

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA DE ENGENHARIA DE LORENA**

**TÚLIO CASONATO PUERTES**

**Aplicação da metodologia Lean Six Sigma para redução de rejeitos na  
produção de absorventes femininos**

**Lorena  
2019**

**TÚLIO CASONATO PUERTES**

**Aplicação da metodologia Lean Six Sigma para redução de rejeitos na  
produção de absorventes femininos**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Escola de Engenharia de Lorena da Universidade  
de São Paulo como requisito parcial para  
conclusão da Graduação do Curso de Engenharia  
Química

Orientador: Prof. MSc. Antônio Carlos da Silva

**Lorena  
2019**

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Automatizado  
da Escola de Engenharia de Lorena,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Casonato Puertes, Túlio  
Aplicação da metodologia Lean Six Sigma para  
redução de rejeitos na produção de absorventes  
femininos / Túlio Casonato Puertes; orientador  
Antônio Carlos da Silva. - Lorena, 2019.  
83 p.

Monografia apresentada como requisito parcial  
para a conclusão de Graduação do Curso de Engenharia  
Química - Escola de Engenharia de Lorena da  
Universidade de São Paulo. 2019

1. Lean six sigma. 2. Dmaic. 3. Qualidade. 4.  
Produto não conforme. 5. Absorventes femininos. I.  
Título. II. da Silva, Antônio Carlos , orient.

*Dedico este trabalho aos meus pais e irmãos, meus eternos professores da vida, por toda aprendizagem e apoio nas escolhas da vida.*

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar agradeço a Deus pelos privilégios concedidos. Agradeço pela minha vida, educação e família.

Ao meu orientador e admirado Prof. MSc. Antônio Carlos da Silva pela excelência na didática e paciência para ensinar. Sem a sua orientação, a monografia aqui escrita seria impossível.

Aos meus pais Adilson Amorim Puertes e Roseli Aparecida Casonato, que sempre me incentivaram a seguir meu próprio caminho.

Aos meus irmãos Thiago e Tássio Casonato Puertes pelo apoio emocional e educacional nessa etapa laborosa.

Ao analista Maikel Silva, grande professor, cujos ensinamentos e liderança tornaram possível a elaboração do projeto.

*“Acredito em Deus, Todos os outros devem apresentar dados e fatos”*  
*William Edward Deming*

## RESUMO

PUERTES, T. C. **Aplicação da metodologia Lean Six para redução de rejeitos na produção de absorventes femininos.** 83p Monografia (Trabalho de Graduação em Engenharia Química) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena-SP, 2019.

A grande competitividade das indústrias e empresas no mercado as leva a buscar e agregar volumes maiores de produção, conquistar clientes e, simultaneamente, reduzir o custo, mantendo a qualidade superior aos produtos dos concorrentes. Esse objetivo faz com que as multinacionais busquem implementar ferramentas focadas no setor de qualidade que reduzam as variações e desperdícios. Para essa finalidade, uma metodologia eficaz e muito utilizada é o *Lean Six Sigma*, a qual é a junção de duas metodologias criadas com enfoque distintos, porém que se complementam. A presente monografia teve como uma das ações aplicar o *Lean Six Sigma* utilizando o ciclo DMAIC para identificar e priorizar as máquinas e defeitos que geram produtos não conformes ou absorventes defeituosos que são descartados como rejeito em indústria, como a multinacional americana em que o estudo foi conduzido. As ações tiveram o objetivo de identificar e propor soluções para reduzir a porcentagem de absorventes defeituosos produzidos a um valor abaixo de 1%. A pesquisa-ação foi utilizada como método de pesquisa devido ao caráter colaborativo e intervencionista que possui, que é compatível e complementar às etapas do DMAIC. As ferramentas e ações realizadas obtiveram êxito em priorizar as máquinas e defeitos de maior impacto e reduzi-los, resultando em um valor de 0.805%, melhor do que a meta definida inicialmente e diminuindo ainda mais os custos de produção. O trabalho contribui com o conhecimento da metodologia *Lean Six Sigma* de modo que podem ser adaptadas para problemas com objetivo de reduzir efeitos indesejados em indústrias

**Palavras Chave:** Desperdício, Lean, Six Sigma, DMAIC, Qualidade, Produto não conforme, Absorventes femininos.

## ABSTRACT

PUERTES, T. C. **Lean Six Sigma methodology application to reduce rejected products on feminine absorbents.** 83p Monography (Course work final on Chemical Engineering) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena–SP, 2019.

The large competitiveness between industries and companies in the market makes them search for a way to enlarge production, number of customers and simultaneously reduce cost while maintaining a superior quality of products when compared with its competitors, with that goal in mind, companies pursue tools designed for the quality sector in order to reduce variations a waste. The most efficient and used methodology is the Lean Six Sigma, which is the combination of two methodologies with different goals, however complementary. One of the actions of the present monography was to apply Lean Six Sigma with the DMAIC approach in order to identify and prioritize machines and defects that generates non-conformity products or defective absorbent pads which are discarded as reject in companies such as the American multinational which the study was conducted. The actions had the goal to identify and propose solutions to reduce the percentage of defective absorbent pads to a value lower than 1%. The Action research was the research method due to collaborative and interventionist character, which is compatible and complementary with the DMAIC phases. The tools and actions applied obtained success in prioritize the major impacts machines and defects and reduce them to a value of 0.805%, better than the initial goal and decreasing even more the production cost. The work contributes with the knowledge of Lean Six Sigma in a way that can be adapted to problems with a goal to reduce undesirable effects in industries

**Key Words:** Waste, Lean Six Sigma, DMAIC, Quality, Non-conformity product, Feminine Pads.

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Níveis Sigma .....	20
Tabela 2 -Cálculo de Baseline, Benchmarking, Lacuna e Meta.....	45
Tabela 3 - Conjuntos para análise de sistema de medição.....	58
Tabela 4 - Ilustração das anotações das análises dos analistas.....	59

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1- Etapas do DMAIC.....	21
Quadro 2 - Ferramentas usadas por etapa no ciclo DMAIC. ....	23
Quadro 3 - Analistas selecionados para análise de R&R.....	59
Quadro 4 - Ações de ganho rápido.....	64
Quadro 5 - Preenchimento do FMEA .....	70
Quadro 6 – Severidade – Pontuação para o FMEA.....	71
Quadro 7 - Ocorrência - Pontuação para o FMEA.....	71
Quadro 8 - Detecção - Pontuação para o FMEA .....	72
Quadro 9 - Análise de Causa Raiz ou 5 Porquês .....	74
Quadro 10 - Plano de Ação de melhorias.....	76

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Questões a serem respondidas nas etapas DMAIC .....	22
Figura 2 - Exemplo de SIPOC .....	24
Figura 3 - Árvore de Perdas, Análise de Pareto ou Estratificação dos y's .....	26
Figura 4 - Diagrama de Causa e Efeito ( <i>fishbone</i> ).....	27
Figura 5 - Matriz de Causa e Efeito .....	28
Figura 6 - Estruturação para a pesquisa-ação.....	33
Figura 7 - Fases, etapas e atividades da pesquisa-ação.....	34
Figura 8 - Simplificação gráfica do cálculo de meta.....	37
Figura 9 - Porcentagens de produtos rejeitados nos meses de 2018 – com o <i>Outlier</i> .....	44
Figura 10 -Porcentagens de produtos rejeitados nos meses de 2019 – sem o <i>Outlier</i> .....	44
Figura 11 - Valores mensais de rejeitados de 2018 para máquina W.....	45
Figura 12 - Valores mensais de rejeitados de 2018 para máquina X.....	46
Figura 13 - Valores mensais de rejeitados de 2018 para máquina Y.....	47
Figura 14 - Valores mensais de rejeitados de 2018 para máquina Z.....	48
Figura 15 - SIPOC do trabalho.....	50
Figura 16 - <i>Critical to Quality</i> (CTQ's) do trabalho .....	51
Figura 17 - Pareto – Quantidade rejeitada por máquina.....	52
Figura 18 – Pareto dos defeitos de 2018 da máquina X .....	52
Figura 19 – Pareto dos defeitos de 2018 da máquina Z .....	53
Figura 20 – Valores do indicador geral na etapa 'Medir'.....	54
Figura 21 - Valores do indicador da máquina Z na etapa 'Medir' .....	55
Figura 22 - Valores do indicador da máquina X na etapa 'Medir' .....	55
Figura 23 - Pareto dos defeitos na etapa 'Medir' da máquina Z.....	56
Figura 24 - Pareto dos defeitos na etapa 'Medir' da máquina X.....	57
Figura 25 – Concordância dos analistas com o Padrão no sistema de medição .....	60
Figura 26 – Concordância geral do sistema de medição .....	61
Figura 27 - Diagrama de Ishikawa dos defeitos .....	62
Figura 28 - Matriz Causa e Efeito dos defeitos .....	62
Figura 29 - Pareto das causas levantadas na matriz causa e efeito .....	63
Figura 30 - Valores do indicador geral na etapa 'Analizar'.....	65
Figura 31 - Valores do indicador da máquina Z na etapa 'Analizar' .....	66
Figura 32 - Valores do indicador da máquina X na etapa 'Analizar' .....	67
Figura 33 - Pareto dos defeitos na etapa 'Analizar' da máquina Z.....	68
Figura 34 - Pareto de modos de falha sem controle existente .....	73
Figura 35 – Valores do indicador geral de 2018 à 2019. ....	78

Figura 36 - Teste de comparação de variância 2018 x 2019 .....	79
Figura 37 - Teste T da métrica do trabalho.....	80

## LISTA DE SIGLAS

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
LSS	<i>Lean Six Sigma</i>
GB	<i>Green Belt</i>
DMAIC	<i>Define, Measure, Analyze, Improve and Control</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
VOC	<i>Voice of customer</i>
LT	<i>Lean Thinking</i>
SS	<i>Six Sigma</i>
LM	<i>Lean Manufacturing</i>
SIPOC	<i>Supplier, Input, Process, Output and Customer</i>
CTQ	<i>Critical to Quality</i>
NVA	Non- Value Added
CEO	<i>Chief Executive Officer</i>
MSA	<i>Measurement System Analysis</i>
DOE	<i>Design of Experiments</i>
FMEA	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>
AR	<i>Action Research</i>

SU      *Simple Unit*

*RPN*      *Risk priority number*

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	15
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
2.1. BREVE HISTÓRICO .....	18
2.2. <i>LEAN SIX SIGMA</i> .....	18
2.3. FERRAMENTAS DMAIC .....	21
2.3.1. PRIMEIRA FASE .....	24
2.3.2. SEGUNDA FASE .....	26
2.3.3. TERCEIRA FASE .....	29
2.3.4. QUARTA FASE .....	29
2.3.5. QUINTA FASE .....	30
3. METODOLOGIA .....	32
3.1. OBJETO DE ESTUDO .....	32
3.2. MÉTODO DE PESQUISA .....	32
3.3. CICLO DMAIC .....	35
3.3.1. FASE DEFINIR .....	35
3.3.2. FASE MEDIR .....	37
3.3.3. FASE ANALISAR.....	38
3.3.4. ETAPA MELHORAR.....	39
3.3.5. ETAPA CONTROLAR.....	39
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
4.1. PRODUTO E MÁQUINAS .....	41
4.2. DEFINIR .....	43
4.3. MEDIR .....	53
4.4. ANALISAR .....	65
4.5. MELHORAR.....	75
4.6. CONTROLAR .....	77
5. CONCLUSÃO .....	81
REFERÊNCIAS.....	82

## 1. INTRODUÇÃO

Para a presente monografia, o processo estudado foi a fabricação de absorventes femininos.

Em processos de fabricação, existem procedimentos de inspeção de produto e normas a serem seguidas. As normas nacionais para produção de absorventes femininos externos e outros produtos de higiene pessoal são descritas na resolução da diretoria colegiada (RDC) da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), agência que cria os regulamentos sanitários de produtos e serviços.

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária, RDC 142, artigo 28 a definição de absorvente feminino é:

Produtos absorventes descartáveis de uso externo: artigos destinados ao asseio corporal, aplicados diretamente sobre a pele, <sup>1</sup> com a finalidade de absorver ou reter excreções e secreções orgânicas, tais como urina, fezes, leite materno e as de natureza menstrual e intermenstrual.

Semelhantemente, nas normas, manuais e guias da multinacional em que o foi realizado o trabalho, os absorventes higiênicos externos femininos são definidos como produtos designados para absorver, distribuir e reter os fluidos da zona genital feminina, mantendo a pele seca e garantindo segurança, conforto e discrição. Portanto, a função do absorvente é absorver e reter o fluxo menstrual e incontinência leve da mulher<sup>1</sup>.

Para o controle de qualidade em uma produção em linha, tomam-se amostras de produtos utilizando-se a amostragem e a frequência estabelecidas através de cálculos estatísticos. Calcula-se o número de amostras necessário para representar com nível baixo de erro, as características dos produtos em um determinado período de tempo. Tais cálculos e controles relacionados ao setor qualidade são construídos pela empresa de acordo com um grupo de normas técnicas ou *International Organization for Standardization* (ISO) como a ISO 2859 e ISO 9001, muitas podem ser encontradas no Brasil como aprovadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

---

<sup>1</sup> Manual da qualidade de absorventes femininos da multinacional da presente monografia

As amostras são submetidas a testes de qualidade para medição de performance (Variáveis) de produto e análise de aspecto visual (Atributos) para verificação a especificação estabelecida<sup>1</sup>.

Atributos, ou visual de produto, são as características de qualidade avaliadas qualitativamente por meio dos sentidos (organolepticamente). Em alguns casos, é necessário o uso de equipamentos para uma inspeção visual ou textual mais precisa. As características do tipo atributo referem-se a um padrão visual e/ou especificação do produto <sup>1</sup>.

As características do tipo variáveis de produto são avaliadas quantitativamente através de métodos padrão de teste, utilizando uma medição precisa através de um equipamento adequado que tenha sido inspecionado e calibrado <sup>1</sup>.

Os rejeitados em um processo de produção em linha se caracterizam como produtos que apresentam algum tipo de defeito frente ao padrão estabelecido pelas normas, manuais e especificações de produto dos órgãos regulatórios ou da empresa. Os produtos rejeitados também são chamados de “produtos não conforme” ou “produtos em não conformidade”, pois apresentam características de não conformidade com a especificação do produto (informação pessoal) <sup>1</sup>.

Segundo Toledo (2014), a definição de defeituoso é um produto que apresente um defeito ou mais, enquanto que defeito é uma falha de performance. Por exemplo, um absorvente com abas ausentes e falha na absorção apresenta dois defeitos, assim sendo um produto defeituoso.

Defeitos em produto são inconsistências nos atributos ou desvios em variáveis do produto que potencialmente tem a capacidade de tornar o produto perigoso, não funcional para o consumidor. Também pode ser caracterizado por um aspecto que cause um impacto negativo na continuidade de compra do produto e permita ações judiciais de ordem reguladora que podem originar litígio e outras questões legais.<sup>1</sup>

Devido à grande competitividade, as empresas, indústrias e organizações buscam aumentar a satisfação dos consumidores, produção, qualidade e, ao mesmo tempo, reduzir custos. Esse cenário propiciou a criação de variadas

---

<sup>1</sup> Manual da qualidade de absorventes femininos da multinacional da presente monografia

abordagens e metodologias, dentre elas, o *Six Sigma* e *Lean* (MOUSAVIDISFAHANI; TOURANI; SEYEDIN, 2018), metodologias objeto da presente monografia.

Tais metodologias possuem abordagens diferentes, porém, ao longo do tempo, foram unidas, formando uma nova ferramenta, o *Lean Six Sigma*. Esta ferramenta é amplamente utilizada nas indústrias para identificação e resolução de problemas dos mais variados tipos.

A multinacional que foi diretriz para presente pesquisa científica é competitiva no ramo de absorventes e aplica a metodologia *Lean Six Sigma* (LSS) nos seus processos e produtos envolvendo seus funcionários a fim de obter maior competitividade e excelência em qualidade.

O presente trabalho de nível de *Green Belt* (GB) no LSS teve como objetivo principal aplicar os conhecimentos aprendidos no formato de ciclo DMAIC para identificar as causas raízes do problema em questão e criar soluções para que o processo se torne menos complexo e produza ainda menos defeituosos. Desta maneira, a companhia reduz ainda mais suas perdas por desperdício e otimiza o seu lucro.

O objetivo geral do projeto consistiu em reduzir a quantidade de itens não conformes produzidos nas linhas de produção de uma multinacional do ramo de materiais absorventes, empregando as ferramentas da metodologia DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve and Control*), para identificação das causas raízes dos defeitos e identificação de formas para reduzir as frequências.

Os objetivos específicos visados neste trabalho foram os seguintes:

- Estruturar o trabalho na metodologia DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve and Control*);
- Identificar e priorizar as máquinas com maiores oportunidades aplicando as ferramentas propostas no ciclo DMAIC.
- Identificar principais causadores de rejeitos (defeitos) e propor formas de reduzi-los;
- Reduzir a porcentagem geral de rejeitados abaixo da meta de 1%.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1. Breve histórico

O *Lean thinking* (LT), ou mentalidade enxuta, trata-se de uma técnica desenvolvida no Japão após a Segunda Guerra Mundial, que se derivou do sistema de produção Toyota de Taiichi Ohno (ALEXANDER; ANTONY; RODGERS, 2019). O enfoque do LT é distinguir atividades que agregam valor, isto é, aquelas que o cliente está disposto a pagar das atividades que não agregam valor (ANTONY, 2011).

O objetivo do *Lean thinking*, também conhecido na indústria como apenas *Lean*, é reduzir o tempo do ciclo de produção, e, consequentemente, o tempo de entrega ao consumidor. Tal conceito se tornou muito popular após a publicação do livro “*The Machine That Changed the World*” de James P. Womack, em 1990 (ALEXANDER; ANTONY; RODGERS, 2019).

Segundo Toledo et al. (2014), o *Six Sigma* (SS) é uma metodologia criada por Bill Smith, engenheiro da empresa Motorola na década de 1980, cujo objetivo é reduzir a variabilidade aumentando a qualidade dos processos em termos de produção de defeituosos.

O SS se popularizou através de Jack Welch, Chief Executive Officer (CEO), presidente da General Electric em 1995, que ao presenciar o grande sucesso da implementação da ferramenta na empresa, concluiu que se tratava de uma ferramenta para melhoria contínua do negócio (ALEXANDER; ANTONY; RODGERS, 2019).

De 1986 a 1990, a Motorola economizou bilhões de dólares no setor de produção ao implementar o *Six Sigma*, que evoluiu o indicador de medição de qualidade para defeitos por milhão (DPMO) de produtos fabricados (ALKUNSOL et al., 2018; DAHLGAARD; DAHLGAARD-PARK, 2006).

### 2.2. *Lean Six Sigma*

*Lean manufacturing* (LM), ou fabricação enxuta, refere-se à abordagem para uma excelência organizacional através de um gerenciamento estratégico que identifique e elimine fontes de desperdício (MOUSAVI ISFAHANI; TOURANI;

SEYEDIN, 2018). Resumidamente, é a aplicação do LT de maneira organizada em um processo ou sistema.

Segundo Voehl et al. (2014), existem 9 tipos de desperdícios: defeitos, espera, inventário, produção excessiva, transporte, movimentação, processamento extra, subutilização de pessoas e o desperdício relacionado a comportamento.

O método LM tem o seu destaque em eliminar desperdícios para reduzir custos, eliminando tudo que sobressai o fluxo de produtividade através da identificação das variáveis que não agregam valor (NVA – Non value added) (VOEHL et al., 2014). Portanto, tudo além do necessário para adicionar valor ao produto ou serviço é eliminado, restando apenas o essencial no fluxo. A importância é manter a sequência produtiva, qualidade e desenvolvimento, sem atividades desnecessárias, a fim de aumentar a velocidade do processo (DA SILVA et al., 2018).

Em síntese, o *Lean manufacturing*, também referido como *Lean* ou fabricação enxuta tem como proposta primordial eliminar ou reduzir desperdícios removendo as barreiras que impedem o fluxo de valor em um processo melhorando, inclusive, a velocidade do sistema.

Entretanto, a técnica não aborda variabilidade ou capacidade do sistema, sendo necessário uma outra metodologia para tal fim, o *Six Sigma*.

Valendo-se da definição de sigma dado por Toledo (2014, p. 310).

O termo sigma é uma letra do alfabeto grego, e, no contexto do programa Seis Sigma, é utilizada para descrever variabilidade. A variabilidade está associada ao fato de que sucessivas observações de um processo ou fenômeno não produzem exatamente o mesmo resultado

A metodologia *Six Sigma* é uma estratégia de gestão focada em melhorar a qualidade de saída de processos minimizando variações e causas de defeitos, isto é, reduzir defeitos e custos pela redução de variabilidade do processo. É uma metodologia que utiliza de abordagens estatísticas para reduzir custo e melhorar qualidade do processo. Para isso, existem duas abordagens para análise de problemas e soluções: *Define, Measure, Analyze, Improve and Control* (DMAIC) e *Define, Measure, Analyze, Design and Verify* (DMADV) (VOEHL et al., 2014).

O *Six sigma* foca em melhoria e nele se estuda o estado futuro desejado para o trabalho (DA SILVA et al., 2018).

Do ponto de vista prático, o *Six Sigma* é uma metodologia estatística que busca reduzir custo ao tornar o processo mais capacitado para atender as necessidades dos clientes. Este custo é vinculado à qualidade do processo, pois a metodologia busca a redução de variação do sistema que produz defeitos ou não-conformidades.

Para tanto, o *Six sigma* utiliza de softwares estatísticos como ferramenta para reduzir variabilidade, enquanto o conceito *Lean* utiliza análises de valor para remover desperdícios de processos (BENDELL, 2006).

Assim, o *Lean Six Sigma* alinha duas ferramentas que têm como propósito atender a satisfação dos clientes por meio da melhoria do processo. Contudo, cada ferramenta tem o seu enfoque: enquanto uma visa retirar qualquer atividade que não agrega valor ao processo (NVA), a outra busca maximizar a performance do produto ou serviço (DA SILVA et al., 2018). O propósito da ferramenta LSS é a melhoria da performance do sistema através da redução de DPMO, e consequentemente, elevação do nível sigma.

Portanto, o nível de defeitos produzidos varia com o nível sigma do processo. Na Tabela 1, confere-se para cada nível sigma o número de defeituosos produzidos e porcentagem de produtos conforme.

**Tabela 1** - Níveis Sigma

Limite de Especificação	Porcentagem dentro da especificação [%]	DPMO
1 Sigma	30,23	697.700
2 Sigma	69,13	308.700
3 Sigma	93,32.	66.810
4 Sigma	99,3790	6.210
5 Sigma	99,97670	233
6 Sigma	99,999660	3,4

Fonte: Adaptado de MONTGOMERY (2004, p. 16).

### 2.3. Ferramentas DMAIC

A abordagem, ou ciclo DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve and Control*), segmenta o processo de melhoria em cinco fases que favorecem a identificação das etapas do processo, causas raízes dos erros e como eliminá-las (DA SILVA et al., 2018).

