclarecimentos**

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa ou o questionário, você poderá entrar em contato com a pesquisadora pelos seguintes canais:

Pesquisadora  
Responsável: Evelyn Amanda de Abreu Lopes Ramos

Telefone:  
(15)99710-7617

Título da pesquisa: *Framework* para identificação de ferramentas adequadas para serem utilizadas em cada etapa do método DMAIC

Antes de responder às perguntas a seguir, é importante enfatizar que o objetivo deste estudo não é julgar erros passados, mas sim aprender com as experiências vividas. O crescimento e a melhoria contínua vêm da capacidade de refletir sobre desafios e transformar aprendizados em ações mais eficazes no futuro.

Acreditamos que cada experiência, independentemente do resultado, representa uma oportunidade de aprendizado e aprimoramento. Assim, a análise de decisões e práticas anteriores deve ser encarada como uma ferramenta para evolução, tanto individual quanto organizacional.

Caso, em algum momento, você sinta desconforto ao refletir sobre suas experiências, saiba que este processo é natural. Se necessário, a pesquisadora estará disponível para auxiliá-lo a processar suas emoções e lidar com qualquer ansiedade que possa surgir.

Agradecemos sua participação e sua contribuição para este estudo!

\* Indica uma pergunta obrigatória

Fonte: Elaboração própria

O trecho visualizado na figura 6 teve como objetivo contextualizar o participante, deixando de maneira clara que o objetivo da pesquisa era compreender as experiências do profissional com o *Lean Six Sigma* e o método DMAIC, sem julgamentos ou questionamentos sobre sua forma de conduzir projetos.

Nesse momento inicial, também foram reforçadas informações relacionadas com a pesquisa ter um caráter totalmente voluntário e confidencial, sendo que a figura 7 ilustra que o participante precisou declarar sua concordância em participar da pesquisa. Vale ressaltar que também foram coletadas as assinaturas no próprio TCLE, mas como essa etapa é crucial, optou-se por ter uma questão no questionário garantindo a concordância do participante.

Figura 7 – Informações iniciais e concordância com o TCLE – parte 2

Fonte: Elaboração própria

O trecho apresentado na figura 7 foi utilizado com o objetivo de confirmar a concordância dos participantes com o TCLE, além disso, realizou-se a coleta do e-mail do participante com a finalidade de controlar a participação dos voluntários e validar as respostas recebidas, porém, o e-mail foi tratado como confidencial.

### 5.3.2 Identificação do perfil do participante

Nesta seção, foram coletadas as informações necessárias sobre o participante, com o objetivo de caracterizar o perfil de cada um, sendo uma etapa essencial para entender o nível de conhecimento, familiaridade e experiência com o método DMAIC, que é o ponto central deste estudo. A figura 8 mostra as perguntas que foram realizadas para a identificação do perfil do participante.

Figura 8 – Identificação do perfil do participante

Dados Gerais

Nome completo \*

Sua resposta \_\_\_\_\_

Qual o seu nível de experiência com projetos de melhoria de processos? \*

Nenhuma experiência prática, apenas teórica

Iniciante (já participei de projetos, mas sem liderar)

Intermediário (já liderei pequenos projetos)

Avançado (já liderei projetos complexos)

Qual sua familiaridade com o método DMAIC? \*

Não conheço

Conheço teoricamente, mas nunca apliquei

Já apliquei em projetos simples (ex.: projetos de pequeno porte com baixa complexidade).

Já apliquei em projetos mais complexos (ex.: projetos multidisciplinares com maior impacto organizacional).

Voltar
Próxima
Limpar formulário

Fonte: Elaboração própria

Por meio da coleta desses dados tornou-se possível mapear o perfil dos participantes, servindo como base para compreender as percepções dos respondentes em relação a utilização do método DMAIC. Além disso, essas questões auxiliaram a compreender como o uso do *framework* estruturado poderia atender às diferentes realidades dos profissionais.

### 5.3.3 Identificação de dificuldades no uso do método DMAIC

O objetivo central dessa seção foi identificar quais são as principais dificuldades enfrentadas pelos participantes da pesquisa na utilização do método DMAIC. As perguntas propostas nessa seção são apresentadas na figura 9.

Figura 9 – Identificação de dificuldades no uso do método DMAIC

**Dificuldades no Método DMAIC**

Qual etapa do DMAIC você considera mais desafiadora? \*

Definir

Medir

Analisar

Melhorar

Controlar

Por favor, explique brevemente o motivo de sua escolha anterior \*

Sua resposta

Você já enfrentou situações em que escolheu uma ferramenta inadequada ou teve dúvidas sobre como aplicá-la? \*

Sim

Não

Se você respondeu sim para a pergunta anterior, poderia descrever a situação e como foi solucionada?

Sua resposta

Por favor, descreva as dificuldades enfrentadas separadamente para cada etapa do DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control). \*

Sua resposta

[Voltar](#) [Próxima](#) [Limpar formulário](#)

Fonte: Elaboração própria

Essas perguntas foram fundamentais para compreender qual a etapa do método DMAIC foi considerada como a mais desafiadora e complexa na aplicação prática do método, além de identificar quais são os fatores que mais impactam nessa percepção. Nessa seção também foi



Nas questões iniciais, apresentadas por meio da figura 10, os participantes tiveram a oportunidade de descrever a etapa mais desafiadora do método DMAIC, baseado em sua experiência, permitindo uma melhor compreensão das dificuldades.

Mediante as perguntas apresentadas na figura 11, foi possível mensurar, por meio da escala de Likert, o grau de dificuldade percebido pelos participantes na escolha das ferramentas ao longo das etapas do DMAIC.

Figura 11 – Percepções sobre as etapas e ferramentas associadas ao método DMAIC – Parte 2

O quanto você enfrentou, ou percebe que iniciantes enfrentam, dificuldades em escolher ferramentas para a etapa Definir? \*

1 2 3 4 5

Nenhuma dificuldade      Muita dificuldade

---

O quanto você enfrentou, ou percebe que iniciantes enfrentam, dificuldades em escolher ferramentas para a etapa Medir? \*

1 2 3 4 5

Nenhuma dificuldade      Muita dificuldade

---

O quanto você enfrentou, ou percebe que iniciantes enfrentam, dificuldades em escolher ferramentas para a etapa Analisar? \*

1 2 3 4 5

Nenhuma dificuldade      Muita dificuldade

---

O quanto você enfrentou, ou percebe que iniciantes enfrentam, dificuldades em escolher ferramentas para a etapa Melhorar? \*

1 2 3 4 5

Nenhuma dificuldade      Muita dificuldade

---

O quanto você enfrentou, ou percebe que iniciantes enfrentam, dificuldades em escolher ferramentas para a etapa Controlar? \*

1 2 3 4 5

Nenhuma dificuldade      Muita dificuldade

Fonte: Elaboração própria



Essa seção foi capaz de gerar um material rico em informações que auxiliaram a sustentar a proposta da utilização de um *framework* para identificação de ferramentas adequadas para serem utilizadas em cada etapa do método DMAIC.

### 5.3.5 Percepção e sugestões

A quinta seção do questionário buscou entender a percepção dos participantes em relação a utilização de um *framework* estruturado para identificação de ferramentas adequadas para serem utilizadas em cada etapa do método DMAIC, foco central deste trabalho. As questões presentes nessa seção podem ser observadas na figura 13.

**Figura 13 – Percepção e Sugestões**

Percepção e Sugestões

Na sua opinião, a grande quantidade de ferramentas associadas ao método DMAIC pode impactar na escolha de ferramentas incorretas para o projeto? \*  
 Considere sua experiência ou percepções sobre iniciantes ao responder.

1      2      3      4      5

Não impacta                        Impacta fortemente

---

Você acredita que ter um guia ou framework para ajudar a escolher ferramentas adequadas em cada etapa do DMAIC facilitaria o uso do método? \*

Sim, com certeza.

Talvez, dependendo da complexidade do guia.

Não acho necessário.

---

Quais características você acredita que seriam essenciais em um guia ou framework para que ele fosse útil? \*

Sua resposta \_\_\_\_\_

---

Na sua opinião, se esse guia ou framework orientasse a escolha das ferramentas mais apropriadas para cada etapa do método DMAIC, considerando as características específicas de cada projeto de melhoria, seria útil principalmente para os iniciantes da área do Lean Six Sigma? \*

Sim, com certeza.

Talvez, dependendo da complexidade do guia.

Não acho necessário.

---

Se pudesse sugerir algo para facilitar a escolha e uso das ferramentas no DMAIC, o que seria? \*

Sua resposta \_\_\_\_\_

Voltar
Próxima
Limpar formulário

Fonte: Elaboração própria

As questões apresentadas na seção “Percepção e Sugestões” permitiram que fosse possível avaliar o impacto percebido pelos participantes em relação a grande quantidade de ferramentas associadas ao método DMAIC.

Além disso, nessa seção foi possível explorar o impacto percebido pelos participantes, sobre a utilização de um possível *framework* de apoio à escolha das ferramentas associadas ao método DMAIC. Os participantes puderam oferecer sugestões práticas baseadas em suas experiências e essas contribuições foram essenciais para o andamento do projeto, visto que permitiram compreender as percepções iniciais sobre a utilidade do *framework*.

#### 5.3.6 Avaliação do *framework* proposto

A última seção do questionário proposto foi dedicada à avaliação do *framework* que foi desenvolvido ao longo dessa pesquisa, e que será detalhada no subcapítulo 5.8.1.

Ao elaborar o questionário, houve a preocupação em coletar percepções, sugestões e intenções reais de uso do *framework*, reforçando o compromisso com a construção de um *framework* que seja aplicável às demandas reais dos profissionais que atuam na área do *Lean Six Sigma*, com o método DMAIC.

O questionário apresentado e descrito em detalhes nesse subcapítulo 5.3, foi elaborado fundamentado e ancorado no método descrito por Eisenhardt (1989), desta forma, foi possível desenvolver e apresentar um questionário capaz de captar as percepções, sugestões e experiências dos profissionais que participaram da pesquisa.

As seis seções em que o questionário foi dividido abordaram desde a caracterização do perfil dos profissionais participantes da pesquisa, até a avaliação do “*Framework Belt Flow*”, gerando uma base sólida e essencial para posterior análise de dados (que ocorrerá em 5.5). A próxima etapa (5.4) teve como objetivo focar na aplicação efetiva do questionário, por meio da coleta de dados.

### 5.4 *Entering the field* – Ir a campo (Coleta de dados)

Após a elaboração do questionário do tipo semiestruturado apresentado no item 5.3, e sua aprovação no Comitê de Ética da Universidade, foi possível iniciar a coleta de dados propriamente dita. A coleta de dados foi realizada, seguindo as recomendações de Eisenhardt (1989), nos objetos de análises que haviam sido selecionados, conforme descrito no item 5.2.

O *link* do questionário foi enviado, via e-mail, individualmente para um representante de cada objeto de análise, todos com conhecimentos na área do *Lean Six Sigma* (mesmo que em diferentes níveis). A aplicação do questionário ocorreu de forma remota, durante o mês de março de 2025, onde foi possível garantir flexibilidade para os participantes, permitindo que cada um respondesse conforme sua disponibilidade dentro do período estabelecido.

Durante o processo de coleta de dados não houve nenhuma recusa, pelo contrário, todos os respondentes apresentaram interesse genuíno ao colaborar com a pesquisa, porém, devido ao fato de os participantes serem profissionais-chave dentro de suas organizações, o tempo disponível para responder ao questionário foi complicado, desta forma, em 3 casos foi necessário reencaminhar o questionário após o primeiro contato, porém essa interação controlada está de acordo com a metodologia de Eisenhardt (1989), e vale ressaltar, que após esse segundo contato, todos os participantes responderam ao questionário, respeitando os prazos estabelecidos.

Outro ponto importante, foi que a pesquisadora responsável se manteve disponível para realizar interações pontuais para esclarecer dúvidas específicas dos participantes da pesquisa. Desta forma, o número total de respostas válidas coletadas foi de 6, considerando os critérios estabelecidos anteriormente: leitura e concordância com o TCLE, preenchimento completo do questionário e conhecimento em *Lean Six Sigma* (em diferentes níveis), o que seguiu conforme o planejado.

A etapa da “Coleta de Dados” foi concluída com sucesso, garantindo robustez nos dados coletados e diversidade nos perfis dos participantes da pesquisa. Como encerramento desta etapa, foram consolidados os dados para que fosse possível iniciar a próxima etapa (5.5), que incluiu a análise inter e intra-casos, proposta por Eisenhardt (1989).

## **5.5 Analyzing data – Análise dos dados**

A análise de dados seguiu os princípios metodológicos propostos por Eisenhardt (1989), sendo que as análises foram divididas em análises intra-caso (dentro dos casos) e inter-casos (entre os casos). O processo da análise de dados foi realizado intercalando a análise das respostas individuais e de comparações entre as respostas dos diferentes participantes da pesquisa, seguindo exatamente o que é proposto pelo método de Eisenhardt (1989), buscando realizar a triangulação das informações.

Primeiramente, foi realizada a análise intra-casos, onde cada resposta foi analisada de forma individual, buscando entender a lógica existente nas respostas de cada participante da

pesquisa, suas experiências com o método DMAIC, suas etapas e ferramentas associadas a cada etapa do DMAIC e os desafios enfrentados para a utilização do método DMAIC. Essa análise intra-casos permitiu que fosse possível compreender em profundidade as respostas de cada um dos participantes, preservando a riqueza contextual das respostas fornecidas por eles, obedecendo aos princípios defendidos por Eisenhardt (1989). A análise intra-casos foi detalhada em 5.5.1.

Em seguida, foi possível conduzir as análises inter-casos com o propósito de identificar as similaridades, os padrões existentes e as divergências relevantes, realizando então a triangulação dos dados proposta pela metodologia de Eisenhardt (1989). A análise inter-casos foi detalhada em 5.5.2.

### 5.5.1 Análises intra-casos

Seguindo o método de Eisenhardt (1989), a primeira etapa da análise dos dados ocorreu de forma individualizada, realizando a análise de cada caso de forma independente com o objetivo de entender as percepções únicas de cada participante, respeitando a singularidade dos contextos em que cada participante está inserido.

Desta forma, a análise intra-casos buscou destacar: 1) O perfil do participante e sua familiaridade com o método DMAIC; 2) As etapas mais desafiadoras do método; 3) As experiências com a escolha das ferramentas associadas a cada etapa do método DMAIC.

Nos subcapítulos 5.5.1.1 até 5.5.1.6, apresenta-se a análise individualizada de cada caso.

#### 5.5.1.1 Caso 1 – Universidade (Sorocaba/SP)

O primeiro participante da pesquisa apresentou um perfil de alta experiência com projetos de melhoria de processos, utilizando o método DMAIC. Ele afirmou que possui experiência atuando como líder em projetos de alta complexidade, além disso, possui conhecimento avançado sobre o método DMAIC.

Em sua percepção a etapa Analisar, do método DMAIC é a mais desafiadora. Segundo ele, as dificuldades surgem devido a necessidade de utilizar ferramentas estatísticas, o que exige da equipe um nível de conhecimento técnico mais aprofundado.

O participante relatou já ter enfrentado situações em que escolheu uma ferramenta inadequada ou teve dúvidas quanto à aplicação de alguma ferramenta associada ao método

DMAIC e apontou como solução adotada para esse problema, a discussão em equipe para avaliar a melhor ferramenta para uso naquele momento.

Declarou que profissionais iniciantes na área do *Lean Six Sigma* possuem muita dificuldade para escolher ferramentas adequadas para cada etapa do método DMAIC e justificou que o projeto retrocede a cada fase devido ao uso incorreto das ferramentas.

Em relação as dificuldades enfrentadas por profissionais iniciantes em escolher cada ferramenta de acordo com cada etapa do DMAIC, definiu que a etapa mais complexa é a “Analisar”, seguida pelas etapas “Medir” e “Controlar”.

Em sua opinião, a grande quantidade de ferramentas associadas ao método DMAIC, pode impactar fortemente (4 em uma escala que vai até 5) na escolha de ferramentas incorretas para o projeto e que a existência de um *framework* com certeza facilitaria o uso do método.

Também afirma, que um *framework* orientando a escolha das ferramentas mais apropriadas para cada etapa do método DMAIC, considerando as características específicas de cada projeto de melhoria, seria útil principalmente para os iniciantes da área do *Lean Six Sigma*.

#### 5.5.1.2 Caso 2 – Empresa de consultoria em Melhoria de Processos (Sorocaba/SP)

O participante 2 apresentou um perfil de elevada experiência com projetos de melhoria de processos utilizando o método DMAIC, e afirma já ter atuado como líder em projetos complexos, possuindo conhecimentos avançados em *Lean Six Sigma* e no método DMAIC.

Apontou a etapa “Analisar” como a mais desafiadora do método DMAIC, e justificou sua resposta afirmando que todas as etapas são importantes e desafiadoras, porém a etapa “Analisar” é determinante para se chegar à causa raiz do problema, sendo considerada por ele, como crítica para o sucesso do projeto e no alcance das metas estabelecidas.

Relatou já ter enfrentado muitas dúvidas sobre a utilização de diversas ferramentas associadas às etapas do método DMAIC, e para solucionar o problema, sempre que se deparava com essa situação procurava se aprofundar na ferramenta buscando auxílio de profissionais que dominavam a metodologia com excelência.

Ao ser questionado sobre as dificuldades enfrentadas por profissionais iniciantes na área do *Lean Six Sigma*, relatou que enxerga que há muita dificuldade por parte do profissional ao escolher ferramentas para cada etapa do método DMAIC. Em suas palavras: “O *Lean Six Sigma* é uma metodologia muito complexa, com inúmeras ferramentas gerenciais e estatísticas e, por essa razão, para um iniciante, haverá muitas dificuldades e incertezas em cada etapa do DMAIC, em cada conclusão e em cada tomada de decisão. Um Belt sempre tem dificuldades

em novos desafios, porém, a capacidade de enfrentar esses desafios vai melhorando a cada novo projeto.”

Ao classificar a complexidade da escolha de ferramentas para cada etapa do DMAIC, voltou a destacar a etapa “Analisar” como a que possui maior dificuldade, seguida pela etapa “Melhorar”.

Sobre o impacto da grande variedade de ferramentas associadas ao método DMAIC, atribuiu nota 5 (em uma escala de 1 a 5), relatando que essa grande quantidade impacta fortemente na escolha incorreta de ferramentas pelos iniciantes na área e afirma que a existência de um *framework* com certeza facilitaria o uso do método, relatando que o *framework* precisa ter foco no problema e na aplicabilidade.

Na sua opinião um *framework* orientando a escolha das ferramentas mais apropriadas para cada etapa do método DMAIC, considerando as características específicas de cada projeto de melhoria, seria útil principalmente para os iniciantes da área do *Lean Six Sigma*.

#### 5.5.1.3 Caso 3: Gabinete Legislativo (Sorocaba/SP)

O terceiro participante da pesquisa demonstrou possuir um perfil de elevada experiência com projetos de melhoria de processos, utilizando o método DMAIC, afirmando que já aplicou o DMAIC em projetos mais complexos.

Em sua opinião, a etapa “Medir” é a mais desafiadora, justificando sua escolha devido a necessidade de se obter dados confiáveis para o projeto. Relatou que já enfrentou situações em que escolheu uma ferramenta inadequada e que precisou refazer a coleta de dados utilizando uma nova ferramenta.

Relatou que em seu primeiro projeto utilizando o método DMAIC enfrentou muita dificuldade ao escolher ferramentas para cada etapa do método, e que as etapas mais desafiadoras nesse quesito, foram as etapas “Medir” e a “Analisar”.

Ao avaliar as dificuldades enfrentadas por profissionais iniciantes na área do *Lean Six Sigma*, pontuou que há muita dificuldade (5, em uma escala de 1 a 5) na identificação de qual ferramenta utilizar em cada etapa do DMAIC por esses profissionais, além disso, descreveu que muitos tendem a buscar soluções antes de entender a causa raiz do problema, não enxergando o método DMAIC como uma sequência que precisa ser seguida.

Ao classificar a complexidade da escolha de ferramentas para cada etapa do DMAIC, destacou as etapas “Medir” e “Analisar” como as que possuem maior dificuldade.

Em uma escala de 1 a 5, escolheu 4 para o impacto da grande quantidade de ferramentas associadas ao método DMAIC impactando na escolha de ferramentas incorretas para o projeto. E afirmou que com certeza um *framework* facilitaria o uso do método DMAIC e da escolha das ferramentas adequadas, destacando que é essencial que o *framework* possua um passo a passo para seguir com as ferramentas adequadas à cada etapa do DMAIC.

Na sua opinião um *framework* orientando a escolha das ferramentas mais apropriadas para cada etapa do método DMAIC, considerando as características específicas de cada projeto de melhoria, seria útil principalmente para os iniciantes da área do *Lean Six Sigma*.

#### 5.5.1.4 Caso 4: Associação de Engenheiros e Arquitetos (Sorocaba/SP)

O participante número 4 declarou não possuir experiência prática com projetos de melhorias de processos, porém afirma que possui conhecimento teórico sobre o *Lean Six Sigma* e o método DMAIC. Informou que nunca aplicou o método DMAIC na prática, o que o posiciona como um participante com olhar de iniciante na metodologia do *Lean Six Sigma*.

A etapa “Definir” foi indicada como a mais desafiadora pelo participante, que justificou sua escolha devido a essa etapa estar diretamente associada à formulação clara do problema, em suas palavras: “Definir está associado diretamente com a etapa planejamento. Na minha visão é sempre mais difícil planejar, visto que impactará em todas as etapas seguintes. Por isto, a definição clara do problema é mais desafiadora”.

Relatou não ter enfrentado situações em que escolher uma ferramenta inadequada, o que é justificado pela ausência da experiência prática com projetos de melhoria de processos.

Atribuiu nota 4 (em uma escala de 1 à 5) para a questão relacionada aos profissionais iniciantes da área do *Lean Six Sigma* enfrentarem muita dificuldade ao escolher ferramentas para cada etapa do método DMAIC. Ao classificar a complexidade da escolha de ferramentas para cada etapa do DMAIC, destacou a etapa “Definir”, seguida pelas etapas “Medir”, “Melhorar” e “Controlar” como as que possuem maior dificuldade.

Relatou que profissionais iniciantes apresentam dificuldades para identificar claramente quais ferramentas utilizar em cada etapa do método DMAIC, descrevendo que o que dificulta a compreensão é a: “Falta de experiência prática, ou seja, sem exemplos reais, fica difícil entender onde e como aplicar cada ferramenta. A sobreposição de ferramentas que podem ser usadas em mais de uma etapa, gerando confusão. Além disso, a dificuldade em entender o objetivo de cada fase, fazendo com que o profissional não compreenda bem cada etapa do DMAIC, resultando em dificuldade em escolher a ferramenta certa”.

Sobre o impacto que a grande quantidade de ferramentas associadas ao método DMAIC pode impactar na escolha equivocada de ferramentas por parte de profissionais iniciantes na área, atribuiu nota 5 (em uma escala de 1 a 5).

