

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**DEPARTAMENTO DE PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**CAIO ARAUJO BELEZIA**

**PROPOSTA DE REDUÇÃO DO ALTO ÍNDICE DE SEGUNDA  
QUALIDADE DE PLACAS MDF EM UMA EMPRESA DE SANTA  
CATARINA**

**MONOGRAFIA DA ESPECIALIZAÇÃO**

**PONTA GROSSA**

**2017**

**CAIO ARAUJO BELEZIA**

**PROPOSTA DE REDUÇÃO DO ALTO ÍNDICE DE SEGUNDA  
QUALIDADE DE PLACAS MDF EM UMA EMPRESA DE SANTA  
CATARINA**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Engenharia de Produção, do Programa de Pós Graduação, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientadora: Prof. Dr. Joseane Pontes

**PONTA GROSSA**

**2017**

Folha destinada à inclusão da **Ficha Catalográfica** (elemento obrigatório somente para teses e dissertações) a ser solicitada ao Departamento de Biblioteca da UTFPR e posteriormente impressa no verso da Folha de Rosto (folha anterior).

Espaço destinado a elaboração da ficha catalográfica sob responsabilidade exclusiva do Departamento de Biblioteca da UTFPR.



Ministério da Educação  
**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**CAMPUS PONTA GROSSA**  
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
Curso de Especialização em Engenharia de Produção



## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

### **Proposta de redução do alto índice de segunda qualidade de placas MDF em uma empresa de Santa Catarina.**

por

**Caio Araújo Belezia**

Esta monografia foi apresentada no dia vinte e quatro de março de dois mil e dezessete como requisito parcial para a obtenção do título de ESPECIALISTA EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. O candidato foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

**Profª. Drª Joseane Pontes (UTFPR)**  
Orientadora

**Prof. Dr. Ariel Orlei Michaloski (UTFPR)**  
Membro

**Prof. Dr. Cassiano Moro Piekarski  
(UTFPR)**  
Membro

Visto do Coordenador:

---

**Prof. Dr. Ariel Orlei Michaloski**  
Coordenador  
UTFPR – Câmpus Ponta Grossa

\*A versão assinada pela banca fica depositada na pasta do aluno, no Departamento de Registros Acadêmicos.

Dedico este trabalho à minha família, pelo  
apoio dado.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse, ao longo de minha vida, e não somente nestes anos como estudante, mas em todas as etapas.

À minha família pelo apoio, carinho e que sempre acreditaram em mim.

À UTFPR, de Ponta Grossa, pela oportunidade de ter realizado o curso de Pós-graduação em Engenharia de Produção.

À minha orientadora Joseane Pontes, por toda ajuda e os conhecimentos que me foram passados.

Aos professores do curso, pelos ensinamentos passados.

Ao secretário Júlio Cezar pelo suporte e apoio prestados.

Aos meus amigos, pelos bons momentos vivenciados e pela convivência harmoniosa.

E a todos, que direta ou indiretamente, fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

## RESUMO

BELEZIA, Caio Araujo. **Proposta de redução do alto índice de segunda qualidade de placas MDF em uma empresa de Santa Catarina**. 2017. 67 p. Monografia (Especialização em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2017.

A presente pesquisa objetivou propor ações de melhoria para reduzir o alto índice de segunda qualidade de placas MDF revestidas na linha de revestimento do painel MDF, através da aplicação das etapas D (Definir), M (Medir) e A (Analisar) da metodologia DMAIC. A execução deste estudo foi baseada nas etapas da metodologia DMAIC. Para coleta e análise dos dados, utilizou-se o roteiro de redução de defeitos elaborados em um software de planilha eletrônica. Nas quais as propostas de ações de melhorias para reduzir o índice de segunda qualidade foram formuladas com base nas ferramentas da qualidade e as ferramentas gerenciais. Onde que o maior índice de segunda qualidade de placas de MDF revestidas no estudo foi o defeito de placas com papel rasgado. A partir disso foram discutidas ações de melhorias para o problema, qual pode destacar aplicar rodízio entre as operadoras do papel, realizar estudo de automação do papel nas linhas de revestimento, projetar uma frenagem para o carro dos roletes e alterar o suporte de laser para o posicionamento do papel. As propostas formuladas neste estudo apoiam e orientam ações estratégicas de melhoria, para se obter a redução do índice de segunda qualidade, no quais para trabalhos futuros, segue como proposta a realização das etapas I (*Improve*) e C (*Control*) da metodologia DMAIC, para efetivar a consolidação deste estudo.

**Palavras-chave:** DMAIC. Ferramentas da qualidade. Qualidade.

## ABSTRACT

BELEZIA, Caio Araujo. **Proposal for reducing the high second quality index of MDF boards in a Santa Catarina company**. 2017. 67 p. Work of Conclusion Course (Monograph (Specialization in [Production Engineering) - Federal Technology University - Paraná. Ponta Grossa, 2017.

The present study aimed to propose improvement actions to reduce the high quality index of MDF coated panels in the MDF panel coating line by applying the steps D (Define), M (Measure) and A (Analyze) of the methodology DMAIC. The execution of this study was based on the steps of the DMAIC methodology. In order to collect and analyze the data, we used the defect reduction script elaborated in a spreadsheet software. In which proposals for improvement actions to reduce the second quality index were formulated based on quality tools and management tools. Where the highest index of second quality coated MDF boards in the study was the defect of plaques with torn paper. From this, improvement actions for the problem were discussed, which may highlight relaying among the paper operators, conducting study of paper automation in the coating lines, designing a braking for the roller carriage and changing the laser support for the positioning. The proposals formulated in this study support and guide strategic improvement actions in order to obtain the reduction of the second quality index, in which for future work, it is proposed to perform stages I (Improve) and C (Control) of the DMAIC methodology, for consolidate this study.

**Keywords:** DMAIC. Quality Tool. Quality.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Exemplificação entre o ciclo PDCA e a ferramenta DMAIC .....	23
Figura 2 - Etapas do DMAIC - ação, objetivos e ferramentas da qualidade .....	24
Figura 3 - Diagrama de Ishikawa ou de causa e efeito .....	29
Figura 4 - Fluxograma Metodologia da Pesquisa .....	35
Figura 5 - Fluxograma da Linha de revestimento .....	41
Figura 6 - Gráfico de Pareto Linhas de revestimento Geral .....	43
Figura 7 - Gráfico de Pareto Linha de revestimento I .....	43
Figura 8 - Gráfico de Pareto Linha de revestimento II .....	44
Figura 9 - Gráfico de Pareto Linha de revestimento III .....	45
Figura 10 - Modo de defeito: Papel quebrado inferior .....	46
Figura 11 - Modo de defeito: Papel quebrado superior .....	47
Figura 12- Modo de defeito: Papel rasgado inferior .....	48
Figura 13 - Modo de defeito: Papel rasgado superior .....	49
Figura 14 - Brainstorming .....	50
Figura 15 - Diagrama de Ishikawa .....	52
Figura 16 - Priorização 9/3/1 .....	53
Figura 17 - Ferramenta Cinco Porquês .....	55
Figura 18 - Diagrama de Matriz .....	56
Figura 19 - Fluxograma Linha de revestimento .....	58

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	13
1.2 OBJETIVOS.....	15
1.2.1 Objetivo Geral.....	15
1.2.2 Objetivos Específicos.....	15
1.3 JUSTIFICATIVA.....	16
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	17
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>18</b>
2.1 QUALIDADE .....	18
2.1.1 Histórico.....	18
2.1.2 Definição.....	20
2.1.3 Metodologias da Qualidade .....	21
2.2 METODOLOGIA DMAIC.....	23
2.2.1 D - Definir.....	24
2.2.2 M - Medir.....	25
2.2.3 A - Analisar .....	26
2.3 FERRAMENTAS DA QUALIDADE .....	27
2.3.1 Gráfico de Pareto.....	27
2.3.2 Diagrama de Ishikawa .....	28
2.3.3 Fluxograma .....	30
2.3.4 Brainstorming.....	30
2.3.5 Cinco Porquês .....	31
2.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO .....	32
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>34</b>
3.1 DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA DA PESQUISA.....	34
3.2 DESCRIÇÃO DO OBJETO DO ESTUDO.....	36
3.3 METODOLOGIA DMAIC.....	37
3.3.1 D - Definir.....	37
3.3.2 M - Medir.....	38
3.3.3 A - Analisar .....	38
<b>4 APLICAÇÃO .....</b>	<b>40</b>
4.1 PRIMEIRA ETAPA - D (DEFINIR).....	40
4.1.1 Carta do Projeto.....	40
4.1.2 Definição da Linha de Revestimento .....	41
4.2 SEGUNDA ETAPA - M (MEDIR) .....	42
4.3 TERCEIRA ETAPA - A (ANALISAR).....	49
4.3.1 Brainstorming.....	50
4.3.2 Diagrama de Ishikawa .....	51

4.3.3 Cinco porquês.....	53
4.3.4 Diagrama de Matriz.....	56
4.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE A APLICAÇÃO .....	59
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>60</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>63</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo será contemplado o tema desenvolvido neste projeto, bem como seus objetivos e a estrutura do trabalho.

### 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O mercado de painéis de MDF (*Medium Density Fiberboard*) conta com um ambiente cada vez mais competitivo e globalizado, sendo necessário as indústrias de painéis adotarem técnicas cada vez mais diferenciadas, sempre buscando alternativas, tais como novas ideias, métodos e ferramentas, para poder se destacar frente a concorrência. As indústrias madeireiras adotam diferentes estratégias, pois nem sempre dispõem do capital necessário para investimento em soluções que aumentem a produtividade e garantam a qualidade.

Com a modernização das fábricas de painéis no Brasil, o aumento de suas escalas e a implantação de novas unidades estimularam a concorrência e a competição entre as indústrias, o setor tem apresentado forte dinamismo, no mundo e, em especial no Brasil. Em função dos seguintes fatores: busca de alternativas à madeira maciça; modernização tecnológica do parque fabril, que proporcionou a oferta de novos produtos (MDF, OSB) e a melhoria da qualidade dos painéis (BNDES, 2008).

O painel MDF (*Medium Density Fiberboard*) é um painel produzido com fibras celulósicas misturadas com resinas sintéticas que prensadas a quente resultam em painéis de fibras de média densidade (500 a 800 Kg/m<sup>3</sup>) (MALONEY, 1996). Tendo sua maior aplicação na indústria moveleira. No qual seu consumo no ano de 2005 atingiu 40 milhões de m<sup>3</sup>, representando uma participação de 19% no volume global consumido dos quatro tipos de painéis abrangidos num estudo realizado pelo BNDES (BNDES, 2008).

Segundo o BNDES (2008) no período de 1995 a 2005, o consumo mundial do painel MDF cresceu a uma taxa média anual de 18,5%. Com 61% da demanda, China (40%), Estados Unidos (12%), Coréia do Sul (5%) e Brasil (4%) são os grandes centros de consumo mundial. A produção mundial de MDF atingiu 41

milhões de m<sup>3</sup>, em 2005, cinco vezes superior à de 1995. Destaca-se a China, o maior produtor, com participação de 35%. O Brasil ficou em sexto lugar, com 3% do volume mundial fabricado. O comércio mundial de MDF movimentou cerca de US\$ 4 bilhões, um volume de 14 milhões de m<sup>3</sup>, que corresponde a 34% do consumo mundial.

Para sobreviver nesse mercado competitivo, as indústrias de painéis de MDF necessitam ter seus processos controlados e manter bons resultados. Os problemas e oportunidades de melhorias sempre irão existir, portanto o diferencial da empresa pode estar na rapidez e eficácia da resposta a estas diferentes situações que o mercado está exposto. A implantação eficaz de um método de melhoria de processo pode aumentar a velocidade de resposta, fazendo com que as indústrias de MDF consigam obter melhorias e resultados positivos que a manterão neste mercado competitivo assim possibilitando seu crescimento (NUNES, 2008).

Nesse contexto econômico, em que a qualidade é um fator fundamental para a indústria ser competitiva no mercado, é necessário às indústrias adotarem metodologias da Qualidade, para se diferenciarem das demais. Existem diversos métodos de melhoria contínua, os quais podemos destacar, o ciclo PDCA (*Plan, Do, Check e Action*), MASP (*Method of Analysis for Solving Problem*), o método 8D (oito disciplinas) e a metodologia DMAIC, tendo como característica ser uma metodologia para análise e solução de problemas, estruturadas para seguir um roteiro de cinco etapas *Define, Measure, Analyse, Improve e Control*, tendo como objetivo reduzir as variações, nos processos de fabricação.

Com isso, esta pesquisa propõe a aplicação das etapas D (Definir), M (Medir) e A (Analisar) da metodologia DMAIC como uma importante ferramenta para a solução dos problemas, para descobrir sua causa raiz, pois a metodologia segundo Mast e Lokkerbol (2012) tem o objetivo de reduzir as variações nos processos de fabricação. E de acordo com Santos (2006), Carvalho e Paladini (2005) tem a finalidade de realizar a melhoria do processo, com etapas direcionadas para a solução dos problemas, com a utilização de diversas ferramentas da qualidade nas fases do DMAIC, contribuindo assim para estruturar uma metodologia sistemática e disciplinada, capaz de promover a redução da taxa de defeitos e falhas nos produtos, serviços e processos nas indústrias.

Diante dessa situação, um mercado competitivo e aquecido, surge à necessidade do desenvolvimento de um modelo para análise do alto índice de

segunda qualidade de placas de MDF revestidas, para a indústria em estudo poder maximizar seus lucros, assim podendo ser mais competitiva. Para a análise foi aplicado parte da metodologia DMAIC, para identificar a causa raiz do maior defeito de segunda qualidade de placas de MDF revestidas. O painel de MDF de segunda qualidade na empresa pode ser definido como mostra a seguir:

- Painel MDF de segunda qualidade revestido em uma face do painel: face revestida do painel de MDF com algum tipo de defeito visual de até 10% da área do painel;

- Painel MDF de segunda qualidade revestido em duas faces do painel: uma face do painel sem nenhum tipo defeito visual e a outra face do painel com um defeito visual de até 10% da área do painel.

Em torno dessa temática pode-se chegar a uma problemática da qual pode ser exposta a partir do seguinte questionamento:

Quais as melhorias podem ser encontradas para reduzir o alto índice de segunda qualidade de placas de MDF revestidas na linha de revestimento de painel de MDF em uma empresa de Santa Catarina?