O DMAIC dispõe de ferramentas de suporte para cada etapa. Em trabalhos que usam a abordagem DMAIC, é comum o uso de ferramentas como: SIPOC (*Supplier, Input, Process, Output and Customer*), CTQ (*Critical to Quality*), Árvore de perdas, *Brainstorming*, Diagrama de Ishikawa (Matriz Causa e Efeito), coleta de dados, estudo de capacidade, análise do sistema de medição e teste de hipóteses e regressão. É de grande importância utilizar as ferramentas que a abordagem DMAIC tem disponível para análise e alcance de melhores resultados (DA SILVA et al., 2018). Uma breve descrição do que é realizado em cada fase do DMAIC está listado no Quadro 1.

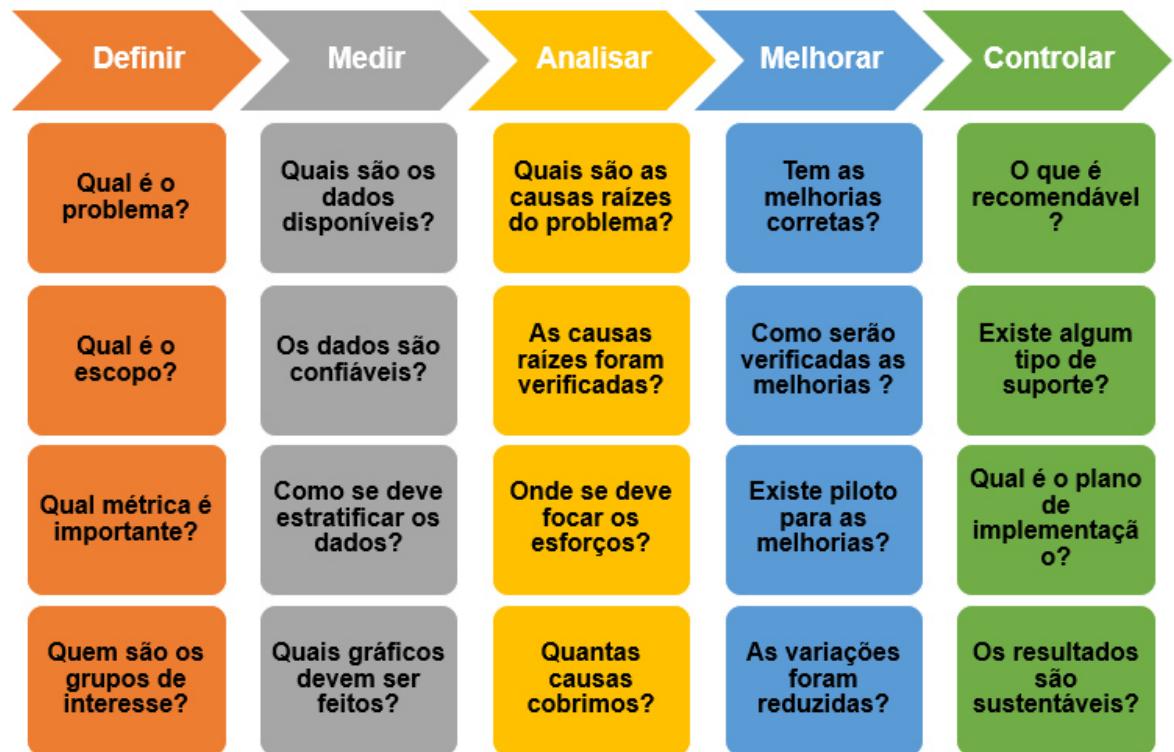
**Quadro 1- Etapas do DMAIC.**

<b>Fase</b>	<b>Descrição</b>
Definir	Justificar que o processo ou produto necessita de melhoria. Definir equipe, clientes (interno e externo), as necessidades dos clientes e criação do mapa processo que deve ser melhorado.
Medir	Identificar os fatores que possuem maior impacto no processo e como realizar a medição. Nesta fase, coleta-se dados mais atuais para identificar causas de variação do processo.
Analizar	Analizar os fatores que necessitam melhoria e reduzir as fontes de variação de processo.
Melhorar	Análise de custo benefício deve ser usado para identificar as melhores soluções. Esboçar e implementar melhorias. Teste de hipóteses para confirmar a melhoria.
Controlar	Verificar se a implementação obteve sucesso. Garantir que as melhorias são sustentáveis a longo prazo. Usar plano de controle para acompanhar o trabalho.

Fonte: adaptado de DA SILVA et al. (2018).

Resumidamente, as etapas do ciclo DMAIC buscam responder as questões como mostrado na Figura 1.

**Figura 1** - Questões a serem respondidas nas etapas DMAIC



Fonte: Adaptado de (RAHMAN et al., 2017)

No Quadro 2 é possível visualizar as ferramentas mais indicadas e usadas em cada fase.

**Quadro 2 - Ferramentas usadas por etapa no ciclo DMAIC.**

<b>Fase</b>	<b><i>Lean Six Sigma Tools</i></b>
Definir	<i>Project Charter</i> ou Contrato do projeto Definição da <i>Baseline</i> , Metas e ganhos Árvore de Requerimentos ou CTQ's ( <i>Critical to Quality</i> ) VOC (Voice of Customer) SIPOC ( <i>Supplier, Input, Process, Output and Customer</i> ) Árvore de Perdas, Análise Pareto ou Estratificação dos Y's Métricas Análise de Integrantes do Grupo Modelo de Influência Cronograma GANTT Identificar medidas <i>Lean</i> Cartas de estado atual
Medir	Coleta de dados Análise do estado atual Análise Pareto Brainstorming Diagrama de Ishikawa Matriz Causa e Efeito Análise dos sistemas de medição (MSA)
Analizar	<i>Design of Experiments</i> (DOE) Teste de Hipóteses FMEA ( <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> ) Análise de Causas Raízes ou 5 porquês
Melhorar	Criar e implementar cartas de estado futuro Implementação das melhorias
Controlar	Monitoração do processo

Fonte: Traduzido e adaptado de (VOEHL et al., 2014).

### 2.3.1. Primeira fase

A primeira fase no ciclo DMAIC, denominada fase definir, define-se o escopo, a meta, a equipe, a métrica, o cliente, as limitações e os objetivos. Utiliza-se a ferramenta árvore de perda ou análise Pareto para estratificar e priorizar os desvios a serem melhorados (TOLEDO et al., 2014).

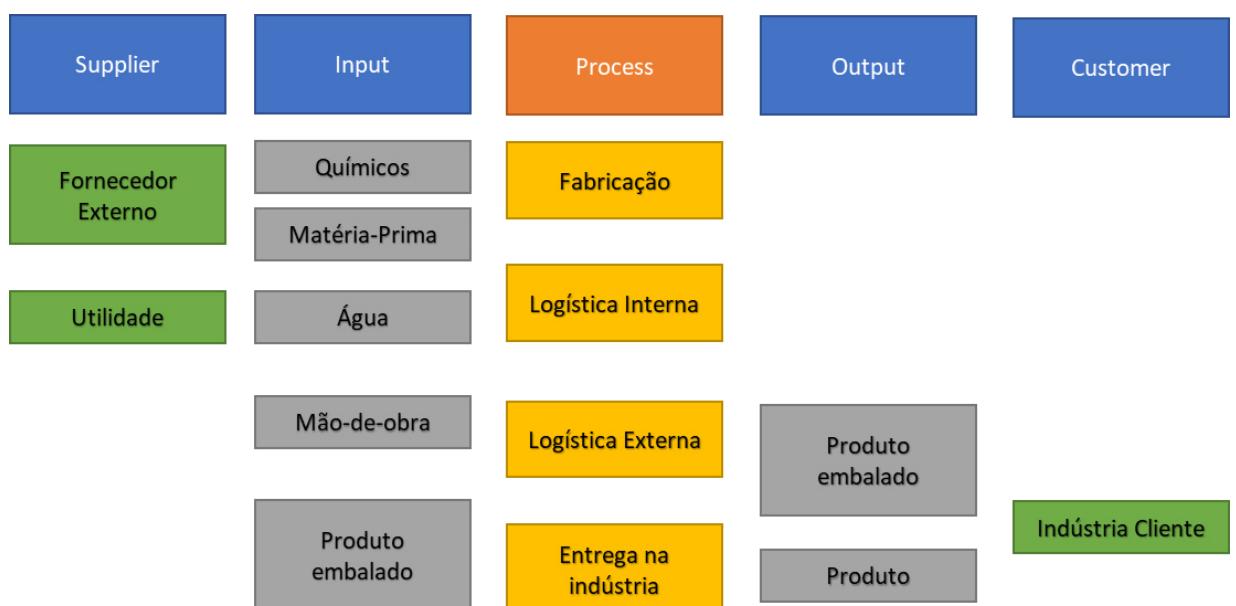
As ferramentas vitais da fase definir em um trabalho são:

- Project Charter ou pré-contrato;
- VOC;
- SIPOC;
- CTQs;
- Análise de Pareto ou Árvore de Perdas.

SIPOC é uma ferramenta usada para mapear o fluxo processo com suas entradas e saídas identificando os fatores fundamentais para coleta de dados. (RAMAN; BASAVARAJ, 2018).

Fundamentalmente, deve-se inserir de 4 a 7 passos do processo, determinar as saídas (*output*) e clientes (*customer*) do processo e identificar as entradas (*input*) e os fornecedores (*suppliers*) destas entradas. Ilustração na Figura 2.

**Figura 2** - Exemplo de SIPOC



Fonte: Adaptado de (TOLEDO et al., 2014).

O *Project Charter*, ou pré-contrato, é um resumo do trabalho contendo a motivação, descrição, escopo, cronograma detalhado e papéis e responsabilidades da equipe. A finalidade é o cadastro do trabalho, seu propósito e o alinhamento da equipe.(TOLEDO et al., 2014).

*Voice of the customer*, ou Voz do cliente (VOC), são os requisitos por parte dos clientes necessários para o produto ou serviço (VOEHL et al., 2014).

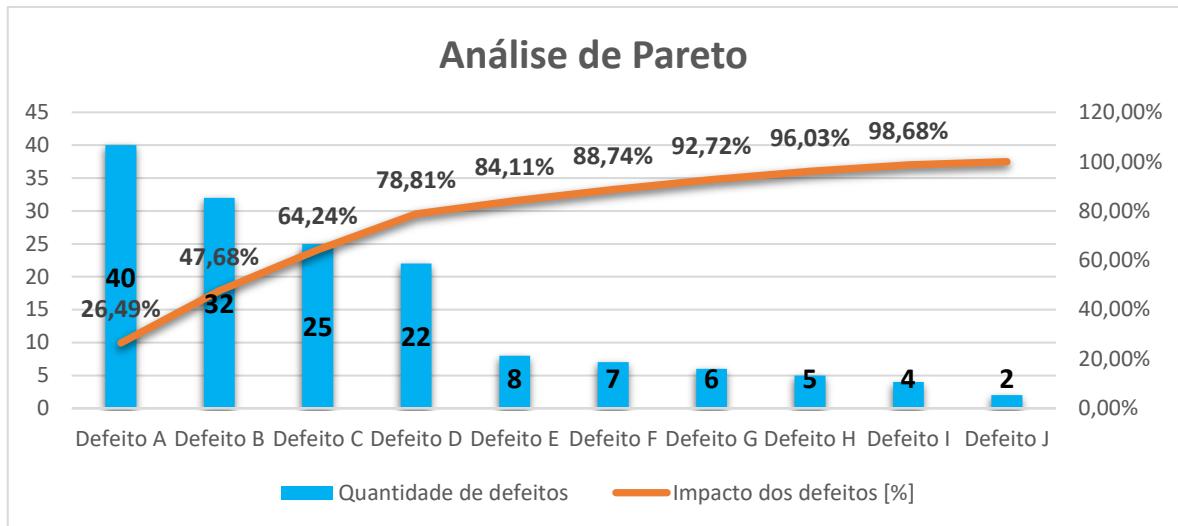
Os requisitos críticos para que a performance do produto ou serviço é identificada através de uma ferramenta chamada *Critical to Quality* (CTQs) (VOEHL et al., 2014). Nela, define-se as limitações e restrições do trabalho, ou seja, quais indicadores, ações ou normas não podem ter sua performance alterada.

Árvore de perdas, ou Análise Pareto, é uma ferramenta que facilita a visualização dos principais desvios de qualidade (KUMAR; SOSNOSKI, 2009).

Princípio de Pareto ou regra 80/20 é uma regra universal, a qual dita que, para a tomada de ação, deve-se focar nas poucas agentes que originam a maior parte das consequências.(VOEHL et al., 2014). Em outras palavras, 20% das causas (poucas e vitais) que acarretam 80% das consequências (muitas e triviais). Os dados são estratificados em um gráfico em barras na ordem decrescente com uma curva que mostra a porcentagem de contribuição do desvio em relação a soma total ou porcentagem de impacto. Tal configuração visual relacionada ao princípio de Pareto ou regra 80/20 permite a selecionar os desvios ou defeitos a serem abordados (até 80% de impacto) e a sua priorização (Ordem decrescente das barras).

A Figura 3 apresenta um exemplo de aplicação da Análise de Pareto.

**Figura 3 - Árvore de Perdas, Análise de Pareto ou Estratificação dos y's**



Fonte: Traduzido e adaptado de (BARBOSA et al., 2017)

### 2.3.2. Segunda fase

Na fase 'medir', que corresponde à segunda fase da metodologia, ocorre a estruturação e validação da coleta de dados, o mapeamento do processo de maneira detalhada e a medição dos defeitos gerados. A ênfase da etapa é usar os fatos e dados para prosseguir com a elaboração das ações (TOLEDO et al., 2014).

Nesta fase, medem-se causas mais apropriadas para melhoria de forma a estabelecer a performance a ser atingida ou defeitos ocorridos a serem evitados (OMACHONU; ROSS, 2004).

Na obtenção dos dados, medição e propostas das causas raízes dos problemas são utilizadas as seguintes ferramentas:

- Mapeamento do processo ou Mapeamento do fluxo de valor;
- Brainstorming;
- Diagrama de Ishikawa ou Diagrama de Causa e Efeito
- Matriz de Causa e efeito;
- Análise do Sistema de Medição. (MSA)

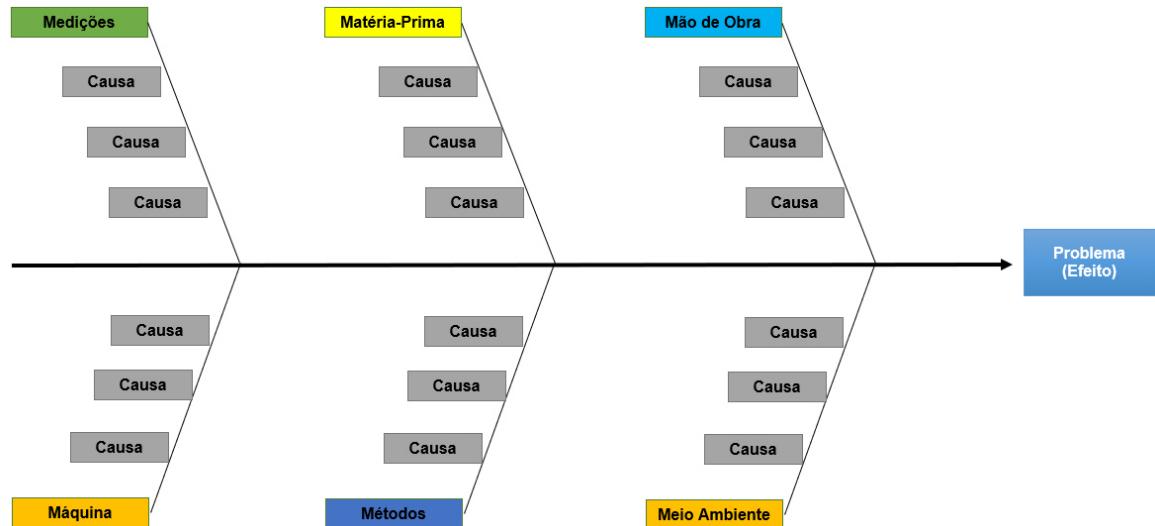
O mapeamento do processo é um fluxograma com maior riqueza de detalhes em que as variáveis controladas e não-controladas são evidenciadas e os pontos críticos são definidos.

O mapeamento do fluxo de valor é uma ferramenta advinda do *Lean thinking*, ou “pensamento enxuto”, que permite identificar e relacionar as atividades que acrescentam valor ou não ao processo em estudo (VOEHL et al., 2014).

*Brainstorming*, ou “tempestade de ideias”, é uma técnica usada como suporte para outras ferramentas de gestão, como Diagrama de Ishikawa, que busca por meio da criatividade da equipe as causas possíveis de um problema (TOLEDO et al., 2014).

Diagrama de causa e efeito também conhecida como diagrama de Ishikawa ou espinha de peixe (*fishbone*), esta última nomenclatura se deve a maneira lógica que a ferramenta organiza os dados a serem preenchidos, segregando as informações por causa e nível de importância (TOLEDO et al., 2014). A Figura 4 apresenta um modelo de Diagrama de Causa e Efeito.

**Figura 4 - Diagrama de Causa e Efeito (*fishbone*)**



Fonte: Traduzido e adaptado de (VOEHL et al., 2014)

A ferramenta tem como propósito relacionar um efeito com as possíveis causas que o ocasionam (OMACHONU; ROSS, 2004).

As ideias levantadas do *brainstorming* acabam preenchendo grande parte da ferramenta da espinha de peixe em que se identifica as variáveis ou causas relacionadas aos diferentes efeitos a serem pontuados na matriz de causa e efeito.

Matriz de causa e efeito, ou matriz de priorização, as características relacionadas a qualidade são usadas como critérios para avaliar as causas em grau de importância (VOEHL et al., 2014).

Matriz Causa e Efeito é uma ferramenta complementar ao diagrama de Ishikawa. Nela, as possíveis causas analisadas no diagrama de Ishikawa são pontuadas pelo time em relação ao efeito ou requisito do cliente (y). Destas pontuações, retira-se uma análise de Pareto, já explicado anteriormente, que prioriza as causas de maior impacto. Um exemplo de priorização através de matriz de causa e efeito é apresentado na Figura 5.

**Figura 5 - Matriz de Causa e Efeito**

Características do processo (xs) - elaborados no Diagrama de Causa e Efeito			Características da Qualidade (ys) - Efeitos mapeados na Análise de Pareto ou em outras ferramentas (Importância dos ys: 1 a 10)				TOTAL
			Tempo	Segurança	Qualidade da execução	Caract. 4	
			10	9	8		
Etapas	x	Variáveis ou possíveis causas	Importância da correlação (0,1,3,9)				
Categoria 1	x1		9	1	3		123
	x2		3	1	9		111
	x3		0	0	9		72
Categoria 2	x4		3	9	9		183
	x5		9	3	9		189
Categoria 3	x6		9	9	9		243

Fonte: Traduzido e adaptado de (VOEHL et al., 2014).

Após a elaboração do diagrama e da matriz de causa e efeito, é possível identificar desvios simples que podem ser solucionados sem a implementação de grandes mudanças ou ações. São quaisquer alterações que possam ser realizadas de maneira rápida, segura, facilmente reversível e que tragam um retorno significativo.

*Measurement system analysis* (MSA), em português, análise do Sistema de Medição, é um procedimento estatístico que mensura a variação do processo de maneira a comprovar ou não a confiabilidade dos dados (VOEHL et al., 2014), que é usada para compreender o processo de medição, quantificar o erro do valor medido ao real e avaliar se os dados sendo coletados são confiáveis e representam estatisticamente meu processo.

A principal ferramenta do MSA é a análise e medição de repetibilidade e reprodutibilidade. Reprodutibilidade é a variação das médias obtidas por medidas, de uma mesma grandeza, realizadas por diferentes operadores utilizando o mesmo equipamento de medição e corpo de prova. Isto é, erro de quem conduz a medição.

Repetibilidade está relacionada a variabilidade obtida por um operador utilizando o mesmo equipamento e método ao medir repetidamente a mesma grandeza em um único corpo de prova, isto é, erro do equipamento (VOEHL et al., 2014).

### 2.3.3. Terceira fase

Esta fase consiste na análise dos dados medidos na etapa anterior para identificar as causas raízes dos defeitos ou erros e estabelecer a sequência prioritária da tomada de ação (OMACHONU; ROSS, 2004).

O objetivo da fase é identificar as causas raízes ou variáveis chave (x) que mais contribuem com as consequências (y) e identificar uma solução apropriada (JIRASUKPRASERT et al., 2015).

Em síntese, utilizando de ferramentas como FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) e 5 Porquês, identifica-se as causas ou variáveis-chave, dentre todas as causas levantadas no diagrama de Ishikawa, correlacionando-as consequências ou defeitos (y) da Análise de Pareto realizado nas fases anteriores.

Análise de modos e efeitos de falhas (FMEA) tem como princípio aumentar a confiabilidade do produto, evitando potenciais falhas que danifiquem o desempenho do processo (TOLEDO et al., 2014). O FMEA também é uma ferramenta preventiva que assegura que todas possíveis falhas e riscos de um sistema foram consideradas e atribuídas um valor numérico com base em ocorrência, severidade e detecção de modo a serem priorizadas para a elaboração de ações corretivas ou suas eliminações antes da implementação.

Os modos de falha de maior prioridade são inseridos na ferramenta Análise de causas raízes ou 5 Porquês, nela os principais modos de falha passam por uma avaliação para identificar o que ocasiona a falha, isto é, a primeira ocorrência que levou à falha.

### 2.3.4. Quarta fase

Na fase ‘melhorar’, o objetivo é implementar as soluções das causas raízes dos problemas de maior prioridade no processo. É importante que as soluções mantenham o processo nos limites estabelecidos nas etapas iniciais (RAMAN; BASAVARAJ, 2018).

Avalia e se testa as alternativas para remover as causas indesejadas de maneira a respeitar os limites de especificação e variação determinados. É tão importante quanto a implementação das soluções, é tratar a história da mudança para que a melhoria se concretize (TOLEDO et al., 2014).

As causas raízes e consequências foram definidas e priorizadas nas etapas anteriores. Portanto, na etapa melhorar o foco é a elaboração e implementação dos planos de ação para correção dos desvios e melhorias do processo.

A principal ferramenta utilizada na etapa melhorar é o *Design of Experiments* (DOE), que elabora um experimento controlado seguindo o conceito *One factor at a time* (OFAT). Com os resultados do experimento, analisa-se o nível de correlação dos dados ou variáveis investigadas, permitindo encontrar as melhores configurações para atingir um objetivo ou especificação (JIRASUKPRASERT et al., 2015).

A ferramenta consiste na investigação estatística da correlação entre múltiplos fatores, isto é, os impactos das variáveis de entrada nas condições de saída. Deste modo, torna-se possível identificar quais alterações devem ser realizadas para atingir uma função desejada

### 2.3.5. Quinta fase

Na última fase do ciclo DMAIC, atua-se no controle do processo para assegurar a longo prazo a mudança implementada, documentar a nova condição de processo e identificar se as boas práticas levantadas podem ser aplicadas em outro setor ou categoria (VOEHL et al., 2014; DAHLGAARD; DAHLGAARD-PARK, 2006).

Na etapa ‘controlar’, inicia-se a entrega do trabalho para o novo cliente, para a quem o processo foi melhorado e que normalmente é responsável pelo processo. Portanto, o objetivo se altera para controlar e assegurar as mudanças para o novo cliente.