Além disso, o participante 4 relatou que com certeza a utilização de um *framework* facilitaria a escolha das ferramentas adequadas em cada etapa do método DMAIC, destacando que um bom *framework* deve ser útil tanto para iniciantes quanto para quem já tem mais experiência.

Como sugestão para facilitar a escolha e uso das ferramentas no DMAIC, o participante 4 relatou: “Para tornar mais fácil a escolha e o uso das ferramentas no DMAIC, seria útil ter um guia que possa orientar o usuário. Nele, a pessoa poderia selecionar a etapa do processo e ver quais ferramentas são mais indicadas, com explicações fáceis e exemplos práticos. Também ajudaria ter uma tabela resumida, mostrando quais ferramentas usar em cada fase e em quais situações elas funcionam melhor. Além disso, *checklists* e roteiros passo a passo deixariam o uso mais organizado, facilitando a aplicação mesmo para quem está começando.”

#### 5.5.1.5 Caso 5: Empresa multinacional do ramo automobilístico

O quinto participante apresentou um perfil de elevada experiência prática com projetos utilizando o método DMAIC, possuindo experiência com a liderança de projetos de alta complexidade.

Identificou a etapa “Analisar” como a mais desafiadora e justificou sua escolha devido a necessidade da identificação da causa raiz ocorrer nessa etapa, sendo necessário uma cuidadosa interpretação dos dados da fase medir.

Relatou que já teve dúvidas sobre como aplicar uma determinada ferramenta ou escolheu ferramentas inadequadas e descreveu que a situação ocorre: “principalmente em projetos administrativos onde usamos pouca estatística e mais mapeamentos e trabalho multidisciplinar”.

Atribuiu nota 4 (em uma escala de 1 a 5) para a sua percepção sobre as dificuldades encontradas por profissionais iniciantes para escolher as ferramentas adequadas a cada etapa do método DMAIC.

Ao classificar a complexidade da escolha de ferramentas para cada etapa do DMAIC, destacou a etapa “Definir”, seguida pela etapa “Analisar” como as que possuem maior dificuldade.

Ao avaliar a dificuldade que os iniciantes da área possuem ao saber em qual etapa do DMAIC utilizar cada uma das ferramentas, atribuiu nota 3 (em uma escala de 1 a 5), justificando sua resposta afirmando que os cursos na área são genéricos e abrangem muitas ferramentas o que faz com a pessoa se perca para escolher qual ferramenta é mais apropriada.

Sobre o impacto que a grande quantidade de ferramentas associadas ao método DMAIC pode resultar na escolha equivocada de ferramentas por parte de profissionais iniciantes na área, atribuiu nota 4 (em uma escala de 1 a 5) e afirmou que com certeza um *framework* poderia facilitar o uso do método, auxiliando na escolha das ferramentas adequadas.

Na sua opinião um *framework* orientando a escolha das ferramentas mais apropriadas para cada etapa do método DMAIC, considerando as características específicas de cada projeto de melhoria, seria útil principalmente para os iniciantes da área do *Lean Six Sigma*. O participante 5 descreve que as características essenciais para um *framework* ser útil em sua opinião, seria classificar as ferramentas por frequência de uso em cada etapa do método DMAIC.

#### 5.5.1.6 Caso 6: Empresa de consultoria e Treinamentos (São José dos Campos/SP)

O último participante, participante 6, apresentou um perfil de alta experiência prática em projetos de melhoria de processos, atuando como líder em projetos complexos utilizando o método DMAIC. Apontou a etapa “Medir” como a mais desafiadora do método, justificando sua escolha: “O Desafio está na coleta e validação dos dados para entender a real situação. Muitas empresas não têm dados confiáveis e organizados. Então, sabendo dessa condição, temos que verificar a fonte das informações e definir um planejamento para coleta das informações, envolvendo um time multidisciplinar como rede de apoio.”

Relatou já ter enfrentado dificuldades na escolha das ferramentas associadas ao método DMAIC, e ao classificar a complexidade da escolha de ferramentas para cada etapa do DMAIC, destacou a etapa “Definir” e “Medir” como as que possuem maior dificuldade na escolha das ferramentas adequadas.

Sobre a identificação clara de quais ferramentas utilizar em cada etapa do método DMAIC por iniciantes da área, atribuiu nota 3 (em uma escala de 1 a 5), justificando que o que dificulta a compreensão é a falta de objetivo claro para o projeto e a falta de informações confiáveis.

Descreveu que com base em sua experiência, o que poderia ajudar na escolha das ferramentas adequadas para cada etapa do DMAIC é: “Explicar o objetivo de cada ferramenta

e como os resultados contribuíram para o projeto. Isso de forma sequenciada como um *road map*”.

Em sua percepção a grande quantidade de ferramentas associadas ao método DMAIC pode impactar fortemente na escolha de ferramentas incorretas para o projeto e que com certeza a utilização de um *framework* para ajudar a escolher as ferramentas adequadas em cada etapa do DMAIC facilitaria o uso do método, destacando que seria essencial que o *framework* seja como um “*road map*” com as ferramentas estruturadas.

Na sua opinião um *framework* orientando a escolha das ferramentas mais apropriadas para cada etapa do método DMAIC, considerando as características específicas de cada projeto de melhoria, seria útil principalmente para os iniciantes da área do *Lean Six Sigma*. E a utilização de exemplos práticos facilitaria a escolha e uso das ferramentas do DMAIC.

#### 5.5.1.7 Quadro sintetizado - análise intra-casos

Após o detalhamento das percepções individuais de cada caso realizado nos subcapítulos 5.5.1.1, 5.5.1.2, 5.5.1.3, 5.5.1.4, 5.5.1.5 e 5.5.1.6, organizados de acordo com a lógica intra-casos proposta por Eisenhardt (1989), tornou-se possível elaborar um quadro sintetizando os principais dados coletados, permitindo visualizar de forma estruturada, os elementos centrais relatados em cada caso, tais como nível de experiência do participante, a etapa do DMAIC considerada como a mais desafiadora, a percepção sobre as dificuldades nas escolhas das ferramentas por etapa do DMAIC, a percepção sobre o impacto da variedade de ferramentas associadas ao método DMAIC impactar para a escolha incorreta das ferramentas e sua opinião sobre um *framework* facilitar o uso do DMAIC. As informações consolidadas podem ser observadas no quadro 2.

Quadro 2 – Quadro sintetizado (análise intra-casos)

Participante	Nível de experiência	Etapa mais desafiadora	Já escolheu ferramentas inadequadas ou teve dúvidas sobre como aplicá-la?	Dificuldades na escolha de ferramentas - Definir (1-5)	Dificuldades na escolha de ferramentas - Medir (1-5)	Dificuldades na escolha de ferramentas - Analisar (1-5)	Dificuldades na escolha de ferramentas - Melhorar (1-5)	Dificuldades na escolha de ferramentas - Controlar (1-5)	Impacto na escolha incorreta de ferramentas devido a quantidade de ferramentas associadas ao método DMAIC (1-5)	Um framework facilitaria o uso do DMAIC?
Participante 1	Avançado	Analisar	Sim	2	3	5	2	3	4	SIM
Participante 2	Avançado	Analisar	Sim	3	3	5	4	3	5	SIM
Participante 3	Avançado	Medir	Sim	3	5	5	3	2	4	SIM
Participante 4	Apenas teórica	Definir	Não	5	4	3	4	4	5	SIM
Participante 5	Avançado	Analisar	Sim	4	2	3	2	2	4	SIM
Participante 6	Avançado	Medir	Sim	5	5	4	3	3	5	SIM

Fonte: Elaboração própria

A elaboração do quadro permitiu condensar os principais elementos identificados na análise intra-casos, com destaque para a diversidade das percepções dos participantes, níveis de experiência e impacto na escolha incorreta de ferramentas devido a quantidade de ferramentas associadas ao método DMAIC, itens essenciais para este estudo.

A seguir, em 5.5.2, foram apresentadas as análises inter-casos, com o objetivo de identificar padrões e divergências entre os casos analisados.

### 5.5.2 Análises inter-casos

Baseado nas análises individuais dos seis casos realizada no subcapítulo 5.5.1 é possível iniciar a análise inter-casos, seguindo as recomendações propostas por Eisenhardt (1989), com o objetivo de identificar padrões e variações entre os casos por meio da comparação entre os casos, realizando a triangulação das informações.

Com o objetivo de garantir uma análise robusta e extremamente alinhada com a metodologia proposta por Eisenhardt (1989), foram utilizados tanto dados qualitativos, obtidos por meio das respostas abertas dos participantes, quanto dados quantitativos, obtidos nas

respostas das questões que envolviam escalas de avaliação do questionário. Ao integrar os dados qualitativos com os dados quantitativos foi possível realizar a triangulação deles, o que favorece a identificação de padrões e divergências entre os casos. Desta forma, as análises inter-casos que foram apresentadas a seguir foram construídas baseadas nessa comparação cruzada entre o perfil dos participantes, suas percepções, as notas atribuídas e sugestões sugeridas.

#### 5.5.2.1 Etapas mais desafiadoras do DMAIC

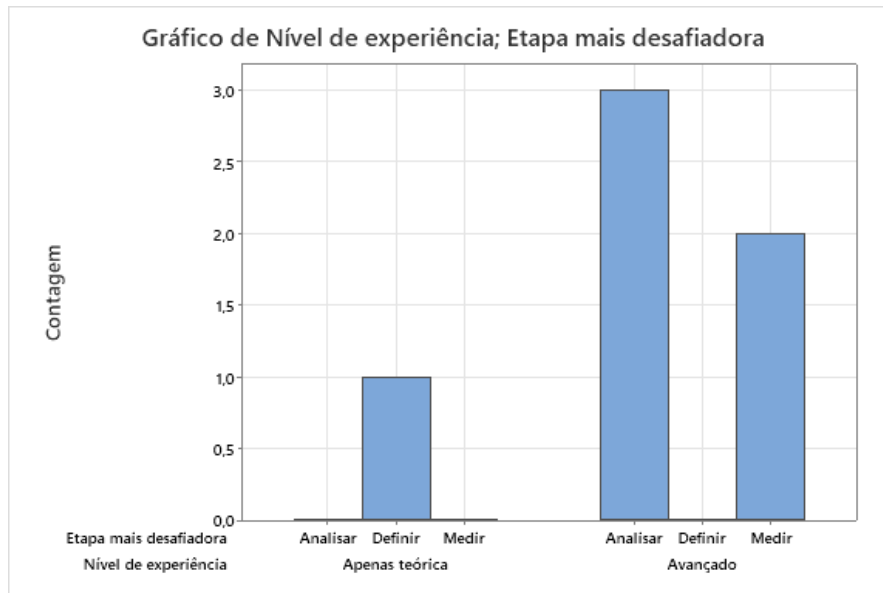
A categorização dos participantes do estudo com base na etapa do método DMAIC considerada como a mais desafiadora permitiu a identificação de padrões relevantes. Os participantes 1, 2 e 5 possuem nível de experiência avançada e já aplicaram o DMAIC em projetos considerados complexos, e definiram que a etapa “Analisar” do método DMAIC, é a etapa mais desafiadora, e justificaram suas escolhas devido à complexidade técnica das ferramentas estatísticas e definição correta da causa raiz do problema, o que impacta diretamente no sucesso do projeto.

Os participantes 3 e 6 também possuem experiência prática avançada e indicaram a etapa “Medir” como a mais desafiadora, justificando as suas escolhas devido a coleta de dados confiáveis ser um obstáculo.

Já o participante 4, que possui conhecimento teórico do método DMAIC, escolheu a etapa “Definir” como a mais complexa e desafiadora, justificando sua escolha na dificuldade de definir claramente o problema, o que reflete os desafios dos profissionais iniciantes na área do *Lean Six Sigma*, que ainda não aplicaram o DMAIC na prática.

O gráfico 1 foi elaborado utilizando o *software* estatístico Minitab® e ilustra as etapas mais desafiadoras do DMAIC, segmentadas por nível de experiência dos participantes da pesquisa.

Gráfico 1 – Etapas mais desafiadoras do DMAIC, segmentadas por nível de experiência dos participantes da pesquisa



Fonte: Elaboração própria

Por meio dessa comparação cruzada é possível identificar um padrão significativo, quanto maior a experiência prática com o método DMAIC, maior a tendência de escolher as principais etapas analíticas do DMAIC como as mais desafiadoras (Etapas Medir e Analisar). Por outro lado, profissionais com conhecimento teórico ou iniciantes na área do *Lean Six Sigma* tendem a sentir mais dificuldade na Etapa Definir, que marca o início do projeto.

Essa análise permite compreender que a percepção da complexidade dentro do DMAIC não é fixa, mas que depende do nível de maturidade do profissional do *Lean Six Sigma*. Essa abordagem indutiva e iterativa está alinhada com a proposta de Eisenhardt (1989), valorizando a construção de teoria com base em evidências empíricas.

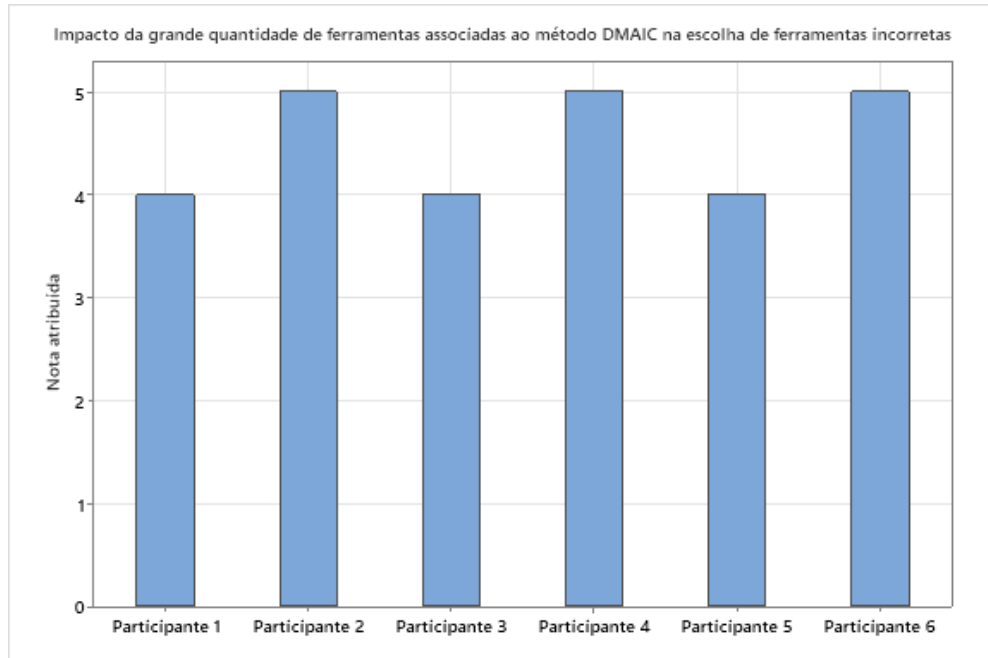
#### 5.5.2.2 Dificuldades na escolha de ferramentas associadas ao método DMAIC

Nesse ponto da análise inter-casos, o objetivo foi identificar a percepção dos participantes em relação as dificuldades na escolha de ferramentas associadas ao método DMAIC.

Inicialmente, foi analisado as percepções dos participantes em relação ao impacto da grande quantidade de ferramentas associadas ao método DMAIC na escolha de ferramentas incorretas para projetos de melhoria de processos. Os participantes atribuíram notas de 1 a 5,

onde 5 significava que impacta fortemente. O gráfico 2 ilustra a pontuação atribuída pelos participantes.

Gráfico 2 – Impacto da grande quantidade de ferramentas associadas ao método DMAIC na escolha de ferramentas incorretas

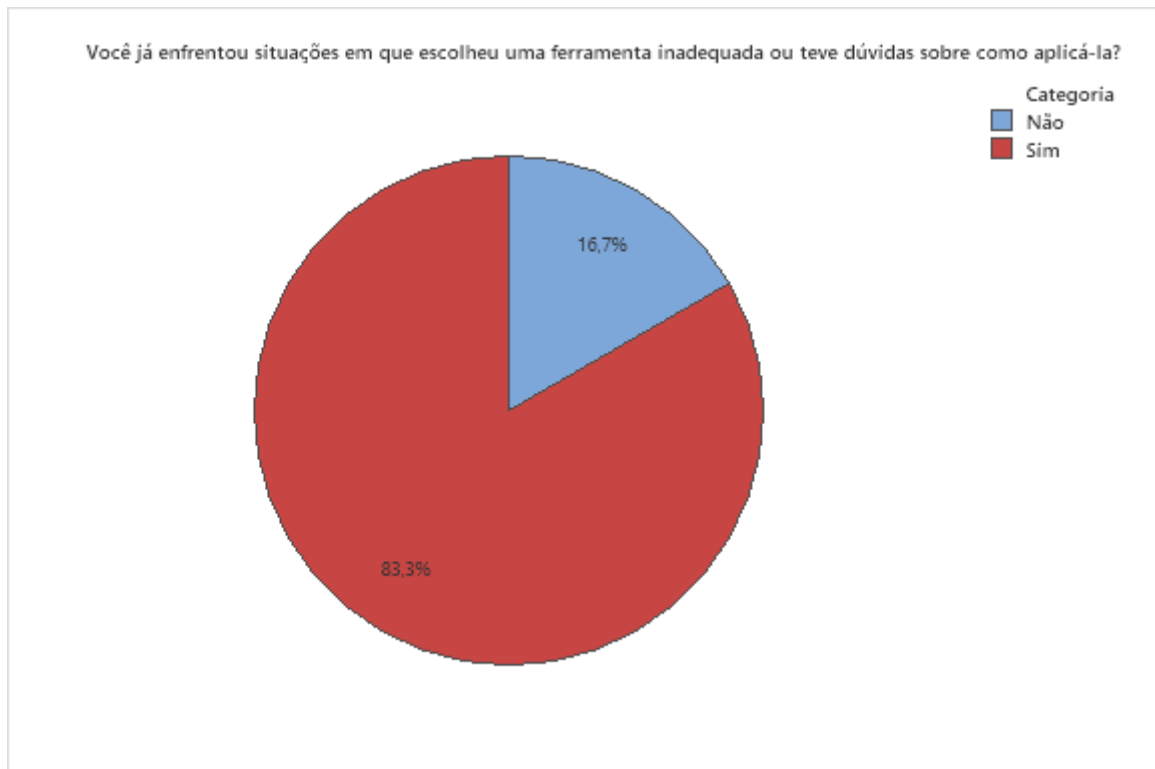


Fonte: Elaboração própria

Os dados mostraram que todos os participantes atribuíram notas 4 ou 5, informando que realmente a grande quantidade de ferramentas associadas ao método DMAIC podem contribuir para a escolha incorreta de ferramentas para o projeto, independentemente do nível de experiência dos participantes, pois mesmo os profissionais com experiência avançada no método atribuíram notas elevadas.

Além disso, os participantes foram questionados sobre já terem enfrentado situações em que escolheram uma ferramenta inadequada ou tiveram dúvidas sobre como aplicá-la, e cinco dos seis participantes afirmaram que sim, conforme pode ser observado no gráfico 3.

Gráfico 3 – Escolha de ferramentas inadequadas ou dúvidas em como aplicá-las



Fonte: Elaboração própria

Vale ressaltar que o único participante que relatou não ter enfrentado dificuldades na escolha ou aplicação das ferramentas associadas ao método DMAIC, foi aquele com perfil exclusivamente teórico (Participante 4), ou seja, é o participante que até o momento ainda não vivenciou projetos com aplicação prática do método DMAIC.

Devido a isso, é notório a existência de um padrão: Todos os participantes que já vivenciaram projetos de *Lean Six Sigma*, utilizando o método DMAIC, de forma prática afirmaram que já possuíram dúvidas na escolha das ferramentas associadas ao método ou em como aplicá-las. A identificação desse padrão, por meio da triangulação das informações está completamente alinhada com os princípios metodológicos de Eisenhardt (1989).

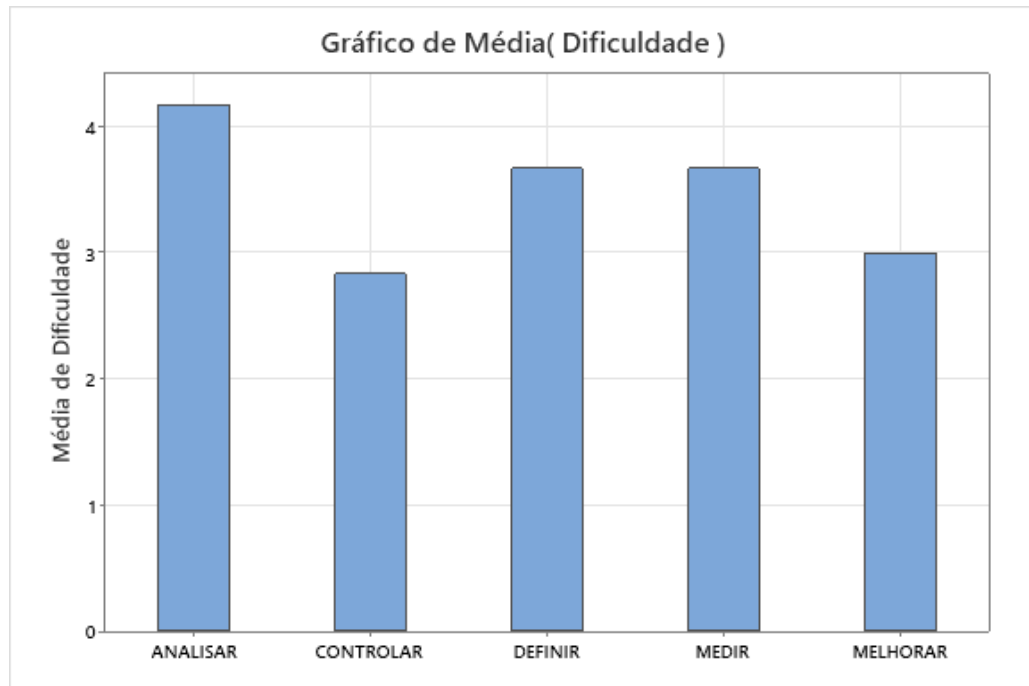
### 5.5.2.3 Análise cruzada das dificuldades enfrentadas ao longo do método DMAIC

Indo ao encontro da proposta metodológica de Eisenhardt (1989), esse subcapítulo de análise inter-casos buscou compreender em maior profundidade as dificuldades na utilização do método DMAIC, desta forma, foi realizada uma análise cruzada entre os relatos dos participantes e a avaliação das dificuldades percebidas em cada uma das etapas do método

DMAIC. As dificuldades foram analisadas a partir das questões quantitativas e das questões qualitativas presentes no questionário que os participantes responderam.

O gráfico 4 apresenta as informações relacionadas com as médias das notas atribuídas por etapa do método DMAIC, levando em consideração uma escala de 1 a 5, onde 5 representa o grau máximo de dificuldade para a escolha das ferramentas associadas ao método.

