



UFRPE

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DO CABO DE SANTO AGOSTINHO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FÍSICA

AMARO COELHO PEDROSA

Redução da taxa de falhas no processo de colagem de bordas de uma indústria moveleira
utilizando o método DMAIC

Cabo de Santo Agostinho

2022

AMARO COELHO PEDROSA

Redução da taxa de falhas no processo de colagem de bordas de uma indústria moveleira utilizando o método DMAIC

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Física da Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho da Universidade Rural de Pernambuco para obtenção do título de Mestre em Engenharia Física

Área de Concentração: Metrologia e Instrumentação

Orientador: Prof. Dr. Italo Roger Ferreira
Moreno Pinheiro da Silva

Cabo de Santo Agostinho

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

P372r

Pedrosa, Amaro Coelho

Redução da taxa de falhas no processo de colagem de bordas de uma indústria moveleira utilizando o método DMAIC / Amaro Coelho Pedrosa. - 2022.
98 f. : il.

Orientador: Italo Roger Ferreira Moreno Pinheiro da Silva.
Inclui referências e apêndice(s).

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Física, Cabo de Santo Agostinho, 2022.

1. DMAIC. 2. FMEA. 3. indústria moveleira. 4. lean six sigma. I. Silva, Italo Roger Ferreira Moreno Pinheiro da, orient. II. Gomes, Flavio da Silva Vitorino, coorient. III. Título

CDD 621

AMARO COELHO PEDROSA

Redução da taxa de falhas no processo de colagem de bordas de uma indústria moveleira
utilizando o método DMAIC

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Física da Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho da Universidade Rural de Pernambuco para obtenção do título de Mestre em Engenharia Física

Aprovada em: 31 de março de 2022

Banca Examinadora

Prof. Dr. Italo Roger Ferreira Moreno Pinheiro da Silva
Orientador

Prof. Dr. Oswaldo Hideo Ando Junior
Examinador externo

Prof. Dr. Adriano da Silva Marques
Examinador interno

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço ao Criador por suprir todo o necessário para o alcance de mais uma conquista.

Expresso a minha sincera gratidão ao Professor Doutor Italo Roger Ferreira Moreno Pinheiro da Silva, pela sua excelente condução de orientação e irrestrito apoio, pautados em um excelente nível científico ao longo deste trabalho, apesar do cenário atípico devido às restrições impostas pela pandemia de COVID-19.

Estendo meus agradecimentos ao Professor Doutor Flávio da Silva Vitorino Gomes, membro do Centro de Energias Alternativas e Renováveis da Universidade Federal da Paraíba, pela excelente contribuição e orientação. Suas contribuições e experiência no ambiente industrial foram de grande importância ao longo dessa empreitada.

Meu sincero agradecimento aos demais professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Física da Universidade Federal Rural de Pernambuco, especialmente à Professora Doutora Martine Chevrollier por proporcionar um ambiente de pesquisa humano e acolhedor e ao Secretário Herbert de Brito Morais por conduzir assuntos administrativos com um profissionalismo exemplar.

Agradeço aos alunos colegas do departamento pela habitual disponibilidade em ajudar sempre que foi necessário ao longo do curso.

Agradeço à Universidade Federal Rural de Pernambuco, às empresas Estaleiro Atlântico Sul e Formaflex por oportunizarem a experiência de uma pesquisa acadêmica aliada ao ambiente da indústria e por terem proporcionado o privilégio de contribuir com o desenvolvimento industrial de Pernambuco e com a ciência no país, apesar do momento político, social e econômico conturbado.

Obrigado à minha mãe, Marinete Coelho, por quem sinto uma profunda e sincera gratidão e com quem tenho o privilégio de aprender diariamente sobre generosidade e altruísmo.

Finalmente, eu agradeço à minha filha, Heloísa Pedrosa, e à minha esposa, Engenheira Adelaizir Pedrosa, por terem se tornado minha motivação maior nessa caminhada e em todos os sentidos.