Para isso, deve-se confirmar que a meta foi superada e que as soluções propostas durante o trabalho foram efetivas. Tal confirmação é feita por um teste, denominado teste-T.

O Teste T é um teste de hipótese que segue a distribuição *t-student*, aplicado em processos estáveis a fim de comparar a média de duas amostras. A hipótese

nula ( $H_0$ ) é que a média do conjunto A é igual ao do conjunto B, enquanto que a hipótese alternativa é que as médias são diferentes (YANG-CHUN; YANG-CHUN; XIU-MIN, 2017).

O teste t indica um valor de probabilidade (*p-value*), que indica a evidência estatística para rejeitar ou não a hipótese nula. Para um nível de confiança de 95% quando o *p-value* é inferior a 0.05, considera-se que as médias possuem uma diferença estatística significativa. Em outras palavras, rejeita-se a hipótese nula e infere-se a hipótese alternativa (YANG-CHUN; YANG-CHUN; XIU-MIN, 2017).

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1. Objeto de estudo**

Esse trabalho foi realizado em uma filial brasileira de uma empresa multinacional americana, a qual atua no ramo *Personal Care*, com produtos absorventes. Para esta pesquisa, foi abordado apenas o processo de produção de absorventes femininos externos.

Informações como situação atual de nível sigma, capacidade, desenho de máquina, fluxogramas de processo e número de defeituosos não foram divulgados, pois são informações sigilosas ou potencialmente prejudiciais para a empresa e de obtenção de vantagens.

Por razões de confidencialidade pactuada entre o autor e a empresa, somente as informações autorizadas foram divulgadas.

#### **3.2. Método de Pesquisa**

É importante definir um método de pesquisa para alcançar um objetivo ou especificação através de uma ordem elaborada de investigação do processo como um todo (CERVO; BERVIAN; DA SILVA, 2007).

Segundo Cervo, Bervian e Da Silva (2007), “Nas ciências, entende-se por método o conjunto de processos empregados na investigação e na demonstração da verdade”.

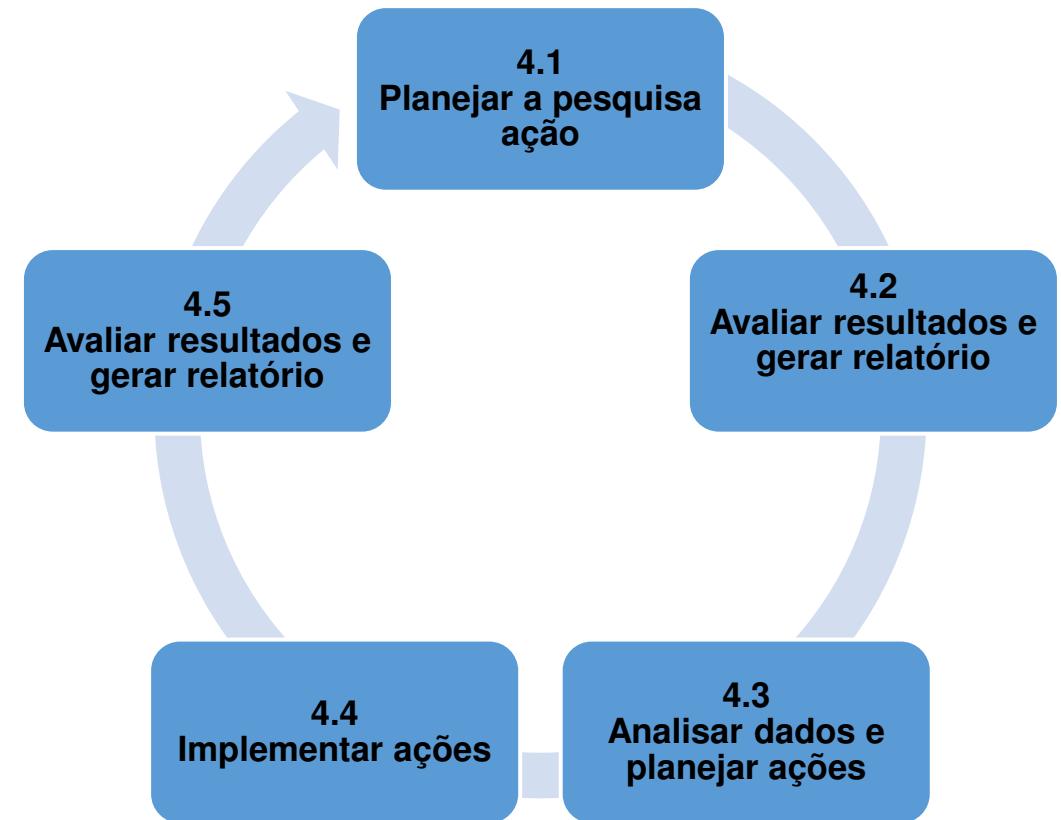
Na literatura, foi possível identificar a pesquisa ação como um método compatível à metodologia LSS e ciclo DMAIC. A pesquisa-ação ou *action research* (AR) é um método de pesquisa científica que soma a geração de conhecimento sobre o processo e a tomada de ação cada vez mais efetivas (COUGHLAN; COGHLAN, 2002).

A pesquisa-ação foi o método de pesquisa adotado neste trabalho, pois, diferentemente de outros métodos em que os temas de pesquisa advêm de literaturas e bibliografias, na pesquisa-ação a fundamentação teórica vem após a identificação de um problema prático passível de investigação. O que a torna ideal para problemas relacionados a engenharia (MELLO et al., 2011).

Em adição, a pesquisa-ação é colaborativa, isto é, o time de pesquisa participa nos processos de investigação, planejamento e ações corretivas (COUGHLAN; COGHLAN, 2002). O que a torna ainda mais compatível com o ciclo DMAIC em que uma equipe é formada para análise e coleta de dados de maneira a colaborar com a investigação e solucionar uma saída de processo inadequada.

Segundo Gil (2010), a pesquisa-ação não é o planejamento mais indicado para trabalhos que devem seguir uma ordem cronológica dos dados devido as ocorrências imprevisíveis. No entanto, estipula-se etapas para a pesquisa-ação, conforme a Figura 6.

**Figura 6** - Estruturação para a pesquisa-ação



Fonte: Adaptado de (MELLO et al., 2011)

Similarmente ao ciclo DMAIC, cada etapa da pesquisa-ação possui o objetivo de responder certas questões, como pode ser visto na Figura 7.

**Figura 7 - Fases, etapas e atividades da pesquisa-ação**



Fonte: (MELLO et al., 2011).

Outra semelhança são as técnicas adotadas para coleta, análise e interpretação de dados. Na pesquisa-ação a coleta de dados exige a representatividade do pesquisador bem como a definição dos dados, categorização e análise estatística para divulgação e elaboração do plano de ação (GIL, 2010).

Como discutido na presente monografia, no ciclo DMAIC o processo, causas e consequências são reveladas conforme as fases são concluídas. Logo, trata-se de uma abordagem científica em que ocorre a aprendizagem, por parte do

pesquisador, sobre o processo estudado e, simultaneamente, tomadas de ações cada vez mais assertivas para a resolução do problema. Além disso, os trabalhos LSS possuem um método de pesquisa de caráter colaborativo e interativo, pois a equipe definida influencia os dados a serem coletados (métricas) ao mesmo tempo que o conhecimento trazido por cada indivíduo soma-se aos descobertos no trabalho. Complementando a pesquisa-ação, o ciclo DMAIC compensa quaisquer regressos de conceito ou ferramenta que por ventura serem necessários a causas imprevisíveis, pois estas são inclusas na própria metodologia.

### 3.3. Ciclo DMAIC

#### 3.3.1. Fase definir

Na etapa 'definir' do ciclo DMAIC são estabelecidos a equipe, métrica, meta, limitações e os requisitos do trabalho (JIRASUKPRASERT et al., 2015).

A equipe foi definida tomando-se em consideração disponibilidade, setor de trabalho, área de contribuição e comprometimento. Foi importante definir a equipe de maneira diversificada para o correto andamento das ferramentas e das etapas.

O escopo, informações, meta e nomes dos membros da equipe foram preenchidas no *Project charter* (Pré-contrato), a fim de estabelecer a liderança, cronograma, organização das ideias e validar o trabalho.

A métrica ou indicador a ser acompanhado foi definido em relação ao número de rejeitados, podendo ser quantidade produzida, porcentagem em relação a produção e até mesmo valor monetário perdido.

Nos casos em que o cliente ou a gerência não definem uma meta, essa é calculada a partir de dados coletados ou históricos da métrica definida. A média dos dados é a *baseline* (linha de base), que traz a informação da atual situação do indicador, isto é, como está o processo. Em outras palavras, *baseline* é o levantamento dos dados históricos do seu processo em um determinado período de tempo, normalmente utiliza-se o histórico dos meses em um ano. Contudo, quanto maior a base de dados que representam o seu processo, menor o erro amostra.

Com o histórico de dados é calculado o *benchmarking*, que é o resultado referência, o que é tangível ao processo, isto é, o resultado que se deseja obter. O *benchmarking* é definido através do cálculo dos quartis.

- 3º Quartil –toma-se para análise 25% dos dados de maiores valores;
- 2º Quartil –toma-se para análise 50% dos dados de valores medianos;
- 1º Quartil –toma-se para análise 25% dos dados de menores valores;

No caso de produtos rejeitados produzidos, torna-se óbvio que o desejado é sempre reduzir. Consequentemente o cálculo é atribuído aos menores valores atingidos no histórico de dados disponível (1º Quartil).

A diferença da *baseline* e do *bechmarking* é a lacuna, isto é, a quantificação de melhoria disponível. No entanto, as metas de trabalho LSS seguem uma regra de realizar entre 30 a 70% da lacuna calculada.

Resumindo, as fórmulas para cálculo de *baseline*, *benchmarking*, lacuna e meta são descritos nas Equações 1 a 5.

$$Baseline = \frac{\sum \text{Valores avaliados}}{\text{Número de valores avaliados} (n)} \quad (1)$$

$$Benchmarking (3ºQ) = (n + 1) \times 0,75 \quad (2)$$

$$Benchmarking (1ºQ) = (n + 1) \times 0,25 \quad (3)$$

$$Lacuna = Baseline - Benchmarking \quad (4)$$

$$Meta = Baseline - (Lacuna * y) \quad (5)$$

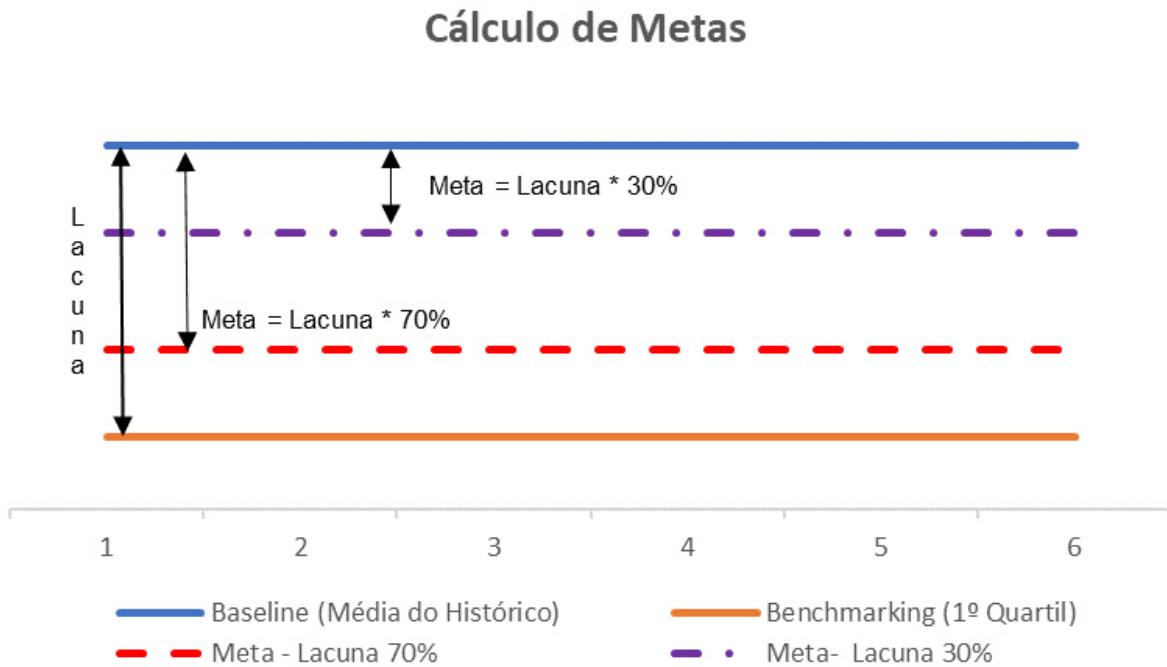
Na Equação 1 n é o número de valores avaliados, isto é, quantos dados foram tomados como histórico.

O resultado da equação 2 ou 3 identificam a posição em que se encontra o valor de *benchmarking*, assim sendo, a distribuição dos dados deve ser colocada em ordem crescente para que seja identificado o valor do *benchmarking*. Softwares usados para esse cálculo, como o Excel, dispensam essas etapas.

Na Equação 6 y é igual a porcentagem desejada entre 30% a 70% para redução.

Na Figura 8 é apresentada uma simplificação gráfica do o cálculo de meta a ser realizado, levando-se em conta um indicador que intenção é a redução do seu valor.

**Figura 8 - Simplificação gráfica do cálculo de meta**



Fonte: Elaborada pelo autor

Após definição da meta, o time se contextualizou com os processos envolvidos no trabalho utilizando a ferramenta SIPOC, e, em seguida, definiu-se as limitações e requisitos do cliente através da ferramenta árvore de requerimentos ou CTQs.

Antes de seguir para a etapa ‘medir’, o time identificou as causas ou desvios (y). Para tal fim, empregou-se diversas a análises de Pareto com diferentes enfoques. No caso, foi definido quais máquinas ou produtos contribuíram mais com o número de rejeitados e quais tipos de defeito foram predominantes.

### 3.3.2. Fase medir

Na segunda fase do ciclo DMAIC, a fase ‘medir’, é necessário identificar e medir as variáveis de maior impacto aos requerimentos do cliente (BENDELL, 2006).

Na fase ‘medir’ ocorreu a coleta de dados de modo a atualizar o indicador e fornecer mais dados para subsequentes análises a serem realizadas.

Foi realizado um mapa ou fluxograma dos processos analisados no trabalho, esse mapa teve como objetivo identificar variáveis ou parâmetros não controlados, bem como estipular um fluxo ideal para o processo.

Foi necessário confirmar que a medição do trabalho não apresentava nenhuma falha de repetição ou reprodução. Com isso, a análise do sistema de medição foi realizada utilizando software estatístico fornecido pela multinacional. Do resultado dessa análise pode ocorrer alguma ação de melhoria ou padronização da medição

Nesta etapa foram adotadas as priorizações de cada análise de Pareto da fase definir. Por exemplo, qual produto, máquina e defeito tiveram maior impacto no indicador, e, para cada categorização realizou-se um *brainstorming*, diagrama e matriz de causa e efeito. Destas ferramentas foi possível extrair e categorizar as variáveis (x) para os efeitos ou desvios (y) identificados em cada Pareto.

Seguindo destas análises, as ações de ganho rápido foram identificadas e organizadas por ordem prioritária para execução.

### 3.3.3. Fase analisar

Na terceira fase do ciclo DMAIC, a fase 'analisar', identifica-se as causas raízes e variáveis-chave para impactar a saída do processo (DAHLGAARD; DAHLGAARD-PARK, 2006).

A partir desta etapa, foi realizado o acompanhamento da métrica através de coletas de dados, pois foi possível identificar melhorias no indicador advindos das ações rápidas,

Nesta etapa foi exigido que a equipe multifuncional definida realizasse o FMEA. Nesta ferramenta são definidas as principais causas dos desvios, modos de falha, riscos e inseguranças que as melhorias a serem implementadas possam acarretar. Tais causas principais foram distribuídas em ordem decrescente de prioridade, as quais foram investigadas para identificação das causas raízes em uma outra ferramenta, os 5 Porquês.

As causas principais foram usadas como entrada em outra ferramenta de análise de causas raízes ou 5 Porquês para rastrear o processo que levou a falha ou desvio. Deste modo, são identificadas as causas raízes para elaboração do plano de ação na próxima etapa.

### 3.3.4. Etapa melhorar

Na quarta fase do ciclo DMAIC, a fase ‘melhorar’, o foco é elaborar e implementar plano de ação das melhorias, soluções ou configurações ideais, identificadas através de ferramentas, que reduzirão os desvios de qualidade (JIRASUKPRASERT et al., 2015).

Nesta fase, foram iniciadas as melhorias das causas raízes identificadas. A equipe teve que organizar a implementação das ações através de um plano de ação baseado nas causas raiz da análise dos 5 porquês.

É possível que ocorra a necessidade de alterar parâmetros ou configurações de softwares de funcionamento de equipamentos para alcançar uma desejada performance de variável de produto. Para isso, utiliza-se a ferramenta estatística *Design of experiments* (DOE), na qual são mapeados os impactos de cada variável de entrada nas saídas. Através dessa ferramenta é possível estipular as melhores configurações para um resultado ou estado desejado.

De maneira geral, foi necessário planejar e implementar as soluções desenvolvidas a partir das causas raízes identificadas e início do controle das melhorias a longo prazo, ou seja, confirmar as mudanças realizadas.

### 3.3.5. Etapa controlar

Na quinta fase do ciclo DMAIC, a fase ‘controlar’, o objetivo é definir planos de monitorização, estratégias de controle para garantir as mudanças implementadas (TOLEDO et al., 2014).

Nesta etapa foi utilizado ferramentas e serviços de comunicação fornecidos pela empresa para padronizar as ações e monitora-las a longo prazo.

Para a padronização, por exemplo, foram necessários treinamentos, instruções de trabalho, equipamentos e guias para a implementação das mudanças, as quais foram monitoradas através do acompanhamento do indicador ou métrica a ser definida.

O resultado obtido passou por uma análise estatística, chamada de Teste T, que identifica se o novo resultado é significativamente diferente dos dados tomados como *baseline* (linha de base). Melhor explicando, se as ações implementadas

tiveram uma real contribuição ou se a melhoria foi fruto da variabilidade do processo. Caso o Teste T mostre que as médias são frutos da variação, realiza-se uma análise para averiguar a tendência de melhoria, assim, avalia-se se as ações surtiram algum efeito no indicador.

Após esta análise, o resultado foi divulgado na empresa a fim de promover a história da mudança, reconhecimento da equipe e difusão das melhorias.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção foram apresentados os resultados, ferramentas e procedimentos analisados no Capítulo 3

Como discorrido no tópico 3.1, somente informações não-sigilosas, não prejudiciais e que não permitem uma obtenção de vantagem competitiva foram divulgadas. Isto é, somente as informações autorizadas pela confidencialidade pactuada entre o este autor e a empresa foram dispostas no presente trabalho.

Para tal, valores numéricos, nomenclaturas, procedimento, fluxogramas e dados estatísticos foram ocultados ou alterados através da multiplicação por um fator ou equação, de modo a garantir o resguardo de informações confidenciais. Entretanto, de nenhuma forma estas alterações desviaram o objetivo, resultados ou validade desse trabalho.

### 4.1. Produto e máquinas

O produto de estudo foi o absorvente feminino externo que possui o seguinte portifólio: absorventes com abas ou sem abas, regulares ou noturnos e com cobertura seca ou suave, além de outros com características extras ou únicas.

Os absorventes sem abas aderem a roupa íntima através de um adesivo existente na parte inferior, enquanto que os absorventes com abas têm a função de manter uma melhor fixação na roupa íntima através do entrelaçamento da aba com a roupa. Vale ressaltar que a configuração sem abas existe apenas nos produtos regulares

A principal matéria-prima para absorção de fluxo menstrual é a celulose. Com isso, existe a variação regular e noturno que se referem a quantidade de celulose em sua composição e, consequentemente, tamanho do produto e capacidade de absorção do fluxo menstrual. Deste modo, o produto regular é indicado para fluxos naturais e períodos diurnos. Enquanto o absorvente noturno, que possui maior dimensão, é indicado para período noturno e fluxos intensos devido a sua maior capacidade de absorção.

Outra variação para o produto foi o tipo do material da parte superior do absorvente que fica em contato com a pele feminina, chamado de cobertura. A cobertura seca, como o nome indica, possui a função de remover a umidade

através de uma absorção mais rápida do fluxo enquanto que cobertura suave propicia um maior conforto para a pele. A diferença entre as duas coberturas advém da constituição de cada material.

As duas coberturas existem em todas as outras configurações, melhor dizendo, existem absorventes regulares e noturnos, com ou sem abas na cobertura seca ou suave

No estudo, foram analisadas quatro máquinas de produção de absorventes femininos, as quais por confidencialidade foram chamadas de W, X, Y e Z. A máquina W produz apenas os produtos regulares com cobertura seca ou suave, adicionalmente a máquina Y produz estes e os absorventes sem abas, que como mencionados anteriormente existem apenas na cobertura suave. As máquinas X e Z produzem os absorventes noturnos em ambas coberturas. Adicionalmente a máquina X produz absorventes de característica especial.

Como abordado na Introdução, durante a inspeção em linha, são realizados testes de atributos (visuais) e variáveis (performance), que ao serem reprovados, isto é, quando ocorre identificação de um defeito ou não conformidade acima do limite aceitável definido, deve-se segregar o material sob a suspeita de tal configuração fora de especificação.

Para o melhor controle, toda segregação ou retenção de material é documentada e contém as seguintes informações: produto, data, hora, dados de rastreabilidade, quantidade retida, defeito(s) encontrado(s), detalhe do defeito e amostragem para reinspeção do material. Essa reinspeção do material segue amostragem e critérios descritos em normas técnicas da empresa e servem para reavaliação do estado do material segregado e identificar quais produtos são rejeitados ou aprovados para o mercado.

Os defeitos, ou não conformidades, encontradas foram categorizadas de modo que defeitos semelhantes entrem em um mesmo conjunto. Isto se deve à opção da inserção de algum detalhe da retenção, que, por vezes, pode trazer informações importantes da causa dos defeitos. No entanto, como a inserção desse detalhe ao defeito não é padronizado, fica sujeito a erro da percepção e ação humana.