Gráfico 4 – Média de notas para dificuldade percebida, por etapa do DMAIC

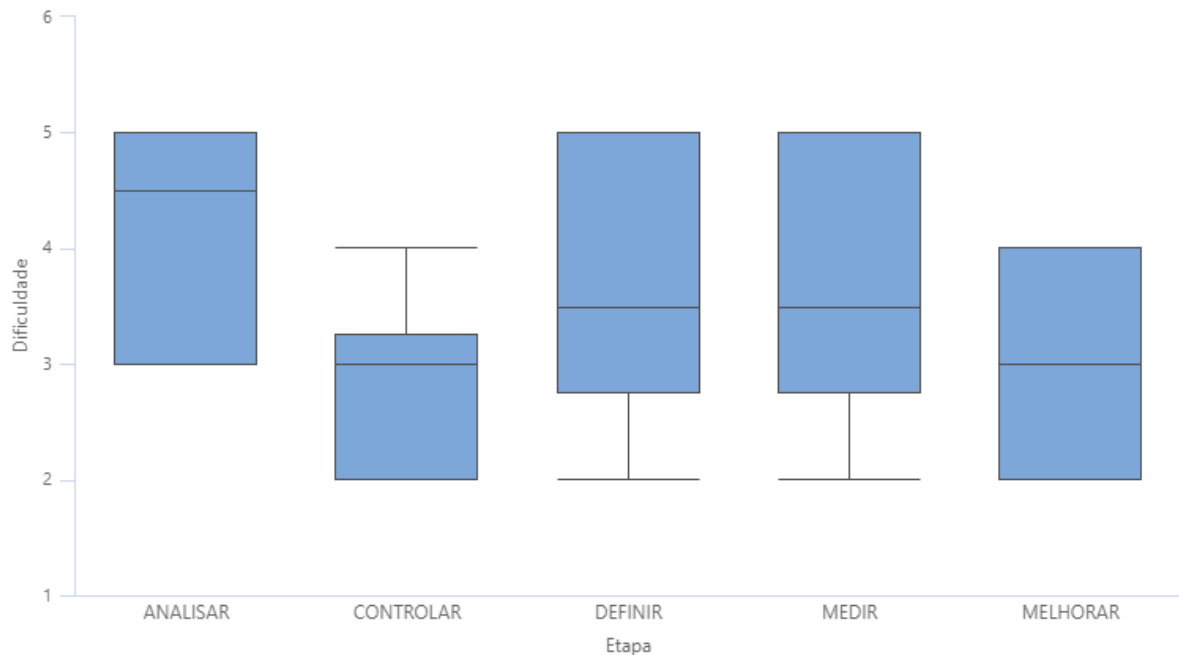


Fonte: Elaboração própria

O gráfico 4 mostra que a etapa “Analisar” com nota média de 4,17 é a etapa que concentra a maior média de dificuldade na escolha de ferramentas associadas, seguida pelas etapas “Definir” e “Medir”, onde ambas possuem nota média de 3,67. Em compensação, as etapas “Melhorar” e “Controlar” foram as percebidas como etapas com menor complexidade em relação a escolha das ferramentas, com valor médios de 3 e 2,83 respectivamente.

Complementar ao gráfico 4, foi estruturado um boxplot (Gráfico 5) com a distribuição das notas por etapa, permitindo observar não apenas a mediana, mas também a variação das percepções entre os participantes.

Gráfico 5 – Boxplot de notas para dificuldade percebida, por etapa do DMAIC



Fonte: Elaboração própria

No *boxplot*, representado pelo gráfico 5, é possível observar que a etapa “Analisar” apresentou alta mediana com variação moderada, com isso, pode-se entender que há um consenso entre os participantes da pesquisa sobre a sua maior complexidade. Ao analisar as etapas “Definir” e “Medir”, nota-se que possuíram maior amplitude, indicando que a dificuldade nessas fases pode estar relacionada com a percepção de cada participante. A etapa “Controlar”, apresentou a mediana e a variação mais baixas, representando que há uma familiaridade geral dos participantes da pesquisa com as ferramentas associadas a essa etapa. A etapa “Melhorar” demonstrou uma variação moderada nas respostas, sugerindo uma percepção de dificuldade moderada pelos participantes.

Nesse ponto, é importante fazer uma comparação com as análises qualitativas dos dados, na etapa “Definir” houve participantes que relataram dificuldades em estruturar bem o problema, o participante 4, por exemplo, relatou que “É sempre mais difícil planejar, visto que impactará em todas as etapas seguintes. Por isto, a definição clara do problema é mais desafiadora.”

Na etapa “Medir” os relatos dos participantes da pesquisa se conectaram em relação a coleta de dados confiáveis, o participante 3 afirmou: “Precisamos de dados confiáveis” e o participante 6 relatou que: “O Desafio está na coleta e validação dos dados para entender a real

situação. Muitas empresas não têm dados confiáveis e organizados. Então, sabendo dessa condição, temos que verificar a fonte das informações e definir um planejamento para coleta das informações, envolvendo um time multidisciplinar como rede de apoio.”

Em contrapartida, na etapa “Analisar”, os desafios relatados foram relacionados com a compreensão e definição clara da causa raiz do problema, o participante 5 afirmou que: “o objetivo é encontrar a Causa Raiz do problema e precisa saber interpretar cuidadosamente os dados da fase medir e nas indicações encontradas na investigação”, além disso, o participante 1 relatou que: “As ferramentas de análise estatística mais complexas do mapa de raciocínio estão no *Analyze* e, muitas vezes, a equipe não conhece bem para executar com exatidão”, complementando essas visões dos participantes 1 e 5, o participante 2 disse que: “Todas as etapas são importantes e desafiadoras para a melhor tomada de decisão, porém, acredito que a etapa analisar é aquela que terá forte impacto no sucesso do projeto e ou alcance de metas dependendo da forma como é realizada”.

As análises quantitativas e qualitativas realizadas mostram que há um padrão entre as respostas, ou seja, há uma grande incerteza sobre quais ferramentas escolher em cada etapa do método DMAIC, com ênfase maior nas etapas mais técnicas e diagnósticas (Etapas “Analisar” e “Medir”). Além disso, é notável a convergência entre os dados quantitativos e qualitativos, o que vai ao encontro da metodologia central deste estudo, Eisenhardt (1989).

Desta forma, essas evidências demonstram que um *framework* de apoio deve contemplar todas as etapas do método DMAIC, com foco principalmente nas etapas consideradas como mais complexas, já que elas estão sujeitas a maiores erros na definição de quais ferramentas utilizar.

#### 5.5.2.4 Necessidade da elaboração de um *framework* para identificação de ferramentas adequadas para serem utilizadas em cada etapa do método DMAIC

Nesse momento, o objetivo da análise inter-casos foi encontrar um padrão claro e recorrente nas respostas dos participantes em relação a necessidade da elaboração de um *framework* para identificação de ferramentas adequadas para serem utilizadas em cada etapa do método DMAIC. Ao serem questionados com a seguinte pergunta: “Você acredita que ter um guia ou *framework* para ajudar a escolher ferramentas adequadas em cada etapa do DMAIC facilitaria o uso do método?”, os participantes de forma unânime responderam: “Sim, com certeza”. Também foi realizada a seguinte pergunta: “Na sua opinião, se esse guia ou *framework* orientasse a escolha das ferramentas mais apropriadas para cada etapa do método DMAIC,

considerando as características específicas de cada projeto de melhoria, seria útil principalmente para os iniciantes da área do *Lean Six Sigma*?” e outra vez, a resposta foi unânime: “Sim, com certeza”.

Essa convergência reforça a afirmação de que a dificuldade em selecionar as ferramentas apropriadas, de acordo com cada etapa do método DMAIC existe, sendo de fato, uma lacuna prática percebida por profissionais de diferentes níveis de experiência.

Além disso, os participantes da pesquisa responderam perguntas abertas, citando características que esse *framework* deveria possuir para ser considerado como útil e deixando sugestões sobre como o *framework* deveria ser. Os participantes destacaram pontos relacionados ao *framework* ser claro e objetivo, ter um passo a passo vinculado às etapas do DMAIC, possuir uma estrutura visual organizada e ser útil tanto para iniciantes, quanto para profissionais experientes.

## 5.6 *Shaping Hypotheses* – Formulação de hipóteses

Em consonância com a metodologia de Eisenhardt (1989), esse foi o momento de formular hipóteses com o objetivo de estruturar os padrões emergentes que foram identificados e observados durante a análise intra-casos e inter-casos, permitindo criar soluções que ofereçam respostas ao problema de pesquisa. Desta forma, baseado nas análises intra e inter-casos que foram realizadas, foi possível a formulação algumas hipóteses que podem ser observados abaixo:

- a) A escolha inadequada das ferramentas associadas ao método DMAIC é uma preocupação recorrente dos profissionais da área do *Lean Six Sigma*;
- b) A etapa considerada como a mais desafiadora é a etapa “Analisar”, seguida pela etapa “Medir”, ambas requerem a identificação correta das ferramentas a serem utilizadas para que o sucesso do projeto não seja comprometido;
- c) Os participantes expressaram, de forma unânime, que um *framework* pode facilitar a escolha das ferramentas adequadas associadas a cada etapa do método DMAIC;
- d) As análises intra-casos e inter-casos resultaram em uma evidência robusta da demanda prática por um *framework* para identificação de ferramentas adequadas para serem utilizadas em cada etapa do método DMAIC.

Desta forma, foi possível compreender que a ausência de um *framework* para identificar as ferramentas adequadas para serem utilizadas em cada etapa do método DMAIC,

considerando as características específicas de projetos de melhoria de processos compromete os resultados de projetos de melhoria de processos utilizando o método DMAIC.

Como resposta a essa lacuna identificada e alinhada à metodologia proposta por Eisenhardt (1989) que orienta a construção de teoria a partir de estudos de casos, foi proposta a utilização do “*Framework Belt Flow*”.

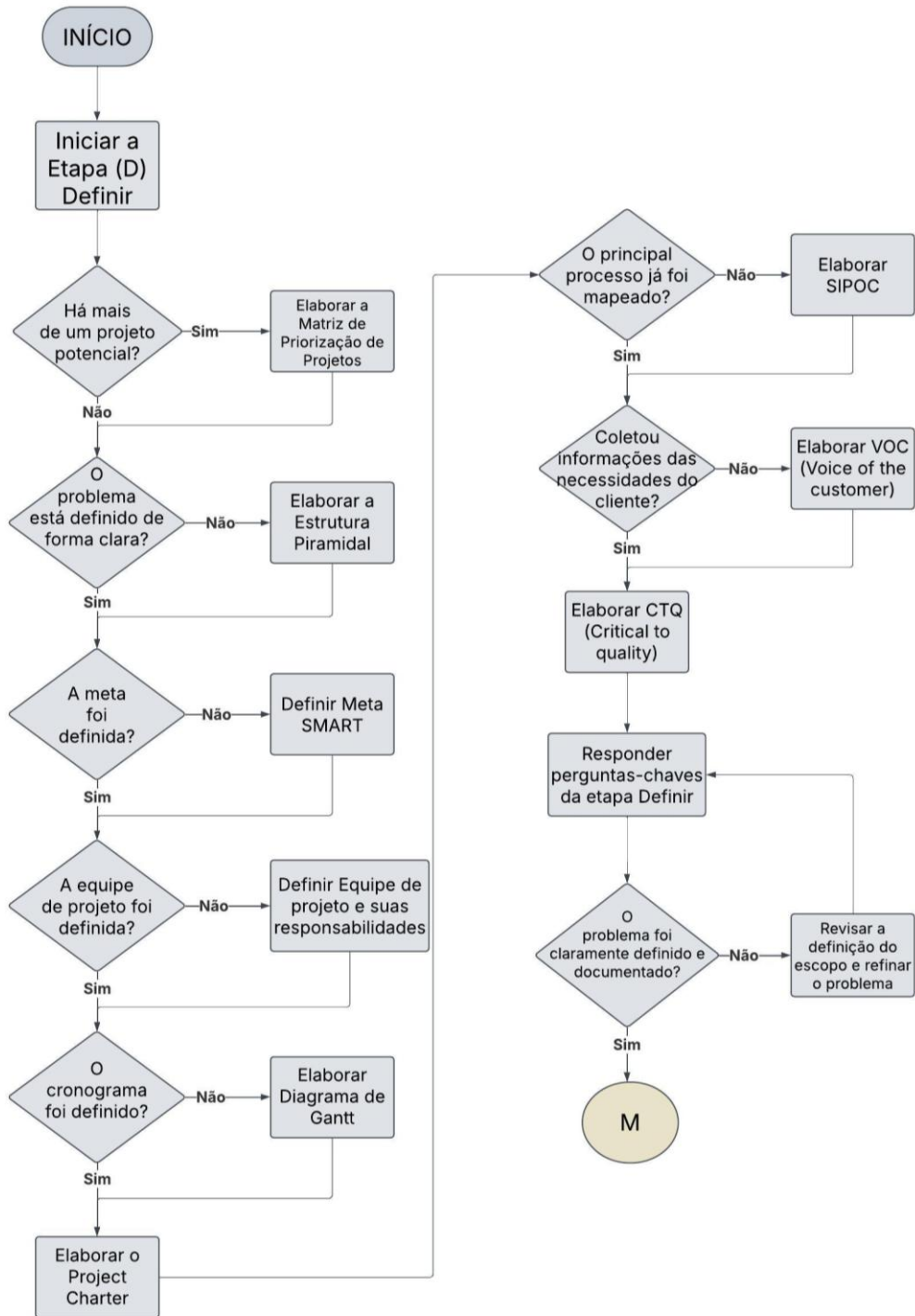
#### 5.6.1 *Framework Belt Flow* (Produto prático da pesquisa desenvolvida)

O *Framework* foi desenvolvido com o objetivo de auxiliar a identificação de ferramentas adequadas para serem utilizadas em cada etapa do método DMAIC, considerando as características específicas dos projetos de melhoria de processos.

Inicialmente, o *Framework* foi estruturado por meio de fluxogramas, utilizando o site “[lucidchart.com](http://lucidchart.com)”, e foi dividido em cinco etapas, conforme o próprio método DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar).

O fluxograma da etapa “Definir” teve como objetivo orientar o profissional, por meio de um processo de tomada de decisões, a escolher corretamente as ferramentas adequadas da etapa “Definir”, de acordo com as especificidades de cada projeto de melhoria de processos, utilizando o método DMAIC. Conforme pode ser observado no fluxograma 1.

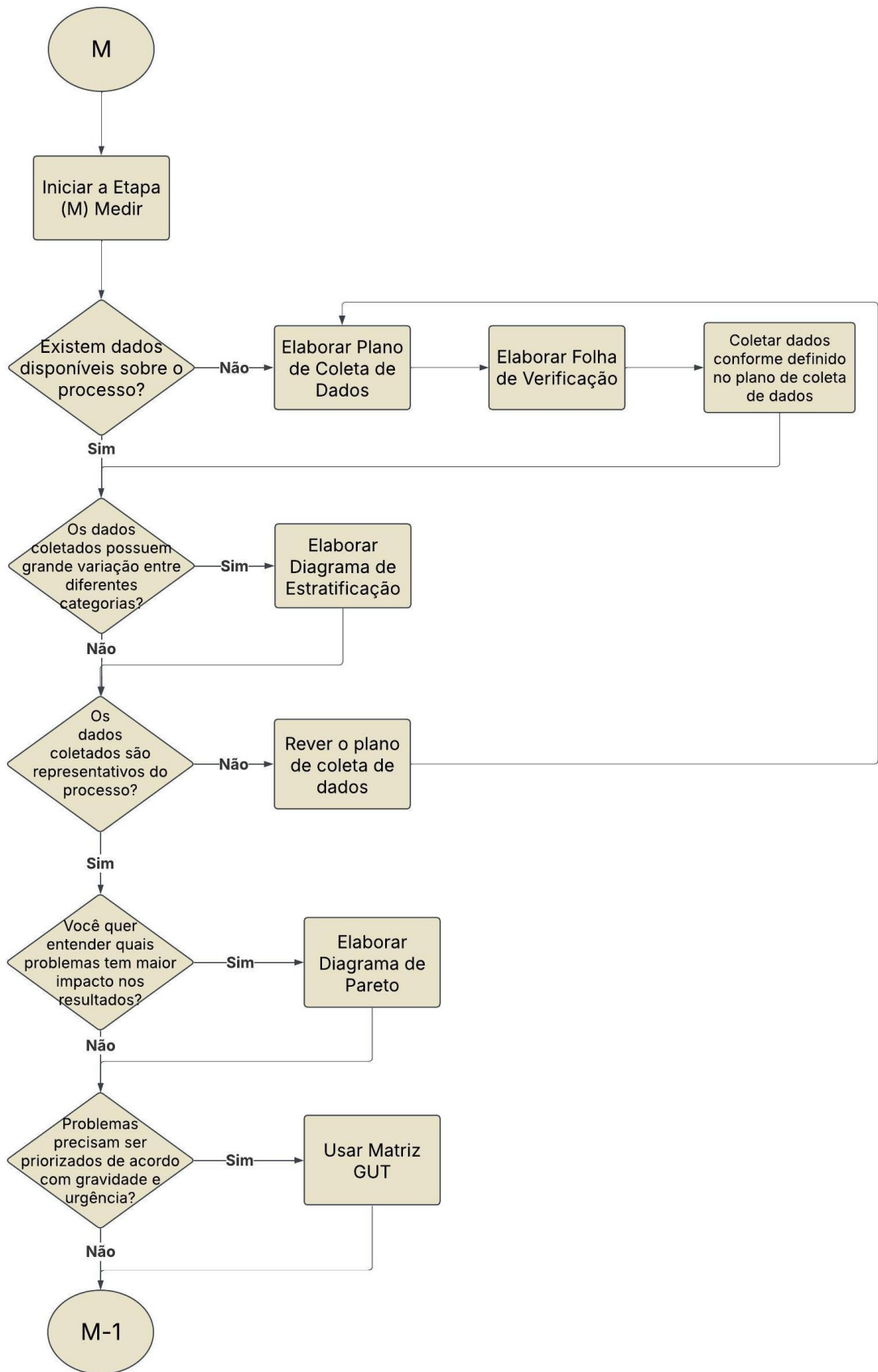
Fluxograma 1 - Framework Etapa Definir



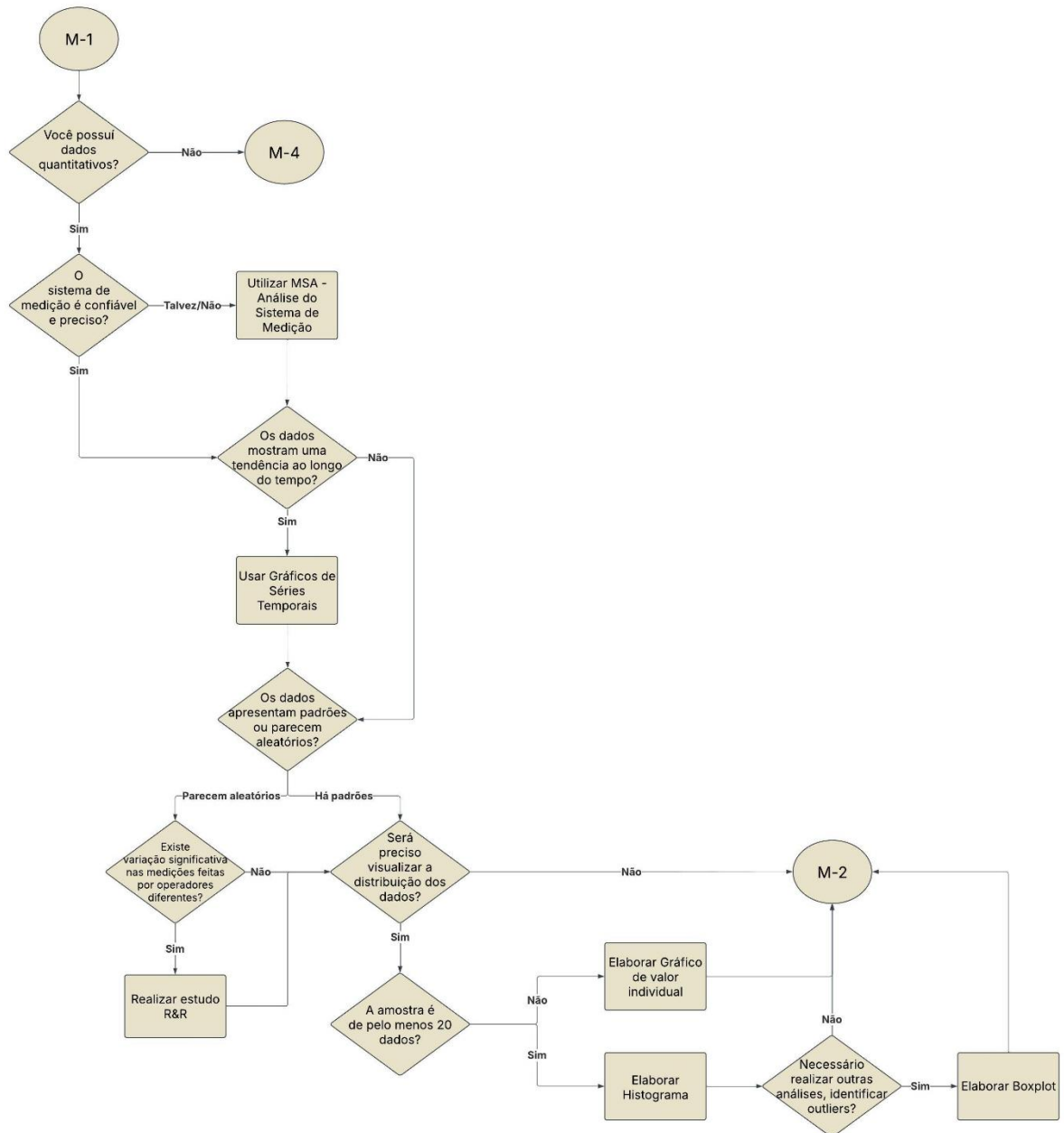
Fonte: Elaboração própria

O fluxograma da etapa “Medir” teve como objetivo orientar o profissional, por meio de um processo de tomada de decisões, a escolher corretamente as ferramentas adequadas da etapa “Medir”, de acordo com as especificidades de cada projeto de melhoria de processos, utilizando o método DMAIC. Conforme pode ser observado nos fluxogramas 2, 3, 4, 5 e 6.