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Propor ações de melhoria para reduzir o alto índice de segunda qualidade de placas MDF revestidas na linha de revestimento de painel MDF, em uma empresa de Santa Catarina.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar as principais ferramentas da qualidade que compõem as fases da D (Definir), M (Medir) e A (Analisar) da metodologia DMAIC para a melhoria da qualidade;

- Identificar os defeitos prioritários gerados na linha de revestimento de painel de MDF;
- Levantar as principais causas dos defeitos principais identificados na linha de revestimentos de MDF.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

Black (1998), afirma que o segredo do sucesso de uma indústria, consiste em montar uma empresa que consiga entregar aos seus clientes produtos de primeira qualidade, aliado ao menor custo e dentro dos prazos estabelecidos.

Diante desta afirmação Campos (1992) e Pontel e Miguel (1999) comentam que se a qualidade for melhorada no processo, eliminando-se as causas fundamentais dos defeitos, será possível obter qualidade superior e custos menores, assim tornando a indústria competitiva frente à concorrência.

Em referência aos autores acima e fazendo uma análise na indústria em estudo, constata-se que estão altos os índices de segunda qualidade de placas de MDF revestidas, geradas na linha de revestimento do painel de MDF, no qual nos últimos meses vem se apresentando índices cada vez maiores, gerando altos custos para a indústria, principalmente que as placas de segunda qualidade geradas no processo, as matérias primas utilizadas são para produzir placas de primeira qualidade, ou seja, que poderiam ser materiais de primeira qualidade e no processo acabam virando segunda qualidade, com isso gerando menores lucros para a empresa, faz-se necessário propor ações de melhorias para reduzir estes altos índices de segunda qualidade.

Uma vez analisando um estudo elaborado pelo BNDES, onde aponta que o setor de painéis MDF brasileiro apresenta grande dinamismo, reflexo da evidente competitividade do setor florestal brasileiro e da qualidade e da ampla aceitação do produto no mercado nacional. Tal contexto faz com que as indústrias de painéis MDF tenham que ser rápidas e eficazes para a resposta dos problemas que venham surgir na indústria BNDS SETORIAL (2010). A partir disso é necessário as indústrias de MDF se destacarem uma das outras com implantações de métodos de melhoria

continua para poder se manter vivas no mercado competitivo, assim possibilitando seu crescimento frente a concorrência (NUNES, 2008).

Diante dessa situação, um mercado competitivo e aquecido, surge à necessidade do desenvolvimento de um modelo para análise do alto índice de segunda qualidade de placas de MDF revestidas, para a indústria em estudo poder maximizar seus lucros, assim podendo ser mais competitiva. Para a análise foi aplicado parte da metodologia DMAIC, para identificar a causa raiz do maior defeito de segunda qualidade de placas de MDF revestidas.

Portanto este trabalho tem o intuito de identificar através da metodologia DMAIC, a causa raiz para o alto índice de segunda qualidade do processo, assim propondo ações de melhoria para a correção do problema.

#### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta monografia encontra-se dividida em cinco capítulos. O primeiro capítulo, apresenta a contextualização do tema, trazendo o problema do estudo, os objetivos e a justificativa.

O capítulo 2, trata da fundamentação teórica do trabalho, abordando sobre conceitos de qualidade, as etapas D (Definir), M (Medir) e A (Analisar) da metodologia DMAIC, e as ferramentas da qualidade empregadas no estudo.

No capítulo 3 esta a metodologia empregado neste estudo. Enquanto que os resultados e discussão encontram-se no capítulo 4.

Por fim no capítulo 5 são relatadas as conclusões deste trabalho, bem como as sugestões para futuros trabalhos.



## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 QUALIDADE

#### 2.1.1 Histórico

A qualidade sempre esteve presente na vida do homem, ao longo da história o homem sempre buscou o que mais se adequasse as suas necessidades, quaisquer ordem que fosse material, intelectual, social ou espiritual. As relações cliente-fornecedor sempre se manifestaram dentro das famílias, amigos, organizações de trabalho, escolas e na sociedade como um todo (COSTA, 2012).

No final do segundo milênio manifestaram-se a busca da Qualidade Total nas empresas como um fator de sobrevivência e competitividade. Hoje, nas primeiras décadas do 3º milênio, para melhor compreender a evolução do conceito de Qualidade é importante investigar “de onde viemos”, com o intuito para compreender “onde estamos”, para podermos saber “para onde estamos indo” no caminho da evolução da Qualidade no mundo (COSTA, 2012).

Neste sentido, o conceito de Qualidade mudou muito ao longo do século XX, porque primeiramente a qualidade era apenas praticada como uma forma de conferir o trabalho dos artesãos. Nos dias atuais, a qualidade é motivada pela intensa fartura de produtos nos mercados, a crescente competitividade entre as empresas e pela globalização econômica, esse conceito evoluiu e se tornou uma exigência dos clientes e não mais uma oferta dos fabricantes (ROTH, 2011).

Com isso pode-se perceber que o histórico da qualidade demonstra que diferentes enfoques foram adotados ao longo do tempo, tornando-se questão primordial no sucesso das empresas, o seu perfeito entendimento, devido ao acirramento da competitividade em virtude da globalização da economia.

Entretanto, em termos atuais, para melhor entender o processo evolutivo da qualidade ao longo do tempo, pode-se dividir segundo Garvin (1992) em quatro estágios, os quais são denominados eras da qualidade, sendo a era da inspeção, era do controle estatístico, era da garantia da qualidade e a era da gestão estratégica da qualidade.

Abaixo se encontra o conceito de cada era segundo Garvin (1992).

A era da inspeção refere-se ao período em que a gestão da qualidade se limitava a inspeção dos produtos acabados, ou seja, os consumidores inspecionavam os bens e serviços que recebiam em uma relação de troca. Tratando-se de um enfoque meramente corretivo de inspeção do produto acabado, não produzindo assim qualidade, somente contando com o propósito de separar as unidades não conformes. De modo geral, as práticas adotadas não são baseadas em métodos científicos, apenas encontrando produtos defeituosos na razão direta da inspeção.

A era do controle estatístico da qualidade surgiu com o aparecimento da produção em massa, correspondente a era do desenvolvimento das ferramentas estatísticas de amostragem e do controle estatístico do processo orientado para o controle da qualidade no processo. O controle do processo tem como caráter a prevenção centrada no acompanhamento e controle das variáveis do processo que podem influenciar na qualidade final do produto. Sistemas da qualidade foram elaborados, esquematizados, melhorados e implantados desde a década de 30 nos Estados Unidos e, um pouco mais tarde (década de 40), no Japão e em vários outros países do mundo. Foi responsável por um grande salto nos padrões de qualidade na indústria e pela ascensão do controle da qualidade ao nível de disciplina científica.

Na era da garantia da qualidade, a gestão da qualidade, uma disciplina restrita ao processo fabril, assume um papel mais relevante no gerenciamento da empresa. Deixa de ser apenas a aplicação de técnicas estatísticas para a prevenção e o controle da qualidade, assumindo o papel de assegurar a qualidade em todos os setores e atividades da empresa por meio de sistemas de qualidade. Tais sistemas de garantia da qualidade eram atrelados a um caráter relativamente mais amplo e preventivo, que procura, por meio de um gerenciamento sistêmico, garantir a qualidade em todas as etapas do ciclo do produto.

Na era da gestão estratégica da qualidade, as empresas coordenam a qualidade de forma dinâmica e criativa como uma forma de vantagem competitiva, utilizando-se de um processo de planejamento estratégico para a qualidade e de uma gama de ações (programas, treinamento, grupos de melhoria, ferramentas de análise e melhoria de processos, qualidade no desenvolvimento do produto entre outros), para alcançar o objetivo de satisfação total do cliente, ou seja, essa é a fase de evolução na qual a gestão da qualidade se encontraria atualmente, a qualidade

passando a atuar como uma visão estratégica. Portanto essa era se objetiva através da gestão da qualidade total, que se refere a uma visão de como gerenciar globalmente os negócios com uma visão orientada para a total satisfação do cliente e a melhoria continua. É sustentada por princípios, ferramentas e metodologias que apoiam a melhoria continua dos produtos e processos.

A partir dessas eras da qualidade é possível perceber que o conceito de qualidade mudou muito com o passar do tempo, provocando mudanças relevantes em sua forma de gestão. Neste processo a qualidade deixa de ser vista como um problema a ser resolvido e passar a ser visualizada como uma oportunidade de vantagem competitiva frente à concorrência, passando a atuar com uma visão estratégica. (GARVIN, 2002; PALADINI, 2008).

Os conceitos a respeito da qualidade ampliaram mediante a contribuição de muitos teóricos, nos quais alguns merecem destaque devido a influência que exerceram no desenvolvimento do campo da qualidade, por isso, foram nomeados como Gurus da qualidade. Como cita Carvalho e Paladini (2005), os mais mencionados na literatura acadêmica e profissional foram Walter A. Shewhart, W. Edwards Deming, Joseph M. Juran, Armand Feigenbaum, Philip B. Crosby, Kaoru Ishikawa, Genichi Taguchi e David A. Garvin. As contribuições de cada Guru, foram fundamentais para o desenvolvimento da área da qualidade, no entanto, muitas de suas abordagens fundamentam as diferentes definições e formas de coordenar a qualidade concebidas e aplicadas por muitas empresas atualmente.

### 2.1.2 Definição

Como é possível notar a partir do histórico da qualidade que o significado da palavra qualidade nem sempre apresenta uma definição clara e objetiva, possuindo conceitos subjetivos, estando sempre atrelada a percepção individual das pessoas e influenciado por fatores culturais, modelos mentais e necessidades e expectativas pessoais (ROTH, 2011).

Como aborda o mesmo autor, que embora o conceito de qualidade sempre esteja ligado a excelência de um produto ou serviço, a qualidade de um produto pode ser visto de duas maneiras: a do produtor e a do cliente. Do ponto de vista da produção, a qualidade está ligada a geração e produção de um produto, sempre

buscando atender as necessidades do cliente, e do ponto de vista do cliente a qualidade esta relacionada ao valor e a utilidade que ele reconhece no produto.

Para Juran (1974) a qualidade tem como característica ser definida como qualquer propriedade ou característica de produtos, materiais ou processos, necessária para se conseguir a adequação ao uso. Tais características podem ser de ordem tecnológica, psicológica, temporal, contratual ou ética.

Para Crosby a qualidade é definida como conformidade a requisitos, ou seja, a qualidade é obtida por meio da prevenção, e não da inspeção. Sua visão era de que o objetivo da qualidade deveria ser zero defeito e de fazer certo da primeira vez, nos quais não existam níveis aceitáveis de erros (LONGO, 2013).

Para Feigenbaum, define a qualidade como sendo a união das características de marketing, engenharia, fabricação e manutenção de um produto ou serviço, das quais o mesmo produto ou serviço estará atrelado a atender as expectativas do consumidor (LONGO, 2013). Para ele, a qualidade precisava estar anexada ao produto desde a sua concepção, a partir dos desejos e interesses do cliente. Com essa nova ideia, a qualidade deixava de ser uma características apenas do produto ou serviço e passa a envolver a empresa como um todo (BEZERRA, 2017).

Ishikawa (1985) define a qualidade como sendo o desenvolvimento, produção e serviço de um produto, da forma mais econômica, útil e satisfatória para o consumidor. Acreditava que a qualidade era atingida quando todos os colaboradores da empresa encontrassem envolvidos com a qualidade. Sua abordagem envolvia mais a mobilização e comprometimento por parte dos funcionários (BEZERRA, 2017).

Deming (1982) por sua vez comenta que a qualidade seria representada pela melhoria continua de produtos e processos, sempre visando a satisfação dos clientes.

### 2.1.3 Metodologias da Qualidade

Para Carpinetti (2010) define melhoria contínua como sendo uma abordagem para a melhoria caracterizada por um processo por uma contínua

evolução, um processo periódico e frequente, caracterizados por passos incrementais.

Dentre os quais podemos destacar que existem diversas metodologias de melhoria contínua, sendo o ciclo PDCA (*Plan, Do, Check e Action*), MASP (*Method of Analysis for Solving Problem*), o método 8D (oito disciplinas), a metodologia DMAIC dentre outras metodologias.

Segundo Carpinetti (2010), o método mais genérico de processo de melhoria contínua é o ciclo PDCA, com as iniciais das palavras em inglês sendo *Plan, Do, Check e Action*. Campos (1992) aborda que o ciclo envolve as seguintes etapas, planejamento (P), estabelecer metas, os itens de controle e os métodos para atingir a meta proposta, Execução (D) executar as atividades previstas e coleta de dados, Verificação (C), comparação dos resultados atingidos com os resultados propostos na etapa do planejamento e por último a Ação corretiva (A), atuação nos desvios detectados visando fazer correções definitivas.

O MASP (Method of Analysis for Solving Problem) segundo Carpinetti (2010) e Werkema (2004), seria uma versão mais detalhada da metodologia PDCA, pois esta metodologia se fundamenta na obtenção de ocorrências que justifiquem ou comprovem teorias ou hipóteses antecipadamente levantadas, fundamentado no raciocínio lógico e natural.

A metodologia 8D (oito disciplinas) segundo Gonzáles e Miguel (1998) é uma ferramenta de melhoria da qualidade de produtos e processos, onde é utilizada para a resolução de não conformidades, ordenando o pensamento e facilitando a análise e solução de um problema.

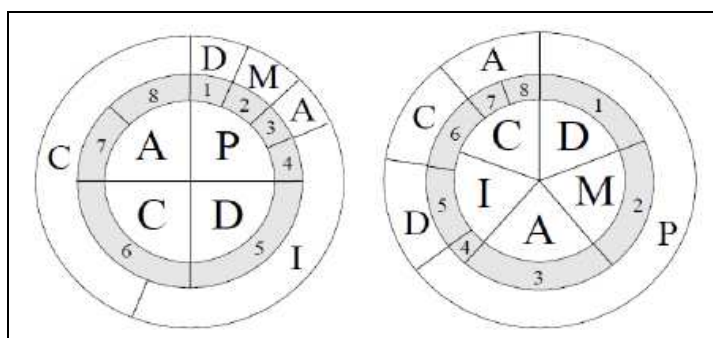
Por fim temos a metodologia DMAIC que segundo Werkema (2004), o DMAIC é composto por cinco etapas Define (Definir), *Measure* (Medir), *Analyse* (Analisar), *Improve* (Melhorar) e *Control* (Controlar). Para o nosso estudo foi adotado a metodologia DMAIC por esta metodologia dar grande ênfase ao planejamento antes da execução de qualquer ação no processo e ser estruturado em um roteiro detalhado para a realização das atividades do método, o que gera análises com profundidade adequada.