## 4.2. Definir

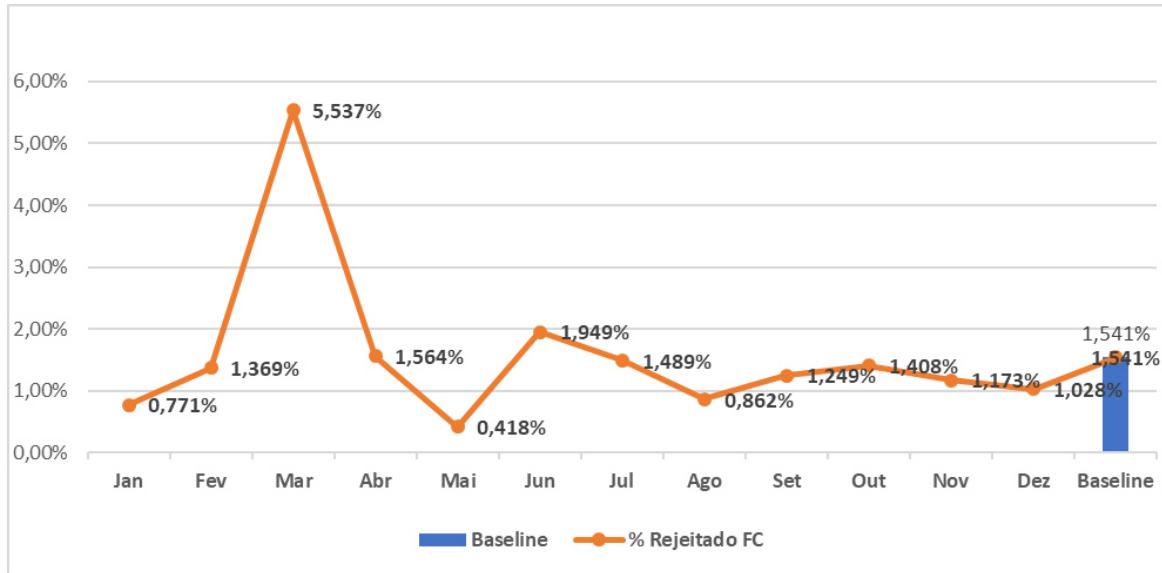
Para a formação no curso de *Green Belt*, necessita-se a conclusão de um trabalho *Lean Six Sigma*, sendo designado a este autor o trabalho de redução de rejeitados na categoria de absorventes femininos.

A empresa realiza o acompanhamento das quantidades rejeitadas por máquina. Portanto, a métrica do trabalho foi definida como porcentagem de rejeitados em relação a quantidade total produzida. Para obtenção da porcentagem, foi definido que as quantidades rejeitadas e produzidas seguiriam uma unidade de medida padrão, chamada de *simple unit* (SU).

Antes de finalizar o contrato do trabalho, o *Project charter* foi necessário definir a meta. Como explicado no tópico 3.3.1, para a definição de uma meta é necessário o cálculo da *Baseline*, *Benchmarking* e lacuna.

Para o cálculo da baseline foram tomados os valores reportados nos 12 meses de 2018, conforme Figura 9

**Figura 9 - Porcentagens de produtos rejeitados nos meses de 2018 – com o *Outlier***

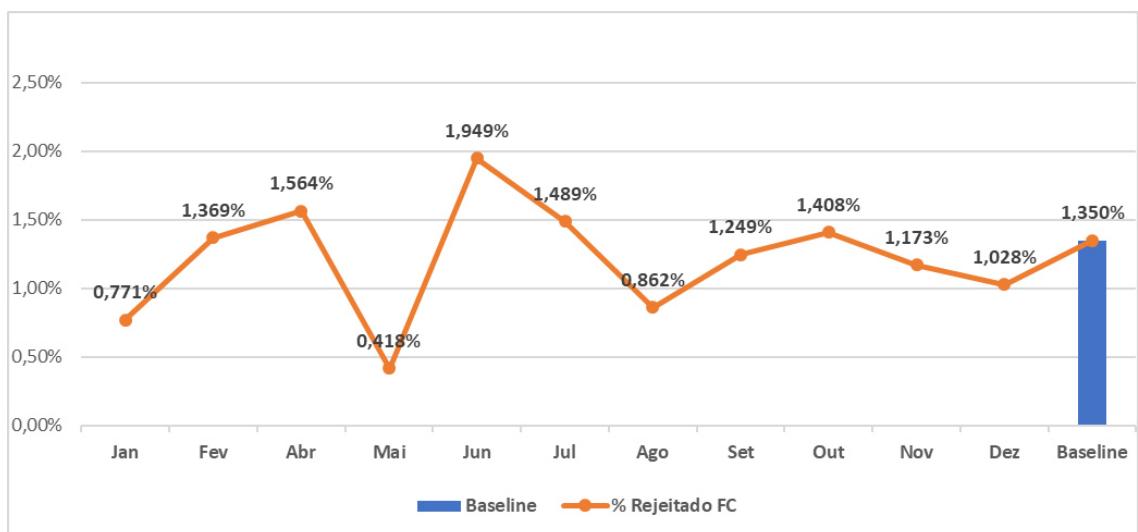


Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota-se uma discrepância no mês de março devido a um valor atípico em relação aos demais, isto é, um valor que não condiz com distribuição dos dados. Dados com esse comportamento são chamados de *Outliers*. Contabilizar valores com esta enorme diferença do restante da distribuição leva a erros de interpretação, principalmente em uma definição de meta.

Por conseguinte, foi desconsiderado o valor de março conforme Figura 10.

**Figura 10 -Porcentagens de produtos rejeitados nos meses de 2019 – sem o *Outlier***



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os valores sem o valor de março foram utilizados para efetuar o cálculo da *baseline*, *benchmarking*, lacuna e meta ilustrado na Tabela 2.

**Tabela 2** -Cálculo de Baseline, Benchmarking, Lacuna e Meta.

Cálculos	Resultados
<i>Baseline</i>	1,350%
<i>Benchmarking</i>	0,903%
Lacuna	0,447%
%Lacuna	0,70
Meta	1,037%
Meta [Pré definida]	1,000%

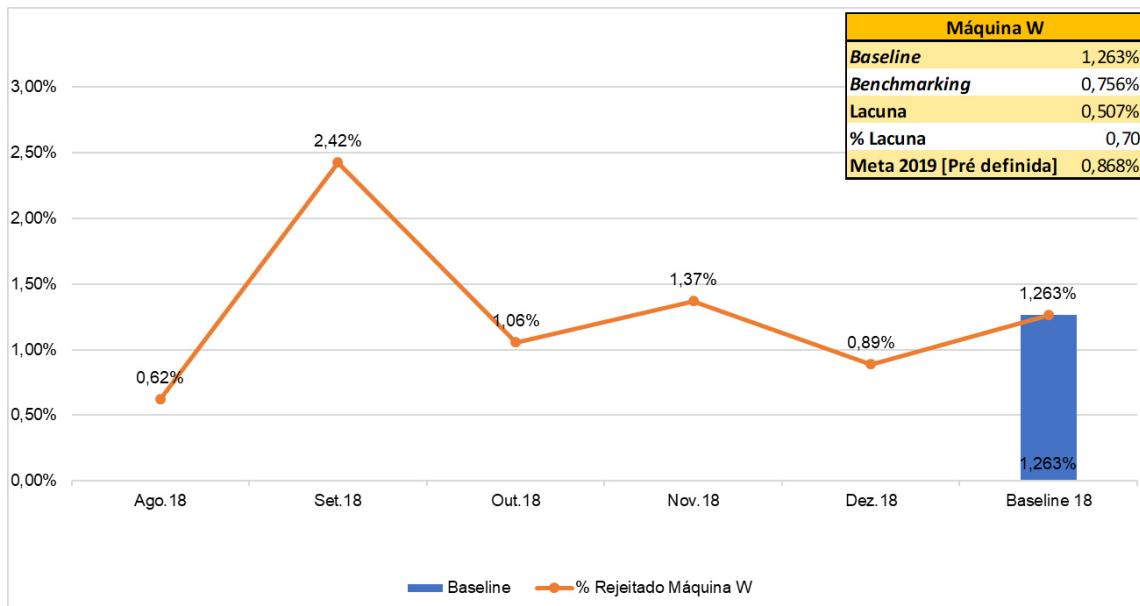
Fonte: Elaborado pelo autor.

Como discutido no tópico 3.3.1, os cálculos foram realizados através de software, assim se descartou etapa adicionais.

Pelo cálculo dos quartis a meta é de 1.037%, no entanto, adotou-se a meta definida pela voz do cliente de 1%, no caso a área de melhoria contínua (*Lean*) da multinacional.

De maneira similar e tomando-se as quantidades produzidas de cada máquina, foi calculado meta individual para cada máquina vide Figuras 11, 12, 13 e 14.

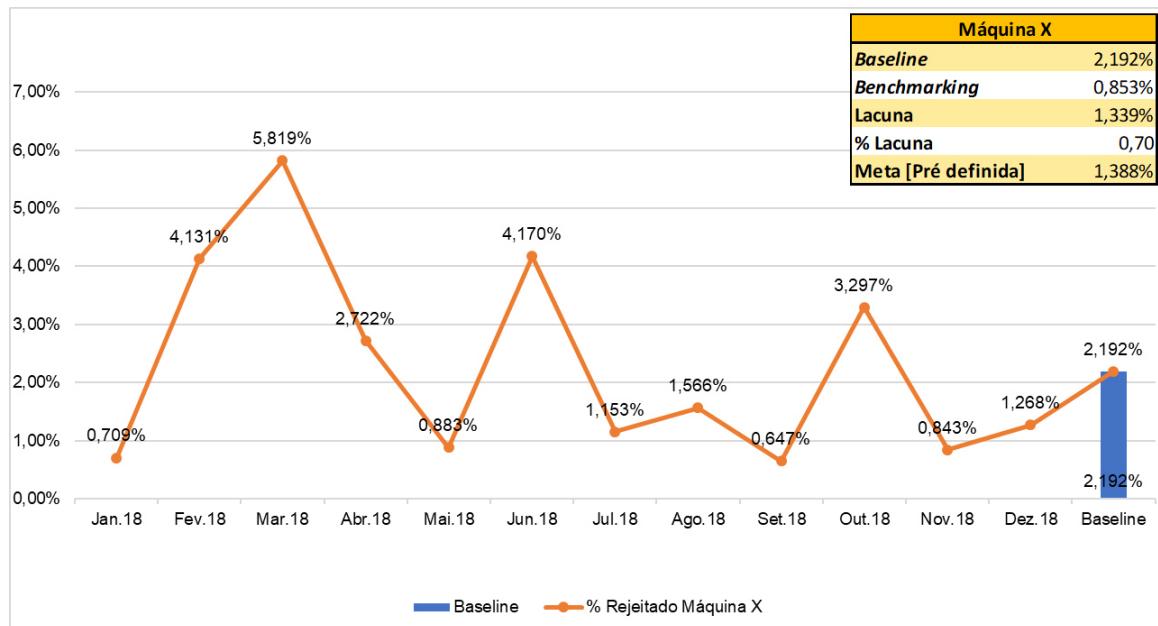
**Figura 11** - Valores mensais de rejeitados de 2018 para máquina W.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Como a máquina W passou a fabricar apenas em agosto, o cálculo da meta foi realizado apenas com os dados dos últimos 5 meses de 2018.

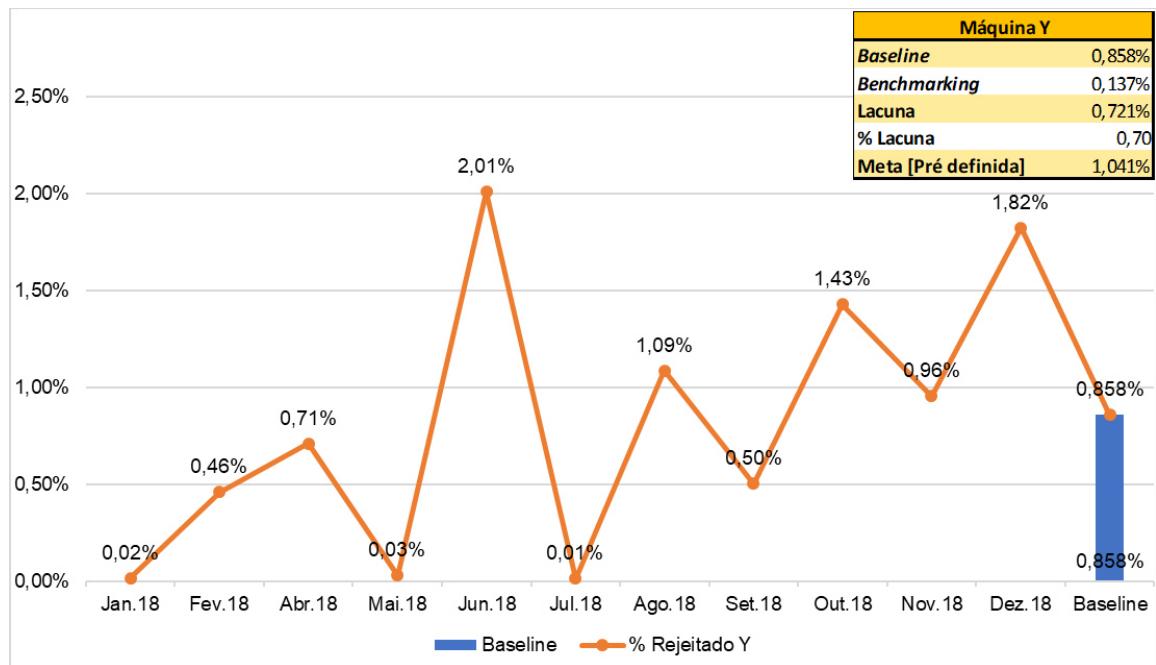
**Figura 12 - Valores mensais de rejeitados de 2018 para máquina X.**



Fonte: Elaborado pelo autor.

Pode ser observado que no ano de 2018 a máquina X foi a de maior porcentagem de rejeitados, e, portanto, elevou o indicador da categoria. No entanto, a análise de máquinas a serem priorizadas no trabalho foi realizada através de uma outra ferramenta, a árvore de perdas

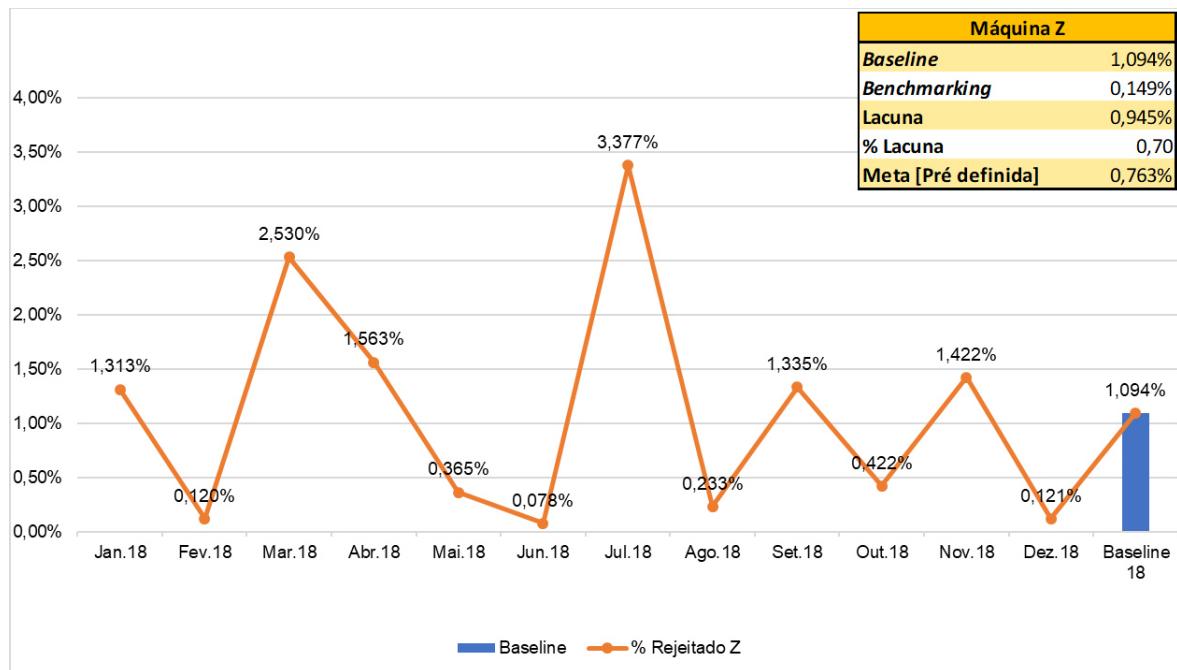
**Figura 13 - Valores mensais de rejeitados de 2018 para máquina Y.**



Fonte: Elaborado pelo autor.

Apesar de apresentar uma tendência de aumento do indicador no final de 2018 a máquina Y foi a que apresentou menor resultado em 2018, e, portanto, reduziu o indicador da categoria.

**Figura 14 - Valores mensais de rejeitados de 2018 para máquina Z.**



Fonte: Elaborado pelo autor.

Foi possível avaliar que, exceto a máquina W, que possui menor número de dados, o restante das máquinas apresentou instabilidade com o indicador. As evidências dessa constatação são os altos e baixos dos pontos nos gráficos. As metas de todas as máquinas foram definidas pela voz do cliente (VOC), novamente, no caso o setor de Melhoria contínua ou Lean.

Para cadastro e documentação do escopo do trabalho foi realizado o *Project Charter*, que se trata de um contrato do projeto que registra o problema a ser solucionado, escopo, meta, equipe, recursos necessários e benefícios esperados.

*Project-charter* elaborado encontra-se no Quadro 3.

### Quadro 3 - Project Charter

Informações Gerais			
<b>Nome do Projeto</b>	Rejeitados Feminine Care	<b>Retorno do projeto</b>	xxx.xxx,00
<b>Produto ou Serviço</b>	Produto	<b>Departamento / Setor</b>	Qualidade
<b>1. Caso de negócio</b>			
O projeto está alinhado com a estratégia da empresa em reduzir desperdício e variabilidade na manufatura de produtos através da redução dos produtos rejeitados na categoria			
<b>2. Oportunidades</b>			
Em 2018, a categoria de absorventes femininos (Feminine Care) contando apenas com as máquinas W, X, Y e Z, obteve <b>xxx</b> S.U de produtos rejeitados no ano. Resultando em uma porcentagem de 1,5407% do volume produzido.			
<b>3. Meta</b>			
A meta definida pelo setor de Melhoria Contínua (Lean) é chegar a uma porcentagem média de 1% de rejeitados em 2019. A meta envolve apenas as máquinas W, X, Y e Z.			
<b>4. Escopo do projeto</b>			
Reducir a porcentagem de rejeitados das máquinas W, X, Y e Z			
<b>5. Benefícios para Clientes Externos</b>			
Redução de custo de produção			
Evolução do indicador - Benchmarking para outras plantas no mundo			
Redução de reclamações			
<b>6. Recursos requeridos</b>			
Participação das outras áreas			
Apoio do Champione Master Black Belt			
Disponibilidade de equipamentos e pessoas			
<b>Belt Líder:</b>	Túlio Casonato Puertes	<b>Champion:</b>	Gerente da Qualidade
<b>Patrocinador:</b>	Gerente da planta	<b>Dono do Processo:</b>	Gerente de produção
<b>Membros da Equipe:</b>	Engenheiro da Qualidade	Operador de Máquina	Engenheiro de Processos
	Auditor da Qualidade	Auditor de matéria prima	Engenheiro de Produção
<b>Data início:</b>	07/03/2019	<b>Data de Entrega:</b>	15/11/2019

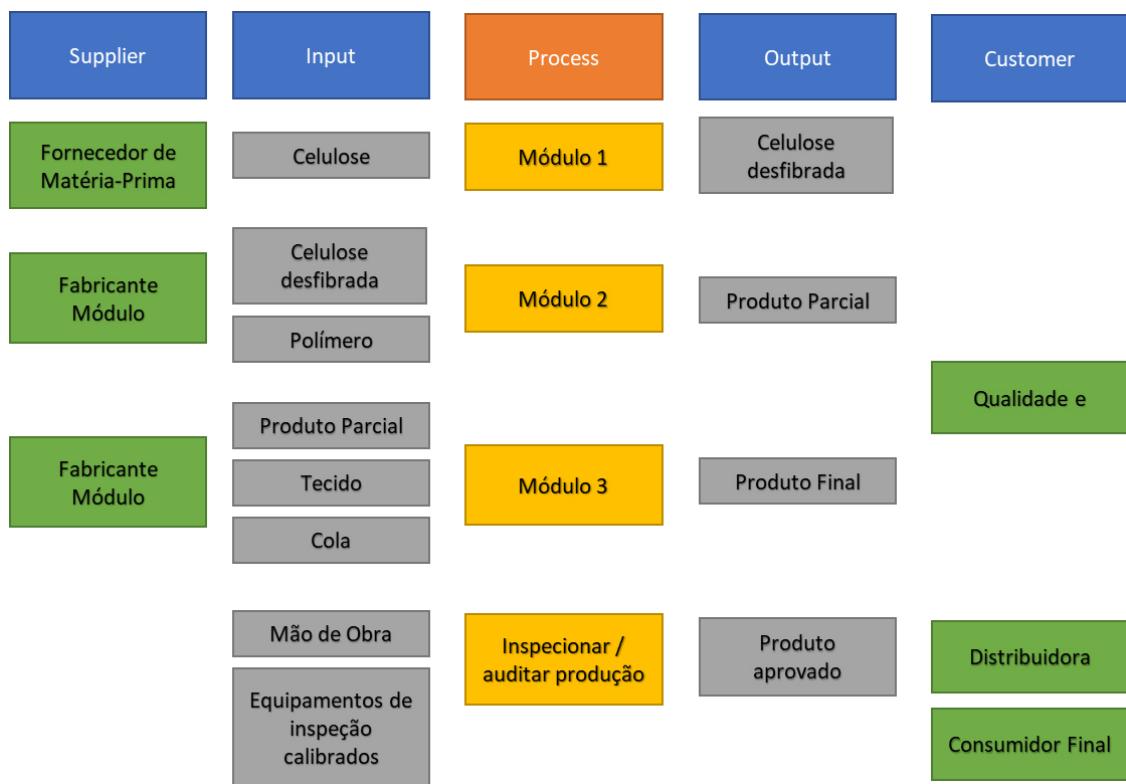
Fonte: Elaborado pelo autor.

A construção do contrato de trabalho foi importante, pois protege o time, definindo o objetivo a ser entregue. Por exemplo, a meta definida foi a entrega de uma média de 1% de rejeitados na categoria ao final de 2019. Nessa situação, pode-se reduzir as quantidades de uma ou duas máquinas desde que a meta definida seja alcançada. Da mesma maneira, o escopo do trabalho permite que a redução ocorra nos principais defeitos a serem identificados ao invés de reduzir todos. Essa interpretação foi relevante para clarificar a independência dos rumos que as ferramentas do DMAIC levem o trabalho, o objetivo foi a redução da média anual para 1%.

Com o cálculo da meta, acepção da métrica, contrato e escopo, definiu-se o processo em estudo (SIPOC), os limites (CTQ's) e as causas ou y's (Árvore de perdas).

A ferramenta SIPOC (*Supplier, Input, Process, Output and Customer*) foi aplicada de maneira que qualquer indivíduo, leigo ou não, tenha uma visão macro do processo abordado no trabalho. Além disso, estabeleceu ponto de início e fim de processo dentro do escopo do trabalho. Para sua ilustração na monografia o SIPOC foi resumido de forma a ocultar nomes e fluxos da máquina. O SIPOC resumido está na Figura 15.