Fluxograma 2 - *Framework* Etapa Medir (Parte 1)

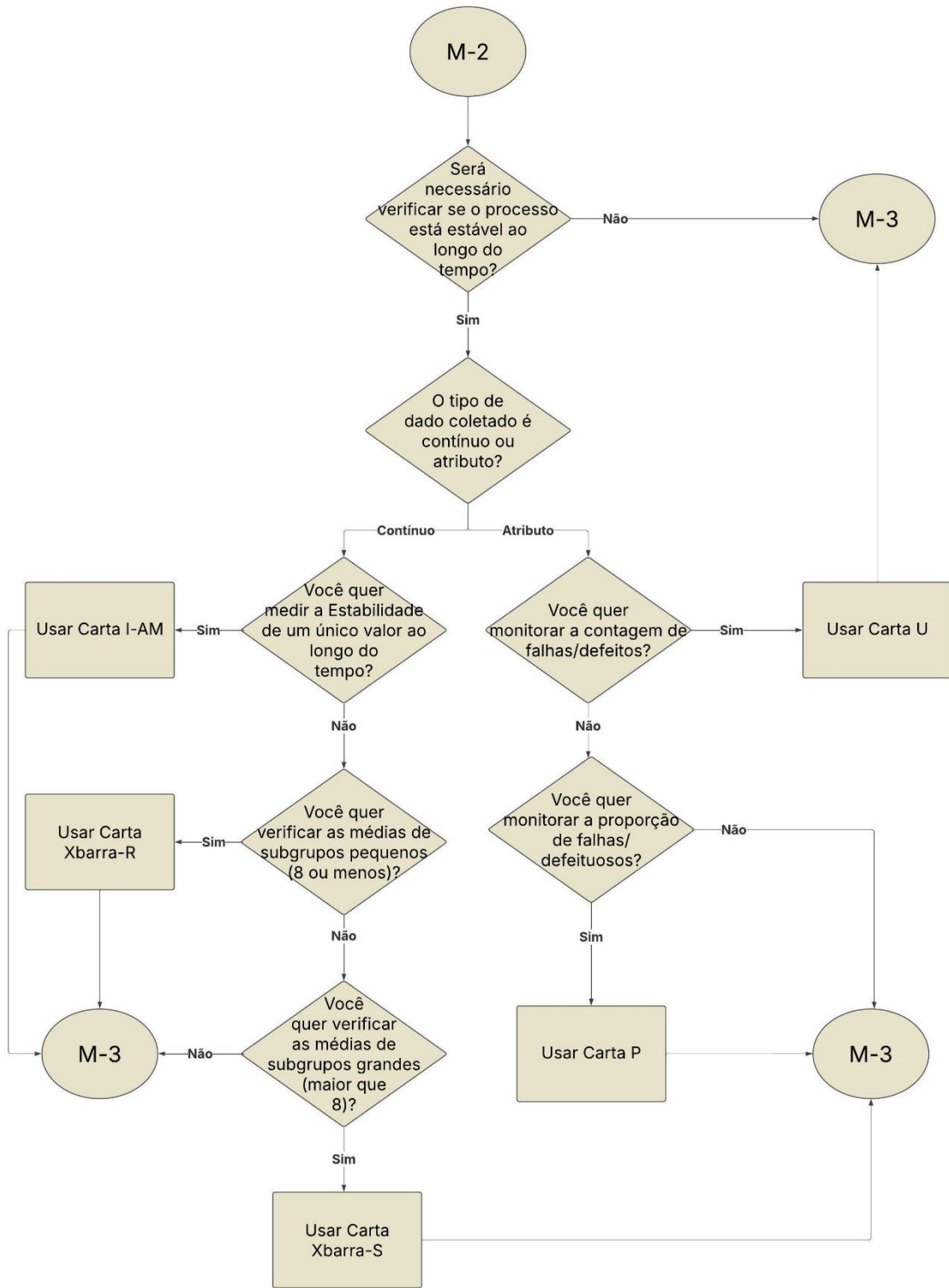


Fonte: Elaboração própria

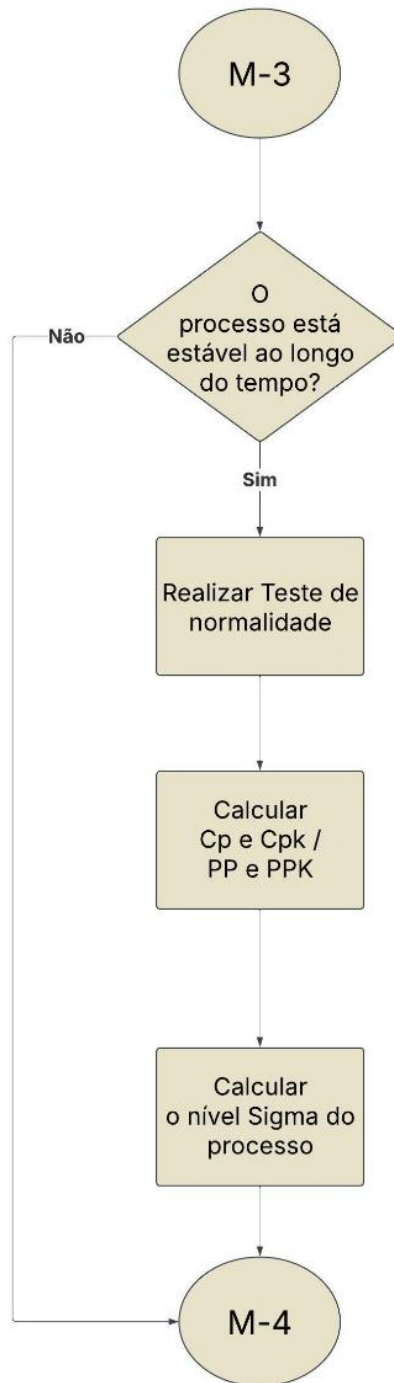
Fluxograma 3 - *Framework* Etapa Medir (Parte 2)

Fonte: Elaboração própria

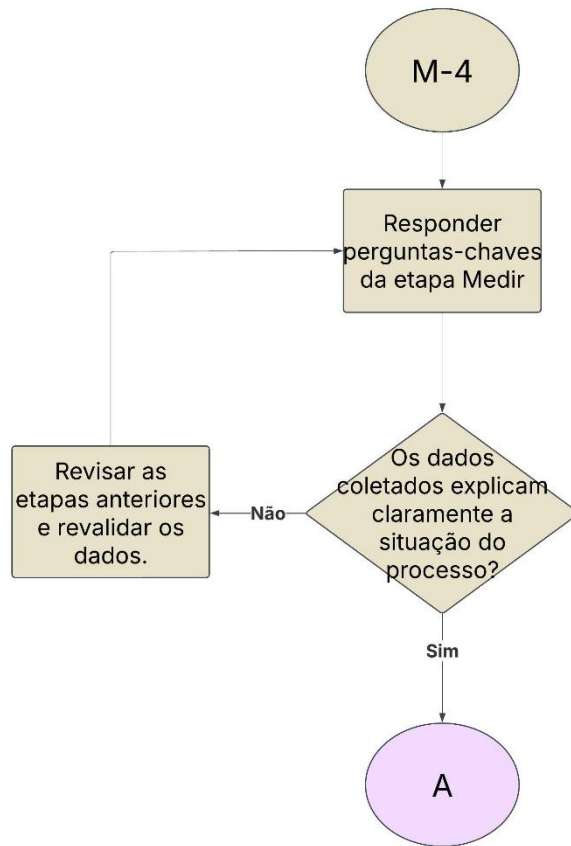
Fluxograma 4 - *Framework* Etapa Medir (Parte 3)



Fonte: Elaboração própria

Fluxograma 5 - *Framework* Etapa Medir (Parte 4)

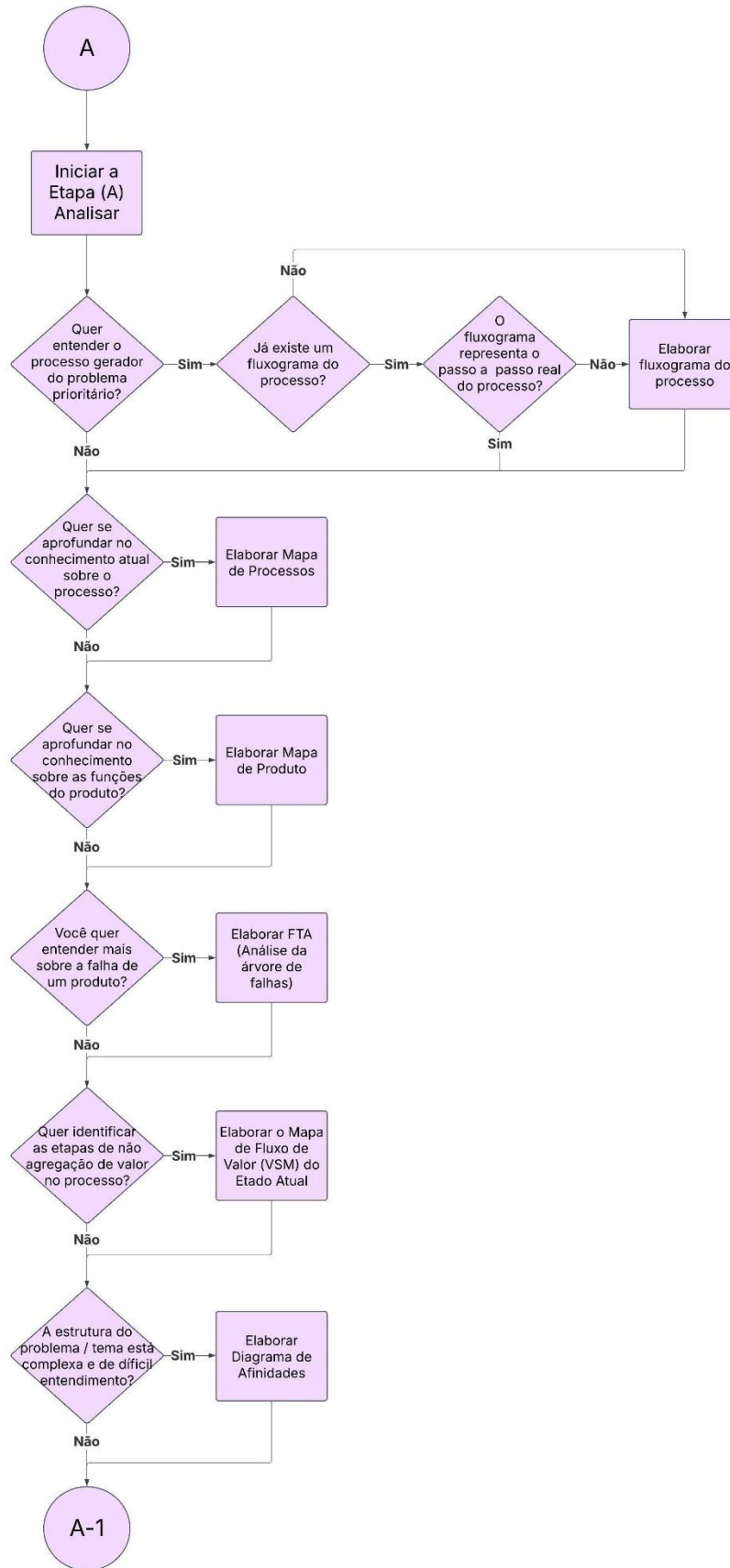
Fonte: Elaboração própria

Fluxograma 6 - *Framework* Etapa Medir (Parte 5)

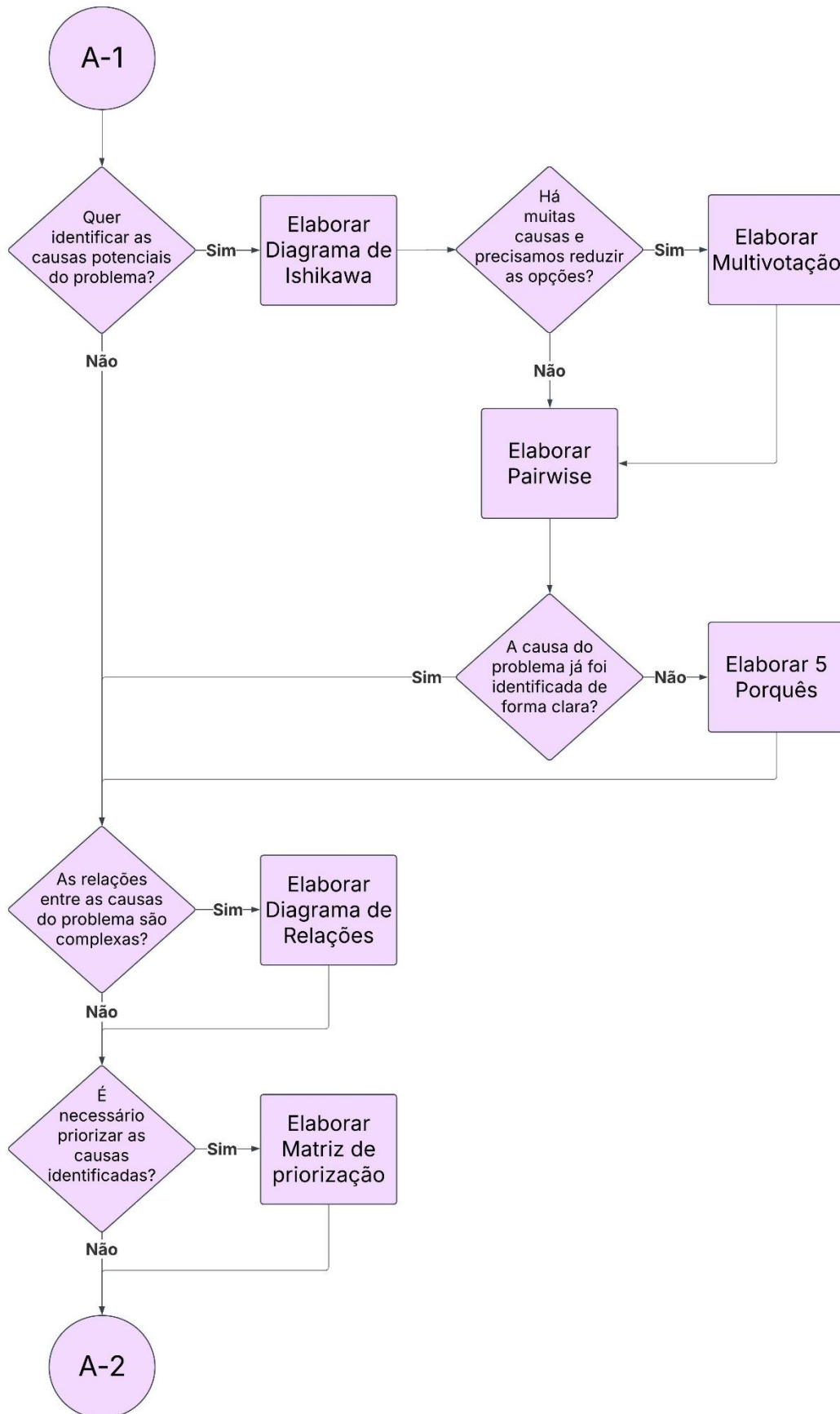
Fonte: Elaboração própria

O fluxograma da etapa “Analisar” teve como objetivo orientar o profissional, por meio de um processo de tomada de decisões, a escolher corretamente as ferramentas adequadas da etapa “Analisar”, de acordo com as especificidades de cada projeto de melhoria de processos, utilizando o método DMAIC. Conforme pode ser observado nos fluxogramas 7, 8, 9, 10 e 11.

Fluxograma 7 - *Framework* Etapa Analisar (Parte 1)

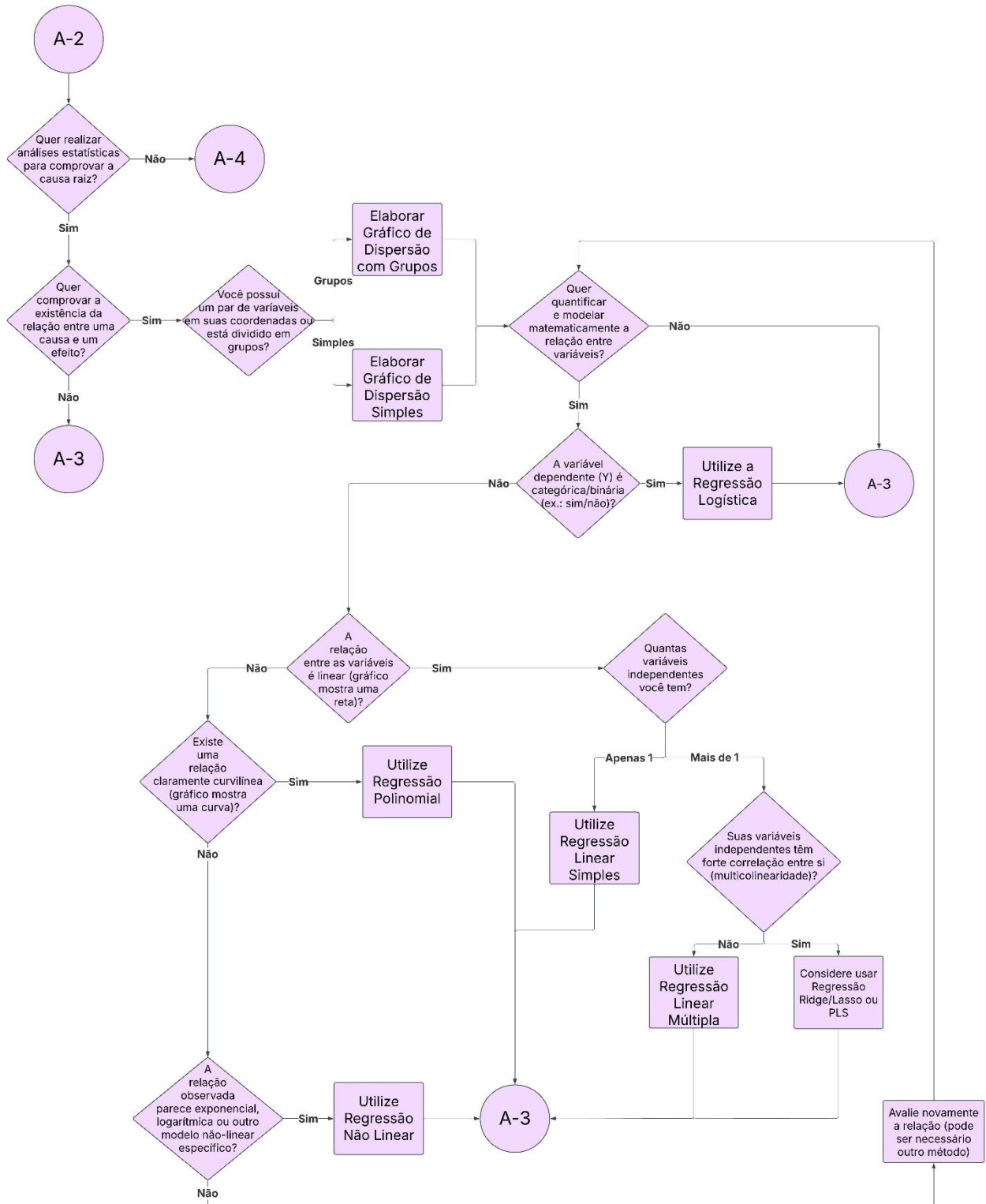


Fonte: Elaboração própria

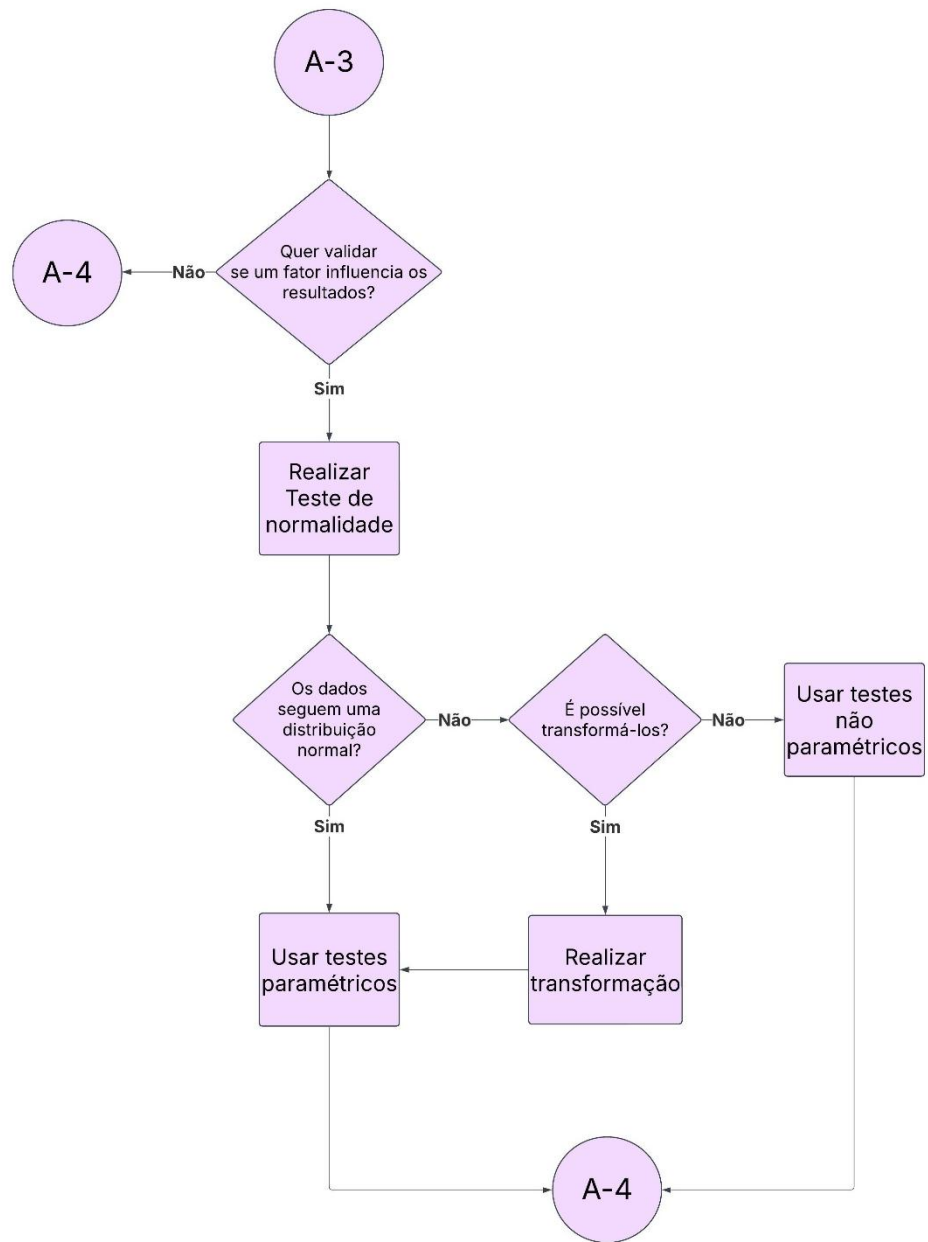
Fluxograma 8 - *Framework* Etapa Analisar (Parte 2)