## 2.2 METODOLOGIA DMAIC

A metodologia DMAIC é uma abreviação das palavras em inglês *Define* (Definir), *Measure* (Medir), *Analyse* (Analisar), *Improve* (Melhorar) e *Control* (Controlar). Alguns autores também relacionam a palavra *Improve* como *Implementar*, ou seja, colocar em prática as ações planejadas para eliminar as causas do efeito do problema. A ferramenta DMAIC também está fundamentada no já conhecido e difundido ciclo PDCA (ROTONDARO, 2002; AGUIAR, 2001).

A imagem abaixo (Figura 1) mostra a correlação entre as ferramentas DMAIC e o PDCA, exemplificando as interações entre elas. O DMAIC é usado para melhorar um processo existente (RATH e SHUKLA, 2004).

**Figura 1 - Exemplificação entre o ciclo PDCA e a ferramenta DMAIC**



Fonte: Adaptado de Werkema (2012)

A metodologia DMAIC surgiu com o objetivo de reduzir as variações, nos processos de fabricação. A ferramenta apresenta aplicações similares aos seus antecessores na resolução de problemas de fabricação, tal como o PDCA citado acima (MAST; LOKKERBOL, 2012).

O DMAIC tem como finalidade realizar a melhoria do processo, mediante a seleção correta dos projetos, com as etapas direcionadas para a solução de problemas, ordenado de forma cíclica e contínua, assim contribuindo no processo de melhoria. A utilização de diversas ferramentas da qualidade nas fases do DMAIC contribui para estruturar uma metodologia sistemática e disciplinada, capaz de promover a redução da taxa de defeitos e falhas nos produtos, serviços, processos nas empresas (SANTOS, 2006; CARVALHO; PALADINI, 2005).

A Figura 2 demonstra as etapas do DMAIC, seus objetivos e exemplos das ferramentas da qualidade que podem ser empregadas em cada etapa.

**Figura 2 - Etapas do DMAIC - ação, objetivos e ferramentas da qualidade**

Etapa	Ação	Objetivos	Ferramentas
<b>Define (Definir)</b>	Descrever o problema e avaliar seu impacto sobre os clientes, estratégia e resultados financeiros da empresa; Selecionar projetos que serão utilizados na busca de solução dos problemas; Definir as metas que devem ser alcançadas.	Definir o escopo do projeto: importância, equipe, cronograma...	Termo de Abertura ( <i>Project Charter</i> ); Gráficos de Controle; Análise de séries temporais; VOC (Voz do Cliente); Análises econômicas.
<b>Measure (Medir)</b>	Definir quais as características do projeto que deverão ser monitoradas, de que forma os dados serão obtidos e registrados e quais as especificações do projeto.	Determinar o foco do problema, verificar a confiabilidade dos dados e coletar dados.	Coleta de Dados; Estratificação; Amostragem; Folha de verificação; Diagrama de Pareto; Histograma; Índice de capacidade.
<b>Analyze (Analisar)</b>	Analisar os dados e os processos envolvidos; Determinar as causas que contribuem para o baixo desempenho do processo.	Analisar o processo para determinar as causas potenciais do problema.	Fluxograma; Mapa do processo/produto; FMEA ( <i>Failure Mode and Effects Analysis</i> ); <i>Brainstorming</i> ; Diagrama de Causa e Efeito; Planejamento de Experimentos.
<b>Improve (Aperfeiçoar)</b>	Gerar ideias a respeito das soluções potenciais para a eliminação das causas dos problemas detectados na etapa anterior. Testar estas soluções a fim de verificar se a solução escolhida pode ser implementada em larga escala.	Identificar e avaliar as soluções prioritárias e aperfeiçoá-las.	<i>Brainstorming</i> ; Diagrama de Causa e Efeito; FMEA; Teste de mercado; <i>Stakeholder Analysis</i> ; Simulação; SW2H; PERT ( <i>Program Evaluation and Review</i> ) / CPM ( <i>Critical Path Method</i> ).
<b>Control (Controlar)</b>	Aplicar a solução da quarta etapa em larga escala e controlar o desempenho do processo ao longo do tempo; Padronizar as alterações realizadas no processo com a adoção das soluções; Definir um plano de ações corretivas caso surjam problemas no processo.	Garantir que o alcance da meta seja mantido a longo prazo e padronizar as alterações.	Cartas de controle; Histograma; Índice de capacidade; Manuais; Procedimento padrão; Relatório de Anomalias; Reuniões.

Fonte: Adaptado de Werkema (2004)

Por fim Matos (2003) comenta que a abordagem passo-a-passo, definida através de etapas, a caracterização do problema e o entendimento das características críticas para a qualidade, são os principais fatores para o sucesso da metodologia DMAIC. Nos tópicos a seguir, serão detalhadas as etapas da ferramenta DMAIC.

### 2.2.1 D - Definir

A etapa D Definir (*Define*) consiste em estabelecer claramente qual o efeito indesejável, o problema, de um processo que deva ser eliminado ou melhorado

(ROTONDARO, 2002). Como complementa Carvalho e Paladini (2005), devem-se identificar os processos críticos nos quais são os responsáveis pela geração dos maus resultados, tais como reclamações de clientes, altos custos de mão de obra, baixa qualidade de suprimentos, erros de forma em geral entre outros.

Werkema (2013) ainda completa dizendo que para a real formulação do problema, a sua estruturação, recomenda-se nesta etapa a criação da Carta de Projeto (Project Charter), documento formal que permite a realização de um estudo racional para o projeto.

Segundo Lin et al. (2013) na carta tem que constar as informações sobre o núcleo que envolverá esclarecimentos sobre os resultados que estão sendo procurados, confirmando valor ao negocio, estabelecendo limites e recursos, comunicando as metas e os planos, identificando os clientes e suas necessidades.

Nesta carta é importante constar as informações sobre o núcleo que envolverá esclarecimentos sobre os resultados que estão sendo procurados, confirmando valor ao negócio, estabelecendo limites e recursos, comunicando metas e planos, e identificando os clientes e suas necessidades (LIN et al., 2013).

#### 2.2.2M - Medir

Na etapa M Medir (*Measure*) é determinado o foco do problema. De acordo com Moreira et al. (2004), afirma que o objetivo dessa fase é desdobrar o problema em problemas menores, caso ainda não esteja, de forma a se identificar, o foco dos problemas críticos a serem atacados.

De acordo com Werkema (2013) e Matos (2003) comentam que para esta etapa ainda deve acontecer a apuração e a focalização do problema, desenvolvendo um levantamento dos dados históricos e análise do sistema de medição das variáveis de saída. Uma coleta de dados nesta etapa é essencial para determinar e quantificar o problema e/ou a oportunidade, sempre mantendo como foco a definição de prioridades e a tomada de decisões sobre os critérios que são necessários (LIN et al., 2013).

Para a obtenção dos dados que serão utilizados na análise, deve-se decidir pela utilização dos dados já fornecidos pela empresa ou pela realização de uma



nova coleta de dados, uma vez que não for constatado a confiabilidade dos dados já existentes (AGUIAR, 2001).

Uma vez a coleta de dados validados, o problema deve ser aberto em problemas de menor complexidade para fazer a priorização daqueles que serão solucionados onde suas variações serão analisadas (MADRUGA, 2014).

### 2.2.3A - Analisar

A etapa A Analisar (*Analyze*) é realizada a identificação das variáveis que afetam o processo, sendo necessário encontrar as causas do problema para poder se aprofundar nos detalhes, com isso identificando as atividades críticas dos problemas (LIN et al., 2013).

Werkema, (2004) ainda complementa citando que nesta etapa é focada ao entendimento da ocorrência do problema prioritário, ou seja, a evidenciação de suas causas fundamentais e sua quantificação. Segundo Rotondaro (2008), a análise dos dados coletados anteriormente é feita nesta etapa utilizando-se de ferramentas da qualidade. As causas evidentes e não evidentes que influenciam no resultado do processo devem ser determinadas e devem ser descobertas as fontes de variações nos processos.

Terminada esta etapa, pode se dar início para a identificação das prováveis causas dos problemas. No qual o levantamento das causas pode ser realizado através das ferramentas da qualidade como Brainstorming e os resultados podem ser dispostos em um Diagrama de Ishikawa, Diagrama de afinidade ou diagrama de relações, com o intuito de permitir melhor visualização e entendimento (POL, 2011).

Para Aguiar (2001) as potenciais causas do problema prioritário identificadas, devem ser priorizadas e posteriormente, realizada a coleta de dados para a verificação das causas que contribuem realmente para o problema, pois o tratamento de um número menor de causas é mais fácil de resolver e pode levar ao alcance de todas as metas específicas. Por fim, a relação entre as causas identificadas e as características de interesse no problema é medida, de forma a priorizar as causas com maior grau de influência sobre a ocorrência do problema.

## 2.3 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

Para a metodologia DMAIC serão utilizadas varias ferramentas da qualidade. Tais ferramentas são de extrema importância para auxiliar na formulação da busca das causas raízes dos problemas, planos de ação, além de monitorar todas as etapas fornecendo uma rastreabilidade do processo (WERKEMA, 2004).

Segundo Carpinetti (2010) existem sete ferramentas da qualidade, sendo Estratificação, Folha de verificação, Gráfico de Pareto, Diagrama de causa e efeito, Histograma, Diagrama de dispersão e Gráfico de controle.

Além das sete ferramentas da qualidade existem as sete ferramentas gerenciais sendo Diagrama de relações, Diagrama de afinidades, Diagrama em árvore, Matriz de priorização, Matriz de relações, Diagrama de processo decisório e Diagrama de atividades (CARPINETTI, 2010).

Nesse âmbito, para o desenvolvimento da metodologia DMAIC para este trabalho se limitará a utilizar as ferramentas descritas nos tópicos a seguintes. Tais ferramentas são de extrema importância para auxiliar na formulação da busca das causas raízes dos problemas, planos de ação, além de monitorar todas as etapas fornecendo uma rastreabilidade do processo (WERKEMA, 2004).

### 2.3.1 Gráfico de Pareto

O principio de Pareto surgiu no ano de 1950, foi desenvolvido pelo Joseph Juran. Juran famoso consultor de negócios, utilizou o fundamento de interação entre massas e elite, também conhecido como “Teorias das Elites”, criado pelo sociólogo e economista italiano Vilfredo Pareto (CARPINETTI, 2010).

Vilfredo Pareto estudou a distribuição da riqueza dentro da sociedade onde constatou que 20% da população era detentora de 80% da riqueza social, parte do principio que geralmente 20% das causas são responsáveis pela maioria dos problemas geralmente 80%, por exemplo, em muitos casos a grande parte das perdas sentidas é devida a um pequeno número de defeitos, ou seja, o restante dos defeitos não representam um grande perigo (ARIOLI, 1998; VASCONCELOS, 2009).

O diagrama de Pareto é composto por um gráfico de barras verticais que ordenam as frequências das ocorrências em ordem decrescente, onde as

informações e localização de problemas são evidentes e visualizadas de forma clara. As informações contidas no diagrama de Pareto permitem determinar e estabelecer metas numéricas possíveis de serem atingidas, tendo como principal finalidade identificar os problemas e separar os problemas de maior importância dos de menor importância, possibilitando o maior aprofundamento e maior esforço sobre os maiores problemas para a busca de melhorias (WERKEMA, 1995; BALLESTERO-ALVAREZ, 2010).

Segundo Carpinetti (2010) o Princípio de Pareto comprova também que encontradas todas as razões do problema, realmente algumas poucas são as grandes responsáveis pelos efeitos indesejáveis do problema, portanto se identificadas às poucas causas dos poucos problemas enfrentados pela empresa, será possível eliminar quase todas as perdas por meio de um pequeno número de ações.

Através do Gráfico de Pareto será possível encontrar o número de não conformidades do processo e também o percentual acumulado destas não conformidades, assim ficando fácil definir os problemas a serem resolvidos prioritariamente.

### 2.3.2 Diagrama de Ishikawa

Em 1943, Kaoru Ishikawa criou o diagrama de causa e efeito, depois nomeado de diagrama de Ishikawa, o diagrama era utilizado nas indústrias para verificar a dispersão na qualidade dos produtos e processos. Juran em 1962 batizou este diagrama com o nome de diagrama de espinha de peixe, devido ao seu formato característico a uma espinha de um peixe. Tal ferramenta é voltada a identificação e análise das potenciais causas de variação do processo ou da ocorrência de um fenômeno, e como as causas se correlacionam entre si, também é muito utilizada para análise de problemas organizacionais. (ISHIKAWA, 1993; WILLIAMS, 1995).

Segundo Ballestro e Alvarez (2010) comentam que este diagrama é utilizado para mostrar a relação entre causas e efeitos de um determinado problema a ser analisado, onde serão analisados os seguintes efeitos: método, matéria-prima, mão de obra, máquina, medida e meio ambiente. Tal método permite construir

organizadamente as causa de um determinado problema, suas causas e efeitos sobre o processo e a qualidade dos produtos. (BALLESTERO-ALVAREZ, 2010).

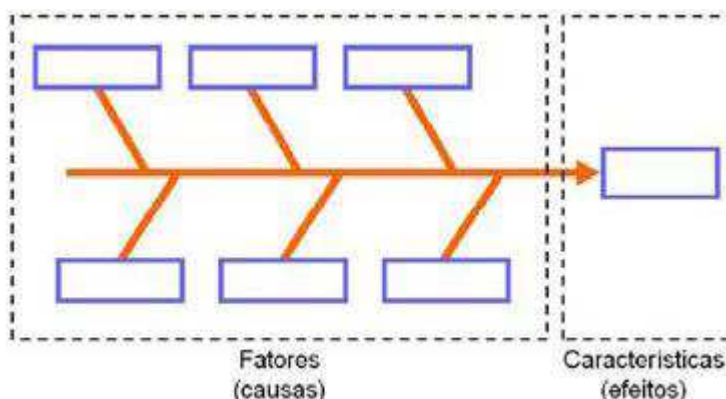
De acordo com Rodrigues (2010) também aborda que o diagrama de Ishikawa busca estabelecer a coexistência entre o efeito e todas as causas de um processo. Os efeitos possuem diferentes categorias de causas, e que podem ter subcausas possíveis.