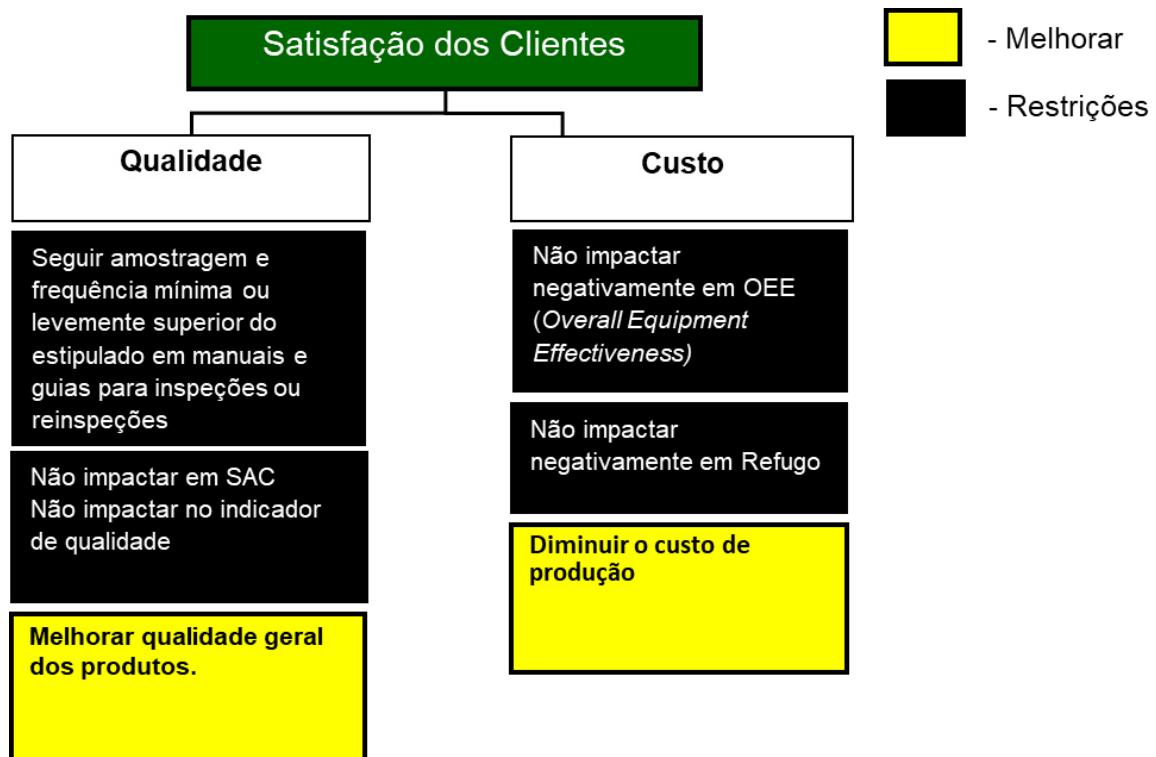
**Figura 15 - SIPOC do trabalho.**



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para definir os limites do trabalho, foi utilizada a ferramenta CTQ (*Critical to Quality*), em que se definem os requisitos para satisfação dos clientes em qualidade, custo, serviço e entrega. Para a satisfação dos clientes neste trabalho foram relevantes os quesitos qualidade e custo, como mostrados na Figura 16.

**Figura 16 - Critical to Quality (CTQ's) do trabalho**



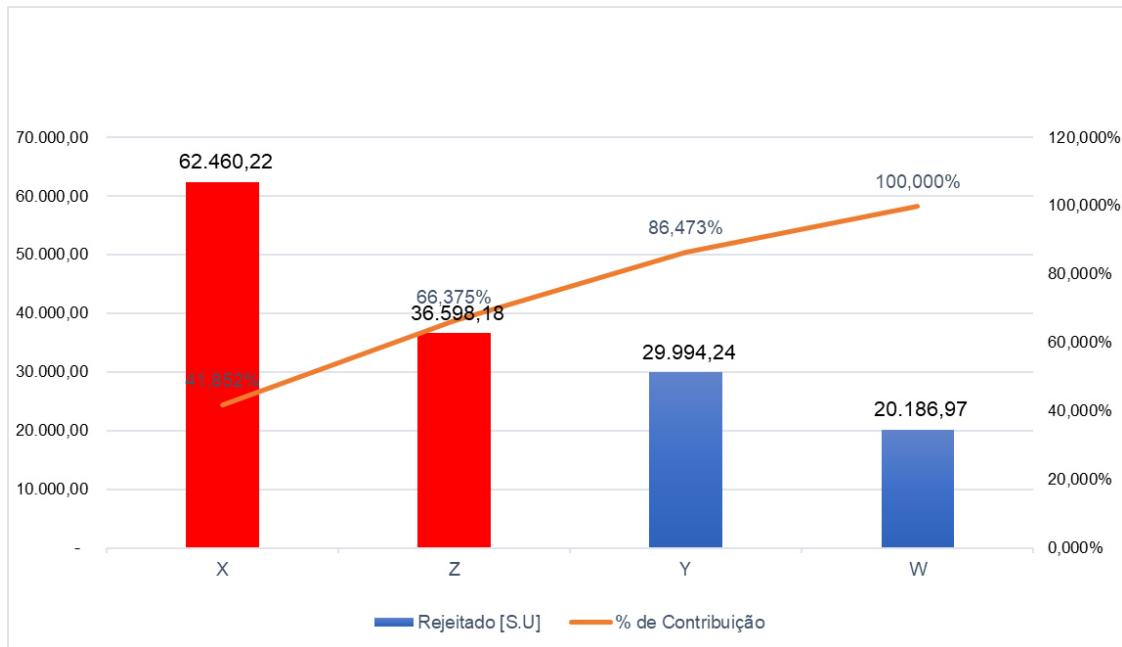
Fonte: Elaborado pelo autor.

Restringiu-se que as ações do trabalho tenham algum cunho de impactar negativamente os indicadores, aumentar reclamações de consumidores, diminuir tempo efetivo de linha de produção (máquina), aumente显著mente o refugo ou frequência de inspeção. Essas restrições impedem falsas melhorias no trabalho, como por exemplo, refugar material em linha para que não ocorra retenções e rejeições ou sobrecarregar o time operacional com frequências de inspeção inatingíveis pela ausência de recurso.

Junto ao escopo e métrica do trabalho, as CTQ's validam o objetivo do *LSS* de atuação nas causas dos efeitos avaliados nas ferramentas do DMAIC, como a árvore de perdas, diagrama de causa e efeito na etapa medir e FMEA na etapa analisar.

Para finalizar a definição do problema em estudo, foi construído uma árvore de todas as rejeições em 2018. Os dados foram estratificados por máquina para que fosse aplicado a regra de Pareto, que estabelece prioridades de maneira objetiva. O gráfico no formato de Pareto das quantidades rejeitadas por máquina se encontra na Figura 17.

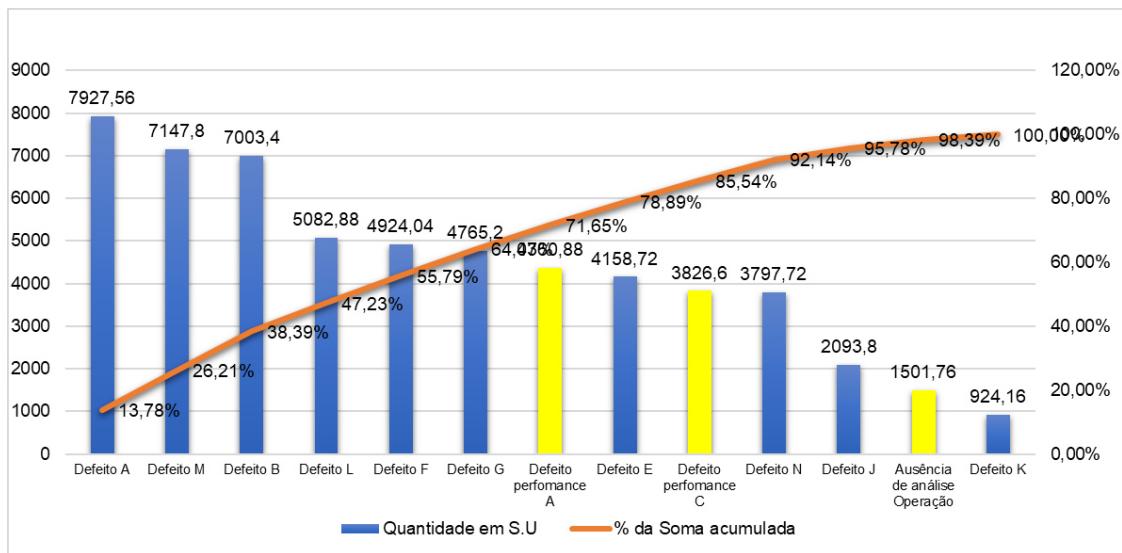
**Figura 17 - Pareto – Quantidade rejeitada por máquina.**



Fonte: Elaborado pelo autor.

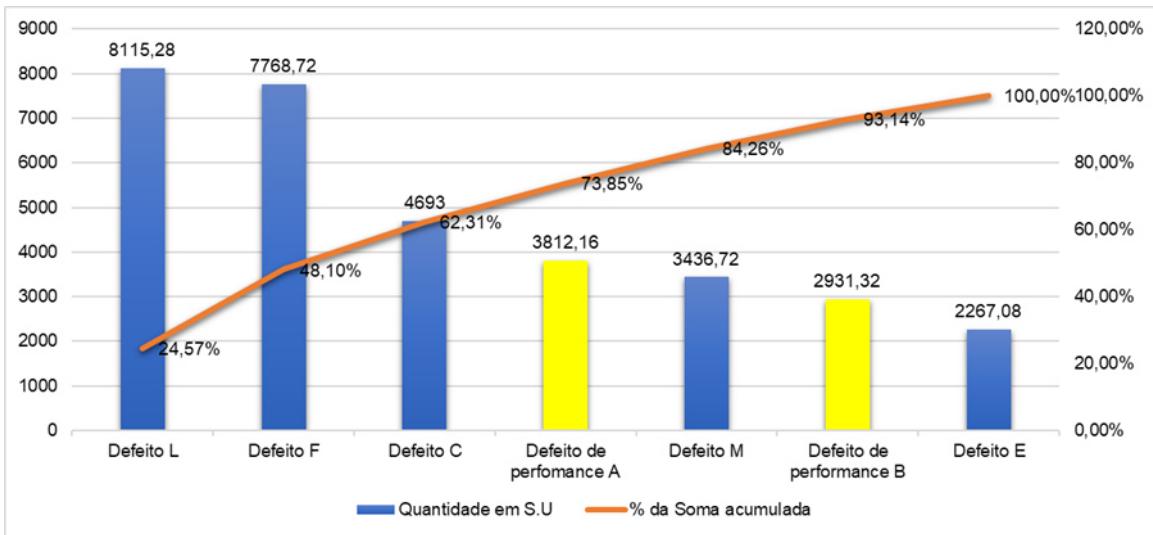
Pela regra de Pareto, as máquinas X e Z foram recomendadas para estudo, isto é, causaram a maior parte dos efeitos. Seguindo a mesma proposta foi montada uma nova árvore de perdas, focando os principais defeitos em cada máquina, ilustração demonstrada nas Figuras 18 e 19.

**Figura 18 – Pareto dos defeitos de 2018 da máquina X**



Fonte: Elaborado pelo autor.

**Figura 19 – Pareto dos defeitos de 2018 da máquina Z.**



Fonte: Elaborado pelo autor.

Nas figuras 19 e 20, identificam-se barras na coloração amarela, que representam defeitos que devem ser desconsiderados, pois são rejeitos pontuais, ou seja, ocorreram a partir ocasiões especiais que possuem baixa probabilidade de ocorrerem novamente.

Os defeitos de performance se referem aos defeitos por reprovação em testes de variáveis, que medem performance de produto através de uma análise quantitativa, o restante dos defeitos se referem a reprova na inspeção visual (atributos) através de uma análise qualitativa.

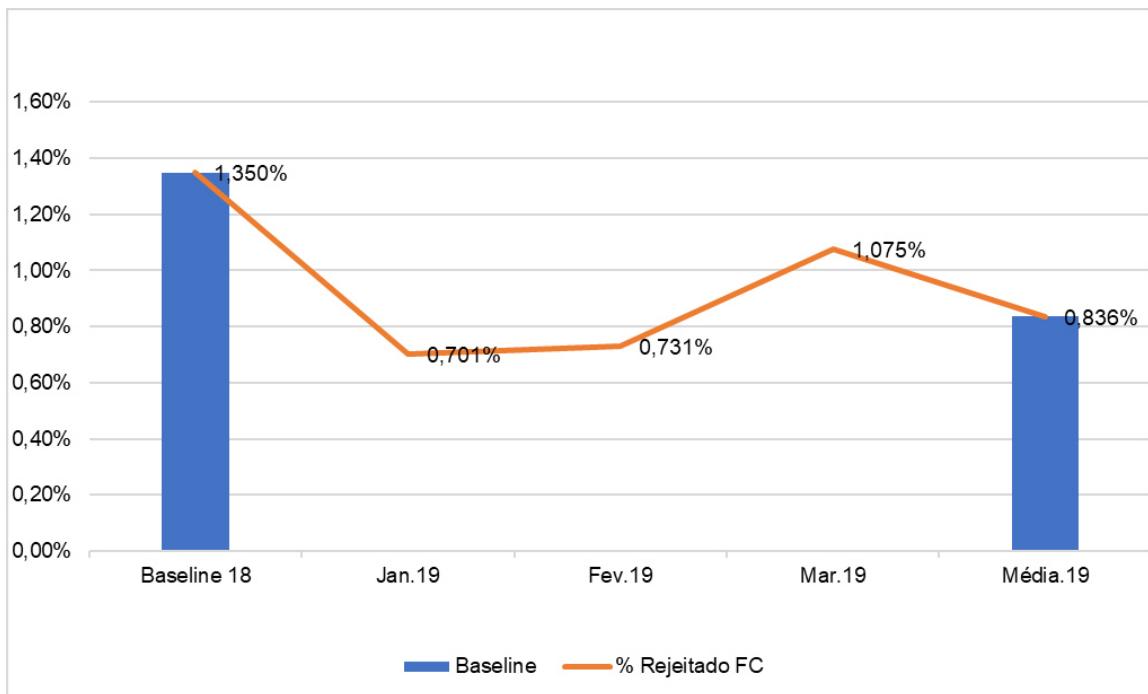
Não foi realizada uma outra árvore de perdas se estratificando defeitos gerados por produto da máquina, ou seja, qual produto gerou quais tipos de defeitos em maior quantidade. Nas etapas iniciais do ciclo DMAIC, a intenção foi a definição do problema através do uso das ferramentas acima e garantir que a medição está assertiva como foi realizado na próxima etapa, a etapa ‘medir’.

#### 4.3. Medir

O LSS como discutido na fundamentação teórica (Capítulo 2), utiliza-se de fatos e dados para prosseguir com a elaboração de soluções. Seguindo essa recomendação de validação dos dados obtidos, foi realizado acompanhamento da métrica do trabalho para observar as evoluções e construir as ferramentas com

ênfase nos desvios ou causas de maior impacto. Os valores do indicador do trabalho da etapa medir estão na Figura 20.

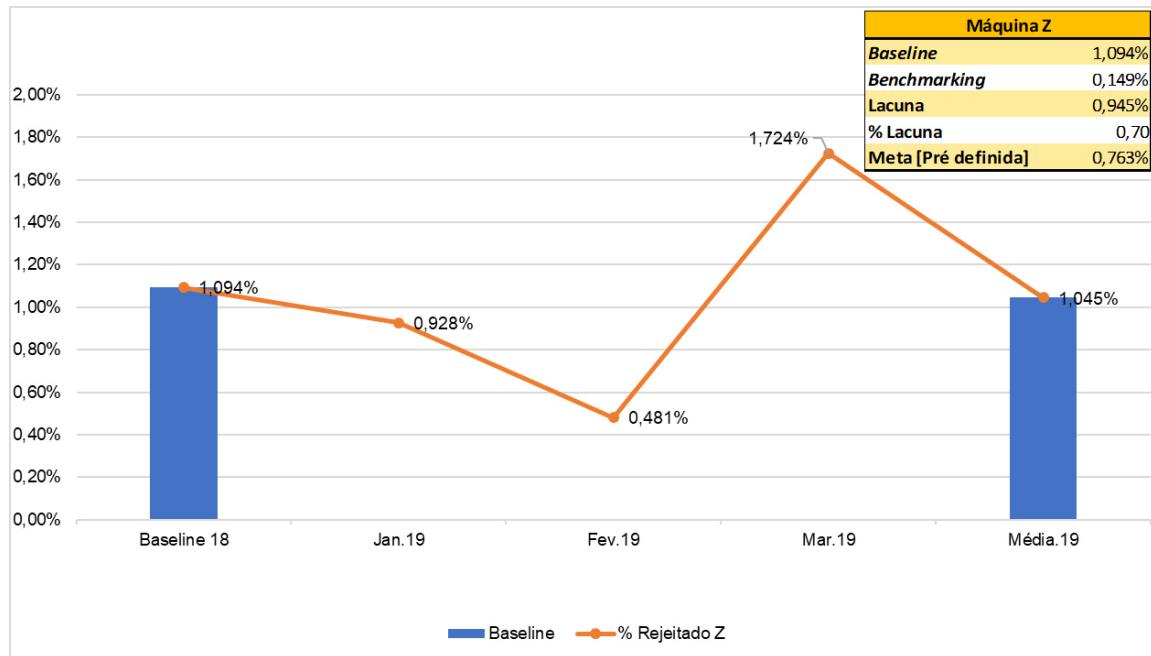
**Figura 20 – Valores do indicador geral na etapa ‘Medir’.**



Fonte: Elaborado pelo autor.

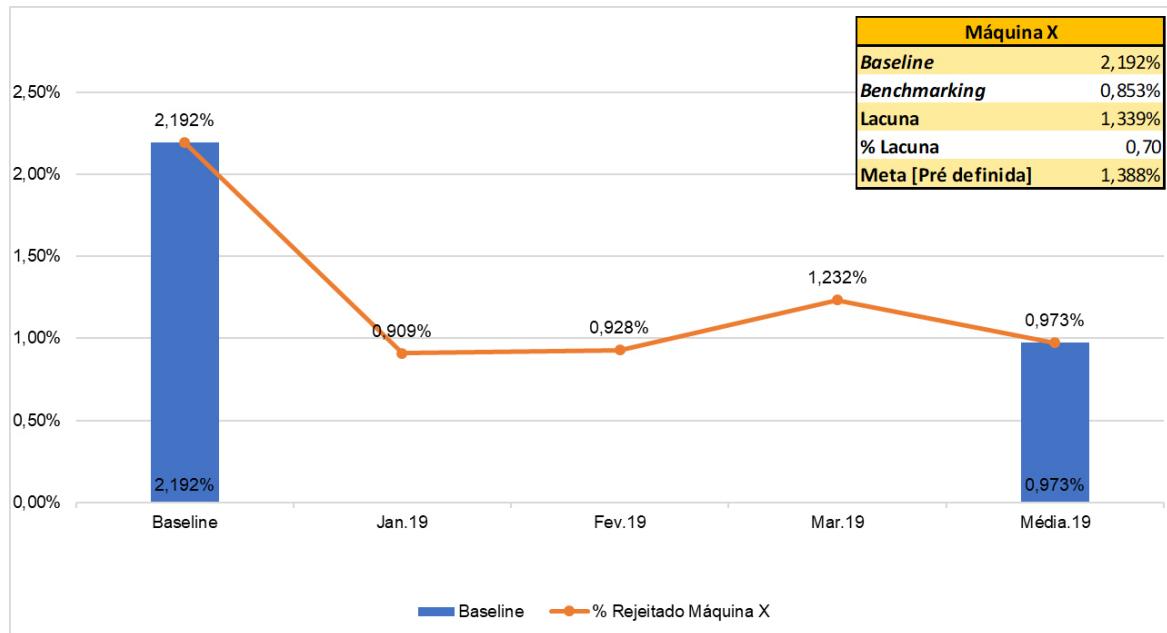
Como pode ser visto, no início do trabalho o indicador estava abaixo da meta de 1% definida no escopo. Em outras palavras, o trabalho estava superando a meta definida. No entanto, os valores podem ter ocorrido por variações de causas normais, pois nenhuma ação havia sido realizada. Deste modo, prosseguiu-se com a avaliação do indicador das máquinas em foco, as máquinas X e Z mostrados nas Figuras 21 e 22.

**Figura 21** - Valores do indicador da máquina Z na etapa ‘Medir’



Fonte: Elaborado pelo autor.

**Figura 22** - Valores do indicador da máquina X na etapa ‘Medir’



Fonte: Elaborado pelo autor.

Foi observado que houve uma mudança de cenário: a máquina X que apresentava maior índice de rejeitados e oportunidades em 2018, estava com a meta individual de superar o objetivo definido. Enquanto a máquina Z, apesar do

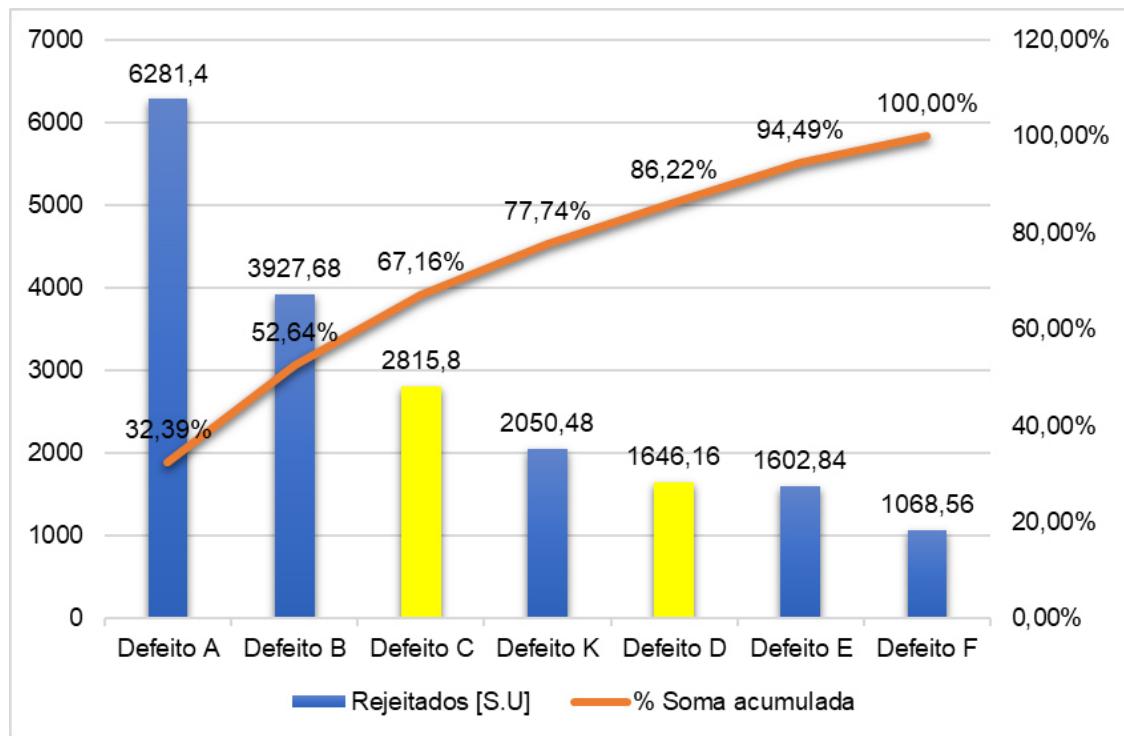
resultado geral, tornou-se a de maior oportunidade no início do trabalho, pois o indicador de 1,045% estava bem acima da meta definida de 0,763% para a máquina.