RESUMO

A fabricação de móveis, no contexto atual do Brasil, tornou-se um mercado muito acirrado. As empresas, portanto, precisam melhorar o seu desempenho para se manterem no mercado. Os principais desafios da organização são aumentar a produtividade e a reduzir os desperdícios. O objetivo desse estudo é aprimorar a qualidade do processo, por meio da avaliação e medição, para atingir a redução de defeitos usando método *Lean Six Sigma* (LSS). O LSS foi utilizado para evidenciar e quantificar as melhorias potenciais a serem obtidas no processo de colagem de bordas de uma indústria moveleira. A pesquisa utilizou o ciclo DMAIC, acrônimo de *Define, Measure, Analyze, Improve e Control*. Na fase de definição, as informações foram obtidas de um banco de dados de reclamações de clientes e a partir da realização de um *Brainstorming* com a operação da fábrica. Na sequência, aplicação de um FMEA, acrônimo de *Failure Mode and Effect Analysis*, para identificar as maiores dificuldades da produção. Na fase de medição, foi avaliado o nível sigma atual a partir da coleta de dados de defeitos ocorridos por doze semanas, de setembro a novembro de 2021. Neste período, foram contabilizadas 236 falhas de destacamento de fita de borda, 216 falhas de elevação da fita de borda e quatro falhas de utilização de fita incorreta, chegando a 12,25% de peças defeituosas de um total de 4032 peças processadas. Em seguida, ferramentas como gráfico de pareto e o método FMEA foram utilizadas na fase de análise para determinar níveis de priorização das falhas a serem atacadas. A meta do projeto fixou atingir a estabilização do percentual de falhas abaixo de 2%, com um nível sigma acima de 4. Na fase de melhoria, ações como padronização e automação do processo foram implementadas, garantindo resultados significativos em termos de otimização do processo. A fase de controle baseou-se em métricas estabelecidas no escopo do projeto, para garantir um controle de perdas abaixo de 2%. A partir da décima semana do projeto, foi possível observar a redução da quantidade falhas, entretanto, a meta de 2% só foi obtida na décima sétima semana, quando a automação da esteira transportadora foi reativada e as demais ações de padronização e de manutenção foram executadas. No estudo de caso em questão, as técnicas utilizadas no método LSS DMAIC mostram-se eficazes para redução de falhas em plantas industriais de pequeno porte e o passo a passo desse projeto pode ser utilizado como guia para projetos futuros em outras organizações.

Palavras-chave: DMAIC; FMEA; indústria moveleira; *lean six sigma*.

ABSTRACT

The manufacture of furniture, in the current context of Brazil, has become a very fierce market. Companies, therefore, need to improve their performance to win the competition and remain in the market. The main challenges of the organization should be increasing productivity and reducing waste. The objective of this study is to improve quality performance through defect reduction using Lean Six Sigma method. The Lean-Six-Sigma was used to show how potential to apprehend and quantify an embroiderer manufacturing process. The work was carried out by means of the DMAIC cycle, which stands for Define, Measure, Analyze, Improve and Control. In the definition phase, information from a database of customer complaints and information obtained from a brainstorming with the factory operation were used. Subsequently, a failure mode and effect analysis (FMEA) was carried out to identify the major production difficulties. In the measurement phase, the current Sigma level was evaluated from the collection of defect data that occurred for nine weeks, in the time interval corresponding to September to November 2021. In this period, 236 failures of detachment of edge tape, 216 failures of lifting of edge tape and four failures of use of incorrect tape were evidenced and counted, reaching 12.25% of defective parts of a total of 4032 processed pieces. Most defects could have been avoided from an effective quality control carried out by the operators themselves during the production process and from the standardization of activities. Then, tools such as Pareto chart and the FMEA method were used in the analysis phase to determine levels of prioritization of the faults to be attacked. The project goal, defined in this phase, was to achieve stabilization of the percentage of failures below 2%, with a Sigma level above four. In the improvement phase, actions such as process standardization and automation were implemented, ensuring significant results in terms of waste reduction and process optimization. The control phase was based on metrics established in the project scope, to ensure a control of losses below 2%. From the tenth week, after the beginning of the execution of the actions, it was possible to observe the reduction of the number of failures, however, the goal of 2% was only achieved in the seventeenth week of the project, when the automation of the conveyor belt was reactivated. The techniques used in the Lean Six Sigma DMAIC method have proved to be effective for reducing failures in small industrial plants and the methodology of this work can be used as a guide for future projects in other companies.