As categorias de causas são chamadas de processos. Entretanto, o processo não se refere apenas ao processo de fabricação e sim a todo o entorno do processo, como exemplo: colaboradores, vendas, administração, política, governo, entre outros. O “processo é um conjunto de fatores de causa, precisa ser controlado para que se obtenham bons produtos e efeitos”. Estes fatores de causas importantes devem ser levantados com pessoas que estão diretamente ligadas com este processo em comum (ISHIKAWA, 1993).

Colenghi (2007) aponta como deve ser elaborado o diagrama, para a investigação de um problema. O diagrama inicia-se pela definição do problema a ser analisado e em seguida apontar às causas que geram o problema. Na sequência as causas são determinadas e repassadas para o diagrama. Nessa fase, é utilizado a técnica das perguntas, podendo ser utilizada quantas vezes forem necessárias, até chegar a causa raiz do problema que impede o bom desenvolvimento das outras atividades.

A imagem abaixo (Figura 3) demonstra um exemplo de um Diagrama de Ishikawa:

**Figura 3 - Diagrama de Ishikawa ou de causa e efeito**



**Fonte: Trivellato (2010)**

Portanto esta ferramenta tem como característica ser um instrumento para se aplicar no controle da qualidade, podendo ser aplicada em diversas atividades, de modo a contribuir na identificação das causas do problema, observando uma possível existência dos gargalos na organização, onde aplicada esta ferramenta da análise da espinha de peixe (ISHIKAWA, 1993).

### 2.3.3 Fluxograma

O fluxograma é uma ferramenta utilizada para demonstrar um processo de uma maneira compacta e objetiva, tornando possível uma melhor compreensão do processo (BARNES, 1997). Paladini (1994), ainda completa dizendo que o fluxograma é uma representação gráfica de um determinado processo ou fluxo de trabalho que utiliza figuras geométricas padronizadas que permite compreender de forma rápida e fácil a transição de informações entre os elementos que estão no processo.

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2002), a técnica utilizada no fluxograma também pode tornar claras as oportunidades de melhoramentos e esclarecer a mecânica interna ou a forma de trabalho de uma operação. Para Machado (2008) o fluxograma é uma das ferramentas mais utilizadas por quem deseja analisar ou refazer um processo de trabalho, por trazer vantagens que facilitam o desenvolvimento.

De acordo com Slack, Chambers e Johnston (2002), o fluxograma ajuda o gestor de projetos a dar uma compreensão detalhada das partes do processo em que algum tipo de fluxo ocorre. Oliveira (2006), ainda afirma que o fluxograma é uma técnica de baixo custo e de alto impacto, sendo possível analisar os fluxos de trabalho e identificar mais facilmente oportunidades de melhoria, uma vez que permite uma ampla visualização do processo.

### 2.3.4 Brainstorming

O Brainstorming foi criado por um publicitário americano, Alex Osborn em 1939. Também chamado de tempestade de ideias é uma reunião de pensamentos e ideias em que cada membro de um grupo de discussão expõe sem restrições as

suas ideias, assim obtendo diversas opiniões a partir da criatividade coletiva, na busca de solução sobre um problema (CAMPOS, 1992 E MIGUEL, 2006).

Ainda Werkema (1995) complementa que o objetivo do brainstorming é de auxiliar um determinado grupo de pessoas a produzir o máximo de ideias possíveis em um pequeno período de tempo. Magri (2009) completa que este método busca a diversidade de opiniões e lançar ideias livres e detalhá-las sem inibições.

Osborn (1957) descreve algumas regras básicas para as sessões do brainstorming, como descrito a seguir:

- As críticas são dispensáveis, pois o objetivo do brainstorming é obter o máximo de ideias possíveis;
- O pensamento nas sessões são livres, cada membro pode lançar qualquer ideia sobre o problema;
- É necessário grande quantidade de ideias, pois aumenta a possibilidade de ideias uteis;
- Buscar combinações e melhorias, para poder estimular a maior geração de ideias a partir de outras já presentes.

Para que o método do brainstorming seja eficiente é necessário que se tenha um líder para conduzir a reunião. A primeira fase é a definição do tema. O tempo de duração da sessão deve ser relativamente curto, para não fugir do foco a reunião. Os membros da dinâmica devem ser formados por uma equipe qualificada, criativa e motivada para que o tempo delimitado seja produtivo e bem aproveitado. No final as listas devem ser trocadas entre os integrantes da equipe para a discussão e seleção das melhores ideias, para no final poderem definir os passos seguintes e a aplicação outras técnicas de solução de problemas (STURARI, 2016).

### 2.3.5 Cinco Porquês

Segundo Ohno (1997) o método do cinco porquês tem o objetivo de ajudar a descobrir a causa raiz de um problema, para auxiliar no desenvolvimento de ações corretivas para a solução. Ao realizar cinco vezes a pergunta “Por quê?”, dando uma resposta para cada indagação, é possível encontrar a causa real do problema, muitas vezes ocultos por sintomas óbvios.

É uma técnica simples, porém uma ferramenta muito efetiva, na qual ajuda a entender as razões da ocorrência do problema, começando com a definição do problema e a pergunta inicial “porquê o problema aconteceu?” (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002).

Ainda Ternner (2008) comenta que o método dos cinco por quês é importante para a análise da causa raiz do problema, pois permite por meios de sucessivos questionamentos separar a causa do efeito, contribuindo para a construção de hipóteses plausíveis para a causa raiz do problema. A ferramenta dos cinco porquês prevê que a primeira pergunta, o primeiro dos porquês, deve ser questionado utilizando o próprio problema, e deve-se responder por que o problema está ocorrendo. O segundo por quê deve ser construindo utilizando a resposta do primeiro por quê. E assim sucessivamente até que tenha chegado a causa raiz do problema.

De acordo com Weiss (2011), embora chamada de metodologia dos cinco por quês, pode-se utilizar menos por quês, três, por exemplo, ou mais de cinco por quês, o que irá determinar a quantidade de por quês, será chegar ao questionamento em que se encontre a causa raiz do problema. Uma ferramenta de aparência fácil, mas pode ser difícil de ser praticada, porque requer disciplina lógica do moderador e da equipe para que as relações de causa e efeito sejam respeitadas na construção da análise. Caso estas relações se percam, a análise pode ficar sem sentido.

## 2.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CAPÍTULO

A revisão bibliográfica foi de grande importância para fornecer entendimento teórico dos conceitos que acercam a Qualidade, assim como a metodologia empregada neste estudo, a metodologia DMAIC.

A metodologia DMAIC, é uma metodologia focada na melhoria contínua, no qual auxiliam as organizações a encontrar a solução dos problemas. Esta estruturada em cinco etapas D (*Define*), M (*Measure*), A (*Analysis*), I (*Improve*) e C (*Control*). Para o estudo foram empregadas as três primeiras etapas para ter uma melhor análise do problema.

Os conceitos das sete ferramentas da qualidade e das sete ferramentas gerenciais foram necessários para poder desenvolver as etapas D (*Define*), M (*Measure*) e A (*Analysis*).

O foco do estudo é a utilização da metodologia DMAIC, em que nos tópicos seguintes encontra-se um estudo de caso sobre a aplicação das etapas D (*Define*), M (*Measure*) e A (*Analysis*) da metodologia DMAIC, como a utilização das ferramentas da qualidade para a resolução dos problemas e melhoria contínua.



### 3 METODOLOGIA

Este capítulo tem por objetivo apresentar a metodologia empregada nesta pesquisa, que é uma proposta de aplicação das etapas D, M e A da metodologia DMAIC, para a redução de defeitos da produção, conforme foi apresentado no Capítulo 1 deste trabalho.

Para a elaboração deste estudo serão utilizados os seguintes tipos de pesquisa:

Quanto à natureza, segundo Silva e Menezes (2005) esta pesquisa se refere a pesquisa aplicada, pois tem como objetivo gerar conhecimentos para aplicações práticas.

Com relação à forma de abordagem do problema, ainda segundo o mesmo autor, será utilizada a pesquisa qualitativa, pois para a interpretação dos fenômenos não serão utilizadas métodos e técnicas estatísticas.

Tratando-se dos objetivos, será realizada uma pesquisa exploratória, pois segundo Gil (2002), tem o objetivo de proporcionar maior familiaridade com o problema, através de em um levantamento bibliográfico para aprofundar os temas abordados na pesquisa.

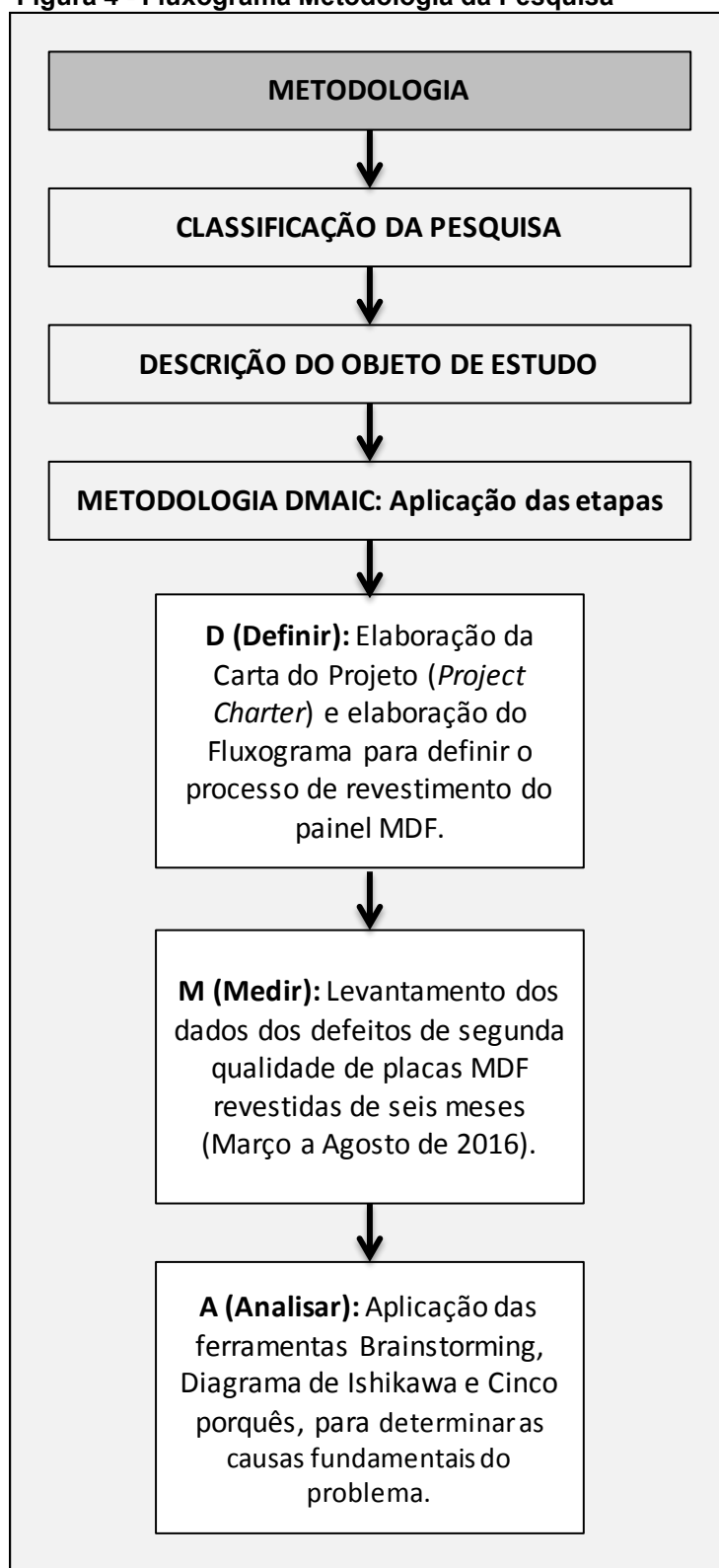
E, por fim, quanto aos procedimentos técnicos, será realizado um estudo de caso, pois segundo o mesmo autor, para se obter amplo e detalhado conhecimento do problema que esta sendo estudado.

#### 3.1 DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA DA PESQUISA

Neste item apresentará a metodologia da pesquisa, com o objetivo de descrever os procedimentos realizados para o desenvolvimento desta pesquisa.

Com intuito de fornecer uma visão geral da metodologia deste estudo, a Figura 4 ilustra um fluxograma dos passos delineados nesta monografia.

Figura 4 - Fluxograma Metodologia da Pesquisa



Fonte: Autoria própria

A pesquisa iniciará com a definição do tema a ser tratado, tendo como base o maior problema enfrentado pela organização, uma pesquisa voltada para diminuir

o alto índice de placas de segunda qualidade revestidas, geradas no processo produtivo. Em seguida, será realizada uma revisão bibliográfica, com o levantamento das publicações existentes para se encontrar uma metodologia adequada para o problema em estudo.

Concluído o levantamento, será realizada a coleta de dados na indústria, onde se utilizarão as planilhas da produção como fonte de dados para a obtenção dos valores (valores confiáveis devidos os valores serem checados pelo supervisor da qualidade).

Por fim, os dados coletados serão tratados, por meio da aplicação das etapas D, M e A da metodologia DMAIC, visando à obtenção de conclusões a respeito do problema estudado.

### 3.2 DESCRIÇÃO DO OBJETO DO ESTUDO

O estudo de caso será consolidado em uma indústria de painéis de MDF (*Medium density fiberboard*), uma indústria de médio porte, em termos de classificação segundo o número de funcionários, localizado ao sul do Brasil, no estado de Santa Catarina. A empresa atua no mercado madeireiro desde 1998, na produção de painel laminado compensado, e a partir de 2008 na produção de painel de MDF.

Os produtos fabricados e comercializados pela indústria em Santa Catarina são painel de MDF cru e painel de MDF revestido, produtos destinados ao mercado moveleiro, onde são comercializados em todo o Brasil e no mercado externo.

A indústria conta com mais de 300 funcionários em seu quadro de colaboradores. E conta com uma capacidade de produção de até 15.000 m<sup>3</sup> de painel MDF. Para esta pesquisa serão envolvidos oito funcionários num período de cinco meses.

### 3.3 METODOLOGIA DMAIC

O objetivo deste item é apresentar a estrutura e as ferramentas empregadas na metodologia DMAIC, definida anteriormente. Onde serão abordadas as etapas D (Definir), M (medir) e A (Analisar), com o objetivo de encontrar as causas principais do problema a ser estudado.