Tomando-se o conhecimento dessa mudança de cenário, junto com a atualização do indicador, foi realizado a ferramenta árvore de perdas para cada etapa.

Tal decisão, além de alinhada com o escopo do trabalho, que é a redução de produtos rejeitados em 2019, foi realizada pela suspeita de mudança de cenário nos tipos de defeitos de maior impacto entre 2018 e 2019, e possivelmente, ao longo do trabalho. Deste modo, defeitos com reduções significativas ou com menor influência no indicador foram identificados e tiveram sua prioridade rebaixada.

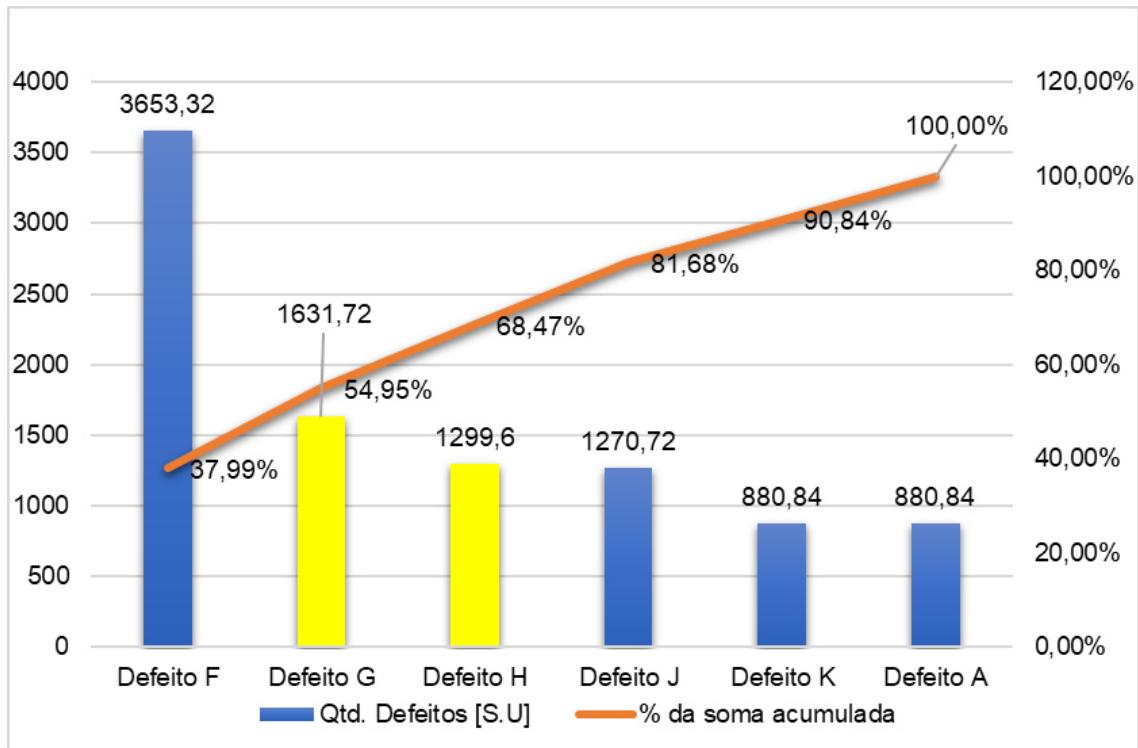
As árvores de perdas das máquinas X e Z estão ilustradas nas Figuras 23 e 24.

**Figura 23 - Pareto dos defeitos na etapa 'Medir' da máquina Z.**



Fonte: Elaborado pelo autor.

**Figura 24** - Pareto dos defeitos na etapa ‘Medir’ da máquina X.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Nas Figuras 23 e 24 as barras em amarelo configuraram defeitos ocorridos pontualmente, já explicados anteriormente. Os defeitos de maior impacto observados foram os defeitos F, B, E, J, A e K, sendo os dois últimos presentes em ambas máquinas.

Diferentemente da árvore da etapa ‘definir’, de todos rejeitados avaliados, nenhum foi por performance de produto, isto é, nenhum rejeito ocorreu de uma reação a um teste de variáveis reprovado. Como todas as inspeções reprovadas foram de inspeção visual (atributos), descarta-se o uso da ferramenta *Design of Experiments* (DOE).

Quando comparado com a última árvore de perdas, realizada na etapa ‘definir’, os números são bem menores devido ao período de tempo contemplado em cada.

De acordo com a bibliografia, parte do objetivo da etapa é validar o sistema de medição, na qual foi utilizado a principal ferramenta, a análise de sistema de medição em repetibilidade e reproduzibilidade (R&R).

A repetibilidade avalia se o analista encontra o mesmo defeito, repetindo seus resultados ao analisar uma mesma amostra, enquanto a reprodutibilidade mede se os analistas identificam o mesmo defeito, isto é, reproduzem o mesmo resultado.

Para avaliar o R&R, foram montados conjuntos de testes seguindo amostragem necessária para amostras não destrutivas. A distribuição dos conjuntos ficou conforme Tabela 3.

**Tabela 3** - Conjuntos para análise de sistema de medição

Conjuntos	Absorventes		Total de absorventes [Qtd.]
	bons [Qtd.]	defeito [Qtd.]	
Defeitos A/K	6	6	12
Defeitos B	6	6	12
Defeitos F	6	6	12
Defeitos J	6	6	12
Defeitos E	6	6	12

Fonte: Elaborado pelo autor.

Cada conjunto continha seis amostras com e sem defeitos de cada categoria de defeito, isto é, em cada um dos três conjuntos haviam seis absorventes bons e seis absorventes apresentando um mesmo defeito.

Exceto os defeitos A e K, que foram identificados durante a montagem dos conjuntos que possuíam a mesma causa e, portanto, houve a suspeita de que era o mesmo defeito nomeado em duas maneiras diferente pelos analistas o restante dos conjuntos possuía apenas um dos defeitos de maior impacto.

Foi definido que a análise seria realizada com o mínimo de dois funcionários da qualidade e operação de cada turno de trabalho que possuem como função realizar a inspeção visual e aprovação do produto. A prioridade de seleção foi dada aos funcionários mais novos, pois a possibilidade de falha de medição era maior.

A distribuição e quantidade de analistas ou auditores selecionados por turno está ilustrada no Quadro 3.

**Quadro 3 - Analistas selecionados para análise de R&R**

Turno	Qualidade	Operação
Manhã	Analista A	Analista J
	Analista B	Analista K Analista L
Tarde	Analista C	Analista M
	Analista D	
	Analista F	Analista N
	Analista G	
Noite	Analista H	Analista O
	Analista I	Analista P

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para cada conjunto, a distribuição dos absorventes ao analista foi feita de maneira aleatória para garantir a confiabilidade do teste. As respostas dos analistas foram anotadas e comparadas com um padrão, que foi definido na montagem dos conjuntos, e interpretadas da seguinte maneira: “0” amostras boas e “1” para amostras defeituosas. Nos casos em que o analista identificou um defeito diferente do presente no conjunto a consideração foi de erro da análise do auditor.

Um exemplo das anotações está na Tabela 4.

**Tabela 4 - Ilustração das anotações das análises dos analistas**

Repetição	Amostra	Padrão KIT 1	Analista A	Analista H	Analista L
1	2	1	1	1	1
1	12	1	1	1	1
1	4	0	0	0	1
2	23	0	0	0	0
2	20	1	1	1	1
3	25	0	0	0	0
3	26	1	1	0	1
3	36	1	1	1	1

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na tabela 4, os valores vermelhos indicam diferença de medição dos auditores com o padrão. No caso, o analista L identificou um defeito não existente

em sua amostra 4, enquanto o analista H identificou um defeito incorreto ou nenhum defeito na sua terceira repetição da amostra 3.

As anotações de todas amostras e repetições de cada conjunto foram transferidas para um *software* estatístico americano chamado JMP, nele foi realizado a análise de repetibilidade e reproduzibilidade. No *software*, foi avaliada a concordância das amostras entre os analistas (repetibilidade), entre os analistas (reproduzibilidade), com o padrão e uma concordância geral indicada pelo nome Kappa.

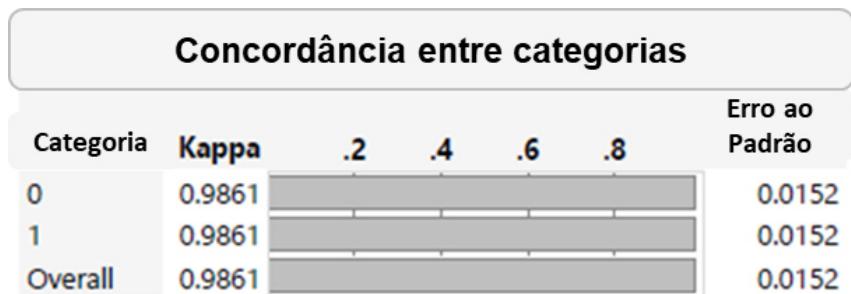
A avaliação da concordância com o padrão e geral estão ilustrados nas Figura 25 e Figura 266.

**Figura 25 – Concordância dos analistas com o Padrão no sistema de medição**

Analista	Padrão	Kappa	.2	.4	.6	.8	Erro ao Padrão
Analista A	Padrão KIT 1	1.0000					0.0000
Analista B	Padrão KIT 1	1.0000					0.0000
Analista C	Padrão KIT 1	1.0000					0.0000
Analista D	Padrão KIT 1	1.0000					0.0000
Analista E	Padrão KIT 1	1.0000					0.0000
Analista F	Padrão KIT 1	1.0000					0.0000
Analista G	Padrão KIT 1	1.0000					0.0000
Analista H	Padrão KIT 1	0.9444					0.0547
Analista I	Padrão KIT 1	1.0000					0.0000
Analista J	Padrão KIT 1	1.0000					0.0000
Analista K	Padrão KIT 1	1.0000					0.0000
Analista L	Padrão KIT 1	0.9444					0.0547
Analista M	Padrão KIT 1	1.0000					0.0000
Analista N	Padrão KIT 1	1.0000					0.0000
Analista O	Padrão KIT 1	1.0000					0.0000
Analista P	Padrão KIT 1	1.0000					0.0000

Fonte: Elaborado pelo autor utilizando o software JMP

**Figura 26 – Concordância geral do sistema de medição**



Fonte: Elaborado pelo autor utilizando o software JMP.

O Kappa menor que 0,6 indica que o sistema de medição não é adequado. O caso ilustrado acima foi semelhante nos conjuntos analisados, indicando uma aprovação do sistema de medição dos analistas aos defeitos avaliados.

Esse resultado indicou que nenhuma ação deveria ser levantada para corrigir a medição, porém, como os defeitos A e K foram confirmados como sendo iguais exceto o nome, uma ação de ganho rápido para melhorar a nomenclatura dos controles foi definida.

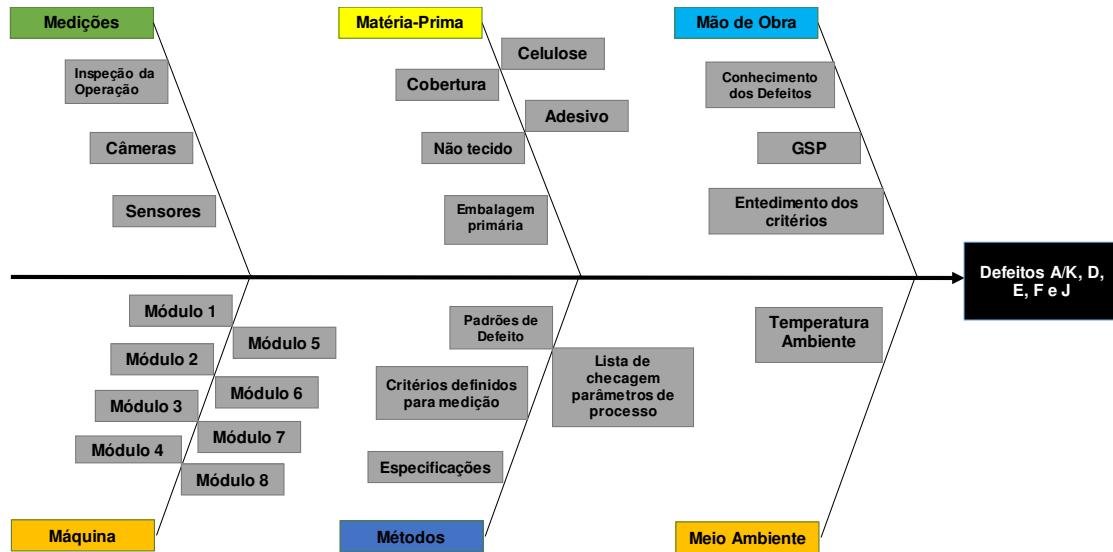
Após confirmada a medição, foi realizado um mapa com todos os fluxos das máquinas estudadas. Através desse mapa, foi possível identificar variáveis não controladas no processo como lacunas entre pressionadores, roletes e esteiras, além de medidores de pressão em algumas esteiras. Em conjunto, foi analisado e montado o fluxo referente a área da qualidade, desde a chegada das matérias-primas na fábrica, aprovação dos certificados, entrada na máquina, inspeção em linha e saída do produto para clientes.

Tais informações foram levantadas para identificar desvios ou falhas frente aos procedimentos de controle, melhor dizendo, identificar desvios frente ao fluxo ideal de trabalho. Como esses mapas foram construídos com o desenho da máquina ou mostrando procedimentos confidenciais, não foi possível a sua divulgação.

O *Brainstorming* para preenchimento do diagrama e matriz causa efeito foi realizado com uma equipe multifuncional. O objetivo foi levantar as possíveis causas de cada um dos defeitos de maior impacto em seis categorias, conhecidas como 6M: Medições, matéria-prima, mão de obra, máquina, métodos e meio ambiente

O diagrama de Ishikawa construído está na Figura 27.

**Figura 27 - Diagrama de Ishikawa dos defeitos**



Fonte: Elaborado pelo autor

Ainda com a equipe multifuncional as causas levantadas foram relacionadas aos efeitos de qualidades, no caso os defeitos de maior impacto no indicador do trabalho, as quais passaram por um processo de pontuação em nível de importância e correlação como mostra a Figura 28.

**Figura 28 - Matriz Causa e Efeito dos defeitos**

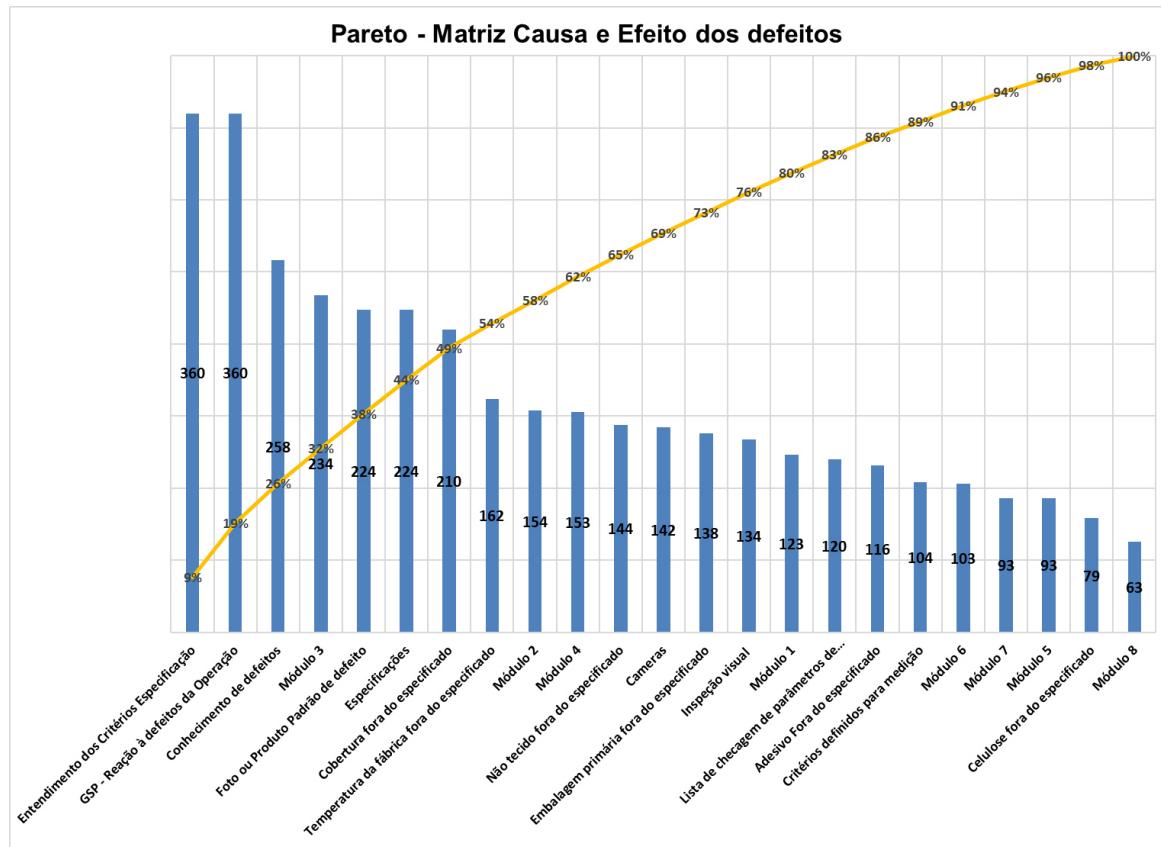
Objetivo:	Características da Qualidade (ys) caso haja mais de um Y (Importância dos ys: 1 a 10)					Total		
	Características do processo (xs)		Defeitos A/K	Defeito F	Defeito B	Defeito J		
	Etapas	Variáveis	10	6	8	9		
Máquina	x1	Módulo 1	3	0	9	0	3	123
	x2	Módulo 2	1	0	0	9	9	154
	x3	Módulo 3	9	0	0	9	9	234
	x4	Módulo 4	9	0	0	0	9	153
	x5	Módulo 5	3	9	0	1	0	93
	x6	Módulo 6	9	1	0	0	1	103
	x7	Módulo 7	3	0	0	0	9	93
	x8	Módulo 8	0	0	0	0	9	63
Mão de Obra	x9	Conhecimento de defeitos	3	9	9	9	3	258
	x10	GSP - Reação à defeitos da Operação	9	9	9	9	9	360
	x11	Entendimento dos Critérios Especificação	9	9	9	9	9	360
Método	x12	Lista de checagem de parâmetros de processo	1	9	9	9	1	224
	x13	Critérios definidos para medição	1	1	9	1	1	104
	x14	Especificações	1	9	9	9	1	224
	x15	Inspeção visual	3	3	3	3	3	120
Medição	x16	Cameras	1	3	3	3	9	134
	x17	Embalagem primária fora do especificado	9	1	0	3	3	142
Matéria Prima	x18	Não tecido fora do especificado	0	0	9	0	1	79
	x19	Celulose fora do especificado	1	3	0	9	1	116
	x20	Adesivo do especificado	9	3	0	9	3	210
	x21	Cobertura fora do especificado	3	1	3	9	3	162
Meio Ambiente	x22	Temperatura da fábrica fora do especificado	3	1	3	9	3	162

Fonte: Elaborado pelo autor

Os valores da pontuação da importância das características (ys) foram definidos como números de 1 a 10 e seguiram a ordem de impacto de cada defeito na métrica do trabalho. Os valores correlação dos defeitos com as causas levantadas no diagrama foram definidos pelos números 0, 1, 3 ou 9 e pontuados um a um através de um consenso do time.

Tais valores definidos foram multiplicados e o número resultante serviu para priorização através da construção de um gráfico Pareto, ilustrado na Figura 29

**Figura 29 - Pareto das causas levantadas na matriz causa e efeito.**



Fonte: Elaborado pelo autor

Tomando-se por base as causas de maior pontuação, foram planejadas ações de ganho rápido, isto é, ações em que a conclusão ocorre durante as etapas do trabalho.

Durante a construção do plano, as ações são priorizadas pela suposição do impacto e esforço de implementa-las. Isso significa que as ações em que o impacto é alto e o esforço é baixo devem ser priorizadas e concluídas em menor tempo

possível, enquanto as com impacto baixo e esforço baixo possuem a menor prioridade ou até mesmo são descartadas.

As ações de ganho rápido planejadas para as máquinas X e Z pela equipe estão apresentadas no Quadro 4.

**Quadro 4 - Ações de ganho rápido.**

Nº	Ação	IMPACTO	ESFORÇO
1	Certificação e treinamento dos Operadores	ALTO	MÉDIO
2	Alinhamento da correta inspeção de produto	ALTO	MÉDIO
3	Implementação de Parâmetros de máquina Tipo A (Máquina para sair do range)	ALTO	MÉDIO
4	Implementação de liberação de atributos com percentual de defeituoso.	ALTO	ALTO
5	Mudança do "Mind-set" para FTD ("First Time Quality") acompanhamento "On-time" e semanal de rejeitados e waste	ALTO	ALTO
6	Análise de Causa Raiz para retenções de certo número	MÉDIO	BAIXO
7	Implementação de padrão para defeito B	MÉDIO	BAIXO
8	Padronização da descrição do defeito nos documentos retenção - Defeito A/K	MÉDIO	MÉDIO
9	Ampliação do tempo da parada Preventiva - Tempo adequado para avaliar riscos	MÉDIO	MÉDIO
10	Subteto em Auditoria em produto / Rastreabilidade do produto - Diminuir as quantidades de retenções	MÉDIO	ALTO
11	Definir sistemática para padrões de defeito	BAIXO	BAIXO
12	Inspeção de partida de máquina - Cuidado autônomo	BAIXO	BAIXO

Fonte: Elaborado pelo autor

Durante o planejamento, foi possível identificar que a maior parte das ações alinhadas são de procedimentos ou documentos existentes na empresa. Portanto, parte das ações foram revisar ou melhorar atividades diárias e anuais como a certificações, treinamentos, métodos de inspeções, retenções e parada de máquina ao sair da especificação de um parâmetro de processo importante para qualidade do produto.