Keywords: DMAIC; FMEA; furniture industry; lean six sigma.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fases importantes da melhoria contínua associada à utilização do método DMAIC.	19
Figura 2 - Fases associadas ao FMEA.	26
Figura 3 - FMEA - Processo analítico estatístico: enfoque em uma situação isenta de parâmetros.	27
Figura 4 - Estrutura organizacional da empresa.	33
Figura 5 - Fase 1 da operação de colagem: (a) colagem, (b) corte final e (c) pré-fresamento.	37
Figura 6 - Fase 2 da operação de colagem: (a) fresamento, (b) acabamento do raspador e (c) polimento.	37
Figura 7 - Alimentação da máquinas com peças de MDF.	38
Figura 8 - Macroprocesso da marcenaria.	44
Figura 9 - Máquina coladeira de bordas.	47
Figura 10 - Peça defeituosa - fita destacada.	48
Figura 11 - Cronograma de atividades segundo o ciclo DMAIC.	49
Figura 12 - Nível Sigma antes da implementação das ações.	51
Figura 13 - Diagrama de causa e efeito.	53
Figura 14 - Causas relacionadas ao material utilizado no processo.	55
Figura 15 - Diagrama de causa e efeitos relacionados ao meio ambiente do processo.	56
Figura 16 - Causas relacionadas ao método utilizado no processo.	57
Figura 17 - Causas relacionadas à máquina utilizada no processo.	58
Figura 18 - Causas relacionadas à mão de obra utilizada no processo.	59
Figura 19 - Grupo de rolos pressionadores antes da limpeza.	61
Figura 20 - Recipiente de cola granulada antes da limpeza.	62
Figura 21 - Diagrama de Pareto da avaliação do RPN.	63
Figura 22 - Estação de trabalho do processo de colagem de bordas.	66
Figura 23 - Layout da marcenaria.	67
Figura 24 - Limpeza e alinhamento dos rolos pressionadores.	68
Figura 25 - Limpeza do reservatório de cola granulada.	68
Figura 26 - Esteira do sistema de retorno.	69

Figura 27 - Armário individual para bancadas.	70
Figura 28 - Organização de ferramentas e materiais de uso contínuo.	71
Figura 29 - Caixa para consumíveis (parafusos e fixadores).	72
Figura 30 - Quadro de gestão à vista.	74
Figura 31 - Cartão visual do POP.	75
Figura 32 - Peças produzidas x Percentual de falhas.	78
Figura 33 - Treinamento da liderança e de operadores.	79
Figura 34 - Gráfico de controle antes da implementação das ações de melhoria.	83
Figura 35 - Gráfico de controle após a implementação das ações de melhoria.	86

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Equipe de projeto	43
Quadro 2 - Diagrama SIPOC do projeto.	46
Quadro 3 - 5W1H do projeto de melhoria do processo de colagem de bordas	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação entre os níveis sigma, defeitos por milhao e rendimento do processo	21
Tabela 2 - Distribuição da força de trabalho da empresa	32
Tabela 3 - Pontuação dos oito tipos de desperdícios segundo a escala Saaty	45
Tabela 4 - Maiores defeitos acumulados em 2020	45
Tabela 5 - Nível Sigma da etapa de medição	51
Tabela 6 - Avaliação do FMEA	60
Tabela 7 - Cálculo do nível Sigma	76
Tabela 8 - Comparação do nível Sigma	77
Tabela 9 - Dados da carta u antes da implementação das ações de melhoria	82
Tabela 10 - Dados da carta u após a implementação das ações de melhoria	84

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	LOCALIZAÇÃO DO PROBLEMA E RELEVÂNCIA	13
1.2	MOTIVAÇÃO	14
1.3	OBJETIVOS	15
1.4	DELIMITAÇÃO DO TRABALHO	16
1.5	CONTRIBUIÇÕES	16
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1	METODOLOGIA <i>LEAN SIX SIGMA</i>	17
2.2	O MÉTODO DMAIC E AS SUAS FASES	19
2.3	FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS E DA QUALIDADE	22
2.4	APLICAÇÕES DO <i>LEAN SIX SIGMA</i> DMAIC NA INDÚSTRIA	28
2.5	CASOS DE SUCESSO NO SEGMENTO MOVELEIRO	29
3	ESTUDO DE CASO	32
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	32
3.2	ABORDAGEM METODOLÓGICA	40
3.3	PORQUE O MÉTODO LSS DMAIC FOI ESCOLHIDO?	41
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4.1	ATIVIDADES REALIZADAS NA ETAPA DEFINIR	42
4.2	ATIVIDADES REALIZADAS NA ETAPA MEDIR	50
4.3	ATIVIDADES REALIZADAS NA ETAPA ANALISAR	52
4.4	ATIVIDADES REALIZADAS NA ETAPA MELHORAR	62
4.5	ATIVIDADES REALIZADAS NA ETAPA CONTROLAR	72
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	87
5.1	CONCLUSÕES	87
5.2	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	88
	REFERÊNCIAS	89
	APÊNDICE A – TERMO DE ABERTURA DE PROJETO	93
	APÊNDICE B – INSTRUÇÃO DE TRABALHO DO PROCESSO DE COLAGEM DE BORDAS	97