Para a elaboração deste estudo foi formado uma equipe contendo oito colaboradores do processo produtivo, sendo a equipe formada pelos seguintes integrantes:

- Mentor do projeto: Coordenador de melhoria continua;
- Líder do projeto: Supervisor do setor de Acabamento;
- Membro 1: Engenheiro Trainee;
- Membro 2: Operador da linha de revestimento;
- Membro 3: Classificador dos painéis MDF revestidos;
- Membro 4: Supervisor da Qualidade;
- Membro 5: Mecânico;
- Membro 6: Eletricista.

Os encontros do grupo eram realizados semanalmente, com carga horaria de duas horas por semana, onde todo o grupo era reunido para o caso a ser estudado.

Para a coleta dos dados, elaboração dos gráficos e diagramas, o estudo utilizou um roteiro de redução de defeitos elaborado a partir de um software de planilha eletrônica.

A seguir estão expostas as etapas do roteiro assim como as ferramentas utilizadas em cada etapa para o desenvolvimento do projeto.

#### 3.3.1 D - Definir

Na primeira etapa do DMAIC, etapa D (Definir) segundo Werkema (2013) consiste em definir a meta e o escopo do projeto, onde deverão ser claramente expostos e definidos, com base nas ferramentas Carta de Projeto (*Project Charter*) e Fluxograma.

A Carta de Projeto é um documento formal que permite a realização de um estudo racional para o projeto, onde devem conter as seguintes informações, descrição do problema, meta e o prazo do projeto (WERKEMA, 2013). A Carta foi elaborada pelo mentor do projeto, juntamente com a diretoria da indústria, onde definiram os valores de metas e prazos, de acordo com os retornos financeiros que o projeto proporcionará.

O Fluxograma nesta etapa tem o objetivo de definir o principal processo envolvido no projeto, e conseqüentemente facilitar a visualização do escopo do trabalho. Nos primeiros encontros semanais o fluxograma foi elaborado com o auxílio de todo o grupo, para definir com precisão o processo da linha de revestimento de painel MDF. Com o auxílio do roteiro os dados foram expostos no formato de fluxograma.

### 3.3.2M - Medir

Na segunda etapa do DMAIC, M (Medir), os dados foram levantados através da base de dados das planilhas da produção, dos períodos de março a setembro de 2016, nos quais os integrantes membro 1 (Engenheiro Trainee) e membro 4 (Supervisor da qualidade) fizeram o levantamento e coleta dos dados. Com os dados levantados, foram alimentados no software de planilha eletrônica onde foi utilizado a ferramenta da qualidade, Gráfico de Pareto, para poder elaborar o gráfico e estratificar os defeitos de placas de MDF revestidas, assim focalizando problema do estudo.

Para isso foram levantados os dados dos defeitos de 2ª Qualidade gerados no período de Agosto a Dezembro de 2016, para que se possa obter a partir do Gráfico de Pareto, o maior defeito gerado neste período, para focalizar o problema.

### 3.3.3A - Analisar

Determinado o maior defeito de painel MDF revestido na etapa anterior, agora nesta terceira etapa do DMAIC, A (Analisar), consistirá em analisar as causas do maior defeito encontrado.

Para a terceira etapa A (Analisar) foi utilizado todo o grupo para discutirem as possíveis causas do maior defeito encontrado. Nesta etapa todos os integrantes participaram, para haver maior número de ideias e opiniões para o problema.

Para a primeira análise foi utilizado a ferramenta do Brainstorming para elencar as possíveis causas do defeito, onde o Brainstorming foi conduzido pelo mentor do projeto, no qual foi o mediador e o restante do grupo foram os formadores das possíveis causas.

Com as causas elencadas a partir do Brainstorming, foi utilizada a ferramenta do Diagrama de Ishikawa no software de planilha eletrônica onde foram encontradas as causas dos efeitos.

Nas quais as causas foram priorizadas através de um questionário de priorização 9/3/1, no qual os cinco membros do grupo preencheram o questionário para poder elencar as causas mais importantes para serem analisadas.

Terminado o questionário, os dados levantados foram postos no roteiro para poder priorizar as quatro primeiras causas para serem analisadas com a ferramenta dos cinco porquês, para poder propor as ações de melhorias.

Com a ferramenta dos cinco porquês foi unido toda a equipe, nos quais através dos questionamentos sucessivos dos porquês, foram determinadas as causas e ações para o problema de papel rasgado. No qual o objetivo primordial desta fase foi determinar as causas fundamentais do problema em questão.

## 4 APLICAÇÃO

Este capítulo apresenta o início dos resultados obtidos neste estudo. Em que este capítulo objetiva relatar os resultados encontrados através da metodologia DMAIC, subdividido nas três primeiras etapas da metodologia DMAIC, D (Definir), M (Medir) e A (Analisar).

### 4.1 PRIMEIRA ETAPA - D (DEFINIR)

Na primeira etapa do estudo, D (Definir), foi elaborada a Carta do projeto (Project Charter), onde será relatada a descrição e meta do estudo. Nesta etapa também foi definido o processo da linha de revestimento através da criação de um fluxograma. Sendo visualizados nos itens a seguir.

#### 4.1.1 Carta do Projeto

- **Descrição do Problema (o que):**

Na indústria de painel MDF, em especial no setor de revestimento do painel, os altos índices de segunda qualidade são apontados pela produção e qualidade como um dos maiores problemas na rotina do trabalho, por diminuir os lucros da empresa.

No ano de 2016, o valor médio mensal das perdas motivadas pelo alto índice de segunda qualidade, foi muito alto e, além disso, o problema vem apresentando uma tendência crescente nos últimos meses.

Através destes acompanhamentos realizados pelo setor da qualidade e produção da empresa viu se a necessidade do estudo para este projeto, em diminuir o elevado índice de placas de MDF revestidas destinadas a segunda qualidade no setor de Acabamento da fabrica de painel MDF.

- **Meta (quanto):**

Redução em 30% do índice de maior defeito de placas de MDF revestidas de segunda qualidade, de seis meses, que compreendem os meses de Março a

Agosto de 2016. Esta meta foi determinada pelos diretores industrial e financeiro da indústria.

- **Plano de desenvolvimento (quando):**

O prazo do projeto terá duração de cinco meses corridos. Tempo foi definido a partir de um cronograma, onde continham os tópicos a serem trabalhados neste projeto assim como a durabilidade de cada etapa, chegando ao período de cinco meses de duração do projeto.

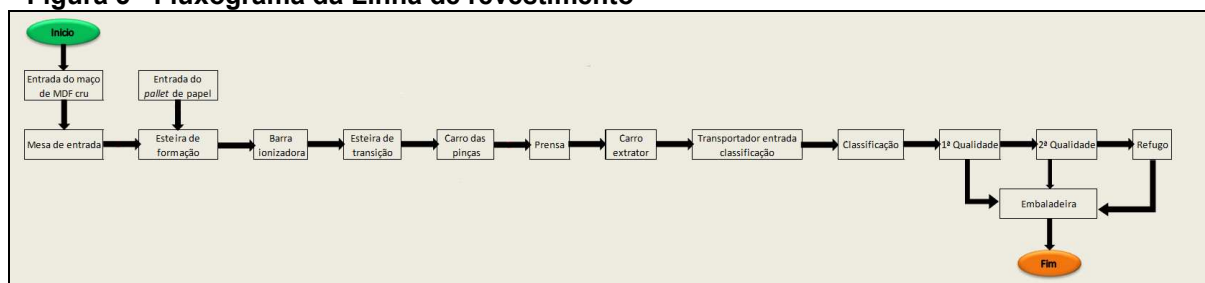
#### 4.1.2 Definição da Linha de Revestimento

O setor de Revestimento da indústria do painel de MDF conta com três Linhas de revestimento (Prensa melamina BP: Baixa pressão), cada linha com capacidade de revestir aproximadamente 180 m<sup>3</sup> de painel MDF rodando com 24 horas de produção (indústria trabalha em três turnos com 8 horas de produção para cada turno) (valores baseados no painel MDF de 15 mm de espessura, com revestimento nas duas faces do painel, no padrão Branco).

Para explicar o processo foi elaborado um Fluxograma com o objetivo de definir o principal processo envolvido no projeto, e conseqüentemente facilitar a visualização do processo e do fluxo da Linha de revestimento.

Na imagem abaixo (Figura 5) está o fluxograma do processo do revestimento do painel de MDF (Definição: maço de MDF cru, conjunto de 44 placas de MDF cru lixadas, e pallet de papel, conjunto de folhas de papel melamina utilizadas para revestir o painel MDF cru).

**Figura 5 - Fluxograma da Linha de revestimento**



Fonte: Autoria própria

A seguir está a descrição do processo de revestimento do painel de MDF:



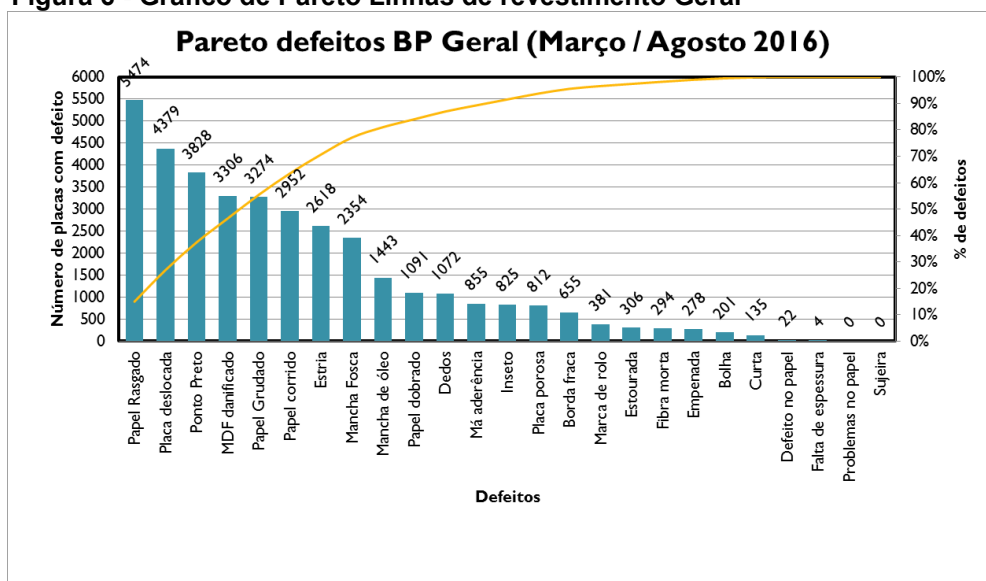
- Primeiramente ocorre a alimentação da Linha com as duas matérias-primas para o revestimento do painel MDF, que serão o painel de MDF cru lixado e as folhas de papel melamina (folha de papel que irá revestir o painel de MDF);
- Em seguida na mesa de formação é realizado o processo manual de montar folha de papel de melamina (acabamento na face superior e inferior) junto com o painel de MDF cru lixado;
- Terminado a etapa de montagem das folhas e painel de MDF cru, passam pela etapa da ionização, que consiste em aderir a folha de papel ao painel de MDF (é feito isto para a folha não cair da chapa de MDF durante o processo);
- Na esteira de transição realiza-se a transferência da placa de MDF mais as folhas de melamina para o carro das pinças;
- No carro das pinças a chapa será transportada até a prensa, onde será realizada a prensagem do painel de MDF mais as folhas de papel melamina, com temperatura e pressão;
- Terminado o processo de prensagem, o painel de MDF revestido é retirado da prensa pelo carro extrator, onde serão transportadas até a etapa de inspeção;
- Na inspeção será feita a classificação do painel de MDF revestido em primeira qualidade, segunda qualidade ou refugo;

#### 4.2 SEGUNDA ETAPA - M (MEDIR)

O primeiro passo para a realização da segunda etapa M (Medir) é analisar se os dados coletados são confiáveis, a fim de que os mesmos permitam a priorização do problema a ser estudado. Para esta pesquisa os dados foram confiáveis, pois foram obtidos por meio dos dados acompanhados pelo supervisor da qualidade, onde sempre confere o apontamento dos dados. Sendo que os dados coletados são divulgados para toda a empresa, influenciando na definição de metas e alcance de resultados, o que confere sua confiabilidade.

Com a finalidade de permitir que o problema fosse focado, os dados foram estratificados com o auxílio da ferramenta do Gráfico de Pareto para poder se determinar o maior defeito dos últimos seis meses (Março a Agosto de 2016) do setor de Acabamento de painel de MDF revestido (Figura 6).

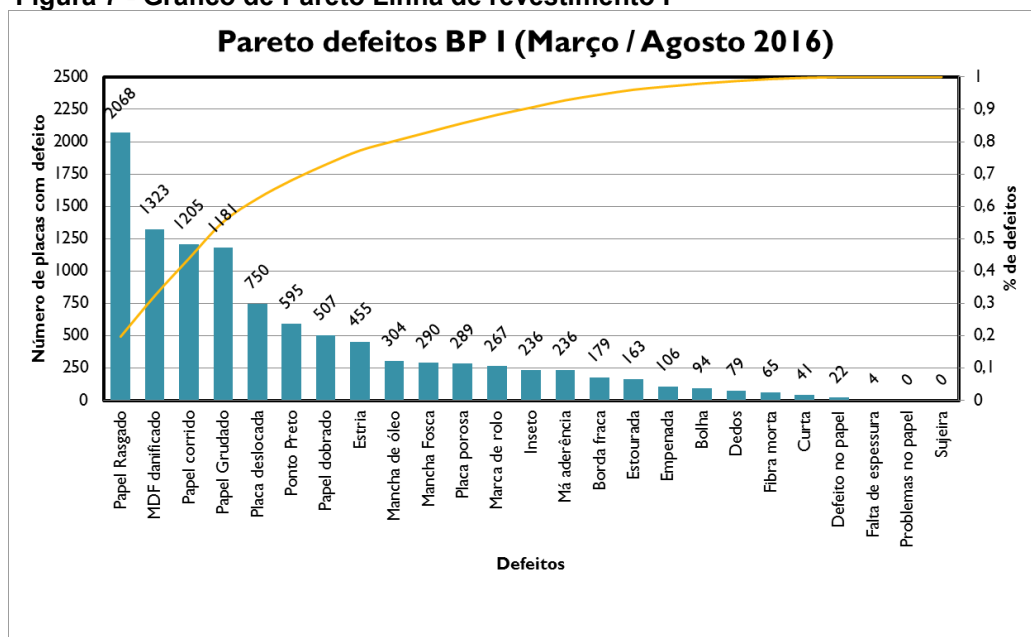
Figura 6 - Gráfico de Pareto Linhas de revestimento Geral



Fonte: Autoria própria

A partir do Gráfico de Pareto é possível perceber que o maior índice de defeitos de segunda qualidade das placas de painel MDF revestido é o defeito de placas de MDF revestidas com papel rasgado. Com isso buscou-se estratificar mais o problema, para saber qual Linha que estava apresentando o maior índice do defeito. Para isso foram feitos Gráficos de Pareto para as três Linhas de revestimento para atacar a Linha de maior índice.