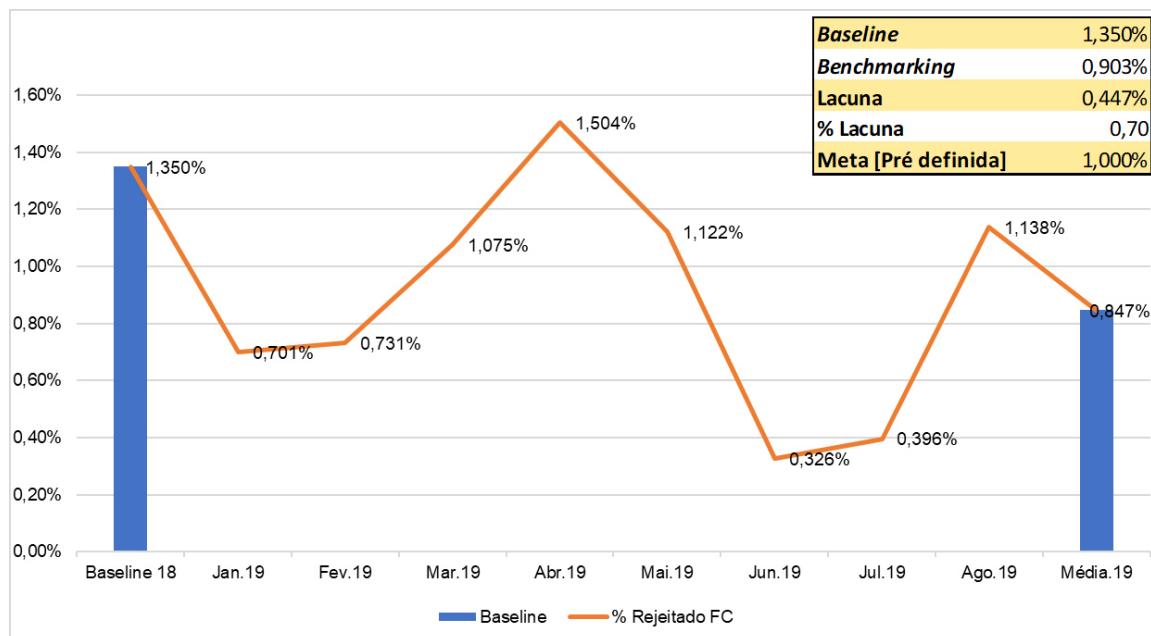
Outras ações tiveram o enfoque em comportamentos dos colaboradores, na questão de promover uma mentalidade ainda mais voltada para qualidade, acompanhamentos frequentes da métrica do trabalho e maiores defeitos do trabalho.

#### 4.4. Analisar

Na etapa ‘analisar’, avalia-se os dados obtidos com as ações de ganho rápido para prosseguir com as análises do trabalho de maneira mais apurada, principalmente em caso de mudanças de cenário, e identificar causas raízes.

A atualização do indicador do trabalho se encontra na Figura 30.

**Figura 30 - Valores do indicador geral na etapa ‘Analizar’.**

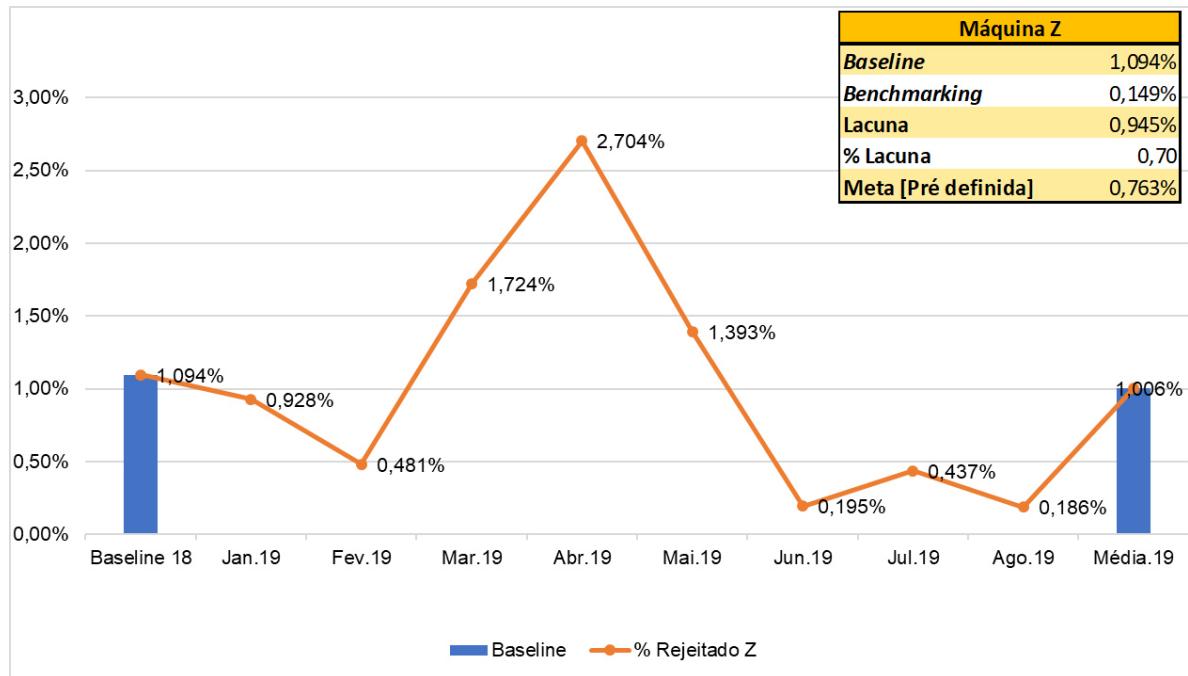


Fonte: Elaborado pelo autor

Foi possível identificar efetividade das ações de ganhos rápidos levantadas na etapa anterior na métrica do trabalho. Apesar do indicador do trabalho estar superando a meta definida, isto é, possui um valor de porcentagem e rejeitados abaixo do definido. Foi necessário avaliar o comportamento das máquinas X e Z após a implementação das ações.

O indicador da máquina Z está ilustrado na Figura 31.

**Figura 31** - Valores do indicador da máquina Z na etapa ‘Analisar’.

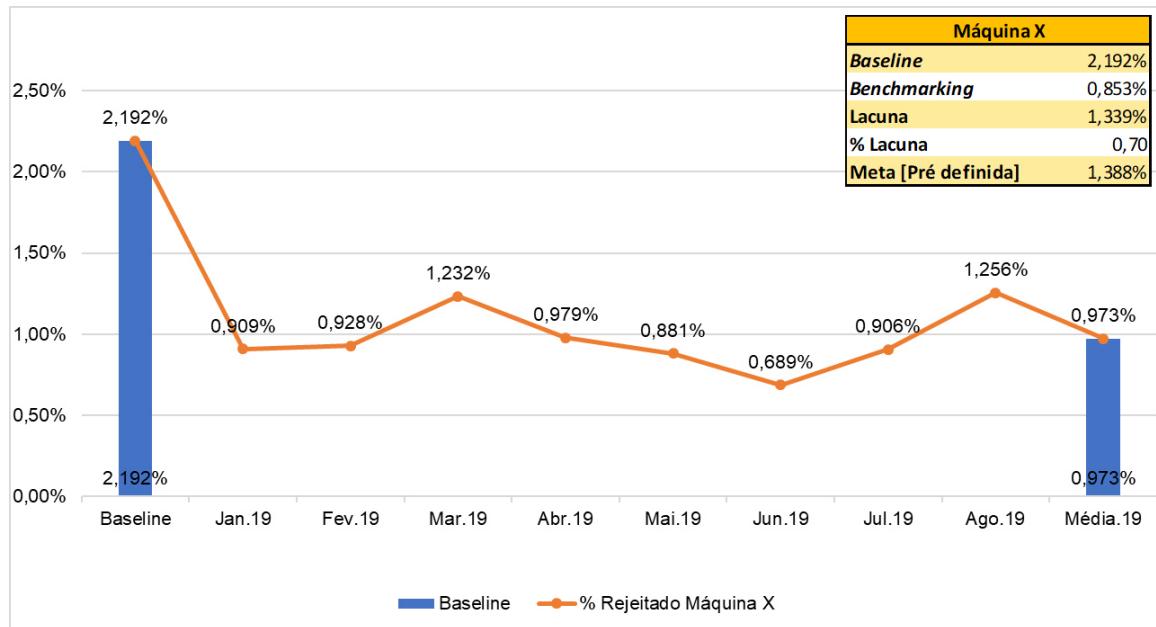


Fonte: Elaborado pelo autor

Evidenciou-se uma queda na porcentagem de rejeitados a partir do mês de abril, em que grande parte das ações de ganho rápido foram concluídas. Apesar da aparente evolução na máquina Z, a sua meta individual não estava sendo superada.

Para fins de comparação a porcentagem de rejeitados da máquina X está ilustrado na Figura 32.

**Figura 32** - Valores do indicador da máquina X na etapa ‘Analisar’.



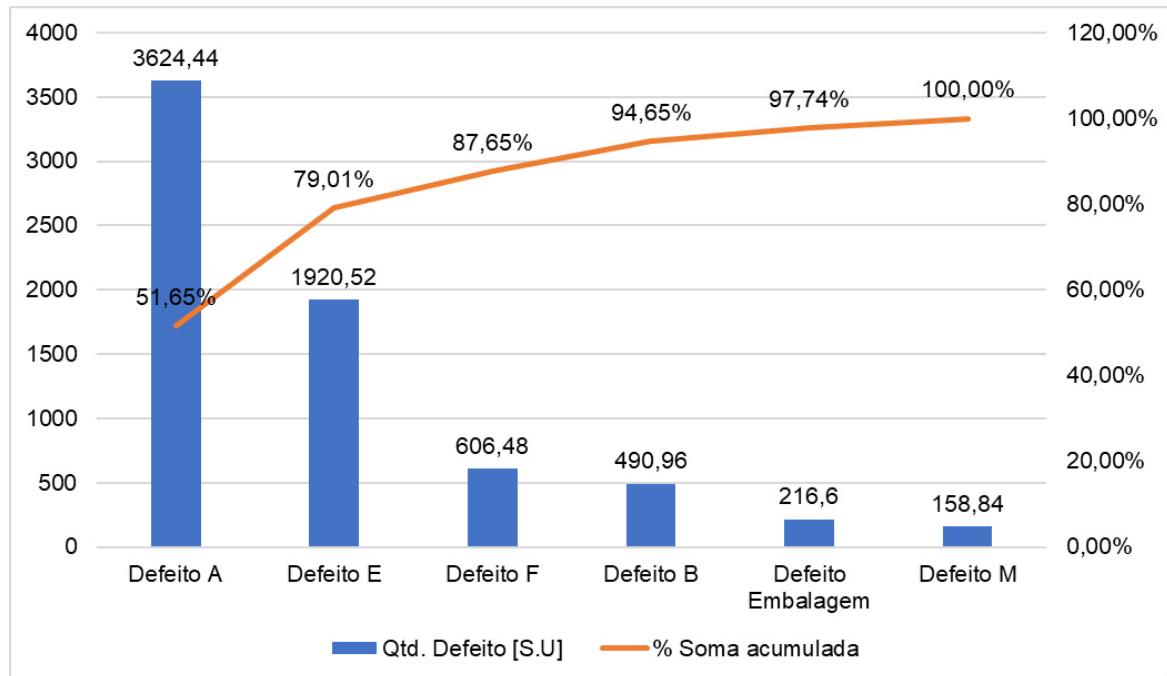
Fonte: Elaborado pelo autor

Identificou-se que, apesar das ações implementadas, a máquina X manteve o comportamento de rejeitados. Uma das suposições levantadas foi a de que as ações impediram que a quantidade de rejeitados aumentasse e, consequentemente, mantivesse um comportamento mais estável.

Como os resultados de rejeitados da máquina se tornaram exemplares, todos os recursos, ferramentas e análises se voltaram para a máquina Z, em que ainda existia oportunidades para a superar a meta individual.

Seguindo essa priorização, uma nova árvore de perdas foi construída para avaliar quais defeitos ainda perduravam após as ações implementadas.

**Figura 33 - Pareto dos defeitos na etapa ‘Analizar’ da máquina Z**



Fonte: Elaborado pelo autor

Pela árvore de perdas da etapa ‘analisar’, evidenciou-se que todos os defeitos, exceto o defeito E, diminuíram bastante em volume quando comparados com a última árvore de perdas da máquina. O defeito K confundido pelo defeito A cessou de ocorrer e o defeito B, antes como segundo maior número de rejeitados, foi reduzido pela ação de construção de um gabarito como padrão para as inspeções.

Os resultados mostram que parte das ações de ganho rápido implementadas acertaram na causa raiz de alguns defeitos, reduzindo-os e alterando o cenário de defeitos predominantes novamente.

Embora a evolução do indicador da máquina Z tenha sido notória, a meta não havia sido alcançada e por esse motivo, a priorização do trabalho se voltou para os dois principais defeitos identificados.

Além disso, diferentemente da etapa de validação da medição, foi avaliada a ocorrência dos defeitos por produto. Nessa avaliação foi identificado que o defeito E ocorria em 98% nos produtos de cobertura seca, enquanto que os outros defeitos ocorriam na mesma proporção para ambos produtos da máquina.

O FMEA foi utilizado para identificar modos de falha e efeitos para auxiliar a identificação de causas raízes no trabalho, para o trabalho era necessário identificar os modos de falhas para os defeitos A e E. O FMEA construído está no Quadro 5.

Quadro 5 - Preenchimento do FMEA

Etapas do processo	Funções	Modos de falha	Efeitos	Sev.	Causas	Ocorrência	Controles Existentes	Det.	RPN
	Quais são as entradas?	O que pode dar errado com as entradas?	Qual é o impacto no cliente?	maior severidade	Quais são as causas dos modos de falha?	Freqüência das causas	Como são detectados (causas/modos)?	Melhor Controle	
Módulo 1	Polímero	Acúmulo de polímero	Defeitos A/K	4	Entupimento ou sujeira no bico de aplicação	5	Limpeza de máquina	8	160
	GAP do pressionador	GAP inadequado	Defeito E	4	Método de ajuste ou ausência do controle	2	Revisão do plano de	8	64
Módulo 2	Vazão Adesivo Posição embalagem secundária do produto	Excesso de adesivo	Defeitos A/K	4	Entupimento ou sujeira no bico de aplicação	5	Limpeza de máquina	8	160
	Deslocado / Menor	Deslocado / Menor	Defeitos A/K	4	Matéria-prima desalinhada e equipamento descalibrado	4	Nenhum	8	128
	Válvula Solenóide	Falha no fechamento	Defeito E	4	Válvula com desgaste/quebrada	2		8	64
	Bloco de adesivo	Desgaste, quebra ou má condição	Defeito E	4	Danificação por mal uso	2	Preventivas	8	64
	Shin plate	Falha de aplicação (algunos dos 3)	Defeito E	4	Excesso de escovação	4	Nenhum	8	128
Módulo 3	Rolete do pressionador	GAP inadequado	Defeitos A/K	4	M.O. Ajuste errado / sem referência	4	Nenhum	9	144
	Desgaste, quebra ou má condição	Desgaste, quebra ou má condição	Defeitos A/K	4	Rolamento com desgaste / travando	4	Preventivas	9	144
	Ar de limpeza entrada do bloco de adesivo	Não funcional	Defeitos A/K	4	Valvula fechada / entupida	3	Nenhum	8	96
Módulo 4	Intermitência	Colar no backsheet	Defeitos A/K	4	Posicionamento/comprimento errado do Release C.	4	Rejeito da Camera	8	128
	Transporte da manta	Atrasar a manta	Defeito E	4	Atraso do produto do rotator / rotator com sapatas entupidas	2	Nenhum	8	64
Módulo 5	Bico de adesivo	Desgaste, quebra ou má condição	Defeitos A/K	4	Excesso de aplicação de adesivo	3	Nenhum	8	96
Módulo 6	Esteira	GAP Inadequado	Defeitos A/K	4	Esteira com desgaste, Gap muito apertado / pequeno	5	Nenhum	8	160
Módulo 7	Esteira	GAP inadequado	Defeito E	4		4		8	128
	Pressionadores	GAP inadequado	Defeito E	4	Ausência de controle	4	Nenhum	8	128
	Parâmetro Mecânico	Parâmetro fora	Defeito E	4	Método de ajuste ou ausência do controle	3	Cadastro no plano de controle	8	96
	Selagem 1x1	Falha na selagem	Defeito E	4	Atraso físico do produto em relação ao came eletrônico	4		8	128
Câmeras/sensores	Câmera MOP	Falha de detecção	Defeitos A/K	3	Ausência da ferramenta, Sensibilidade / resolução da camera deficiente	3	Nenhum ou Eletrônico	8	72
			Defeito E	3	Mal funcionamento, ajuste e calibração	3	Inspeção de produto	8	72
Temperatura Ambiente	Temperatura da área	Temperatura acima	Defeitos A/K	3		3	Controlador da climatização	8	72
			Defeito E	3	Falha de refrigeração	3		8	72
Mão de Obra	Reação a defeitos GSP	Incompleto, inutilizável ou inexistente	Defeito A/K	5	Falta de uso pela M.O por documento inexistente, incompleto ou ineficaz	4	Controle de documento - Ineficaz	8	160
	Entendimento dos critérios de especificação e conhecimento de Defeitos	Identificação ou entendimento falho, fraco ou inexistente	Defeito A/K	5	Criticidade do defeito ao fornecedor	4	Certificações e Treinamentos	8	160
			Defeito E	5		4		8	160
Método	Checklist parâmetros de processo	Incompleto, inutilizável ou inexistente	Defeito A/K	5	Incompleto, inutilizável ou inexistente	4	Checklist processos	8	160
	Foto ou produto padrão de defeito	Acessibilidade limitada ou desatualizado	Defeito E	5	Atualização das fotos e acessibilidade	4	Manual da Qualidade	8	160

Fonte: Elaborado pelo autor

Em sua construção, as etapas do processo são as mesmas priorizadas no Pareto do diagrama de causa e efeito. A partir desse ponto, a equipe definiu as entradas e seus modos de falha em relação aos principais defeitos.

Com essa definição, a equipe pontuou de 1 a 5 a severidade do efeito (defeito) ao cliente. A instrução para pontuação de severidade está demonstrada no Quadro 6.

#### **Quadro 6 – Severidade – Pontuação para o FMEA**

Nota	Critério
1	Falha menor, não detectada pelo cliente
2	Falha menor que pode ser detectada pelo cliente
3	Falha moderada que pode resultar em alguma insatisfação do cliente
4	Falha importante que pode gerar um alto nível de insatisfação do cliente
5	Falha muito importante ou questões de segurança. Impacto adverso para o cliente ou usuário final

Fonte: Elaborado pelo autor

Seguindo com o FMEA, foram definidas as causas dos modos de falha e um valor para sua ocorrência. Este valor foi definido seguindo uma numeração referente a taxa de ocorrência como ilustrado no Quadro 7

#### **Quadro 7 - Ocorrência - Pontuação para o FMEA**

Ocorrência	Descrição	Taxa de Ocorrência
1	Falha ocorre com frequência extremamente remota	< 1 em 1.500.000
2	Falha ocorre com frequência remota	1 em 15.000
3	Falha ocorre com frequência baixa	1 em 400
4	Falha ocorre com frequência elevada	1 em 8
5	Falha ocorre com frequência muito elevada	1 em 3

Fonte: Elaborado pelo autor

Para levantar os controles existentes, foram consultados os procedimentos de controle e o mapa do fluxo real construído na etapa medir, em que havia sido identificado os parâmetros de processo não controlados. A partir desses documentos e ferramentas, foi possível identificar a existência ou não de controle para detecção de cada falha.

Os valores de detecção do cliente seguiram o guia de pontuação descrito no Quadro 8.

**Quadro 8 - Detecção - Pontuação para o FMEA**

Grau	Descrição	Definição
1	Nenhuma	A falha não é percebida pelo Cliente e não afeta o processo ou produto do cliente
2	Muito insignificante	A falha não é facilmente percebida pelo Cliente, mas pode ter efeitos leves sobre o processo/produto do Cliente
3	Insignificante	A falha cria uma certa perturbação para o Cliente, mas pode sobrelev-a-la no processo/produto sem perda de performance
4	Muito baixa	A falha pode ser vencida com modificações no processo/produto do Cliente, mas há uma pequena perda de performance
5	Baixa	A falha cria uma perda de performance que gera reclamação do Cliente
6	Moderada	A falha gera um mal funcionamento do processo/produto
7	Alta	A falha causa um alto grau de desgosto no Cliente
8	Muito Alta	A falha faz com que o processo/produto não opere ou seja inadequada para o uso
9	Extremamente Alta	A falha pode criar problemas com as normas federais de atendimento ao Cliente
10	Perigosamente Alta	A falha pode afetar a segurança de um Cliente ou empregado

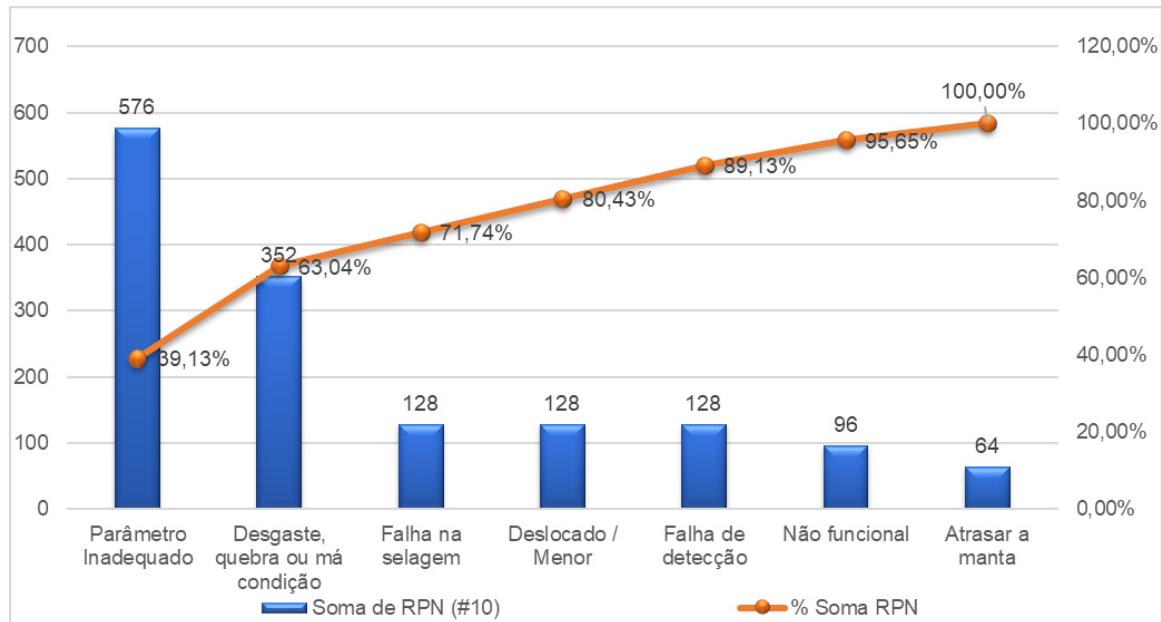
Fonte: Elaborado pelo autor

A partir da multiplicação de cada uma dessas pontuações, severidade, ocorrência e detecção, foi obtido o *Risk Priority Number* (RPN) ou número de prioridade. Os RPN com o número mais elevado indicam a maior contribuição na causa da falha.

A partir desses valores, foi realizado um Pareto, em que foi atribuído apenas os modos de falha sem controle existente ou ineficiente. Além disso, cada modo de falha foi categorizado em conjuntos generalizados. Por exemplo, o conjunto desgaste, quebra ou má condição se refere aos modos de falha de limpeza ineficiente, entupimento, uso incorreto, quebra ou má condição.

O gráfico construído a partir do FMEA se encontra na Figura 34.

**Figura 34 - Pareto de modos de falha sem controle existente**



Fonte: Elaborado pelo autor

A partir da priorização do FMEA, foi possível identificar que a análise de causas raízes teria o enfoque nos problemas de parâmetro inadequados, desgaste, quebra ou má condição. Com essa informação, priorizou-se os modos de falha sem controle, referentes aos conjuntos mencionados, de maior RPN para a análise de causa raiz.