Fonte: Elaboração própria

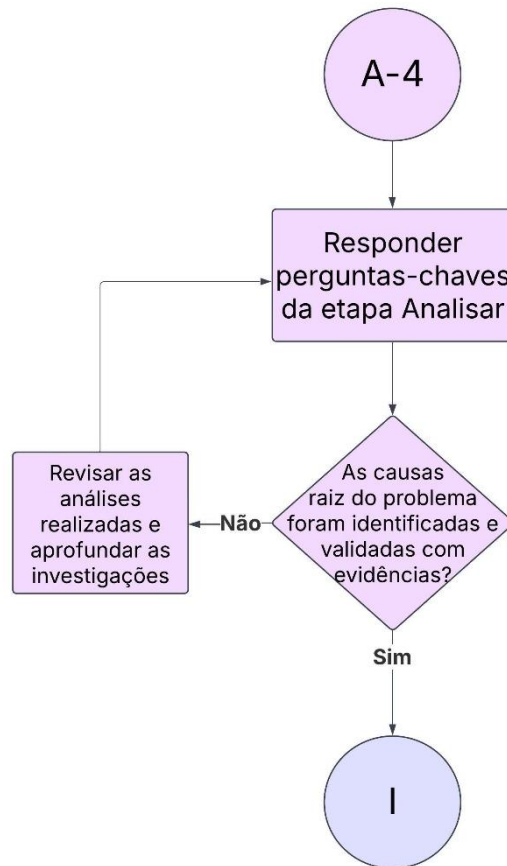
Fluxograma 9 - *Framework* Etapa Analisar (Parte 3)



Fonte: Elaboração própria

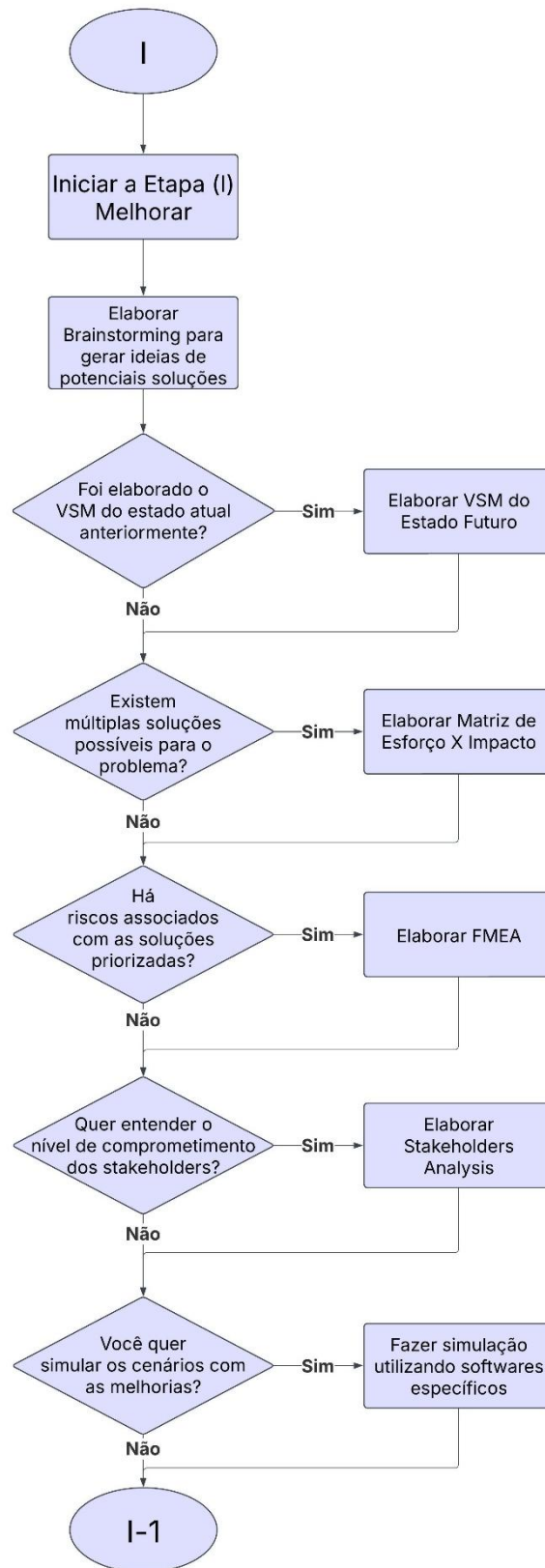
Fluxograma 10 - *Framework* Etapa Analisar (Parte 4)

Fonte: Elaboração própria

Fluxograma 11 - *Framework* Etapa Analisar (Parte 5)

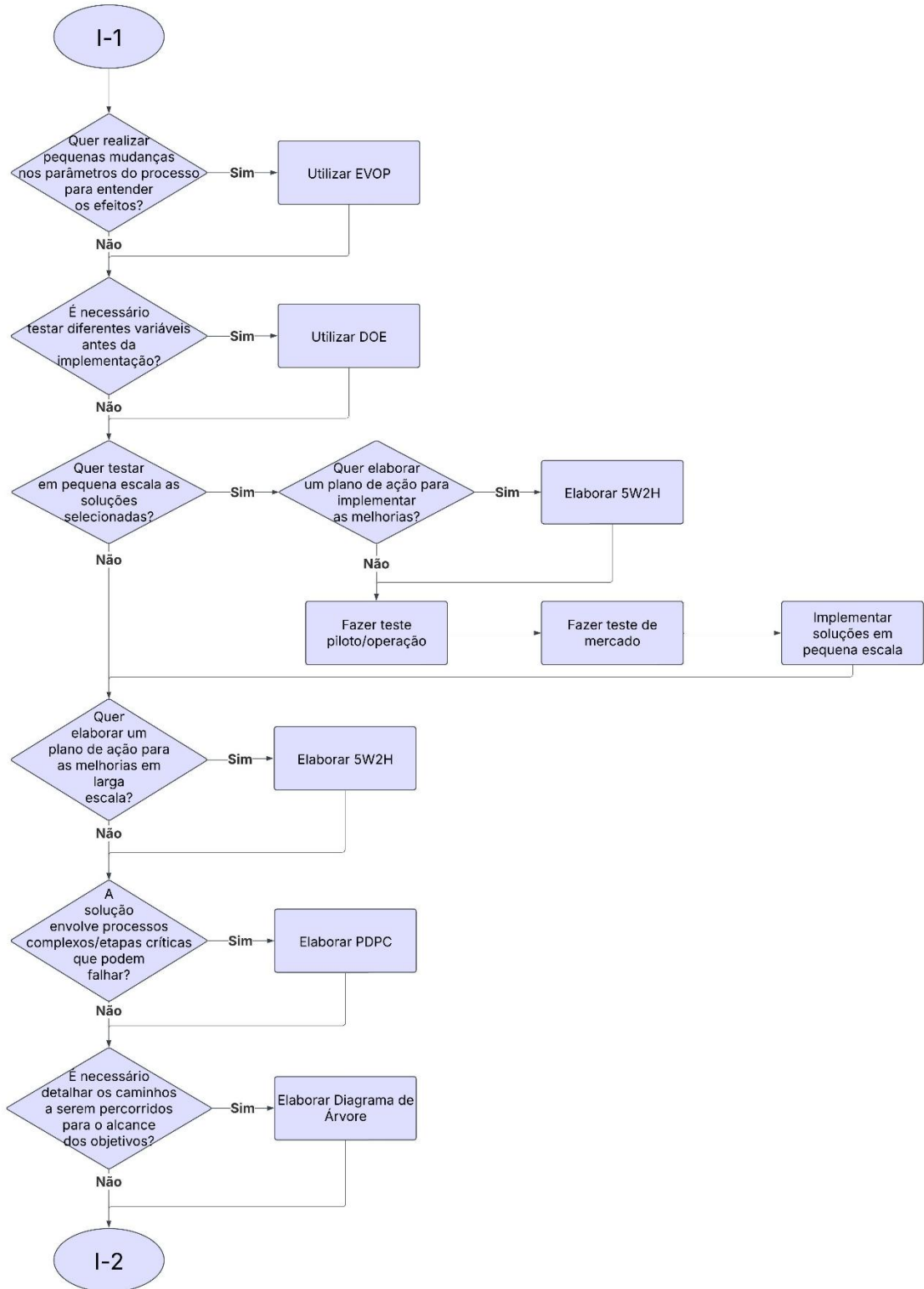
Fonte: Elaboração própria

O fluxograma da etapa “Melhorar” teve como objetivo orientar o profissional, por meio de um processo de tomada de decisões, a escolher corretamente as ferramentas adequadas da etapa “Melhorar”, de acordo com as especificidades de cada projeto de melhoria de processos, utilizando o método DMAIC. Conforme pode ser observado nos fluxogramas 12, 13 e 14.

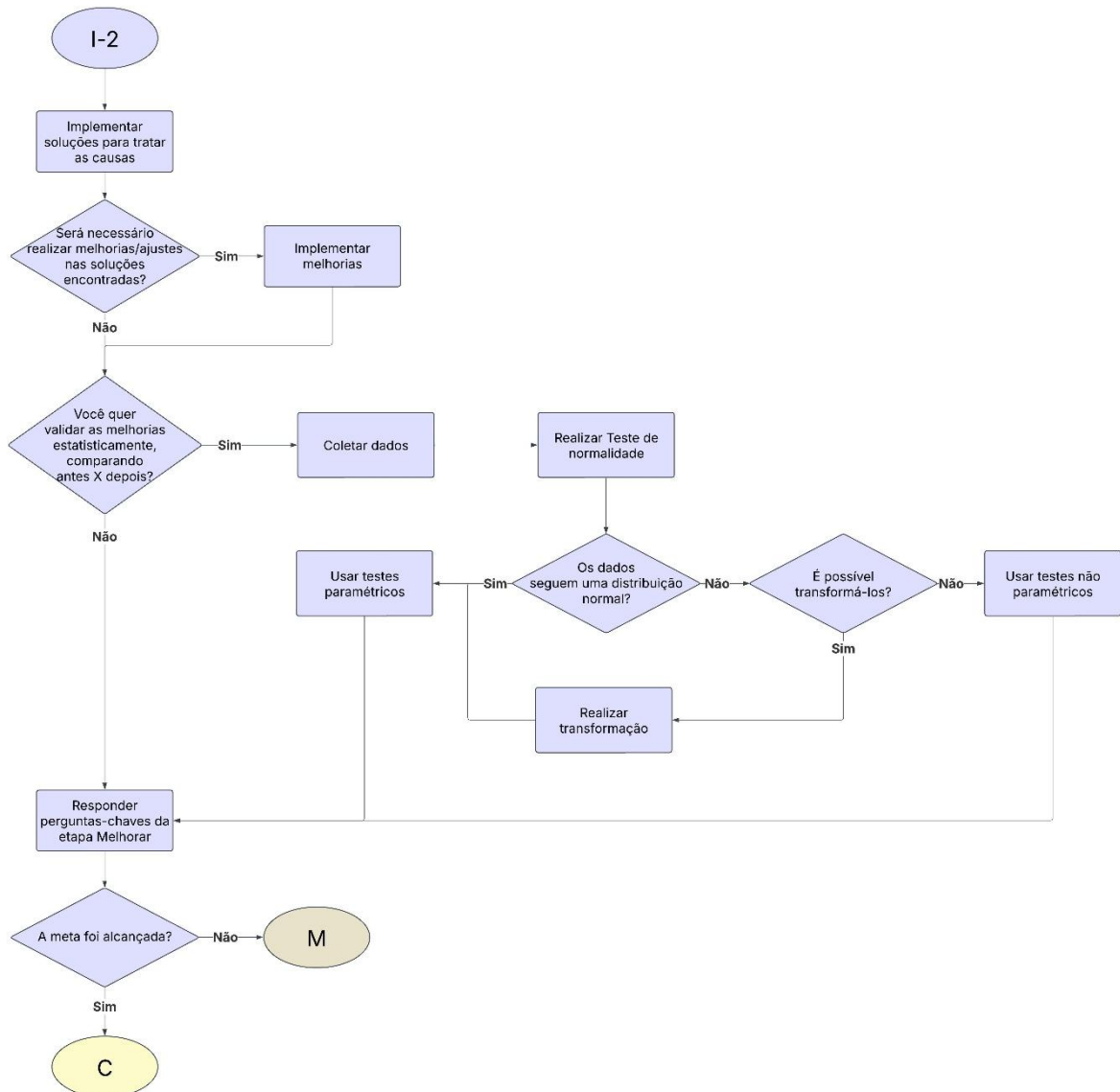
Fluxograma 12 - *Framework* Etapa Melhorar (Parte 1)

Fonte: Elaboração própria

Fluxograma 13 - *Framework* Etapa Melhorar (Parte 2)

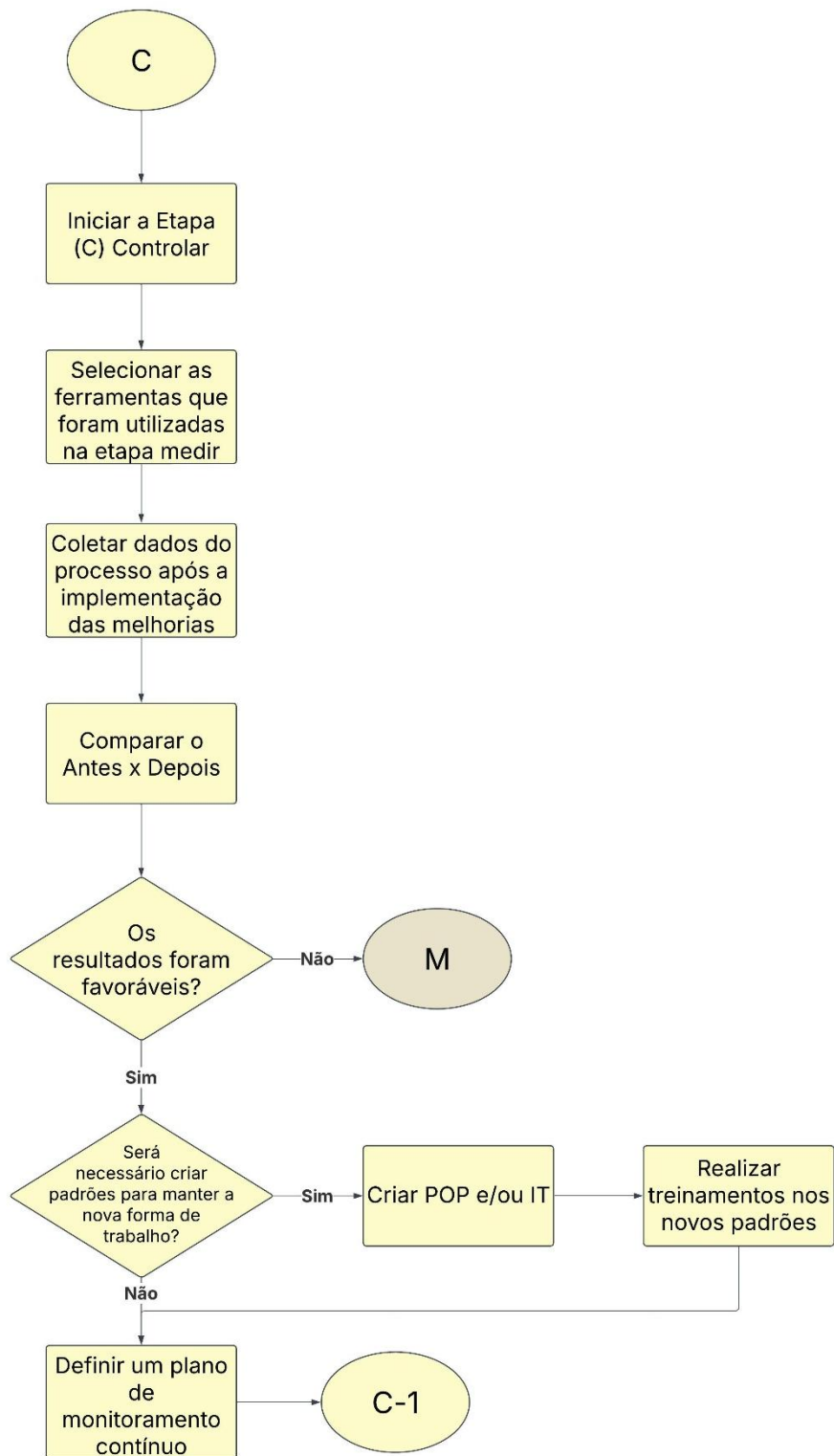


Fonte: Elaboração própria

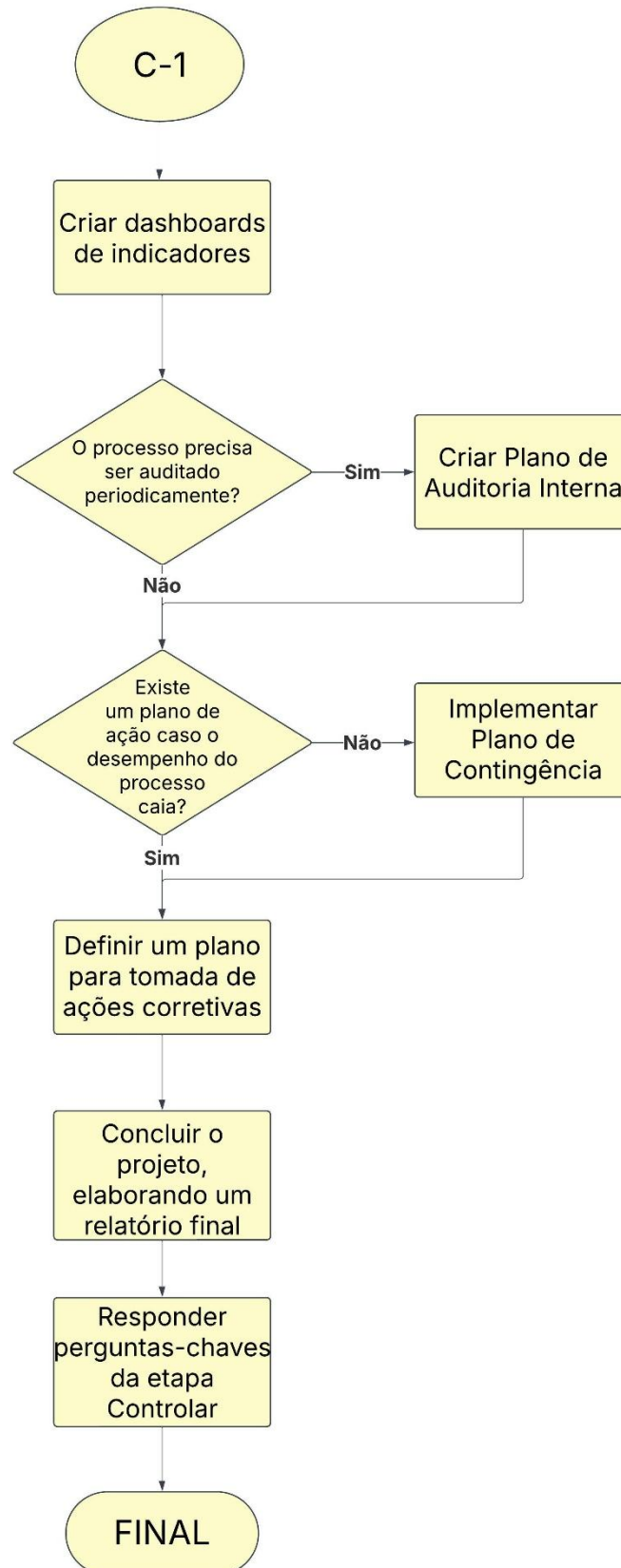
Fluxograma 14 - *Framework* Etapa Melhorar (Parte 3)

Fonte: Elaboração própria

O fluxograma da etapa “Controlar” teve como objetivo orientar o profissional, por meio de um processo de tomada de decisões, a escolher corretamente as ferramentas adequadas da etapa “Controlar”, de acordo com as especificidades de cada projeto de melhoria de processos, utilizando o método DMAIC. Conforme pode ser observado nos fluxogramas 15 e 16.

Fluxograma 15 - *Framework* Etapa Controlar (Parte 1)

Fonte: Elaboração própria

Fluxograma 16 -- *Framework* Etapa Controlar (Parte 2)

Fonte: Elaboração própria

Devido a grande quantidade de ferramentas associadas ao método DMAIC, o *framework* em formato de fluxogramas ficou extremamente grande e complexo, o que poderia causar ainda mais dúvidas para os profissionais da área do *Lean Six Sigma*.

Desta forma, seguindo a metodologia proposta por Eisenhardt (1989), focando na melhoria incremental, optou-se por reestruturar o *framework*, agora pensando em uma estrutura intuitiva, de fácil acesso e que facilitasse de fato a identificação de ferramentas adequadas para serem utilizadas em cada etapa do método DMAIC, considerando as características específicas dos projetos de melhoria de processos, com isso, surgiu o “*Framework Belt Flow*”, com o objetivo de facilitar sua aplicabilidade prática em projetos reais, auxiliando profissionais da área do *Lean Six Sigma*.

O “*Framework Belt Flow*” foi estruturado por meio do site “Jotform.com” que permite a criação de aplicativos “*No-Code*”, ou seja, sem precisar programar, permitindo que o usuário navegue pelas etapas do DMAIC, respondendo perguntas direcionadoras e com isso, visualize as ferramentas mais adequadas para o contexto do seu projeto.

Cabe ressaltar, que nessa versão do “*Framework Belt Flow*” foram adicionados modelos das principais ferramentas utilizadas para que fossem baixadas e utilizadas pelos profissionais, essa funcionalidade amplia o potencial de aplicação prática do *framework*, além de reforçar o seu papel como produto prático da pesquisa desenvolvida. A representação visual do “*Framework Belt Flow*” pode ser visualizada na figura abaixo:

Figura 14 – Representação visual do “*Framework Belt Flow*”



Fonte: Elaboração própria

A lógica do fluxo utilizado para a criação do “*Framework Belt Flow*” é a mesma utilizada na criação do *framework* inicial, que foi mostrada por meio dos fluxogramas de 1 a 16, apresentados anteriormente, ou seja, os fluxogramas de 1 a 16 foram a base conceitual para o aplicativo interativo. O acesso ao “*Framework Belt Flow*” pode ser realizado por meio do *QR Code* abaixo ou por meio do *hiperlink*: <https://app.jotform.com/250746193383664>, seu acesso é mantido pela autora para fins de disseminação do conhecimento.

Figura 15 – Acesso ao “*Framework Belt Flow*”



Fonte: Elaboração própria. Acesso em Abril/2025.

### 5.6.2 Fundamentação da hipótese

Avançando na metodologia de Eisenhardt (1989), nesse momento foi necessário fundamentar o “*Framework Belt Flow*” diretamente nos padrões identificados durante as análises intra e inter-casos.

Conforme visto anteriormente, os participantes da pesquisa relataram dificuldades na escolha das ferramentas associadas as etapas do método DMAIC, e essa dificuldade surge devido à grande quantidade de ferramentas associadas as etapas e devido à falta de clareza sobre quais critérios utilizar para selecionar as ferramentas, de acordo com a etapa do método DMAIC.