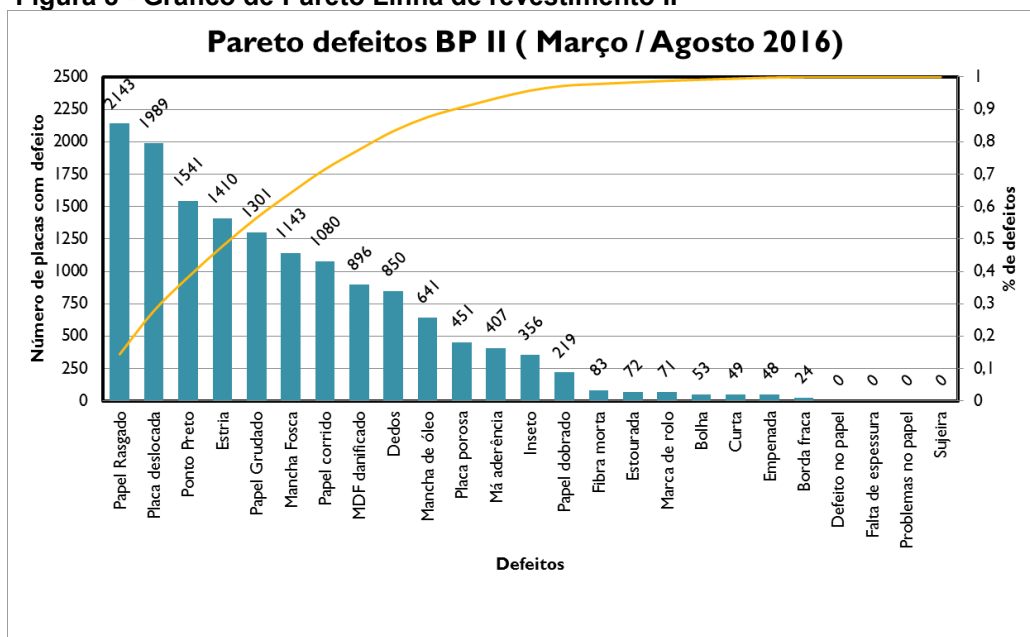
Figura 7 - Gráfico de Pareto Linha de revestimento I



Fonte: Autoria própria

No Gráfico de Pareto acima foram estratificados o índice de segunda qualidade de placas de MDF revestidas da linha de revestimento I, no período de Março a Agosto de 2016. Como é possível notar o maior defeito foi de papel rasgado com 2.068 placas de papel rasgado para a linha. Na sequência será analisado o índice de segunda da linha de revestimento II.

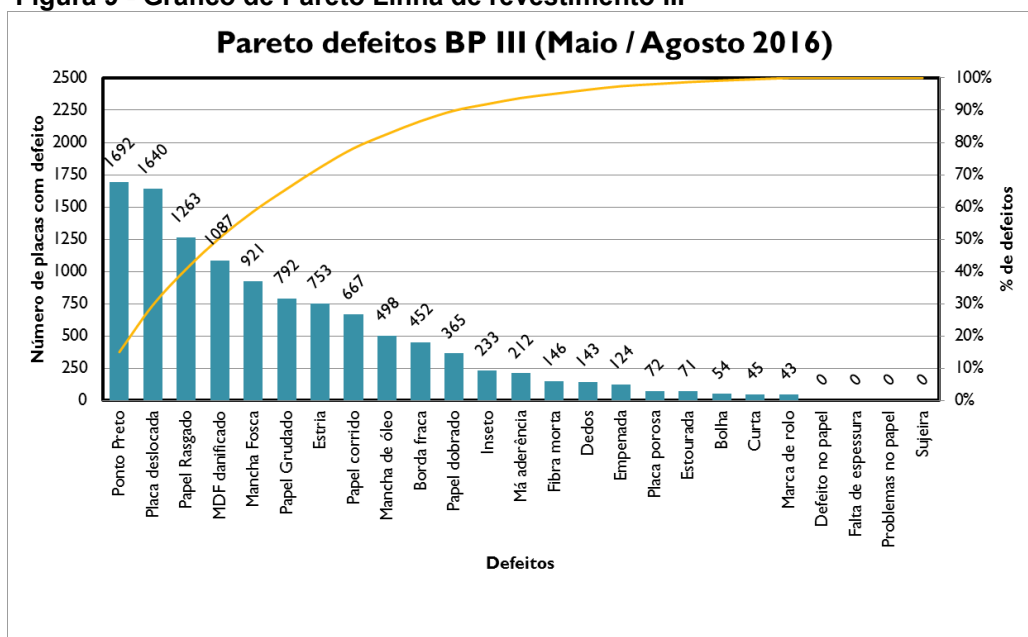
**Figura 8 - Gráfico de Pareto Linha de revestimento II**



**Fonte: Autoria própria**

Com base no Gráfico de Pareto da Linha de revestimento II, nos meses de março a agosto de 2016, pode constatar que o defeito de papel rasgado obteve maior índice, com 2.143 placas de papel rasgado.

**Figura 9 - Gráfico de Pareto Linha de revestimento III**



**Fonte: Autoria própria**

Com base no Gráfico de Pareto acima, o defeito de maior número na Linha de revestimento III foi o de placas com ponto preto, com 1.692 placas.

Comparando o levantamento realizado nas três Linhas de revestimento, a Linha de revestimento II foi a que apresentou o maior índice de defeito de placa de MDF revestida com papel rasgado. Para o foco do trabalho, resolveu-se atacar somente a Linha que apresentou maior quantidade de defeito, no caso a Linha de revestimento II. No período analisado foram descartadas 2.143 placas de MDF revestidas com papel rasgado. Com base na nossa meta de redução do maior defeito em 30%, espera-se com este projeto reduzir o valor de 2.143 placas para 1.500 placas de MDF revestidas com defeito de papel rasgado.


A partir do princípio de Pareto que geralmente 20% das causas são responsáveis pela maioria dos problemas, geralmente 80%, por exemplo, em muitos casos a grande parte das perdas sentidas é devida a um pequeno número de defeitos, ou seja, o restante dos defeitos não representam um grande perigo (ARIOLI, 1998; VASCONCELOS, 2009). De tal modo neste projeto irá atacar somente ao defeito de papel rasgado, defeito que apresentou o maior índice.

Como cita Moreira et al. (2004), determinado o problema é necessário desdobra-lo em problemas menores, de forma a se identificar, o foco dos problemas críticos a serem atacados

A partir disso o problema inicial Papel rasgado foi realizado o detalhamento deste problema, para desdobra-lo em problemas menores, sendo assim o defeito de papel rasgado foi detalhado em quatro modos, sendo placa com papel rasgado superior/inferior ou placa com papel quebrado superior/inferior.

Foram criados fichas para cada modo de defeito, onde para cada defeito foi detalhado o defeito com imagens, a descrição do defeito e as possíveis causas. Nas imagens a seguir encontram os modos para cada defeito elaborados.

**Figura 10 - Modo de defeito: Papel quebrado inferior**

Ficha de Modo de Defeito		Papel quebrado inferior
Melhoria Contínua	Redução de Defeitos BP	VALIDAÇÃO
		26/09/2016
<b>Defeito:</b>		Componente/área: Prensa BP
		<p><b>Descrição:</b> Chapa de MDF com a face inferior com algum tipo de papel quebrado, causando ausência de papel em alguma região na face inferior da chapa de MDF.</p> <p><b>Possíveis Causas:</b> Papel enroscar na barra estática; Falha na ionização; Operadora de papel ao manusear a folha, podem quebra-las; Folhas quebradas no pallet de papel; Papel estar quebrando no braço das pinças; Papel "grudento".</p>

Fonte: Autoria própria

Na imagem acima (Figura 10) encontra-se a ficha de modo de defeito do papel quebrado inferior, na ficha constam informações a respeito da descrição do defeito, descrevendo como o defeito apresenta na chapa, a foto do defeito e as possíveis causas que podem causar o defeito de papel quebrado inferior.

**Figura 11 - Modo de defeito: Papel quebrado superior**

Ficha de Modo de Defeito		Papel quebrado superior	
Melhoria Contínua	Redução de Defeitos BP	VALIDAÇÃO	
		26/09/2016	
<b>Defeito:</b> 		Componente/área: Prensa BP  <b>Descrição:</b> Chapa de MDF com a face superior com algum tipo de papel quebrado , causando ausência de papel em alguma região na superfície inferior da chapa.	
		<b>Possíveis Causas:</b> Operadora de papel ao manusear as folhas, podem quebra-las; Folhas quebradas no palete de papel; Papel estar quebrando no braço das pinças; Papel "grudento".	

**Fonte: Autoria própria**

Para a imagem acima (Figura 11), foi detalhado o modo de defeito de papel quebrado superior, no qual a chapa de MDF fica com a face superior com algum tipo de papel quebrado. Sendo as possíveis causas, a operadora do papel (quem manuseia o papel na face superior e inferior do painel MDF) pode quebrar a folha e mandar na linha, as folhas virem quebradas do palete de papel e o papel estar quebrando no braço das pinças (braço das pinças, um braço articulado em que pega as chapas para transporta-la para o interior da prensa).


**Figura 12- Modo de defeito: Papel rasgado inferior**

Ficha de Modo de Defeito		Papel rasgado inferior	
Melhoria Contínua	Redução de Defeitos BP	VALIDAÇÃO	
		26/09/2016	
<p><b>Defeito:</b></p> 		<p>Componente/área: Prensa BP</p> <p><b>Descrição:</b> Chapa de MDF com a face inferior com papel rasgado, aparentando uma leve trinca no papel, aparecendo na superfície a coloração da chapa do MDF, ou um papel se sobrepor ao outro, ficando um risco branco em destaque na superfície da chapa semelhante a aparência de uma estria.</p> <p><b>Possíveis Causas:</b> Manuseio da operadora de papel ao descer a folha do palete; Posicionamento da folha na esteira de formação; Esteira aderindo o papel; Papel "grudento"; Paleta de papel com folhas rasgadas; Folha na ionização; Manuseio da operadora ao virar a folha de papel na esteira de formação.</p>	

Fonte: Autoria própria

Na ficha acima (Figura 12) foi descrito o modo de defeito de papel rasgado inferior, no qual a chapa de MDF com a face inferior com o papel rasgado, aparentando uma leve trinca no papel, aparecendo na superfícies a coloração da chapa do MDF, ou um papel se sobre por ao outro ficando um risco branco na superfície do painel, nos quais as possíveis causas pode ser manuseio por parte das operadoras do papel, as folhas virem rasgadas, falha na etapa da ionização da folha no painel entre outros.

**Figura 13 - Modo de defeito: Papel rasgado superior**

	Ficha de Modo de Defeito		Papel rasgado superior
	Melhoria Contínua	Redução de Defeitos BP	VALIDAÇÃO 26/09/2016
<b>Defeito:</b> 			Componente/área: Prensa BP  <b>Descrição:</b> Chapa de MDF com a face superior com papel rasgado, aparentando uma leve trinca no papel, aparecendo na superfície a coloração da chapa do MDF, ou um papel se sobrepor ao outro, ficando um risco branco em destaque na superfície da chapa semelhante a aparência de uma estria.  <b>Possíveis Causas:</b> Manuseio da operadora de papel ao descer a folha do palete; Posicionamento da folha na face superior da chapa de MDF; Papel "grudento"; Palete de papel com folhas rasgadas; Manuseio da operadora ao virar a folha de papel na esteira de formação.

Fonte: Autoria própria

Na figura acima (Figura 13) consta a última ficha de modo de defeito elaborada, sendo o papel rasgado superior, a descrição sendo igual ao defeito anterior, apenas mudando nas possíveis causas a ausência da falha na ionização, porque a folha nesse modo estaria apoiada no painel, assim não sendo possível rasgar a folha nesta etapa.

Com os quatro modos de defeitos elaborados, a análise dos defeitos será de maior precisão, pois irá focalizar as causas para cada modo de defeito.

#### 4.3 TERCEIRA ETAPA - A (ANALISAR)

O objetivo da terceira etapa do DMAIC, A (Analisar) é determinar as reais causas do problema da pesquisa, ou seja, encontrar as causas fundamentais do problema, para atacar as suas causas raízes.

Para isso o defeito de Papel rasgado foi estudado mais a fundo, como demonstram os tópicos a seguir.



### 4.3.1 Brainstorming

Buscando identificar os fatores que influenciaram no alto índice de placas com papel rasgado, foi elaborado um Brainstorming para levantar as possíveis causas para o problema.

A ferramenta Brainstorming tem o objetivo de auxiliar os colaboradores a produzir o maior número de ideias possíveis sobre o problema, em um pequeno espaço de tempo (WERKEMA, 1995).

A seguir (Figura 14) encontram-se as questões levantadas a partir do Brainstorming para o problema em questão. Os participantes deste Brainstorming foram os colaboradores da empresa, envolvidos com o processo, sendo os operadores e o supervisor da Linha de revestimento, no qual possuem o entendimento do processo para levantar as questões pertinentes ao problema.