APÊNDICE C – INSTRUÇÃO DE TRABALHO DO PLANO DE

MANUTENÇÃO PREVENTIVA DA MÁQUINA

COLADEIRA DE BORDAS 98

1 INTRODUÇÃO

1.1 LOCALIZAÇÃO DO PROBLEMA E RELEVÂNCIA

A crescente concorrência entre as organizações e o aumento da globalização dos mercados fizeram com que a utilização de ferramentas e técnicas de melhoria contínua, para a obtenção de sucesso dos negócios nas empresas, se tornasse peça fundamental para garantir o bom desempenho operacional. O método *Lean Six Sigma* (LSS), também conhecido por *Lean Seis Sigma*, integra as diferentes estratégias para a melhoria dos negócios, seja nos setores de serviços ou de manufatura, com o objetivo de aumentar os níveis de satisfação do cliente no mercado competitivo a que a organização pertence. Neste contexto, as organizações vêm desenvolvendo esforços no sentido de reduzir custos, por meio da diminuição de defeitos e variações de seus processos e produtos, para obter melhores resultados finais do que seus concorrentes (KUMAR; SINGH; BHAMU, 2021).

A indústria moveleira na América Latina apresenta uma baixa produtividade, principalmente quando comparada com outras empresas do segmento no mercado internacional (GALINARI; JÚNIOR; MORGADO, 2013). O baixo desempenho no que se refere à inovação, a baixa qualificação da mão de obra e a falta de ganhos de produtividade são as principais causas. Aliado a isso, o setor reúne características como elevada utilização de insumos de origem natural e emprego relativamente intensivo de mão de obra. Dados da Pesquisa Industrial Mensal produzido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021) apontam uma redução na produção de móveis, imposta principalmente pela alta da inflação no período. Este cenário demonstra a necessidade demandada pelas indústrias do setor no sentido de desenvolver iniciativas de redução de desperdícios e custos e de obter ganhos de produtividade para se tornarem competitivas.

A integração das filosofias *Lean* e *Six Sigma* tem sido vista como uma metodologia de melhoria de negócios (PEPPER; SPEDDING, 2010). Essa integração surge através da combinação do DMAIC (*define, measure, analyse, improve, control*) com os esforços para reduzir a quantidade de defeitos e a variabilidade nos processos, aliados à padronização das atividades do processo e redução de desperdícios (TENERA; PINTO, 2014). Com o sucesso obtido pela Motorola com a utilização do *Six Sigma*, o método DMAIC tornou-se popular entre as indústrias que visam a melhoria contínua da qualidade de seus processos. O DMAIC é uma metodologia sistemática que é uma sigla para definir, medir, analisar, controlar e melhorar, por meio de

inspeção regular (C.R; THAKKAR, 2019), ou seja, através da checagem periódica dos processos, de equipamentos e de produtos, com o objetivo de identificar se as condições para execução das tarefas estão em conformidade com os padrões estabelecidos previamente.

As linhas de produção em qualquer processo industrial são compostas dois ou mais processos que estão fortemente correlacionados. Cada um desses processos atua como fornecedor e cliente interno, entregando e recebendo componentes ou serviços que precisam atender determinados requisitos de qualidade de modo satisfatório. Para avaliar a necessidade de melhorar o desempenho dos processos, convém examinar os resultados dos produtos ou serviços de cada um dos processos (LOGIUDICE; PACCHINI; LUCATO, 2021).

As ferramentas da qualidade e métodos utilizados para a melhoria são diversas, existindo centenas disponíveis no mercado, contudo, nem sempre a obtenção da melhoria e alcance de uma melhor eficiência implica na utilização de ferramentas e métodos de forma isolada, mas sim, um conjunto delas (SILVA, 2020). Outro ponto importante é que, uma vez que os processos atingem determinada maturidade, muitos dos problemas considerados de fácil solução passam a não existir, restando apenas aqueles problemas mais complexos, que necessitam de uma análise mais aprofundada, com enfoque no problema e na solução de forma assertiva, e do envolvimento e capacitação de colaboradores para tal.