As análises realizadas demonstraram que as dificuldades são enfrentadas por profissionais de todos os níveis de conhecimento, além de mostrar que as etapas “Analisar” e “Medir” são as consideradas mais desafiadoras.

Durante as análises da pesquisa também foi identificado que a ausência de um *framework* estruturado que relacione as ferramentas disponíveis, com cada etapa do método DMAIC pode resultar na escolha de ferramentas incorretas, como já ocorreu com todos os participantes da pesquisa que possuem experiência com projetos utilizando o método DMAIC de maneira prática.

Sendo assim, torna-se evidente a existência de uma lacuna metodológica prática, e devido a isso, propõem-se a utilização do “*Framework Belt Flow*”, um *framework* estruturado, sequencial e prático, que foi elaborado à partir das evidências coletadas com o objetivo de apoiar a escolha das ferramentas adequadas para serem utilizadas em cada etapa do método DMAIC, de acordo com as particularidades de cada projeto de melhoria de processos.

Desta forma, a hipótese teórica proposta por essa pesquisa é:

“A utilização do “*Framework Belt Flow*” auxilia na identificação de ferramentas adequadas para serem utilizadas em cada etapa do método DMAIC, de acordo com cada projeto de melhoria de processos.”

Essa hipótese foi explorada e validada no subcapítulo 5.7 por meio da comparação com a literatura existente e no subcapítulo 5.8, por meio de avaliações do *framework* por parte dos próprios participantes da pesquisa.

## 5.7 *Enfolding Literature* – Abrangendo a literatura

Após a elaboração do “*Framework Belt Flow*”, a definição da hipótese teórica proposta por essa pesquisa e seguindo a metodologia de Eisenhardt (1989), tornou-se indispensável comparar essa hipótese com a literatura existente, com o objetivo de identificar convergências, contradições e lacunas.

Com esse propósito, foi conduzida uma revisão de literatura integrativa seguindo os procedimentos metodológicos descritos por Souza et al. (2010), com o objetivo de identificar se existiam *frameworks*, *checklists* ou fluxogramas na literatura para orientar as escolhas de quais ferramentas utilizar em cada etapa do método DMAIC, do *Lean Six Sigma*, de acordo com cada projeto especificamente.

### 5.7.1 Revisão de literatura integrativa

Nos subcapítulos à seguir, foram detalhadas todas as fases da revisão de literatura integrativa. Vale ressaltar que o trabalho de Souza et al. (2010) é direcionado para outra grande área (Saúde), desta forma, foram realizadas adaptações para que fosse possível utilizar a metodologia de revisão de literatura integrativa descrita pelo autor, na área de pesquisa deste estudo.

#### 5.7.1.1 Primeira Fase: elaboração da pergunta norteadora

A pergunta norteadora definida foi:

“Quais os *frameworks*, *checklists* ou fluxogramas existem na literatura para orientar as escolhas de quais ferramentas utilizar em cada etapa do método DMAIC, do *Lean Six Sigma*, de acordo com cada projeto especificamente?”

A definição dessa questão foi essencial para que as pesquisas sobre o assunto fossem conduzidas de maneira correta e direcionada.

#### 5.7.1.2 Segunda Fase: busca ou amostragem na literatura

A busca por materiais científicos foi realizada em duas bases de dados, a primeira foi a *Web of Science* e a segunda, a BDTD (Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações),

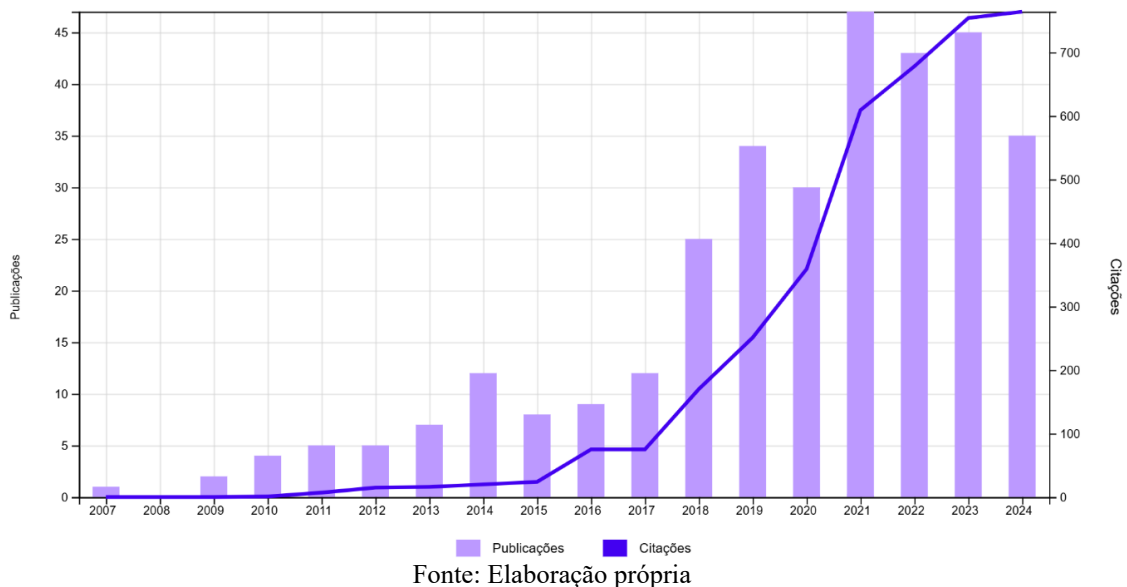
permitindo assim mapear o estado da arte sobre o tema abordado baseado em duas importantes bases de dados acadêmicos.

A escolha pela *Web of Science* se deu devido a sua relevância para a área acadêmica, visto que nela foi possível buscar publicações relevantes para as diversas áreas do conhecimento. Já a escolha pela BDTD permitiu ampliar o escopo da revisão de literatura, incorporando teses e dissertações relacionados ao tema central deste trabalho.

#### 5.7.1.2.1 Buscas na *Web of Science*

Durante as buscas realizadas na *Web of Science* foram utilizados os termos de busca DMAIC AND “*Lean Six Sigma*”. Assim, foram encontradas 324 publicações e 3.820 citações que envolvessem as palavras-chave DMAIC e *Lean Six Sigma*. A busca realizada na *Web of Science* confirmou a relevância do tema de pesquisa para os dias atuais, devido a crescente quantidade de publicações e citações sobre o tema, conforme é ilustrado no gráfico 6.

Gráfico 6 – Número de citações e publicações ao longo do tempo (2007 – 2024)



No gráfico 6 o eixo x representa os anos, o eixo y esquerdo representa as publicações e o eixo y direito representa as citações. A linha azul representa a quantidade de citações, mostrando um crescimento consistente ao longo dos anos, com foco especial à partir de 2017. As barras representam as quantidades de publicações sobre o tema *Lean Six Sigma* e DMAIC, por ano, onde foi possível observar que o ano de 2021 foi o ano onde ocorreu o maior pico de

interesse dos pesquisadores por publicarem materiais sobre o assunto, foram 47 publicações e 609 citações.

Com o objetivo de filtrar e identificar os trabalhos mais relevantes para a revisão de literatura deste trabalho, foram incluídos os seguintes critérios de busca na pesquisa da *Web of Science*:

- a) Período de publicação (01/01/2020 à 31/12/2024);
- b) Idioma (inglês e português).

A figura 16 mostra todos os critérios utilizados nessa busca.

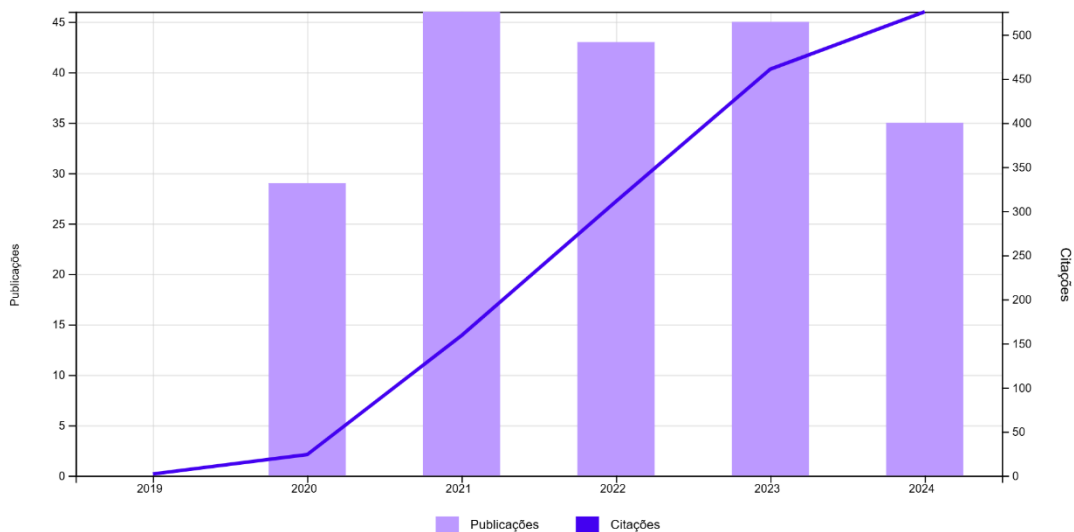
Figura 16 – Critérios de busca *Web of Science*

The screenshot shows the search criteria for a Web of Science query. It includes a search bar with the text "DMAIC", a second search bar with "Lean Six Sigma", a language filter set to "Portuguese" and "English", and a date range filter from "2020-01-01" to "2024-12-31". There are buttons for "Adicionar linha", "Pesquisa avançada", "Limpar", and "Pesquisar".

Fonte: Elaboração própria

Por meio dos critérios estabelecidos, foram encontradas 198 publicações e 1.487 citações, conforme pode ser observado no gráfico 7:

Gráfico 7 – Número de citações e publicações ao longo do tempo (2020 – 2024)



Fonte: Elaboração própria

No gráfico 7, assim como no gráfico 6 o eixo x representa os anos, o eixo y esquerdo representa as publicações e o eixo y direito representa as citações. As barras representam as quantidades de publicações sobre o tema *Lean Six Sigma* e DMAIC, por ano, agora, considerando os critérios estabelecidos. Nota-se que com os novos critérios de busca, houve uma redução na quantidade de materiais científicos encontrados, porém, esse número de redução não foi tão expressivo, visto que a maior parte dos materiais sobre o tema foram desenvolvidos durante os últimos 5 anos, mostrando a relevância do tema *Lean Six Sigma* e DMAIC para a atualidade.

Com o objetivo de identificar quais publicações de fato possuíam relevância para a pergunta norteadora definida no subcapítulo 5.7.1.1, foram adicionados novos termos de busca combinados com operadores booleanos. Os termos adicionados foram combinados com o operador *OR* e *\** para que fosse possível abranger sinônimos e possíveis variações da palavra. Os termos adicionados foram: *framework\** OR *check\** OR *fluxogram\** OR *tool\** OR *map\** OR *flowchart*. A figura 17 mostra como ficaram definidos os critérios de busca:

Figura 17 – Novos critérios de busca *Web of Science*

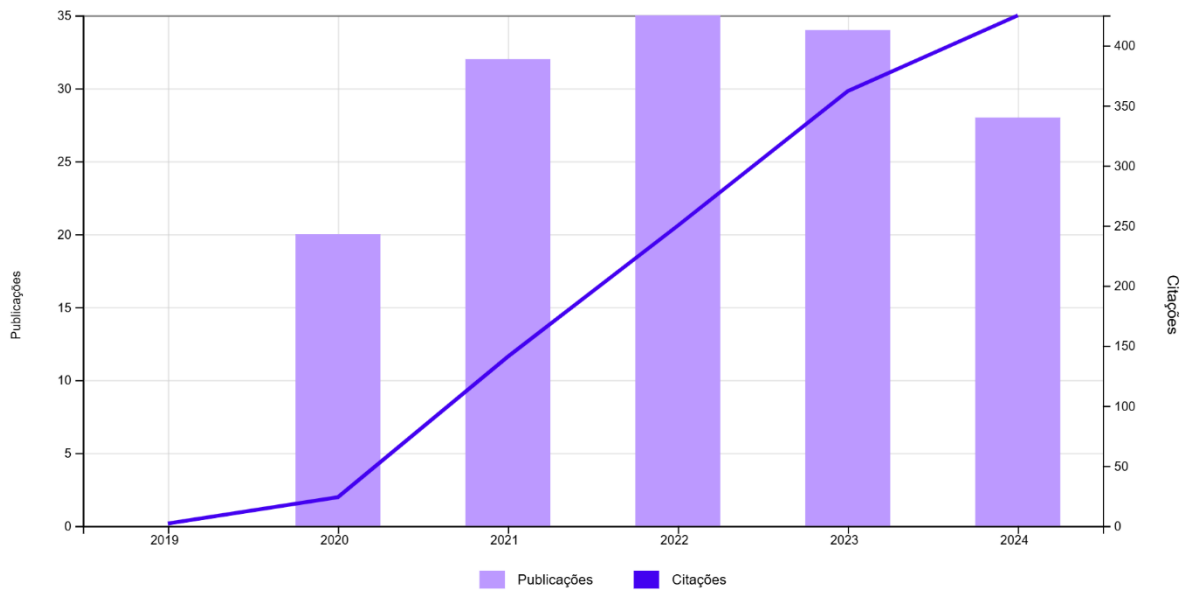
The screenshot displays the Web of Science search interface with the following criteria:

- Search Field:** Todos os campos (Dropdown)
- Search Term:** DMAIC AND "Lean Six Sigma" (Text input)
- Operator:** And (Dropdown)
- Search Field:** Todos os campos (Dropdown)
- Search Term:** framework\* OR check\* OR fluxogram\* OR tool\* OR map\* OR flowchart (Text input)
- Operator:** And (Dropdown)
- Language:** Idioma (Dropdown) with selected options: Portuguese OR English (Buttons)
- Date Range:** Data de publicação (Dropdown) from 2020-01-01 (Text input) até 2024-12-31 (Text input)
- Buttons:** + Adicionar linha, Pesquisa avançada, x Limpar, and Pesquisar.

Fonte: Elaboração própria

Com os novos critérios de busca estabelecidos, foram encontrados 149 publicações e 1.209 citações, conforme pode ser observado no gráfico 8:

Gráfico 8 – Número de citações e publicações ao longo do tempo (2020 – 2024)



Fonte: Elaboração própria

No gráfico 8, é possível observar que com os novos critérios de busca adicionados, houve uma redução no número de publicações, onde só foram listadas publicações que possuem palavras similares as apresentadas na pergunta norteadora.

Em seguida, foram realizadas as leituras dos títulos e resumos de cada uma das 149 publicações, nesse momento o objetivo era identificar publicações com títulos/resumos relevantes para a pergunta norteadora, porém, de todas as 149 publicações analisadas nenhuma foi capaz de responder de fato a pergunta norteadora: “Quais os *frameworks*, *checklists* ou fluxogramas existem na literatura para orientar as escolhas de quais ferramentas utilizar em cada etapa do método DMAIC, do *Lean Six Sigma*, de acordo com cada projeto especificamente?”.

Notou-se que a grande maioria das publicações focou em utilizar o método DMAIC como um método de aplicação de estudo de casos específicos. Outras publicações tiveram como foco a integração do *Lean Six Sigma* com áreas específicas, como sustentabilidade, saúde, tecnologia da informação e indústria 4.0, mas nenhuma das publicações analisadas teve como foco mostrar estruturas que permitam facilitar a escolha das ferramentas associadas ao método DMAIC, conforme foi o foco desta pesquisa.

#### 5.7.1.2.2 Buscas na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações

Inicialmente nas buscas realizadas no BDTD utilizou-se os mesmos termos de busca utilizados anteriormente na *Web of Science*, conforme a seguir:

- a) Termos: *Lean Six Sigma* AND DMAIC
- b) Termos: *framework\** OR *check\** OR *fluxogram\** OR *tool\** OR *map\** OR *flowchart*
- c) Período de publicação (01/01/2020 à 31/12/2024);
- d) Idioma (inglês e português).

A figura 18 mostra todos os critérios utilizados nessa busca:

Figura 18 – Critérios iniciais de busca BDTD

The screenshot displays the BDTD search interface with the following elements:

- Correspondência da busca:** A dropdown menu set to "TODOS os termos".
- Busca por:** Two search input fields. The first contains "Lean Six Sigma" AND DMAIC" and the second contains "framework\* OR check\* OR fluxogram\* OR tool\* OR map\* OR flowchart". Both dropdowns are set to "Todos os campos".
- Adicionar campo de busca** and **Adicionar outros campos de busca** links.
- Limpar** and **Buscar** buttons.
- Limitar a:**
  - Idioma:** A list box with options: Espanhol, Francês, Inglês (highlighted), Italiano, Multi-Idiomas, N/A, Português.
  - Tipo de documento:** A list box with options: Dissertação, Relatório, Tese.
- Ilustrado:** Radio buttons for "Possui ilustrações", "Não ilustrado", and "Sem preferência" (selected).
- Ano da publicação:** "De:" field with "2020" and "Até:" field with "2024", accompanied by a range slider.
- Additional **Limpar** and **Buscar** buttons at the bottom.

Fonte: Elaboração própria

Porém, por meio dos critérios estabelecidos foram encontradas apenas 9 publicações, com isso optou-se por ampliar o campo de busca, adicionando o termo de busca "*model\**" (para abranger sinônimos de modelo), retirando a limitação do período de publicação e alterando o operador booleano *AND* para *OR* entre *Lean Six Sigma* e DMAIC, permitindo que a busca encontrasse publicações que incluam apenas um desses termos. Os critérios finais de busca utilizados na BDTD podem ser observados na figura 19.

Figura 19 – Critérios finais de busca BDTD

**Correspondência da busca:**  
 TODOS os termos

**Busca por:**  
 "Lean Six Sigma" OR DMAIC Todos os campos ✖  
 model\* OR framework\* OR check\* OR fluxogram\* OR tool\* OR map\* OR flowchart Todos os campos ✖

Adicionar campo de busca  
 Adicionar outros campos de busca

Limpar Buscar

**Limitar a:**

**Idioma:**  
 Espanhol  
 Espanhol  
 Francês  
 Francês  
 Inglês  
 Italiano  
 Multi-Idiomas  
 N/A  
 Português  
 Português

**Tipo de documento:**  
 Dissertação  
 Relatório  
 Tese

**Ilustrado:**  
 Possui ilustrações  
 Não ilustrado  
 Sem preferência

**Ano da publicação:**  
 De: Até:  
 Limpar Buscar

Fonte: Elaboração própria

Com os novos termos de busca foram encontradas 114 publicações que seguiram para a leitura dos títulos e resumos, e em seguida, essas publicações foram separadas em duas categorias:

- a) Publicações com títulos/resumos relevantes para a pergunta norteadora;
- b) Publicações com títulos/resumos não relevantes para a pergunta norteadora.

Por meio dessa seleção, foi possível identificar que apenas 4 publicações possuíam títulos/resumos considerados relevantes para a pergunta norteadora definida em 5.7.1.1. Essas publicações seguiram então para a leitura completa.

Por meio da leitura completa tornou-se possível identificar nas publicações os objetivos, métodos e resultados de cada publicação.

### 5.7.1.3 Terceira Fase: coleta de dados

Nessa fase o objetivo foi extrair as informações das publicações com o objetivo de responder a pergunta norteadora definida em 5.7.1.1, para isso, foi necessário elaborar um instrumento de extração de dados, com os seguintes dados:

- a) Título;

- b) Autor(es);
- c) Ano;
- d) Objetivos;
- e) Métodos;
- f) Principais resultados/pontos;
- g) Contribuição para o tema.

O instrumento de extração de dados elaborado pode ser visualizado no Quadro 3.

Quadro 3 – Instrumento de extração de dados

Título	Autor(es)	Ano	Objetivos	Métodos	Principais resultados/pontos	Contribuição para o tema
Metodologia Lean Six Sigma: um modelo para implementação	Cleary Marquezini Lemos	2010	<p><b>Geral:</b> Proporcionar um entendimento sobre os conhecimentos, habilidades e razões chave da metodologia LEAN SIX SIGMA dentro das organizações, destacando não só seus componentes técnicos, mas seus aspectos intrínsecos ligados à cultura e à forma de pensar, necessários para o sucesso no processo de sua implementação.</p> <p><b>Específico:</b> Propor um modelo de implementação do LSS que seja prático para aplicação nas empresas e forneça base para o desenvolvimento da cultura organizacional necessária à sua adoção, sugerindo ainda a aferição do desenvolvimento do processo e o resultado deste através do uso de alguns indicadores de desempenho operacional, competitivo e de alinhamento estratégico.</p>	Pesquisa exploratória ; Enfoque prescritivo.	Criação de um modelo de implementação do Lean Six Sigma, focado em: 1 - Preparação da organização; 2 - Identificação dos conhecimentos fundamentais; 3 - Transferência do conhecimento; 4 - Verificação do resultado.	Esse trabalho contribui com base conceitual sobre o tema. Além disso, o trabalho levanta questões sobre a abordagem superficial da literatura sobre o tema Lean Six Sigma. Isso é relevante para o projeto desta dissertação, visto que pode-se preencher essa lacuna com a criação do framework.
Proposta de um framework para a condução de projetos de simulação a eventos discretos integrando Lean Six Sigma	Jonathan Serafim Lúcio	2023	<p><b>Geral:</b> Este trabalho tem como objetivo propor um framework, que integre as etapas de desenvolvimento de um projeto de SED com os conceitos e as atividades relacionadas ao LSS, bem como a estrutura DMAIC, de maneira que os dois métodos possam ser executados de forma complementar, visando a melhoria de projetos de simulação em quaisquer áreas e segmentos onde este possa ser aplicado.</p> <p><b>Específicos:</b> Realizar uma revisão sistemática da literatura sobre a integração dos temas: SED e LSS; Propor um framework integrado de SED e LSS; Submeter o framework proposto para avaliação de especialistas; Avaliar os resultados obtidos e validar o framework proposto.</p>	Pesquisa de natureza aplicada, com normativo e com abordagem quali-quantitativa.	Framework para condução de projetos de SED (Simulação de Eventos Discretos) integrando LSS (Lean Six Sigma).	Esse trabalho contribui com base conceitual sobre o tema. Além de mostrar a condução da criação e validação de um framework.
Modelo de referência para estruturar o programa de qualidade seis sigma: proposta e avaliação	Adriana Barbosa Santos	2006	<p><b>Geral:</b> propor um Modelo de Referência para estruturar o PQSS.</p> <p><b>Específicos:</b> - Propor uma definição de Seis Sigma condizente com o uso combinado da visão estatística e estratégica do PQSS; - Compreender de que forma o PQSS se inter-relaciona com as estratégias de elevação do desempenho organizacional e qual é o seu papel para que o Seis Sigma seja uma iniciativa de melhoria da qualidade eficaz; - Compreender como a visão e a estratégia afetam a definição dos projetos Seis Sigma; - Explicitar um Modelo de Referência para estruturar o PQSS e avaliar a relevância dos componentes essenciais do modelo.</p>	Método Indutivo, pesquisa teórico-conceitual e estudo de caso.	Modelo de referência para estruturar o PQSS (Programa de Qualidade Seis Sigma).	Esse trabalho contribui com base conceitual sobre o tema. Além de mostrar o modelo de referência criado.
Um modelo de referência para melhoria de processos industriais usando conceitos seis sigma	Liliana Rios Velandia	2006	<p><b>Geral:</b> elaborar um modelo de referência para detecção, eliminação e prevenção de eventuais anomalias nos processos técnicos de manufatura, baseado na Metodologia Seis Sigma e apoiado nas práticas básicas da rotina do dia-a-dia. <b>Específicos:</b> conciliar as práticas da rotina do dia-a-dia com a Metodologia Seis Sigma através do modelo, para fortalecer a tarefa de eliminação de anomalias ou solução de problemas, dos grupos de melhoria das empresas de manufatura, com o intuito de não isolar o ciclo DMAIC, das práticas básicas de eliminação de desperdício e padronização, que por sua vez oferecem uma contribuição importante na redução de defeitos e no funcionamento normal das operações.</p>	Estudo de caso.	Criação de um modelo de referência e de um manual de procedimentos.	Esse trabalho contribui com base conceitual sobre o tema. Além de mostrar o modelo de referência criado.