**Figura 14 - Brainstorming**

<b>Pergunta:</b>
<b>Qual a causa do papel rasgado na Linha de Revestimento II?</b>
Quebra durante o manuseio do papel
Barra ionizadora em falha
Fechamento incorreto das pinças
Alinhamento incorreto da posição do laser
Nylon do braço das pinças mal fixado
Suporte de nylon da barra ionizadora desalinhado
Sujeira na barra ionizadora
Magazine do papel, atrapalhando a movimentação da folha
Papel rasgado/quebrado no palete
Ventilador apontado para o palete de papel
Sopro de ar comprimido das pontas incorreto
Esteira de formação deslocada
Queda do MDF sobre o papel na esteira de formação
Esteira grudenta
Barra de apoio desalinhada
Condições do ambiente (temperatura, umidade relativa do ar) desfavoráveis
MDF aderindo ao papel

**Fonte: Autoria própria**

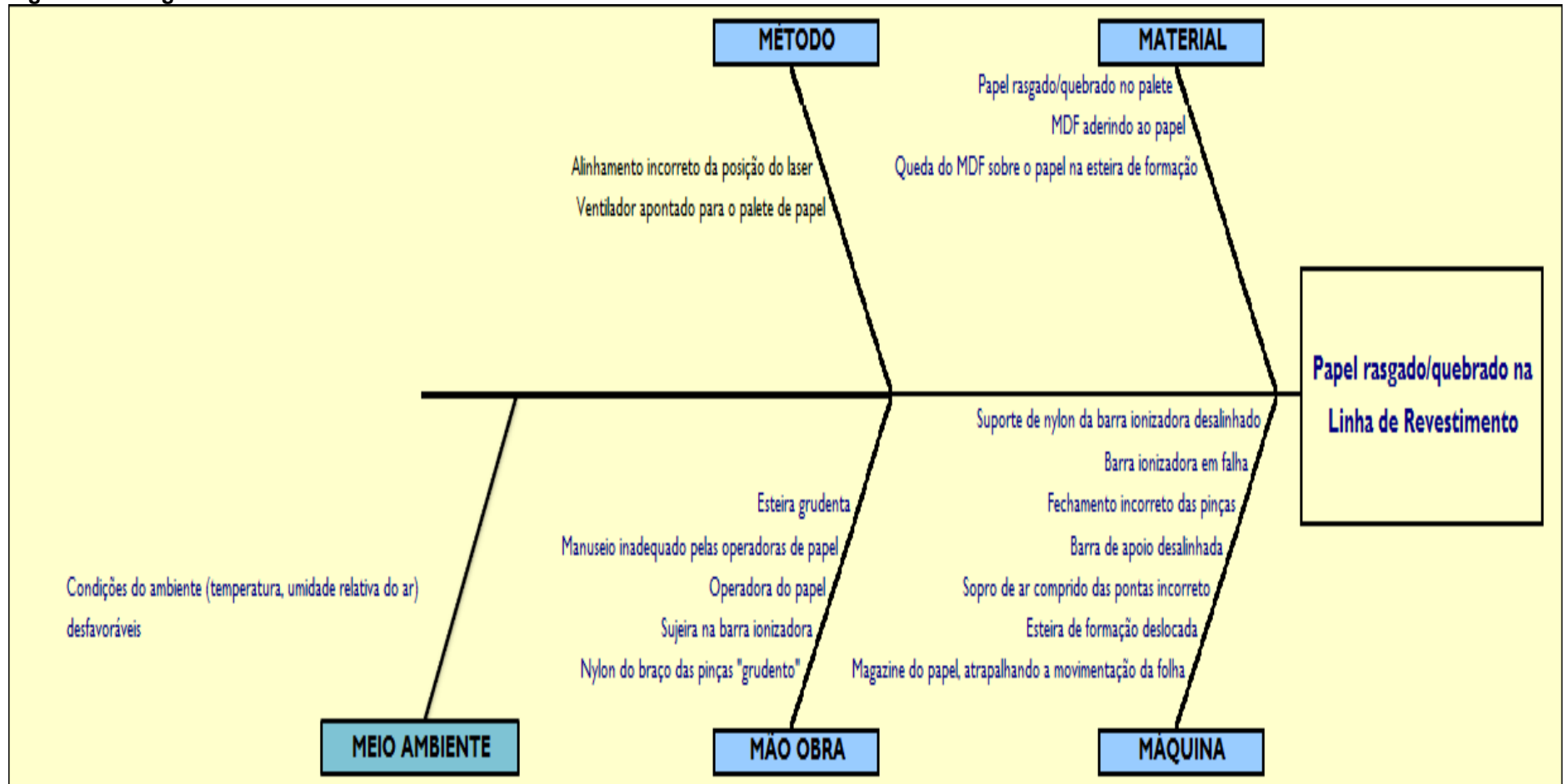
Após o levantamento das questões sobre qual a causa de placas com papel rasgado na Linha de revestimento, faz se necessário utilizar o Diagrama de Ishikawa, para descobrirem as causas e consequências do problema, assim estudar as possíveis fontes do problema.

#### 4.3.2 Diagrama de Ishikawa

A partir do Diagrama de Ishikawa é possível mostrar a relação entre as causas e efeitos do problema a ser analisado, no qual serão analisados os efeitos: método, matéria-prima, mão de obra, máquina, medida e meio ambiente. Permitindo assim construir organizadamente as causas do problema determinadas na etapa do Brainstorming (BALLESTERO-ALVAREZ, 2010).

A seguir com o Diagrama de Ishikawa foram separadas as causas encontradas no Brainstorming nos efeitos (Figura 15).

Figura 15 - Diagrama de Ishikawa



Fonte: Autoria própria

Com a elaboração do Diagrama de Ishikawa na Figura acima é possível obter uma visão mais clara do problema, no qual se pode ver uma maior concentração de causas relacionadas à máquina e mão-de-obra. Tais causas serão priorizadas com a ferramenta de priorização 9/3/1 e depois analisadas com a ferramenta dos cinco porquês para descobrir a fundo as causas raízes do problema.

#### 4.3.3 Cinco porquês

Antes da análise dos cinco porquês, as questões levantadas com o Brainstorming foram priorizadas com a ferramenta 9/3/1 para definir quais questões serão as mais importantes para serem analisadas. As priorizações foram discutidas entre os participantes que pertencem à produção, que entendem do processo analisado.

**Figura 16 - Priorização 9/3/1**

Pergunta:	Participantes					
	Participante 1	Participante 2	Participante 3	Participante 4	Participante 5	
<b>Qual a causa do papel rasgado na Linha de Revestimento II?</b>						
Quebra durante o manuseio do papel	3	9	9	9	9	<b>39</b>
Barra ionizadora em falha	3	9	9	9	9	<b>39</b>
Fechamento incorreto das pinças	9	3	9	1	9	<b>31</b>
Alinhamento incorreto da posição do laser	1	9	1	9	3	<b>23</b>
Nylon do braço das pinças mal fixado	9	1	3	1	3	<b>17</b>
Suporte de nylon da barra ionizadora desalinhado	9	1	1	1	1	<b>13</b>
Sujeira na barra ionizadora	3	3	1	3	1	<b>11</b>
Magazine do papel, atrapalhando a movimentação da folha	1	1	3	3	1	<b>9</b>
Papel rasgado/quebrado no palete	1	3	1	1	3	<b>9</b>
Ventilador apontado para o palete de papel	1	3	1	3	1	<b>9</b>
Sopro de ar comprido das pontas incorreto	1	3	1	3	1	<b>9</b>
Esteira de formação deslocada	3	1	1	3	1	<b>9</b>
Queda do MDF sobre o papel na esteira de formação	3	1	1	1	3	<b>9</b>
Esteira grudenta	1	1	3	1	1	<b>7</b>
Barra de apoio desalinhada	1	1	3	1	1	<b>7</b>
Condições do ambiente (temperatura, umidade relativa do ar) desfavoráveis	1	1	3	1	1	<b>7</b>
MDF aderindo ao papel	1	1	1	1	3	<b>7</b>

**Fonte: Autoria própria**

Foram priorizadas quatro causas encontradas no Brainstorming para ser possível identificar a raiz do problema ou as causas mais evidentes.

A metodologia dos cinco porquês foi utilizada nesta etapa com o objetivo de ajudar a descobrir a causa raiz do problema, e auxiliar no desenvolvimento das ações corretivas para a solução do problema. Ao realizar cinco vezes a pergunta “Por quê?”, dando uma resposta para cada indagação, é possível encontrar a causa real do problema, muitas vezes ocultos por sintomas óbvios (OHNO, 1997).

Figura 17 - Ferramenta Cinco Porquês

Modo de Defeito:	Papel quebrado/rasgado (superior/inferior)					
Porquê 1	Porquê 2	Porquê 3	Porquê 4	Porquê 5	6 M	Ações
Quebra durante posicionamento do papel	Fadiga das operadoras	Devido executarem a mesma atividade durante o turno todo	Falta de um sistema de rodízio nas funções		Mão obra	Aplicar o rodízio entre as operadoras do papel com um descanso de 15 minutos a cada 2 horas
	Processo manual de colocação de papel	Falta de projeto de automatização	Falta de estudo de retorno financeiro		Mão obra	Realizar estudo de automatização do sistema de colocação de papel e verificar viabilidade econômica
Barra ionizadora em falha	MDF bate no suporte da barra ionizadora	Alta velocidade dos rolos do carro dos roletes	Falta de um sistema de frenagem		Máquina	Realizar estudo / projeto de frenagem no carro dos roletes
Fechamento incorreto das pinças	Operadores regulam o ajuste do fluxo de ar	Tentar corrigir efeito de placa deslocada	Porque há desalinhamento no laser	Porque as placas batem no suporte quando são retiradas da linha	Máquina	Alterar suporte do laser para o lado oposto ao local que são retiradas as placas defeituosas
Desalinhamento do laser durante operação	Placas são retiradas na mesa de formação, acabam batendo no suporte do laser	Porque o suporte é próximo ao local de retirada das chapas	Suporte do laser fica do mesmo lado pelo qual são retiradas as chapas cruas com defeitos		Máquina	

Fonte: Autoria própria

Assim foram reconhecidas quatro ações para a correção do problema:

- Aplicar o rodízio entre as operadoras do papel com um descanso de 15 minutos a cada 2 horas;
- Realizar estudo de automatização do sistema de colocação de papel e verificar viabilidade econômica;
- Realizar estudo / projeto de frenagem no carro dos roletes;
- Alterar suporte do laser para o lado oposto ao local que são retiradas as placas defeituosas.

#### 4.3.4 Diagrama de Matriz

A ferramenta Diagrama de Matriz foi utilizada nesta etapa para relacionar o defeito com as partes da maquina e com os ramos principais do 6M's.

**Figura 18 - Diagrama de Matriz**

Modo de Defeito		ton. %	Embalagem				Classificação				Prensa				Carro das pinças				Ionização				Esteira de formação				Mesa de entrada			
			MQ	ME	MO	MA	MQ	ME	MO	MA	MQ	ME	MO	MA	MQ	ME	MO	MA	MQ	ME	MO	MA	MQ	ME	MO	MA				
<b>TOTAL</b>		400 1.000	0	0	0	0	0	61	61	0	0	0	0	0	85	42	0	0	45	61	101	27	243	61	152	61	0	0	0	0
<b>Rasgado superior</b>		100 250					Δ	Δ											Δ	Δ	Δ		⊕	Δ	O	Δ				
<b>Rasgado inferior</b>		100 250					Δ	Δ							Δ	Δ			Δ	Δ	O	Δ	⊕	Δ	O	Δ				
<b>Quebrado superior</b>		100 250					Δ	Δ							O	Δ			Δ	Δ			⊕	Δ	O	Δ				
<b>Quebrado inferior</b>		100 250					Δ	Δ							O	Δ			Δ	Δ	O	Δ	⊕	Δ	O	Δ				

Fonte: Autoria própria

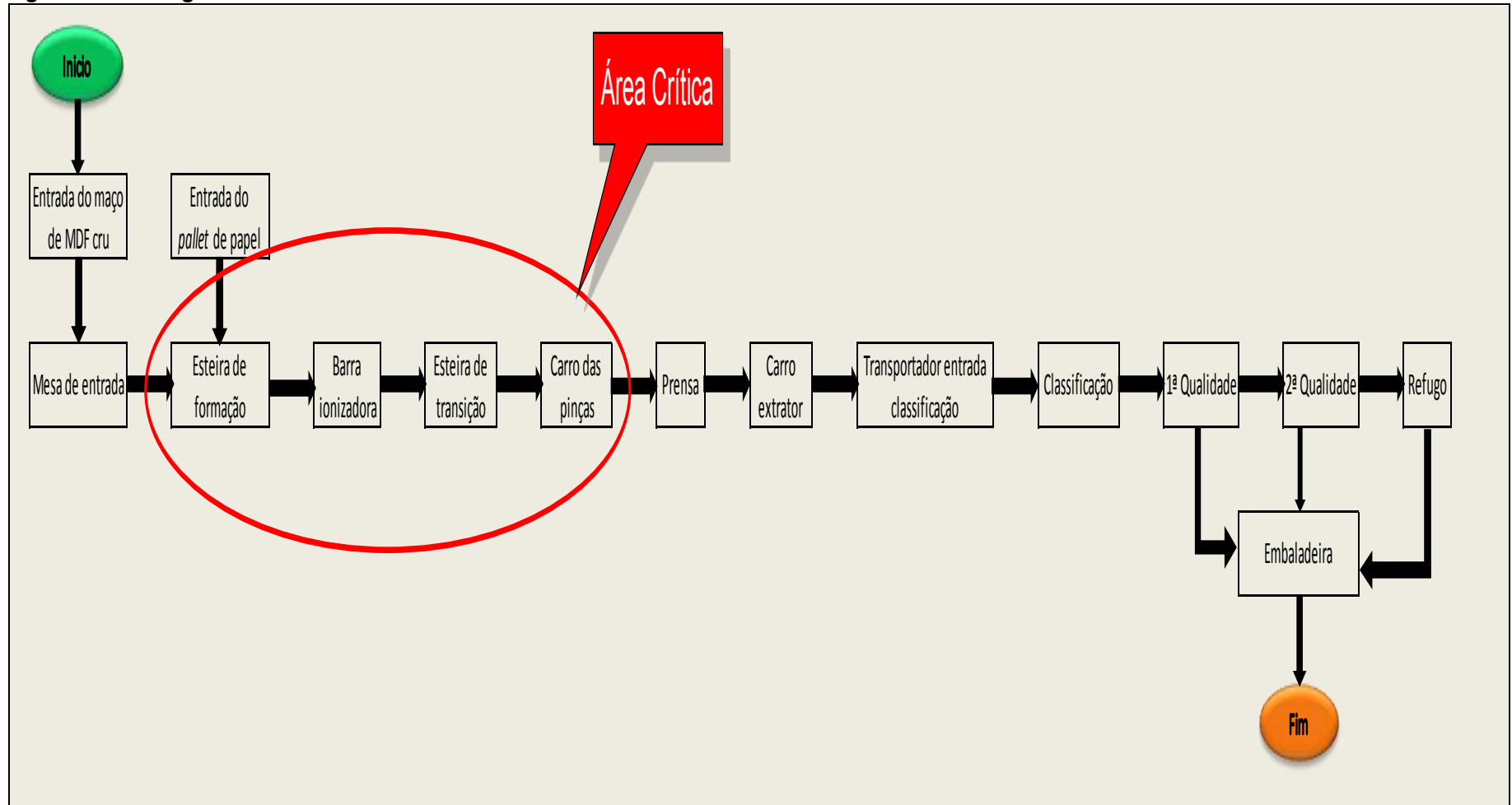
A partir da análise do Diagrama de Matriz acima é possível constatar que a etapa mais crítica da maquina é a Esteira de formação, sendo os maiores motivadores do problema a Máquina e Mão de obra. Essa etapa é a mais crítica, pois nesta etapa em que ocorre toda a montagem da folha de papel melamina mais

a chapa de painel MDF com operação manual (colocação das folhas de papel melamina na chapa realizadas pelas Operadoras do papel).