Este trabalho propõe um passo a passo, envolvendo a aplicação do ciclo DMAIC para reduzir os defeitos na fabricação de móveis, especificamente no processo de colagem de bordas de peças de *medium-density fiberboard* (MDF), de uma indústria moveleira de pequeno porte localizada na Região Metropolitana do Recife. Nele, apresenta-se uma revisão teórica sobre os conceitos, métodos, procedimentos, etapas e ferramentas utilizadas na aplicação do LSS e DMAIC. Espera-se que os resultados, discussão e conclusão desse trabalho ajudem a promover a utilização da abordagem LSS e do DMAIC nas indústrias brasileiras de pequeno e médio porte. Desta forma, visa-se reduzir desperdícios, alcançar ganhos de produtividade, com impacto na economia de energia e utilização de recursos naturais, aumentar a percepção de qualidade pelo cliente, e, conseqüentemente, melhorar a satisfação do mesmo.

1.2 MOTIVAÇÃO

As pequenas e médias empresas (PMEs) são muito importantes para as economias nacionais. Quase 3,3 milhões de empregos são necessários todos os meses para absorver a força de trabalho crescente nos mercados emergentes até 2030 (SME Finance Forum, 2019).

É comum que as PMEs apresentem desvantagens em relação às grandes empresas, como dificuldade de produção em larga escala ou compra de matéria-prima em volume. O fato de muitas PMEs não terem uma visão de redução de desperdícios também contribui para uma posição desfavorável, uma vez que as flutuações do mercado e perdas financeiras tornam essas organizações mais vulneráveis. Nesse caso específico, a indústria moveleira de pequeno e médio portes na região sofre com segmentação, variando seu faturamento com o poder de compra da população e com o comportamento de alguns setores da economia, como o de prestação de serviços e da construção civil.

Considerando esse cenário, a melhoria contínua das operações de qualquer organização, mas, em particular, as PMEs que almejam a sua manutenção no mercado e buscam a satisfação dos seus clientes, deixou de ser uma opção e tornou-se uma necessidade. Diante desse desafio, o LSS surge como uma metodologia que agrupa a utilização de diversas ferramentas da qualidade, orientando os diferentes estágios do projeto de melhoria, aliadas ao uso de ferramentas estatísticas para análises mais detalhadas dos defeitos, fazendo com que as causas raízes dos problemas possam ser atacadas de forma mais assertiva.

1.3 OBJETIVOS

Objetivo geral

Aplicar a metodologia DMAIC para controlar a taxa de falhas e analisar as oportunidades de melhoria do processo de colagem de bordas de uma indústria de móveis localizada na região metropolitana de Recife - PE e propor uma sequência de operações para ser utilizada em qualquer organização de pequeno e médio porte e, mais especificamente de fabricação de móveis, que pretenda reduzir defeitos de processo e aumentar a sua produtividade.

Objetivos específicos

- Definir a metodologia para condução do estudo de caso proposto;
- Desenvolver e implementar, na empresa onde foi realizado o estudo de caso, um modelo passo a passo específico de melhoria contínua envolvendo a aplicação do DMAIC;
- Reduzir a taxa de falhas do processo de colagem de bordas da fábrica estudada para 2%

e nível sigma para 4.

1.4 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

A aplicação do programa LSS pode ser realizada nos diversos setores da indústria e de serviços, entretanto, este estudo restringe-se a aplicação do método DMAIC para reduzir as taxas de falhas e variabilidades do processo, especificamente, no setor de colagem de bordas da marcenaria de uma indústria moveleira, onde também se aplicou a padronização do processo visando a redução de desperdícios. O trabalho está concentrado na redução de defeitos por milhão de oportunidades (DPMO), inicialmente desconsiderando defeitos oriundos de processos anteriores e posteriores ao da colagem de bordas e, portanto, está fora da pesquisa a análise de defeitos que extrapolam o processo estudado, alimentando ou sendo alimentado por clientes internos.