Fonte: Elaboração própria

#### 5.7.1.4 Quarta Fase: análise crítica dos estudos incluídos

Nessa fase, o objetivo foi avaliar a qualidade e relevância das publicações que foram coletadas. De acordo com Souza et al. (2010, p. 104), “esta fase demanda uma abordagem organizada para ponderar o rigor e as características de cada estudo”, os autores ainda propõem uma hierarquia para classificar as publicações divididas em níveis, que foram adaptados, e foram utilizados neste projeto:

- a) Nível 1: evidências resultantes da meta-análise de múltiplos estudos;
- b) Nível 2: evidências obtidas em estudos individuais com delineamento experimental;
- c) Nível 3: evidências de estudos quase-experimentais;
- d) Nível 4: evidências de estudos descritivos (não-experimentais) ou com abordagem qualitativa;
- e) Nível 5: evidências provenientes de relatos de caso ou de experiência;
- f) Nível 6: evidências baseadas em opiniões de especialistas.

Com essas definições claras, foi inserida uma nova coluna no instrumento de extração de dados que foi elaborado em 5.7.1.3, realizando a análise e classificação de cada uma das publicações selecionadas. O instrumento de extração de dados com a classificação de nível, pode ser visualizado no Quadro 4.

Quadro 4 – Instrumento de extração de dados com classificação

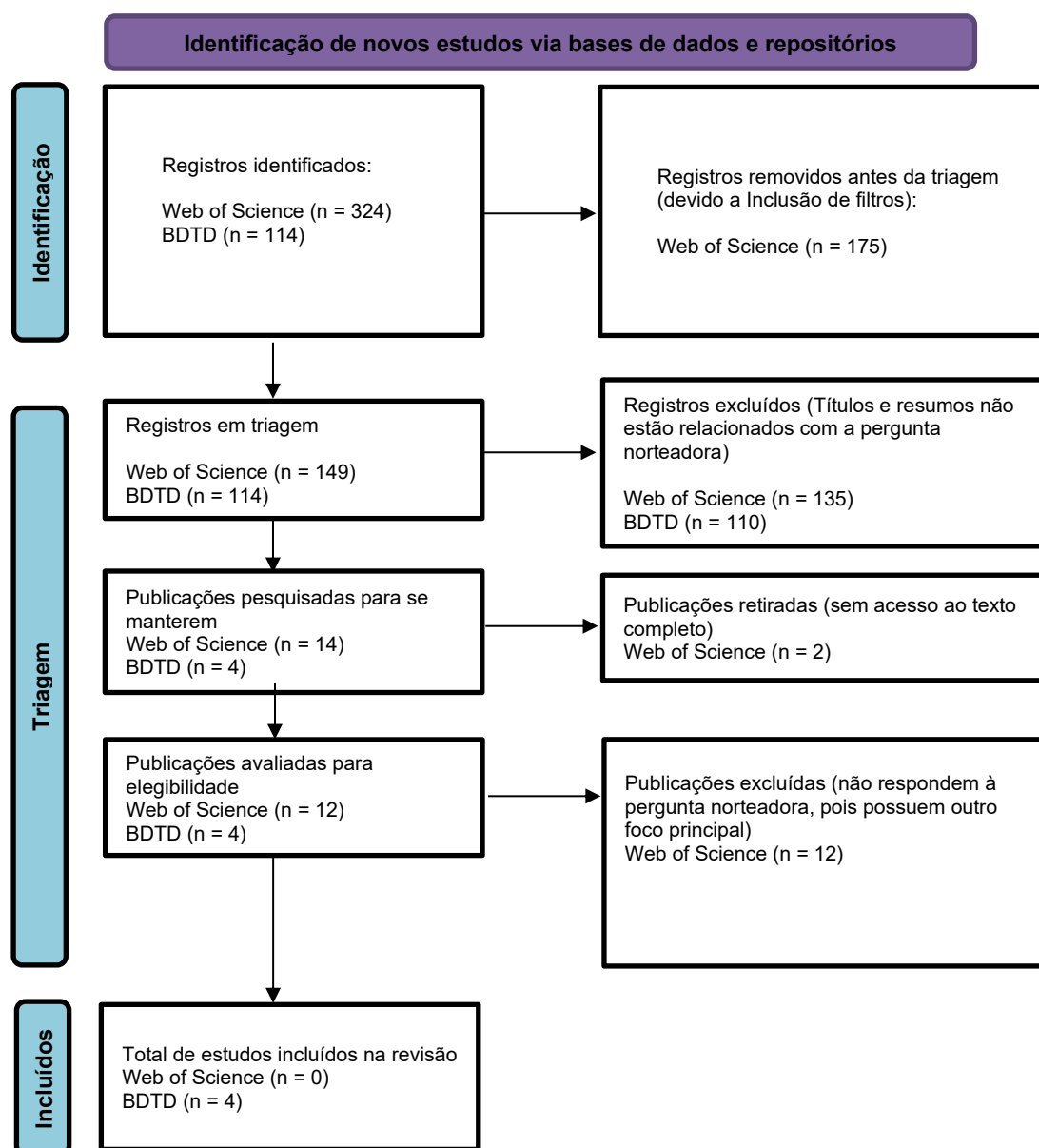
Título	Autor(es)	Ano	Objetivos	Métodos	Principais resultados/pontos	Contribuição para o tema	Nível
Metodologia Lean Six Sigma: um modelo para implementação	Cleary Marquezini Lemos	2010	<p><b>Geral:</b> Proporcionar um entendimento sobre os conhecimentos, habilidades e razões chave da metodologia LEAN SIX SIGMA dentro das organizações, destacando não só seus componentes técnicos, mas seus aspectos intrínsecos ligados à cultura e à forma de pensar, necessários para o sucesso no processo de sua implementação.</p> <p><b>Específico:</b> Propor um modelo de implementação do LSS que seja prático para aplicação nas empresas e forneça base para o desenvolvimento da cultura organizacional necessária à sua adoção, sugerindo ainda a aferição do desenvolvimento do processo e o resultado deste através do uso de alguns indicadores de desempenho operacional, competitivo e de alinhamento estratégico.</p>	Pesquisa exploratória ; Enfoque prescritivo.	Criação de um modelo de implementação do Lean Six Sigma, focado em: 1 - Preparação da organização; 2 - Identificação dos conhecimentos fundamentais; 3 - Transferência do conhecimento; 4 - Verificação do resultado.	Esse trabalho contribui com base conceitual sobre o tema. Além disso, o trabalho levanta questões sobre a abordagem superficial da literatura sobre o tema Lean Six Sigma. Isso é relevante para o projeto desta dissertação, visto que pode-se preencher essa lacuna com a criação do framework.	Nível 4
Proposta de um framework para a condução de projetos de simulação a eventos discretos integrando Lean Six Sigma	Jonathan Serafim Lúcio	2023	<p><b>Geral:</b> Este trabalho tem como objetivo propor um framework, que integre as etapas de desenvolvimento de um projeto de SED com os conceitos e as atividades relacionadas ao LSS, bem como a estrutura DMAIC, de maneira que os dois métodos possam ser executados de forma complementar, visando a melhoria de projetos de simulação em quaisquer áreas e segmentos onde este possa ser aplicado.</p> <p><b>Específicos:</b> Realizar uma revisão sistemática da literatura sobre a integração dos temas: SED e LSS; Propor um framework integrado de SED e LSS; Submeter o framework proposto para avaliação de especialistas; Avaliar os resultados obtidos e validar o framework proposto.</p>	Pesquisa de natureza aplicada, com normativo e com abordagem quali-quantitativa.	Framework para condução de projetos de SED (Simulação de Eventos Discretos) integrando LSS (Lean Six Sigma).	Esse trabalho contribui com base conceitual sobre o tema. Além de mostrar a condução da criação e validação de um framework.	Nível 3
Modelo de referência para estruturar o programa de qualidade seis sigma: proposta e avaliação	Adriana Barbosa Santos	2006	<p><b>Geral:</b> propor um Modelo de Referência para estruturar o PQSS.</p> <p><b>Específicos:</b> - Propor uma definição de Seis Sigma condizente com o uso combinado da visão estatística e estratégica do PQSS; - Compreender de que forma o PQSS se inter-relaciona com as estratégias de elevação do desempenho organizacional e qual é o seu papel para que o Seis Sigma seja uma iniciativa de melhoria da qualidade eficaz; - Compreender como a visão e a estratégia afetam a definição dos projetos Seis Sigma; - Explicitar um Modelo de Referência para estruturar o PQSS e avaliar a relevância dos componentes essenciais do modelo.</p>	Método Indutivo, pesquisa teórico-conceitual e estudo de caso.	Modelo de referência para estruturar o PQSS (Programa de Qualidade Seis Sigma).	Esse trabalho contribui com base conceitual sobre o tema. Além de mostrar o modelo de referencia criado.	Nível 4
Um modelo de referência para melhoria de processos industriais usando conceitos seis sigma	Liliana Rios Velandia	2006	<p><b>Geral:</b> elaborar um modelo de referência para detecção, eliminação e prevenção de eventuais anomalias nos processos técnicos de manufatura, baseada na Metodologia Seis Sigma e apoiado nas práticas básicas da rotina do dia-a-dia. <b>Específicos:</b> conciliar as práticas da rotina do dia-a-dia com a Metodologia Seis Sigma através do modelo, para fortalecer a tarefa de eliminação de anomalias ou solução de problemas, dos grupos de melhoria das empresas de manufatura, com o intuito de não isolar o ciclo DMAIC, das práticas básicas de eliminação de desperdício e padronização, que por sua vez oferecem uma contribuição importante na redução de defeitos e no funcionamento normal das operações.</p>	Estudo de caso.	Criação de um modelo de referência e de um manual de procedimentos.	Esse trabalho contribui com base conceitual sobre o tema. Além de mostrar o modelo de referencia criado.	Nível 3

Fonte: Elaboração própria

### 5.7.1.5 Quinta Fase: discussão dos resultados

Para facilitar o entendimento sobre como foi realizada a triagem das produções científicas, elaborou-se um fluxograma baseado e adaptado do modelo PRISMA 2020, conforme pode ser visualizado na figura 20:

Figura 20 – Fluxograma da Revisão de Literatura Integrativa



Fonte: Adaptado de PRISMA 2020 Flow Diagram (Page et al., 2020).

Os resultados encontrados por meio da revisão de literatura integrativa demonstraram que a metodologia *Lean Six Sigma* e o método DMAIC são temas que tiveram crescimento ao longo dos anos, comprovando a relevância desse tema para a atualidade.

As publicações analisadas demonstram que o maior interesse dos autores está na utilização do método DMAIC, pois a maior parte das publicações apresenta estudos de caso com a aplicação do DMAIC. Mesmo os 4 estudos identificados na BDTD que foram incluídos na revisão, não estavam alinhados de maneira satisfatória para responder a pergunta norteadora.

Ao retomar a pergunta norteadora definida em 5.7.1.1: “Quais os *frameworks*, *checklists* ou fluxogramas existem na literatura para orientar as escolhas de quais ferramentas utilizar em cada etapa do método DMAIC, do *Lean Six Sigma*?”, nota-se que ela não foi respondida de maneira satisfatória pelas publicações encontradas, mostrando uma lacuna teórica existente, pois nesse ponto, observou-se que apesar de utilizarem o método DMAIC, nenhuma publicação trouxe a sistematicidade proposta por este estudo, que tem como objetivo geral propor um *framework* para a escolha das ferramentas mais apropriadas para cada etapa do método DMAIC, de acordo com cada projeto de melhoria de processos.

O “*Framework Belt Flow*” foi estruturado exatamente para preencher essa lacuna teórico-prática existente, conclui-se então, que a revisão de literatura integrativa serviu para sustentar a hipótese teórica, além de validar a inexistência de modelos similares ao “*Framework Belt Flow*”, fortalecendo assim a contribuição desta pesquisa para a área do *Lean Six Sigma*.

Com isso, nota-se que essa revisão de literatura integrativa possibilitou uma análise crítica relacionada ao material científico disponível sobre o tema, cumprindo com a etapa de comparação teórica prevista na metodologia de Eisenhardt (1989). Ao não encontrar na literatura um modelo similar a proposta do “*Framework Belt Flow*”, essa etapa reforçou a originalidade e relevância da hipótese dessa pesquisa.

Na etapa seguinte, avançando na metodologia descrita por Eisenhardt (1989), o “*Framework Belt Flow*” construído foi avaliado por meio do retorno aos próprios casos (participantes da pesquisa). Nesse momento, o objetivo foi avaliar a clareza, aplicabilidade e potencial de uso prático do “*Framework Belt Flow*”.

## **5.8 Avaliação do “*Framework Belt Flow*”**

Após a elaboração do “*Framework Belt Flow*”, baseado na formulação da hipótese e na comparação com a literatura existente, foi o momento de avaliar a percepção dos participantes da pesquisa em relação ao *framework* desenvolvido.

Segundo a metodologia proposta por Eisenhardt (1989), o processo de validação da pesquisa pode incluir o retorno aos próprios participantes da pesquisa, com o objetivo de explorar a aceitação da solução desenvolvida, sendo então uma etapa fundamental para validar de maneira prática a relevância e aceitação do “*Framework Belt Flow*”.

### **5.8.1 Questões para avaliação do “*Framework Belt Flow*”**

A última seção do questionário proposto foi dedicada à avaliação do *framework* que foi desenvolvido ao longo dessa pesquisa, com o objetivo de auxiliar na escolha adequada das ferramentas associadas a cada etapa do método DMAIC, de acordo com cada tipo de projeto.

Nessa etapa, os participantes tiveram acesso à versão inicial do *framework* (aplicativo), que foi denominado como “*Framework Belt Flow*”. Após o acesso à estrutura proposta no *framework*, os participantes foram convidados a responder as questões que podem ser observadas nas figuras 21 e 22, avaliando a clareza, aplicabilidade e potencial de recomendação do *framework*, bem como, os participantes puderam propor melhorias para o aperfeiçoamento do “*Framework Belt Flow*”.

Figura 21 – Avaliação do *framework* parte 1

Avaliação do Framework

Nesta seção, você terá acesso a um framework desenvolvido para auxiliar na escolha de ferramentas em cada etapa do método DMAIC. Após visualizá-lo, responda às perguntas para compartilhar sua opinião e sugestões de melhoria.

O framework é claro e fácil de entender? \*

1    2    3    4    5

Discordo totalmente                  Concordo totalmente

Você considera que o framework pode ser aplicado de forma prática em projetos \* de melhoria de processos?

1    2    3    4    5

Discordo totalmente                  Concordo totalmente

Você acredita que o framework ajuda a reduzir dificuldades na escolha de ferramentas em cada etapa do DMAIC? \*

1    2    3    4    5

Discordo totalmente                  Concordo totalmente

O que você sugeriria para melhorar o framework e torná-lo ainda mais útil? \*

Sua resposta

---

Você utilizaria este framework em seus projetos futuros? \*

Sim

Talvez

Não

Fonte: Elaboração própria

Na figura 21 pode-se observar que o foco foi na coleta das percepções dos participantes relaciona à facilidade de entendimento do “*Framework Belt Flow*”, e a sua aplicabilidade em projetos futuros, além de coletar propostas de melhorias.

Na figura 22 é possível observar as últimas perguntas do questionário.

Figura 22 – Avaliação do *framework* parte 2

Em uma escala de 0 a 10, o quanto você recomendaria este framework para outros profissionais que utilizam o método DMAIC? \*

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Não recomendaria de forma alguma             Recomendari a com certeza

Qual foi o principal motivo para dar esta nota? \*

Sua resposta

O que poderia ser feito para que você desse uma nota 10? \*

Sua resposta

Quais são os pontos positivos do framework apresentado? \*

Sua resposta

Você encontrou alguma dificuldade ao interpretar ou aplicar o framework? Se sim, qual? \*

Sua resposta

Voltar Enviar Limpar formulário

Fonte: Elaboração própria

Nas últimas perguntas do questionário, o participante atribuiu uma nota para a sua recomendação em relação a utilização do “*Framework Belt Flow*”, além disso, os participantes

justificaram as suas notas e emitiram suas opiniões sobre o que deveria ser ajustado para que a nota atribuída fosse 10. Para finalizar, os participantes apontaram os pontos positivos do *framework* e eventuais dificuldades encontradas.

Essa seção permitiu então, o fechamento da pesquisa, possibilitando a validação da proposta do *framework* desenvolvido e identificando oportunidades de melhorias, visando a melhoria contínua.

### 5.8.2 Análises intra-casos

Seguindo a abordagem metodológica de Eisenhardt (1989), foi realizada uma análise individualizada de cada participante da pesquisa, ou seja, foi realizada a análise intra-casos buscando destacar nesse momento: 1) A avaliação do “*Framework Belt Flow*”, pontos positivos e sugestões de melhorias identificados. 2) Intenção de uso futuro e nota de recomendação do *Framework*.

#### 5.8.2.1 Caso 1 – Universidade (Sorocaba/SP)

No que se refere ao “*Framework Belt Flow*”, o participante 1 forneceu respostas muito positivas, em uma escala de 1 à 5 (onde 1 significa discordo totalmente e 5 concordo totalmente) atribuiu nota 4 para clareza, 5 para aplicabilidade prática e 4 para contribuição na redução de dificuldades na escolha das ferramentas. Como sugestão de melhoria apontou a criação de um botão voltar depois de responder uma pergunta e afirmou que utilizaria o *framework* em seus projetos futuros.

Em uma escala de 0 a 10, escolheu 8 no que tange a recomendação do *framework* para outros profissionais. Como pontos positivos apontou que o *framework* é claro, objetivo e simples.

#### 5.8.2.2 Caso 2 – Empresa de consultoria em Melhoria de Processos (Sorocaba/SP)

Sobre a avaliação do “*Framework Belt Flow*”, atribuiu nota 5 para clareza, facilidade no entendimento, aplicabilidade prática em projetos de melhoria e contribuição para a redução de dificuldades na escolha de ferramentas associadas ao DMAIC. Como sugestão de melhoria, sugeriu a inserção de exemplos da utilização das ferramentas para facilitar o entendimento de uso da ferramenta.

Afirmou que utilizaria o “*Framework Belt Flow*” em projeto futuros e atribuiu nota 10 na escala de recomendação, justificando a nota devido a utilidade e facilidade de uso do *framework*. Como pontos positivos destacou a disponibilidade de *templates* para baixar e não relatou nenhuma dificuldade na utilização dele.

#### 5.8.2.3 Caso 3: Gabinete Legislativo (Sorocaba/SP)

Em relação do “*Framework Belt Flow*”, atribuiu nota 5 para clareza, facilidade no entendimento, aplicabilidade prática em projetos de melhoria de processos e para contribuição na redução de dificuldades na escolha de ferramentas.

Declarou que utilizaria o “*Framework Belt Flow*” em projetos futuros e atribuiu nota 10 na escala de recomendação, justificando a nota devido a considerar como uma ideia inovadora. Como sugestão de melhoria apontou a criação de um vídeo explicando como utilizar o *framework* para novos usuários e destacou como ponto positivo o *framework* apresentar uma sequência a ser seguida para executar o projeto. E afirmou que não encontrou dificuldades ao interpretar e ao utilizar o *framework*.

#### 5.8.2.4 Caso 4: Associação de Engenheiros e Arquitetos (Sorocaba/SP)

Sobre o “*Framework Belt Flow*”, atribuiu nota 5 para clareza, facilidade no entendimento, aplicabilidade prática em projetos de melhoria de processos e para contribuição na redução de dificuldades na escolha de ferramentas. Em uma escala de 0 a 10 , selecionou 10 mostrando que recomendaria com certeza o *framework* para outros profissionais da área, justificando essa nota devido ao *framework* ser bem intuitivo, além disso, informou que utilizaria o *framework* em seus projetos futuros.

O participante 4 declarou como pontos positivos a facilidade de uso e as ferramentas indicadas para as etapas e informou que não teve nenhuma dificuldade ao interpretar ou aplicar o “*Framework Belt Flow*”. Como sugestões de melhorias sugeriu a inclusão de exemplos das ferramentas.

#### 5.8.2.5 Caso 5: Empresa multinacional do ramo automobilístico

Em relação ao “*Framework Belt Flow*”, atribuiu nota 4 para clareza, aplicabilidade prática em projetos de melhoria de processos e para contribuição na redução de dificuldades na

escolha de ferramentas. Destacou que talvez utilizaria *framework* em projetos futuros e em uma escala de 0 a 10, selecionou 8 mostrando que recomendaria o *framework* para outros profissionais da área, justificando que recomendaria principalmente para iniciantes da área. Como pontos positivos destacou que o “*Framework Belt Flow*” é intuitivo e objetivo. E como sugestões de melhoria sugeriu: “definir o tipo de problema no início (administrativo ou manufatura) para divergir no tipo de ferramenta em cada etapa”. O participante 5 declarou que não enfrentou dificuldades na interpretação ou aplicação do conteúdo.

#### 5.8.2.6 Caso 6: Empresa de consultoria e Treinamentos (São José dos Campos/SP)

Em relação ao “*Framework Belt Flow*”, atribuiu nota 2 para clareza, 3 para aplicabilidade prática em projetos de melhoria de processos e 2 para contribuição na redução de dificuldades na escolha de ferramentas, porém, apesar dessas notas atribuídas, o mesmo participante destacou como ponto positivo do *framework* a clareza metodológica e organização, destacando que não teve dificuldades ao interpretar ou aplicar o método. Além disso, o participante atribuiu nota 10 para a recomendação do *framework* para outros profissionais e declarou que utilizaria o “*Framework Belt Flow*” em seus projetos futuros.