Com o Diagrama de Matriz elaborado com as etapas mais críticas do processo, foi colocado no Fluxograma do processo de revestimento no qual foram destacadas as partes críticas baseadas no Diagrama de Matriz.



Figura 19 - Fluxograma Linha de revestimento



Fonte: Autoria própria

A partir do Fluxograma é possível perceber que as partes que merecem maior foco ao processo para o problema de papel rasgado são: Esteira de formação, Barra ionizadora, Esteira de transição e Carro das pinças. Sendo a Esteira de formação a parte mais crítica do fluxograma para papel rasgado.

#### 4.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE A APLICAÇÃO

Com a realização deste estudo os resultados alcançados para a organização e os colaboradores foram: proporcionar um descanso para as operadoras do papel, por se tratar de um trabalho muito repetitivo, acabam fadigando as operadoras. Levantar um estudo para a viabilização da automação de papel na linha de revestimento. Com a continuidade deste trabalho será possível mensurar os resultados obtidos com a aplicação destas ações de melhoria no processo.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo geral propor ações de melhoria para reduzir o alto índice de segunda qualidade de placas MDF revestidas na linha de revestimento do painel MDF, mediante a aplicação das etapas D (Definir), M (Medir) e A (Analisar) da metodologia DMAIC. Para que o objetivo geral seja atendido, é necessário responder aos objetivos específicos elaborados no Capítulo 1, definidos no início deste trabalho.

Em resposta ao primeiro objetivo específico a identificação das principais ferramentas da qualidade que irão estruturar as etapas D (Definir), M (Medir) e A (Analisar) da metodologia DMAIC foram as seguintes. Na etapa D (Definir) foram utilizadas as ferramentas Carta do Projeto (Project Charter), onde foram definidos as metas e o escopo do trabalho, e o Fluxograma para definir como funciona o processo de revestimento do painel MDF. Na etapa M (Medir) foi utilizada a ferramenta do Gráfico de Pareto para poder estratificar os dados e descobrir o maior defeito de placas de segunda qualidade. Já na última etapa analisada neste estudo a fase A (Analisar), foram utilizadas as ferramentas Brainstorming, para identificar os fatores que influenciam o alto índice de placas com papel rasgado, Diagrama de Ishikawa para mostrar a relação entre as causas e efeitos de placas com papel rasgado e por fim, a análise dos cinco porquês, para descobrir os porquês das causas e determinar as ações de melhorias para o efeito.

Com relação ao segundo objetivo específico, a identificação dos defeitos prioritários gerados na linha de revestimento de painel MDF, foi estratificado todos os defeitos das Linhas de revestimento, em seguida apresentado o Gráfico de Pareto com os maiores defeitos. No qual os dados coletados foram expostos em unidade de placas de MDF revestidas. E a partir do Gráfico de Pareto foi constatado o maior defeito, placas de MDF revestidas com papel rasgado.

Os resultados gerados a partir do Gráfico de Pareto foi possível responder ao terceiro objetivo específico, para realizar o levantamento das principais causas do principal defeito identificado na linha de revestimentos. No qual a partir da utilização da ferramenta Brainstorming, analisando o seguinte questionamento: Qual a causa de papel rasgado na Linha de revestimento? Foi possível elencar as seguintes causas:

- Quebra durante o manuseio do papel;

- Barra ionizadora em falha;
- Fechamento incorreto das pinças;
- Alinhamento incorreto da posição do laser (laser indica a posição no qual a operadora do papel tem que posicionar a folha).

Com base nas causas identificadas com maiores potenciais de efeitos sobre o problema de placas com papel rasgado, formulou-se a resposta ao quarto objetivo específico do estudo, de levantar as principais ações de melhoria para redução do índice de segunda qualidade a partir do maior defeito. Com a análise da ferramenta dos cinco porquês foram levantadas as ações de melhoria para as causas identificadas acima, sendo as ações:

- Aplicar o rodízio entre as operadoras do papel, com descanso de 15 minutos a cada duas horas;
- Realizar um estudo de automatização do sistema de colocação de papel e verificar sua viabilidade econômica;
- Realizar estudo/projeto de frenagem no carro dos roletes;
- Alterar o suporte do laser para o lado oposto ao local em que são retiradas as placas defeituosas.

As ações de melhorias propostas acima foram analisadas e discutidas, onde pode se prever que tais ações demonstram ser eficazes para a redução do alto índice de segunda qualidade de placas com papel rasgado no processo.

O alcance dos objetivos específicos determinados no início da pesquisa, remete a resposta ao objetivo geral desta pesquisa, descrito no começo do trabalho. Os resultados e as conclusões obtidas respondem ao questionamento feito na contextualização da pesquisa de que: Quais fatores provocam o alto índice do maior defeito de segunda qualidade de placas de MDF revestidas na indústria de painel MDF do estudo?

De acordo com os fatores relacionados, podem-se levantar ações de melhorias para as causas relacionadas ao problema de papel rasgado na linha, no qual a partir da análise feita, tais ações se propõem reduzir o índice de placas com papel rasgado.

E por fim como sugestão para pesquisas futuras, aplicar as etapas I (Melhorar) e C (Controlar) da metodologia DMAIC, a fim de que as ações de

melhorias propostas neste estudo sejam aplicadas para que se possa realmente efetivar a redução do índice de segunda qualidade no processo de revestimento do painel MDF.

## REFERÊNCIAS

AGUIAR, S. **Integração das ferramentas da qualidade ao PDCA e ao programa Seis Sigma**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2001.

ALVAREZ, Maria Esmeralda Ballester. **Gestão da qualidade, produção e operações**. São Paulo: Atlas, 2010.

ARIOLI, Edir Edemir. **Análise e solução de problemas: o método da qualidade total com dinâmica de grupo**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998.

BARNES, Ralph M. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1977.

BEZERRA, F. **Qualidade total: Conceitos e princípios**. Disponível em: <<http://www.portal-administracao.com/2015/02/qualidade-total-conceito-e-principios.html>>. Acesso em: 04 fev. 2017.

BLACK, J T. **O projeto da fábrica com futuro**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

BNDES. **Painéis de madeira no Brasil: panorama e perspectivas**. 2008. Disponível em: <[https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2526/1/BS\\_27\\_Painéis\\_de\\_madeira\\_no\\_Brasil\\_P.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2526/1/BS_27_Painéis_de_madeira_no_Brasil_P.pdf)>. Acesso em: 02 dez. 2016.

BNDES SETORIAL. **Panorama de mercado: painéis de madeira**. 2010. Disponível em: <[http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes\\_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set32102.pdf](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set32102.pdf)>. Acesso em: 02 fev. 2017.

CARPINETTI, L C R. **Gestão da qualidade: conceitos e técnicas**. São Paulo: Atlas, 2010.

CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC Controle da Qualidade Total: no estilo japonês**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1992.

COSTA, T. **O mundo da qualidade: Um compêndio da padronização e normalização pelo mundo**. 2012. Disponível em:

<<https://books.google.com.br/books?id=tUNPBQAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR#v=onepage&q&f=false>>. Acesso em: 12 dez. 2016.

CARVALHO, M. M.; PALADINI, E. P. **Gestão de qualidade**: teoria e casos. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005. 456 p.

COLENGHI, Victor Mature. **O&M e Qualidade total**: uma interpretação perfeita. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2003.

DEMING, W. Edwards. **Quality, productivity and competitive position**. Boston: Mit Press, 1982.

GARVIN, D. A. **Gerenciando a qualidade**: a visão estratégica e competitiva. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1992. 357 p.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002. VASCONCELOS, Diogo Sergio César de et al. **A UTILIZAÇÃO DAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE COMO SUPORTE A MELHORIA DO PROCESSO DE PRODUÇÃO: ESTUDO DE CASO NA INDÚSTRIA TÊXTIL**.

Disponível em:

<[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009\\_TN\\_STP\\_091\\_621\\_14011.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009_TN_STP_091_621_14011.pdf)>. Acesso em: 10 set. 2016.

GONZALES, João Carlos Soalheiro; MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. Uma contribuição à interpretação da QS 9000. **Piracicaba-São Paulo**, p. 1-8, 1998.

ISHIKAWA, Kaoru. **Controle de qualidade total**: a maneira japonesa. Rio de Janeiro: Campos, 1993.

ISHIKAWA, Kaoru. **What is total quality control?: The Japanese Way**. New Jersey: Prentice-hall, 1985.

JURAN, J. M. **Quality control handbook**. 3. ed. New York: Mcgraw-hill, 1974.

LIN, Chiajou et al. Continuous improvement of knowledge management systems using Six Sigma methodology. **Robotics And Computer-integrated Manufacturing**, v. 29, n. 3, p. 95-103. jun. 2013.

LONGO, Rose Mary Juliano. A revolução da qualidade total: histórico e modelo gerencial. 2013.

MACHADO, Roberto. **Modelos e tipos de fluxograma para quase todos os processos**. 2008. Disponível em: <<http://www.doceshop.com.br/blog/modelos-e-tipos-de-fluxograma-para-quase-todos-os-processos/>>. Acesso em: 01 out. 2016.

MATOS, J. L. **Implementação de um projeto de melhorias em um processo de reação química em batelada utilizando o método DMAIC**. 2003. 127 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

MAGRI, Juliana Maria. **APLICAÇÃO DO MÉTODO QFD NO SETOR DE SERVIÇOS: ESTUDO DE CASO EM UM RESTAURANTE**. 2009. 43 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2009.

MALONEY, T M. The family of wood composite materials. **Forest Products Journal**, v. 46, n. 2, p.19-26, fev. 1996.

MADRUGA, F. G. **REDUÇÃO DE DEFEITOS DE QUALIDADE EM UMA LINHA DE PRODUÇÃO ATRAVÉS DA METODOLOGIA SEIS SIGMA**. 2014. 73 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade do Planalto Catarinense, Lages, 2014.

MAST, Jeroen de; LOKKERBOL, Joran. An analysis of the Six Sigma DMAIC method from the perspective of problem solving. **International Journal Of Production Economics**. N, p. 604-614. out. 2012.

MOREIRA, A.C.V.B., DARÉ, C.T., RODRIGUES, M.D.F. et al. **Green Belts Industrial**. v. 6. Fundação de Desenvolvimento Gerencial, 2004.

MIGUEL, P A C. **Qualidade: enfoques e ferramentas**. São Paulo: Artliber, 2006.

NUNES, Thaísa Granato. **MÉTODOS DE MELHORIA DE PROCESSO E UMA APLICAÇÃO NA MRS LOGÍSTICA S/A**. 2008. 67 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2008.



POL, R. B. V. D. **APLICAÇÃO DO MÉTODO DMAIC PARA REDUÇÃO DA OCORRÊNCIA DE ACIDENTES FERROVIÁRIOS**. 2011. 50 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2011.

PONTEL, Silmar; MIGUEL, Paulo A. Cauchick. Estudo de caso em custos da qualidade na categoria de falhas externas. **Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, v. 19, 1999.

OSBORN, A F. **Applied Imagination: principles and procedures of creative thinking**. New York: Charles Scribner's Sons, 1957.

OHNO, Taiichi. **O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

OLIVEIRA, Raquel Valente de. **A Lei de Sarbanes-Oxley como nova motivação para mapeamento de processos nas organizações**. 2006. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2006\\_TR450313\\_8769.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2006_TR450313_8769.pdf)>. Acesso em: 27 nov. 2016.

PALADINI, E. P. **Gestão estratégica da qualidade: Princípios, métodos e processos**. São Paulo: Atlas, 2008. 220 p.

PALADINI, e P. **Qualidade total na prática: implantação e avaliação de sistemas de qualidade total**. São Paulo: Atlas, 1994.

ROTONDARO, R. **Seis sigma: estratégia para a melhoria de processos, produtos e serviços**. São Paulo: Atlas, 2002.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. Florianópolis: UFSC, 2005. 138 p.

RODRIGUES, Marcus Vinicius. **Ações para a Qualidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2010.

ROTH, C. W. **Qualidade e Produtividade**. 3. ed. Santa Maria: Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, 2011. 74 p.

RATH, S. P; SHUKLA, Vimal. A REFLECTIVE STUDY OF “SIX SIGMA” OF QUALITY MANAGEMENT RESEARCH CLAIM OF INDIAN ORIGIN. **International Journal Of Engineering And Management Sciences**. p. 266-273. 2014.

SANTOS, A. B. **Modelo de referência para estruturar o programa de qualidade seis sigma**: proposta e avaliação. 2006. 312 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

STURARI, Raul. **BRAINSTORMING**. Disponível em: <<https://diegopiovesan.files.wordpress.com/2010/07/brainstorming.pdf>>. Acesso em: 08 dez. 2016.

TERNER, G L K. **Avaliação da aplicação dos métodos de análise e solução de problemas em uma empresa metal-mecânica**. 2008. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

TRIVELLATO, Arthur Antunes. **Aplicação das sete ferramentas básicas de qualidade no ciclo PDCA para melhoria continua**: estudo de caso numa empresa de autopeças. 2010. 72 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

WERKEMA, M. C. C. **Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. 189 p.

WERKEMA, M. C. C. **Criando a cultura seis sigma**. Belo Horizonte: Werkema, 2004. (Seis sigma).

WERKEMA, Maria Cristina Catarino. **As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos**. Minas Gerais: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1995.

WEISS, Antonio E.. **Key business solutions**: Essential problem-solving tools and techniques that every manager needs to know. Grã-Bretanha: Pearson Education Limited, 2011.