Na análise, o time deve investigar o motivo da falha até chegar na causa raiz para que ela ocorresse. A estrutura segue em responder em até cinco vezes o porquê da ocorrência da falha. Deste modo, obtém-se a causa raiz do problema evidenciado na última coluna do Quadro 9.

## Quadro 9 - Análise de Causa Raiz ou 5 Porquês

Hipóteses	1º Porque ?	2º Porque ?	3º Porque ?	4º Porque ?	5º Porque ?	Causa Raiz
Defeitos A/K - Módulo 6 - Descentralização do produto antes do Módulo 6	Descentralização do produto					Demarcação do centro do conjunto do módulo 6
Defeitos A/K - Módulo 6 - Sujeira esteira do Módulo 6	Limpeza incompleta após atolos					Acompanhar e verificar eficácia da limpeza nessa esteira (preventivas, limpezas e paradas)
Defeitos A/K - Módulo 6 - Espessura fora do especificado	Emboçamento com lacuna (gap) inadequada (Central e Canais) -	Ajuste incorreto das lacunas	Ausência do parâmetro / especificação dos ajustes	Estudo de determinação dos limites do parâmetro		Verificar lacuna do emboçamento - Confirmar limites de especificação e procedimento de regulagem da lacuna
	Lacuna do Pressionador do módulo 6	Ajuste ou regulagem incorreta das lacunas pela mão de obra				Verificar GAP do DBK-ME 1/2/3/4 - Confirmar limites de especificação e procedimento de regulagem da lacuna
Defeitos A/K - Módulo 6 - Controle de vácuo	Limite de especificação incorreto	Não foi realizado um estudo mais atual	Limite de especificação não estavam sendo acompanhado	Ausência do equipamento de medição		Providar o equipamento de medição de vácuo para estudo de limites. Atualizar especificação no plano de controle - BMW VA01 e BMW VA02
Defeitos A/K - Módulo 3 - Regulagem incorreta do rolete do pressionador pela mão de obra	Não há parâmetro para a lacuna (GAP) do rolete	Não há especificação	Não foi realizado um estudo / padronização no projeto de mudança			Determinar procedimento de regulagem da lacuna (GAP) do pressionador módulo 6 - Verificar especificação no plano de controle (VA) T077-F2N3
Defeito E - Módulo 7 - Pressionadores com GAP inadequado	Não há parâmetro para a lacuna (GAP) do rolete	Não há especificação	Não foi realizado um estudo / padronização do parâmetro			Determinar procedimento de regulagem da lacuna (GAP) do pressionador na módulo 7 - Verificar nos planos de controle os limites de especificação PCM-ME-1
	Não há parâmetro para a lacuna (GAP) da esteira	Não há especificação				Determinar procedimento de regulagem da lacuna (GAP) da esteira do módulo 7 - Verificar nos planos de controle os limites de especificação S077
Defeito E - Sensor Óptico - Mal funcionamento, ajuste ou calibração	Falha devido ao atraso físico do produto ao came eletrônico	Ocorrência de falha de sincronia	Lógica do sensor não compensa o atraso	Lógica não permite autocalibração		Lógica assertiva do sensor que compense desfaseamento
Foto ou Padrão do Defeito	Padrão do defeito de Defeito A/K e Defeito E ineficaz	Fotos / Padrão do defeito do manual desatualizado	Padrão de defeitos antigos			Implementar sistemática de atualizar fotos com os padrões de defeitos e apresenta-los nos treinamentos
Entendimento dos critérios de especificação e Conhecimento de Defeitos	Certificação ou treinamento ineficaz					Certificação / Treinamento dos operadores com exemplos práticos direcionados (Defeitos atualizados e mais presentes)
Reação a defeitos - Revisão e reforço do uso do Guia de solução de problemas e Plano de controle - Demora para identificar problemas, danos ou	Inutilizável, incompleto, inacessível ou ineficaz.	Frequência de atualização e assertividade	Mapeamento dos defeitos	Ausência de controle eficiente	Plataforma de controle dificulta o acesso	Mapear e anotar soluções de problemas (GSP) com time multifuncional seguindo o método "Se = Então". Buscar acesso aos documentos de maneiras mais simplificadas.
Checklist de Parâmetros de Processo-Verificação / Ronda para avaliação de pontos	Não é avaliado os pontos críticos da máquina	Ausência de checklist ou outro controle para avaliação				Implementar Checklist de parâmetros de processo no novo software de controle

Fonte: Elaborado pelo autor

Em alguns modos de falhas, foram identificados mais de uma abordagem para solução do problema. Como exemplo, no módulo 6, o defeito A ocorre tanto pela especificação incorreta do vácuo como limpeza incorreta ou lacuna da esteira com o emboçador. Da mesma maneira, no módulo 7 os modos de falha referentes ao defeito E é ocasionado tanto pela ausência de parâmetro específico da lacuna equipamentos (esteira e pressionadores) para os produtos de cobertura seca quanto pela falha do sensor em compensar o atraso físico.

Outras análises foram semelhantes as levantadas na matriz, porém tiveram alguma melhoria em questão de controle e enfoque maior nos defeitos A e E.

#### **4.5. Melhorar**

Na etapa 'melhorar', foi elaborado e implementado soluções ou ações para diminuir os modos de falha e causas dos defeitos.

As ações de ganho rápido, que foram implementadas durante as etapas anteriores ocasionaram em uma alteração no cenário de defeitos impactantes durante o trabalho. Deste modo, foi elaborado um novo plano de ação de melhorias baseado na última coluna, a causa raiz, da ferramenta 5 porquês da etapa anterior.

O plano de ação de melhorias está ilustrado no Quadro 10.

**Quadro 10 - Plano de Ação de melhorias**

Tipo de Ação			PLANO DE AÇÃO	Responsável pela Ação
Melhoria	Corretiva	Preventiva		
X			Acompanhar e verificar eficácia da limpeza nessa esteira (preventivas, limpezas, paradas e etc)	Eng. Qualidade
	X		Demarcação do centro do conjunto do módulo 6	Eng. Manutenção
	X		Atualizar especificação no plano de controle do vácuo do módulo 6 - Providenciar equipamento de medição na máquina	Eng. Processo
	X		Definição do GAP das esteiras e pressionadores do módulo 6 - DBK-ME 1/2/3/4	Eng. Processo
	X		Definição do GAP das esteiras e pressionadores do módulo 7 - PCM-ME-1 e S077	Eng. Processo
	X		Definir Receita de parâmetro, relacionados ao Defeito E, a serem alterados nas trocas de produto.	Eng. Processo
	X		Construir lógica no sensor que compense o atraso físico ao came eletrônico - Sensor deve compensar desfaseamento	Eng. Manutenção
X			Implementar sistemática de atualizar fotos dos padrões de defeitos dos manuais com exemplos mais atuais e evidencia-los nos treinamentos da operação	Eng. Qualidade
X			Certificação / Treinamento dos operadores com exemplos práticos direcionados (Defeitos atualizados e mais presentes)	Qualidade
	X		Mapear e anotar soluções de problemas (GSP) com time multifuncional e adicionar o método "Se = Então". Unir soluções em anotações físicas próximas ao local de aplicação e de fácil acesso para mão de obra.	Produção, Qualidade e Processos
	X		Implementar novos itens prioritários do <i>Checklist</i> de parâmetros de processo no novo software de controle.	Eng. Qualidade

Fonte: Elaborado pelo autor

As ações foram classificadas como melhoria, preventiva e corretiva.

As ações classificadas como preventivas são aquelas que tem como objetivo evitar a produção de um produto não conforme, enquanto uma ação corretiva é aquela que realiza a correção no equipamento ou parâmetro após a detecção da falha ou produção de defeito.

As soluções corretivas foram implementar uma lista de checagem via *software* de controle para verificar estado de equipamentos prioritários e disponibilizar livros próximos aos módulos da máquina um guia contendo as soluções elaboradas de problemas encontrados.

Diferentemente, as ações preventivas levantadas foram direcionadas aos defeitos A e E.

Para o defeito A, as ações levantadas foram demarcar o conjunto do módulo 6 de forma a impedir a descentralização da manta e definir parâmetros de vácuo, lacuna de esteiras e roletes.

Para o defeito E, elaborou-se uma receita contendo parâmetros definidos para o produto de cobertura seca e construção de uma lógica para sensor detectar e compensar o atraso físico da manta evitando o modo de falha.

As ações classificadas como melhoria indicam que o procedimento ou sistemática é existente, contudo, necessita de uma adaptação ou atualização para que supra ou atenda as oportunidades estabelecidas. No trabalho, as ações foram melhorar a avaliação da limpeza em certos pontos, implementar sistemática de atualização de padrões de defeitos e priorizar os defeitos de maior impacto nos treinamentos e certificações.

#### **4.6. Controlar**

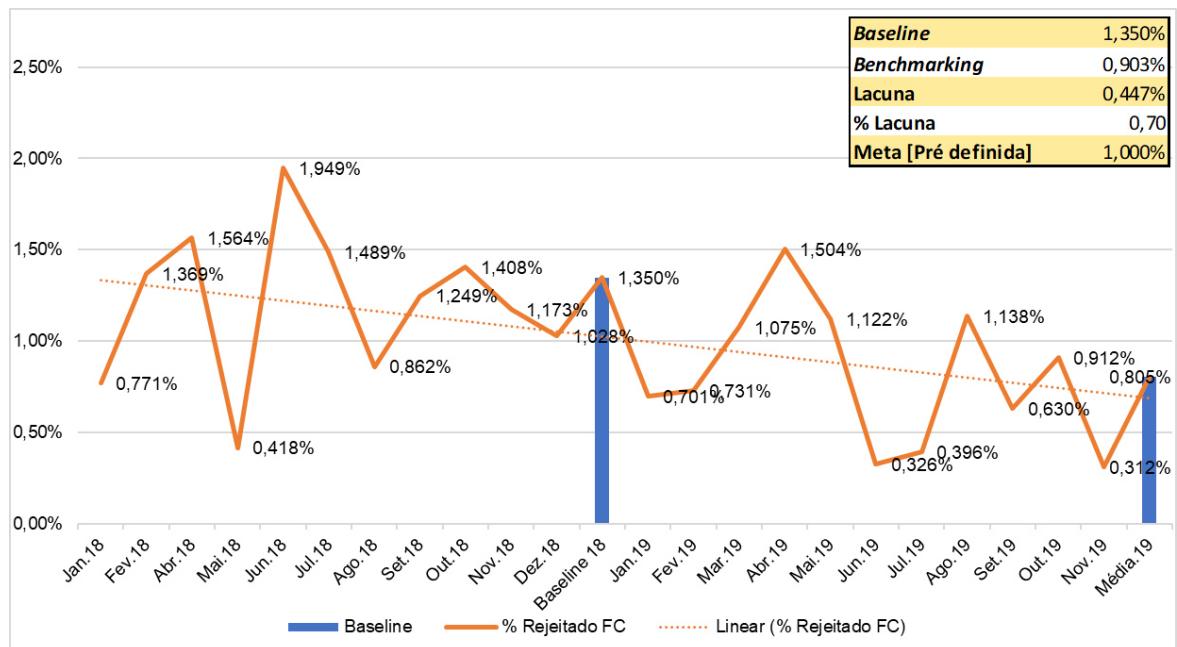
A quinta e última etapa da metodologia DMAIC tem o objetivo de entregar o trabalho com a definição das estratégias de monitoramento e controle do indicador e ações.

As ações levantadas na etapa anterior abordaram o controle e sistemática para o acesso das soluções, como o GSP e sistemática de treinamentos, padrões de defeito e certificações.

O monitoramento do indicador, mencionado na etapa definir, já era uma prática realizada na empresa. Portanto, caso ocorra valores altos ou fora da tendência avaliada no trabalho, a equipe deve ser acionada para investigação.

Para a entrega do trabalho foi necessário entregar todo monitoramento do indicador conforme Figura 35.

**Figura 35 – Valores do indicador geral de 2018 à 2019.**



Fonte: Elaborado pelo autor

Como abordado na etapa ‘definir’, o escopo do trabalho foi de extrema importância para esclarecer objetivos, avaliações e definições de forma a proteger o time na entrega dos resultados. Deste modo, apesar das máquinas W e Z não terem alcançado suas metas individuais ao final do trabalho, o escopo cadastrado conforme *Project Charter* definiu a meta como a porcentagem de rejeitados geral.

Portanto, a meta do trabalho foi alcançado, pois superou o escopo de 1% de rejeitados ao entregar no final do trabalho uma média de 0,805%.

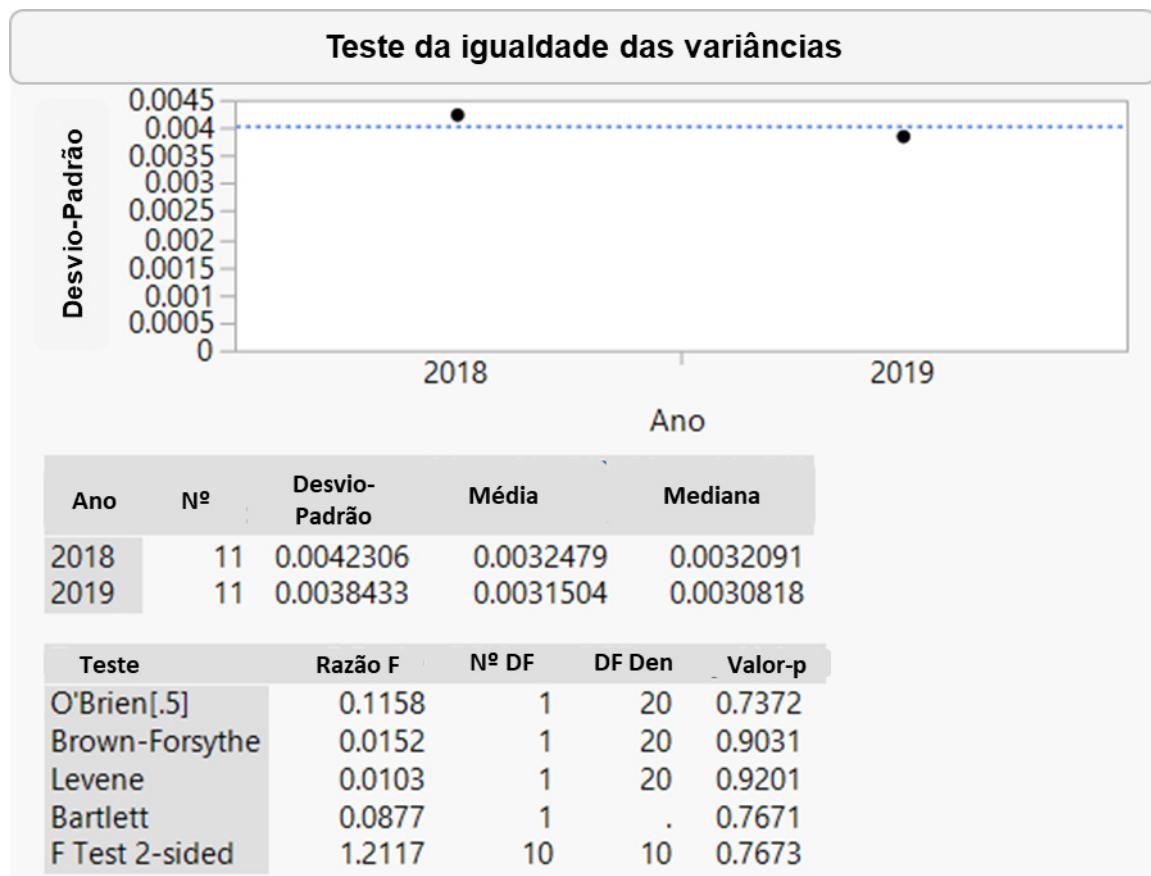
Ainda que a meta do trabalho tenha sido alcançada, foi necessário comprovar que as soluções implementadas foram efetivas através de Testes estatísticos, como o Teste T.

O Teste T é um teste de hipótese aplicado a fim de comparar a média de duas amostras. Para o teste T, a hipótese nula ( $H_0$ ) é que a média do conjunto A é

igual ao do conjunto B, enquanto que a hipótese alternativa é que as médias são diferentes.

Para realizar o Teste T, deve-se avaliar se as variâncias dos conjuntos são iguais, para isso foi utilizado o software estatístico americano chamado JMP, comparando os valores de porcentagem de rejeitados de 2018 com o de 2019. A análise de variância está na Figura 36.

**Figura 36** - Teste de comparação de variância 2018 x 2019



Fonte: Elaborado pelo autor utilizando o software JMP.

Todos os valores de probabilidade (*p-value*) foram superiores a 0,05, o que impede a rejeição da hipótese nula de que as variâncias de 2018 e 2019 são iguais. Portanto, prosseguiu-se com o teste t assumindo variâncias iguais conforme Figura 37

**Figura 37 - Teste T da métrica do trabalho**



Fonte: Elaborado pelo autor utilizando o software JMP.

No teste T temos três valores de p-value e para cada um existe uma hipótese alternada da seguinte maneira:

- Prob>|t| - hipótese nula: médias dos conjuntos são iguais.
- Prob>t - hipótese alternada: média do segundo conjunto é maior que do primeiro conjunto
- Prob<t hipótese alternada: média do segundo conjunto é menor que do primeiro conjunto.

Para valores de probabilidade inferiores a 0,05, rejeita-se a hipótese nula pela inferência de que a probabilidade de as médias serem iguais é significantemente baixa. Portanto, com nível de confiança de 95%, não existe evidência estatística da hipótese de que as médias são iguais e que o valor referente a 2019 foi maior que 2018. Logo infere-se a hipótese alternativa que são significantemente diferentes e o valor mais recente (2019) é menor que o do ano anterior

## 5. CONCLUSÃO

Como propõe a pesquisa-ação, durante o trabalho foi realizada a definição do contexto, coleta de dados e implementação de um plano de ação de modo a reduzir e interferir com o resultado do trabalho.

Além disso, o trabalho teve caráter colaborativo, pois havia uma equipe multifuncional como funcionários do trabalho e da empresa colaborando com seus conhecimentos nos debates e discussões das ferramentas, a fim de implementar soluções.

As soluções ou ações de redução de rejeito variaram em comportamento, valores e mentalidade focada em qualidade, como também em controles mais rigorosos de parâmetros de processo e de guias de solução. Isso torna evidente a importância de se entender de todo processo de produção para entrega de um produto com as especificações requisitadas pelo cliente.

Vale ressaltar que as abordagens científicas do trabalho possuíram o caráter educativo e colaboraram com o estudo LSS, metodologia DMAIC e aplicação das ferramentas existentes. A presente monografia coopera com a aproximação científica do LSS frente a problemas encontrados em indústrias, fábricas e empresas, e, portanto, pode ser utilizada como consulta ou replicada para trabalhos com a mesma metodologia.

A aplicação das ferramentas propostas no LSS facilitou a identificação e priorização das principais máquinas e defeitos conforme objetivos propostos.

O projeto resultou na obtenção de um valor de rejeitados menor do que a proposta de 1% pelo escopo do trabalho, superando a meta desafiadora do projeto, respeitando as limitações e considerações impostas. Portanto, a meta do trabalho foi alcançada, através da metodologia aqui estudada.

Conclui-se que a metodologia LSS possui ferramentas e propostas que complementam avaliação analítica de um profissional de forma a facilitar que as tomadas de decisões sejam embasadas em um modelo matemático e estatístico que visa identificar, priorizar e reduzir a causa de efeitos indesejados em um processo, como discorrido no presente trabalho.

## REFERÊNCIAS

ANVISA. AGENCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução da diretoria colegiada- RDC nº 142, de 17 de março de 2017. Disponível em: <[http://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TzC2Mb/content/id/20833442](http://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TzC2Mb/content/id/20833442)> Acessado em: 27 abr 2019.

ALEXANDER, P.; ANTONY, J.; RODGERS, B. Lean Six Sigma for small- and medium-sized manufacturing enterprises: a systematic review. **International Journal of Quality and Reliability Management**, v. 36, n. 3, p. 378–397, 2019.

ALKUNSOL, W. H. et al. Lean Six Sigma effect on Jordanian pharmaceutical industry's performance. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 10, n. 1, p. 23–43, 2018.

ANTONY, J. Six Sigma vs Lean. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 60, n. 2, p. 185–190, 2011.

BARBOSA, B. et al. Solving quality problems in tyre production preparation process : a practical approach. **Procedia Manufacturing**, v. 11, n. June, p. 1239–1246, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.250>>.

BENDELL, T. A review and comparison of six sigma and the lean organisations. **TQM Magazine**, v. 18, n. 3, p. 255–262, 2006.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.; DA SILVA, R. **Metodologia Científica**. 6. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil Ltda, 2007.

COUGHLAN, P.; COUGHLAN, D. Action research for operations management. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 22, n. 2, p. 220–240, 2002.

DA SILVA, O. R. et al. Lean Six Sigma: Multiple Case Study. **RISUS - jJournal on Innovation and Sustainability ISSN 2179-3565**, v. 9, n. 1, p. 74–84, 2018.

DAHLGAARD, J. J.; DAHLGAARD-PARK, S. M. Lean production, six sigma quality, TQM and company culture. **TQM Magazine**, v. 18, n. 3, p. 263–281, 2006.

GIL, A. C. **Como elaborar Projetos de Pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

JIRASUKPRASERT, P. et al. A six sigma and dmaic application for the reduction of defects in a rubber gloves manufacturing process. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 5, n. 1, p. 2–21, 2015.

KUMAR, S.; SOSNOSKI, M. Using DMAIC Six Sigma to systematically improve shopfloor production quality and costs. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 58, n. 3, p. 254–273, 2009.

MELLO, C. H. P. et al. Pesquisa-ação na engenharia de produção: proposta de estruturação para sua condução. **Production**, v. 22, n. 1, p. 1–13, 2011.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

MOUSAVI ISFAHANI, H.; TOURANI, S.; SEYEDIN, H. Lean management approach in

hospitals: a systematic review. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 10, n. 1, p. 161–188, 2018.

OMACHONU, V. K.; ROSS, J. E. **Principles of Total Quality**. 3. ed. Boca Raton, FL: CRC Press LLC, 2004.

RAHMAN, A. et al. A Case Study of Six Sigma Define-Measure-Analyze-Improve-Control (DMAIC) Methodology in Garment Sector. **Independent Journal of Management & Production**, v. 8, n. 4, p. 1309–1323, 2017.

RAMAN, R. S.; BASAVARAJ, Y. Defect reduction in a capacitor manufacturing process through Six Sigma concept: A case study. **Management Science Letters**, v. 9, p. 253–260, 2018.

TOLEDO, de J. C. et al. **Qualidade Gestão e Métodos**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

VOEHL, F. et al. **The Lean Six Sigma Black Belt Handbook Tool and Methods for Process Acceleration**. 1. ed. Boca Raton, FL: CRC Press Taylor & Francis Group, 2014.

YANG-CHUN, F.; YANG-CHUN, H.; XIU-MIN, M. The application of Student's t-test in internal quality control of clinical laboratory. **Frontiers in Laboratory Medicine**, v. 1, n. 3, p. 125–128, 2017.