#### 5.8.3 Análises inter-casos

Avançando na metodologia de Eisenhardt (1989), após as análises intra-casos (individuais) foi necessário realizar as análises inter-casos, com o objetivo de identificar padrões entre as respostas dos participantes, sendo esta, uma etapa essencial para o uso fiel da metodologia, pois nesse momento torna-se possível realizar a triangulação dos dados.

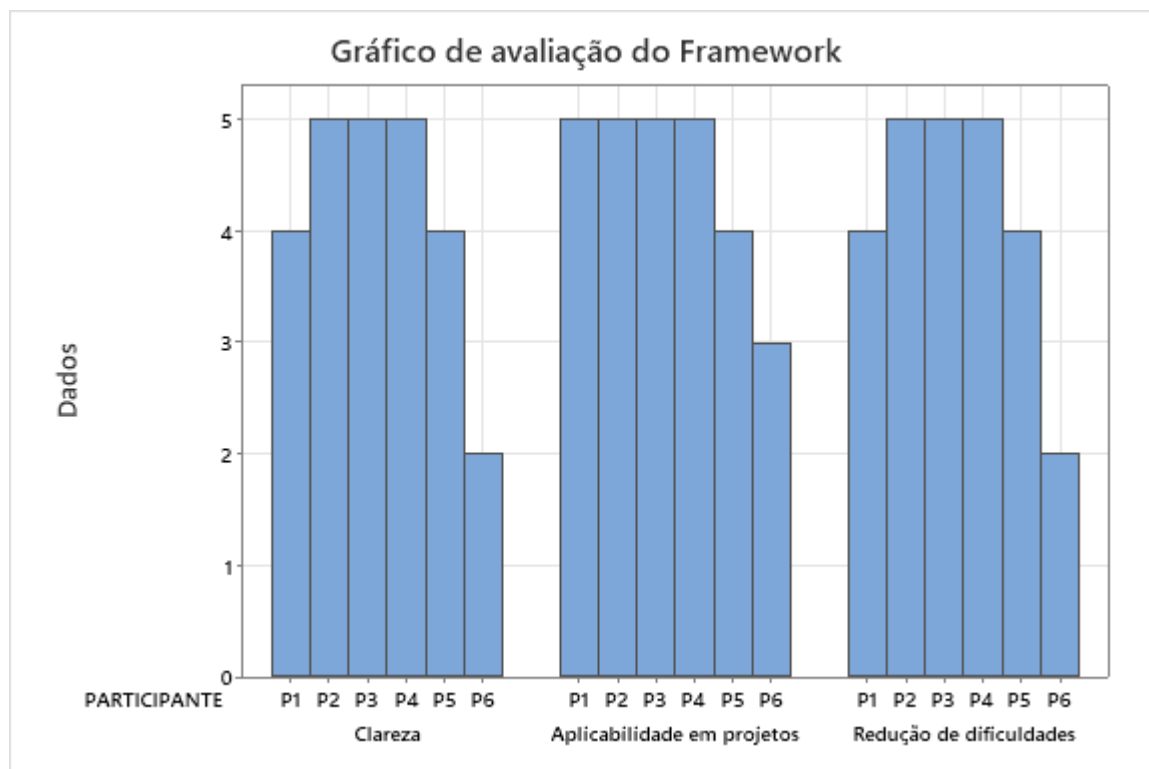
Nesse subcapítulo, os participantes foram comparados em relação as percepções sobre careza do “*Framework Belt Flow*”, aplicabilidade prática, contribuição na redução das dificuldades para a escolha de ferramentas para cada etapa do método DMAIC, intenção de uso do “*Framework Belt Flow*”, recomendação do “*Framework Belt Flow*” para outros profissionais e sugestões de melhorias.

Essa análise foi essencial para a validação do “*Framework Belt Flow*” proposto como Produto prático da pesquisa desenvolvida.

As análises realizadas em relação a clareza, aplicabilidade prática e contribuição para redução das dificuldades na escolha das ferramentas associadas ao método DMAIC, demonstraram um padrão consistente entre os participantes, sendo que a maioria dos

respondentes atribuiu notas entre 4 e 5 nos três critérios avaliados (em uma escala de 1 à 5, onde 5 representa “concordo totalmente”, evidenciando então, uma percepção muito positiva sobre a proposta desenvolvida por meio do “*Framework Belt Flow*”, o gráfico 9 apresenta esses resultados.

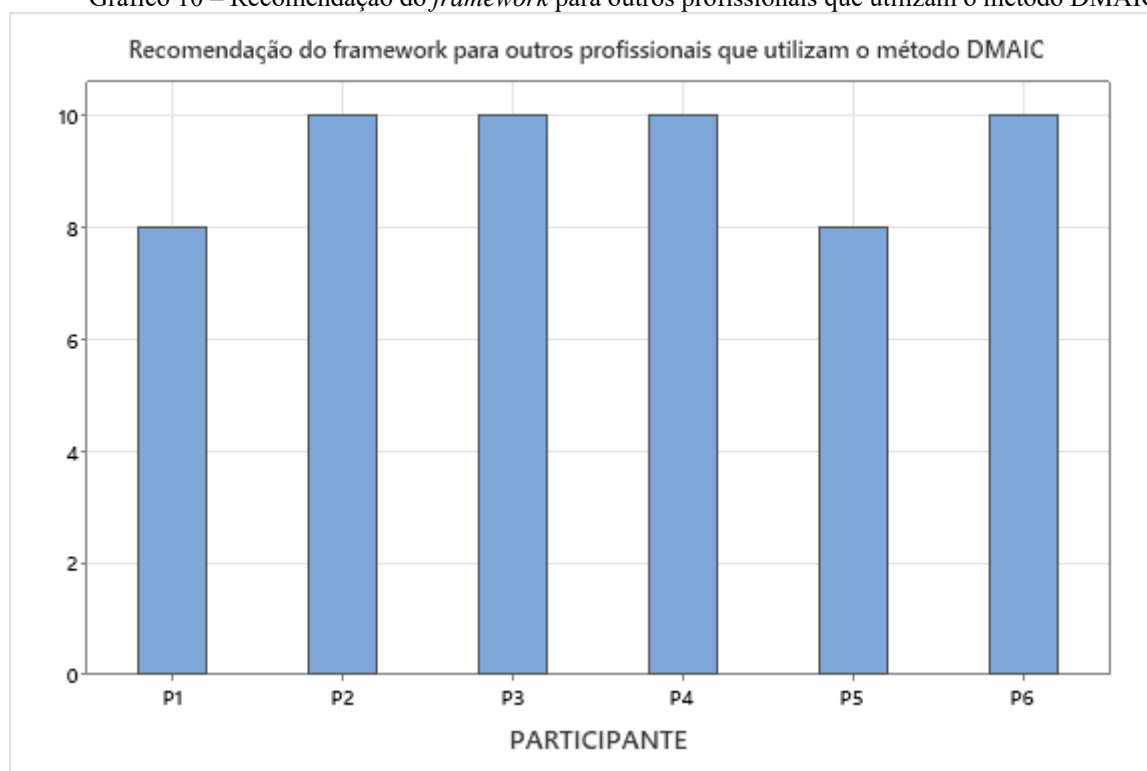
Gráfico 9 – Avaliação do *Framework Belt Flow* por critério e por participante



Fonte: Elaboração própria

Ao analisar o gráfico 9 nota-se uma tendência de notas elevadas em todos os critérios, com destaque para o critério “Aplicabilidade em projetos”, que foi o que teve maior somatória das notas, evidenciando uma forte percepção sobre a utilidade do *framework*. Os critérios “Clareza” e “Redução de dificuldades” seguiram o mesmo padrão, com somatório de notas iguais.

Ao serem questionados com a seguinte pergunta “Em uma escala de 0 a 10, o quanto você recomendaria este *framework* para outros profissionais que utilizam o método DMAIC?” os participantes relataram notas excelentes, conforme pode ser observado no gráfico 10:

Gráfico 10 – Recomendação do *framework* para outros profissionais que utilizam o método DMAIC

Fonte: Elaboração própria

Os resultados apresentados no gráfico 10 mostram uma forte tendência à recomendação do “*Framework Belt Flow*”, visto que quatro dos seis participantes atribuíram nota máxima, enquanto os outros dois participantes, atribuíram nota 8 (uma excelente nota também). Desta forma, pode-se verificar que a proposta foi interessante para os participantes e considerada útil.

A ausência de notas baixas e intermediárias reforça que a percepção predominando foi de que o “*Framework Belt Flow*” representa uma solução relevante e necessária para profissionais da área do *Lean Six Sigma*. Essa avaliação positiva vem para confirmar a hipótese teórica que foi formulada anteriormente, fortalecendo a percepção da aplicabilidade prática do “*Framework Belt Flow*”.

Para complementar a análise dos dados quantitativos, e avançar na metodologia de Eisenhardt (1989), aprofundando-se na triangulação dos dados, optou-se por elaborar um quadro comparativo com os comentários dos participantes sobre a avaliação do “*Framework Belt Flow*”, conforme pode ser observado no quadro 5.

Quadro 5 – Quadro comparativo com comentários dos participantes sobre o "Framework Belt Flow"

Participante	Qual foi o principal motivo para dar esta nota?	Quais são os pontos positivos do <i>framework</i> apresentado?	Você encontrou alguma dificuldade ao interpretar ou aplicar o <i>framework</i> ? Se sim, qual?	O que você sugeriria para melhorar o <i>framework</i> e torná-lo ainda mais útil?	O que poderia ser feito para que você desse uma nota 10?
Participante 1	Claro e simples.	Claro, objetivo e simples.	Não.	Deveria ser possível "voltar" depois de responder uma pergunta.	Ativar o "voltar".
Participante 2	Utilidade e facilidade de uso.	Disponibilidade de <i>templates</i> .	Nenhuma dificuldade.	Para cada ferramenta um exemplo para facilitar o entendimento de uso da ferramenta.	Já dei 10, mas poderia ser direcionado para alguns tipos de projetos como qualidade, serviços, custos, manufatura etc.
Participante 3	Achei uma ideia inovadora.	Sequência a ser seguida para executar o projeto.	Não	Vídeo de como usar para novos usuários.	Minha nota foi 10.
Participante 4	Bem intuitivo.	Facilidade de uso e as ferramentas indicadas para as etapas.	Não	Incluir exemplos.	Não aplicável.
Participante 5	Recomendaria principalmente para iniciantes.	Intuitivo e objetivo.	Não	Definir o tipo de problema no início "administrativo ou manufatura" para divergir no tipo de ferramenta em cada etapa.	Existe muita diversidade de projetos que podem ser melhorados usando o <i>six sigma</i> e assim uma diversidade de ferramentas mais apropriada para cada etapa dificultando a utilização do <i>framework</i> , porém para a grande maioria dos projetos de baixa e média complexidade o <i>framework</i> funciona bem.
Participante 6	Clareza metodológica e organização.	Clareza metodológica e organização.	Não	Incluir exemplos.	Manter um <i>road map</i> estruturado.

Fonte: Elaboração própria

Ao observar o quadro comparativo, é possível verificar diversos *insights* relevantes pensando no aprimoramento do "Framework Belt Flow", os pontos positivos mais citados estão relacionados com ele ser inovador, útil, intuitivo e oferecer uma clareza metodológica.

Não foram relatadas dificuldades na utilização do "Framework Belt Flow". E como pontos de melhorias foram citadas: 1) inclusão de um vídeo explicativo de como utilizar o *Framework* para novos usuários; 2) inclusão do botão voltar nas páginas; 3) inclusão de

exemplos práticos para cada ferramenta apresentada; 4) definir o tipo de problema (se é administrativo ou manufatura, por exemplo, para direcionar as ferramentas).

Ao serem questionados sobre “O que poderia ser feito para que você desse uma nota 10”, os participantes destacaram pequenas adequações para o *framework*, reforçando o alto grau de aceitação do “*Framework Belt Flow*”, e vale lembrar que a nota mais baixa atribuída para ele, foi 8.

## 5.9 *Reaching Closure* – Conclusão

Após realizado todos os passos contidos na metodologia de Eisenhardt (1989), foi possível identificar uma convergência entre teoria e prática, onde a teoria mostrou uma lacuna: a inexistência de um *framework* para orientar as escolhas de quais ferramentas utilizar em cada etapa do método DMAIC, do *Lean Six Sigma*, de acordo com cada projeto de melhoria de processos. E a prática mostrou que havia a necessidade da criação do *framework*, por meio das percepções dos participantes da pesquisa, conforme apresentado nas análises intra e inter-casos.

Além disso, após a avaliação do *framework* proposto (*Framework Belt Flow*), foi possível validar que a proposta construída ao longo da pesquisa possui robustez, aplicabilidade e aceitação pelos participantes, sendo considerada uma contribuição relevante para área do *Lean Six Sigma*.

Essa validação realizada pelos participantes permitiu coletar importantes percepções e quatro sugestões de melhorias, dentre elas, duas foram implementadas integralmente na versão 2.0 do *framework*, sendo: 1) inclusão de um vídeo explicativo de como utilizar o *Framework* para novos usuários; 2) inclusão do botão voltar em todas as páginas.

O acesso ao “*Framework Belt Flow 2.0*” pode ser realizado por meio do *hiperlink*: <https://app.jotform.com/251105281019648> ou por meio do *QR Code* abaixo:

Figura 23 – Acesso ao “*Framework Belt Flow 2.0*”



Fonte: Elaboração própria. Acesso em Abril/2025.

O acesso ao seu acesso “*Framework Belt Flow 2.0*” é mantido pela autora para fins de disseminação do conhecimento.

Essas melhorias foram consideradas essenciais e permitiram uma maior flexibilidade no uso do *framework*.

A sugestão “3) inclusão de exemplos práticos para cada ferramenta apresentada” foi considerada como muito relevante, porém sua implementação foi avaliada para versões futuras do *framework* devido à complexidade técnica envolvida. Por fim, a sugestão “4) definir o tipo de problema (se é administrativo ou manufatura, por exemplo, para direcionar as ferramentas)” foi avaliada e considerada como desnecessária, uma vez que a lógica condicional do *framework* já conduzirá o usuário ao caminho mais adequado com base nas decisões por ele tomada, e isso independe do tipo de problema ou projeto de melhoria de processos do usuário.

A versão 2.0 do “*Framework Belt Flow*” representa o fechamento do ciclo da construção teórica desta pesquisa, onde buscou-se incorporar evidências baseadas na experiência, em observações e na prática, ou seja, evidências empíricas que comprovassem que havia a necessidade dos profissionais do *Lean Six Sigma* por essa solução e que ao mesmo tempo, fosse uma resposta à lacuna presente na literatura.

Desta forma, essa pesquisa atingiu um ponto de encerramento metodológico alinhado com as etapas propostas por Eisenhardt (1989), respondendo à questão de pesquisa proposta “Como um *framework* pode apoiar a identificação de ferramentas adequadas para serem utilizadas em cada etapa do método DMAIC, considerando as características específicas de projetos de melhoria de processos, segundo a percepção de profissionais com conhecimento em *Lean Six Sigma*?”.

A seguir, o capítulo 5 apresentará as considerações finais da pesquisa, reunindo os principais pontos que foram encontrados, as contribuições para a área do *Lean Six Sigma*, as limitações dos estudos e as oportunidades de pesquisas futuras.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse capítulo são apresentadas as considerações finais desta pesquisa, englobando as principais contribuições geradas pela pesquisa que foi realizada baseada na aplicação das etapas propostas por Eisenhardt (1989), que busca a construção de teorias a partir de estudos de caso, ademais foram apresentadas as principais descobertas e as possibilidades para pesquisas futuras.

Iniciou-se a pesquisa com a definição do problema de pesquisa: “Como um *framework* pode apoiar a identificação de ferramentas adequadas para serem utilizadas em cada etapa do método DMAIC, considerando as características específicas de projetos de melhoria de processos, segundo a percepção de profissionais com conhecimento em *Lean Six Sigma*?”.

Em seguida, indo ao encontro das recomendações da metodologia proposta por Eisenhardt (1989), foram selecionados os casos relevantes para o estudo, dessa forma, optou-se por 6 casos com características consideradas relevantes para contribuir com a pesquisa: todos os participantes deveriam possuir conhecimentos sobre o *Lean Six Sigma*. Além disso, optou-se por selecionar participantes de empresas de diferentes ramos, com o objetivo de entender as percepções de profissionais inseridos em diversos ramos de atuação. Posteriormente, foi possível elaborar os instrumentos utilizados na pesquisa.

Com os casos selecionados e os instrumentos definidos, foi o momento de submetê-los para o Comitê de ética e pesquisa (CEP), por meio da plataforma Brasil. Após a aprovação pelo CEP, tornou-se possível coletar os dados da pesquisa com os profissionais indicados em cada empresa. E logo após, foi possível realizar a análise dos dados, por meio das análises intra-casos e inter-casos.

Durante as análises realizadas, foram identificados padrões, entre eles, os participantes da pesquisa relataram a dificuldade na escolha das ferramentas associadas a cada etapa do método DMAIC. Após as análises finalizadas, foram elaboradas as hipóteses, e em seguida, foi possível construir o produto prático da pesquisa, que foi denominado como “*Framework Belt Flow*”, um aplicativo criado com o objetivo de auxiliar na identificação de ferramentas adequadas para serem utilizadas em cada etapa do método DMAIC, de acordo com cada projeto de melhoria de processos.

Avançando na metodologia proposta por Eisenhardt (1989), foi necessário abranger a literatura e nesse ponto, optou-se por realizar uma revisão de literatura do tipo integrativa, que demonstrou que o *Lean Six Sigma* e o método DMAIC são temas relevantes para a atualidade, porém notou-se que os pesquisadores buscam publicar trabalhos científicos mostrando a

aplicação do método DMAIC, e não a aplicação de melhorias do método em si. Nesse momento então, percebeu-se que não existem *frameworks* na literatura para orientar as escolhas de quais ferramentas utilizar em cada etapa do método DMAIC, de acordo com cada projeto de melhoria de processos, como é o foco deste trabalho, mostrando-se então, como uma lacuna na literatura.

Eisenhardt (1989) propõem uma abordagem iterativa em seu método, desta forma, foi realizada a validação do “*Framework Belt Flow*” com os próprios participantes da pesquisa, que demonstraram percepções positivas em relação a clareza, aplicabilidade, utilidade prática e interesse em utilizar o *framework* em futuros projetos. Além disso, os participantes deixaram recomendações de melhorias que foram avaliadas e as que foram determinadas como essenciais foram implementadas, originando o “*Framework Belt Flow 2.0*”.

Desta forma, o “*Framework Belt Flow 2.0*” mostrou-se como a contribuição teórica e prática desta pesquisa, sendo a proposta resultante a partir da análise multicaso proposta por Eisenhardt (1989), ademais, o *framework* responde a lacuna encontrada na literatura.

Esse estudo amplia a compreensão sobre a utilização do método DMAIC, focando na escolha adequada das ferramentas associadas a ele, oferecendo uma nova perspectiva para os profissionais que atuam na área do *Lean Six Sigma*, principalmente para os profissionais que estão iniciando na área.

A construção e validação do *framework* por profissionais da área reforça o potencial dele como apoio à decisão e oferecem uma base sólida para o apoio à escolha de ferramentas adequadas para cada etapa do método DMAIC, de acordo com cada projeto de melhoria de processos, mas também evidencia possíveis oportunidades para estudos futuros.

Um dos estudos que podem derivar desta pesquisa é a aplicação do *framework* em projetos reais de melhoria de processos, permitindo mensurar o impacto direto da utilização do *framework* em contextos reais.

Outra possibilidade para estudos futuros é a incorporação de inteligência artificial (IA) ao “*Framework Belt Flow 2.0*”, para isso será necessário o aprofundamento do conhecimento em algoritmos de aprendizado de máquinas que permitirá que o *framework* aprenda com o uso contínuo. Além disso, a inteligência artificial poderá recomendar ferramentas para cada etapa, considerando contextos organizacionais e complexidade do projeto, por exemplo, aumentando ainda mais a utilidade e robustez do “*Framework Belt Flow 2.0*”.

Desta forma, estudos futuros poderão explorar a integração entre o *framework* proposto e uma base de dados de projetos reais, consolidando assim o “*Framework Belt Flow 2.0*” como uma solução dinâmica e importante para a condução de projetos de *Lean Six Sigma*.

Os resultados desta pesquisa demonstraram que é possível unir rigor metodológico com utilidade prática, atingindo os objetivos definidos, propondo, construindo e validando uma solução que surge para suprir uma lacuna teórica e prática presente no campo do *Lean Six Sigma*, porque melhorar processos não é apenas reduzir desperdícios, mas sim dar clareza às escolhas que irão construir os resultados consistentes, e é isso que o “*Framework Belt Flow 2.0*” propõe: transformar incertezas em direções estratégicas. Que esse estudo possa auxiliar os profissionais do *Lean Six Sigma* a transformar as práticas organizacionais, com mais clareza e menos incertezas.

## REFERÊNCIAS

- BRENIG-JONES, Martin; DOWDALL, Jo. **Lean Six Sigma Para Leigos**. Rio de Janeiro: Editora Alta Livros, 2023.
- DENNIS, Pascal. **Produção lean simplificada**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.
- EISENHARDT, Kathleen M. *Building theories from case study research*. The Academy of Management Review, v. 14, n. 4, p. 532–550, 1989. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/258557>. Acesso em: 10 jan. 2025.
- JONES, Daniel; ROSS, Daniel; WOMACK, James. **A máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.
- OHNO, Taiichi. **O sistema de produção Toyota: além da produção em larga escala**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 1997.
- OLIVEIRA, Thiago. **Guia prático lean seis sigma: black belt**. 1. ed. Barueri: Atlas, 2024.
- PYZDEK, Thomas; KELLER, Paul A. *The Six Sigma Handbook: A Complete Guide for Green Belts, Black Belts, and Managers at All Levels*. 3.ed. Nova York: McGraw-Hill, 2010.
- PAGE, M.J, et al. *The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews*. BMJ. 2021; 372:n71. DOI: 10.1136/bmj.n71
- SOUZA, M. T. et al. **Revisão integrativa: o que é e como fazer**. Einstein, v. 8, n. 1, pt. 1, p. 102-6, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eins/a/ZQTBkVJZqcWrTT34cXLjtBx/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 03 out 2024.
- SLACK, Nigel; BRANDON-JONES, Alistair; BURGESS, Nicola. **Administração da Produção**. 10. ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2023.
- WERKEMA, Cristina. **Lean Seis Sigma - Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing**. Rio de Janeiro: GEN Atlas, 2011b.
- WERKEMA, Cristina. **Perguntas e Respostas Sobre o Lean Seis Sigma**. 2. ed. Rio de Janeiro: GEN Atlas, 2011a.
- WERKEMA, Cristina. **Criando a Cultura Lean Seis Sigma**. 1. ed. Rio de Janeiro: GEN Atlas, 2012.
- WERKEMA, Cristina. **Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas**. 1. ed. Rio de Janeiro: GEN Atlas, 2013.
- WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. 8. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998.