O projeto foi realizado em 25 semanas, tempo relativamente curto para extrair informações acerca das medições sobre o desempenho após as melhorias. A fase de controle, realizada em aproximadamente 15 semanas, não possibilitou obter informações sobre as reclamações de clientes acerca da qualidade dos produtos fornecidos após o projeto, as métricas utilizadas não são suficientes para quantificar o impacto das mudanças na percepção dos clientes sobre o produto, bem como avaliar os lucros após a entrega, mesmo com uma evidente e imediata melhoria da qualidade, produtividade e redução de perdas de matéria-prima.

1.5 CONTRIBUIÇÕES

No que se refere a tarefa de utilização de metodologias e ferramentas de melhoria de processos, uma análise da literatura leva a concluir que a farta variedade de técnicas de melhoria no controle das perdas pode, por vezes, dificultar a escolha da técnica a ser utilizada. Neste sentido, este trabalho propõe a utilização de ferramentas específicas do LSS através do ciclo DMAIC, adequadas para aplicação em um processo específico de uma marcenaria, tornando-se um passo a passo para implementação, e que pode ser facilmente empregado nos demais setores da organização ou em empresas de outros segmentos. Portanto, o desenvolvimento do passo a passo propõe superar as dificuldades encontradas na escolha da metodologia a ser utilizada em empresas de pequeno e médio portes, quando o objetivo é melhorar os seus processos em períodos curtos de tempo e com custos relativamente baixos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 METODOLOGIA LEAN SIX SIGMA

Os desafios econômicos contemporâneos exigem dos gestores uma busca contínua por estratégias de negócios eficientes a fim de obterem maior competitividade. Nota-se uma procura crescente por métodos de administração que ofereçam melhorias para os serviços e/ou produtos ofertados ao público-alvo, bem como melhorar os procedimentos internos, reduzir gastos, ampliar o rendimento dos recursos financeiros, fidelizar o cliente, entre outros atributos importantes para a manutenção e o crescimento organizacional. Neste contexto, há dois mecanismos de gestão extremamente relevantes para os gestores utilizarem no cotidiano organizacional: *Lean Manufacturing* e *Six Sigma*. O *Lean Manufacturing* trata-se de um instrumento com ênfase especial para o corte de perdas – desperdícios – no dia-a-dia da organização, por meio de procedimentos simplórios e aparentes. A ferramenta *Six Sigma* possui a finalidade principal de controlar e diminuir a quantidade excessiva de processos, por meio de mecanismos estatísticos (PAMFILIE; PETCU; DRAGHICI, 2012).

A integração entre *Lean Manufacturing* e *Six Sigma* resulta em um conjunto de estratégias denominado por *Lean Six Sigma* (LSS), cujo método visa elevar o potencial de melhorias, pois um instrumento é capaz de complementar o outro, com foco para o aumento de eficiência em procedimentos associados à gestão e êxito das atividades organizacionais. Este processo integrativo ocorreu por meio da coalizão de seus recursos e diretrizes, juntamente com a utilização do método DMAIC – definição; mensuração; análise; melhoria; controle. Portanto, o LSS, com o apoio do método DMAIC, é capaz de unir forças a fim de diminuir problemas – defeitos – em produtos e/ou serviços, além de reduzir a quantidade excessiva de processos. Em paralelo, esta valiosa integração também contribui para a simplicidade e a normatização das etapas relacionadas aos procedimentos diários da organização. Através de sua utilização é possível diminuir gastos desnecessários em diversos setores – ambiente interno e externo da organização (CHENG; CHANG, 2012).

Existe uma tendência de utilização do método DMAIC em contextos associados a gestão de projetos como soluções únicas de processo de melhoria para procedimentos organizacionais. As atividades que envolvem o *Six Sigma* tratam-se de programas desenvolvidos a fim de criar uma solução exclusiva, assim como ocorre no gerenciamento de projetos, considerando-se a enorme aptidão integrativa associada ao método DMAIC e às atividades

particulares em um processo de gerenciamento em projetos. Neste caso, o foco do método DMAIC está na busca por resultados positivos, levando-se em consideração as tomadas de decisão pré-estabelecidas por meio de informações consistentes, além de parâmetros da gestão de projetos, cuja integração oferece o caminho mais eficaz para a devida execução (TENERA; PINTO, 2014).

Ao incorporar as fases associadas ao método DMAIC, os gestores recebem a possibilidade de aplicar medidas com maior eficácia e atingir os resultados desejados. O método DMAIC visa a padronização dos processos, funcionamento adequado dos equipamentos e a segurança da operação (QU; MA; ZHANG, 2011). Neste âmbito, a aplicação da ferramenta *Six Sigma* é relevante, pois proporciona: capacitação sobre a mensuração estatística dos processos a fim de elevar a eficiência de soluções a médio e/ou longo prazo; integração de fases e mecanismos estáveis que visam a melhoria sobre os processos; capacitação referente à alterabilidade com a finalidade de diminuir impactos imprevisíveis; tomadas de decisão com base em informações e avaliações com maior consistência, a fim de reduzir a subjetividade no processo decisório da organização.

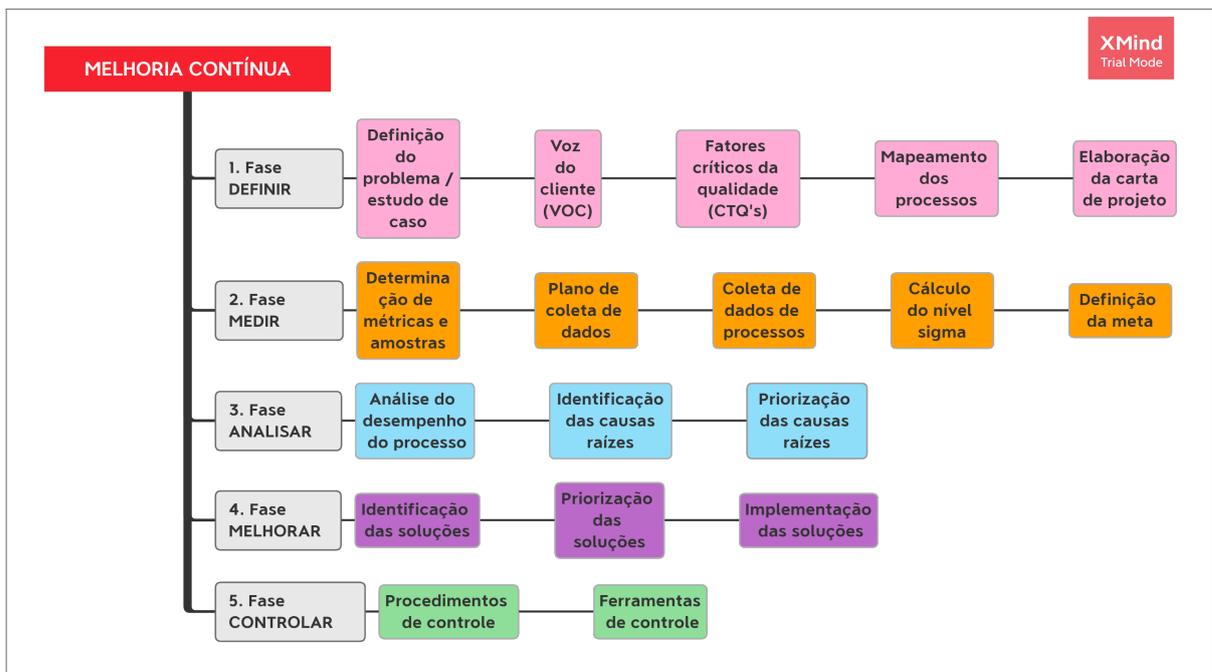
Em relação aos conceitos estabelecidos em *Lean Manufacturing*, verificam-se diversos obstáculos envolvidos nas etapas de planejamento, desenvolvimento e aplicação. Nesse sentido, uma das recomendações viáveis é a análise de fluxo, a fim de detectar a ocorrência de questões negativas e situações conflituais, bem como os seus agentes causadores. Após realizar este procedimento analítico sobre a situação presente, é recomendável desenvolver, na sequência, uma segunda análise com a finalidade de verificar as etapas da inspeção de fluxo realizada, desta vez, observando os impactos no médio e longo prazos, incluindo todas as melhorias pré-definidas na primeira análise, com o devido gerenciamento.

Ainda há um longo caminho para percorrer em relação aos estudos que visam o processo integrativo entre LSS e o método DMAIC, com foco na melhoria contínua de procedimentos associados à gestão de negócios. As fases importantes da melhoria contínua associada à utilização do método DMAIC seguem uma sequência padrão, em que a definição sobre a saída em cada fase é estabelecida por meio de mecanismos e metodologias peculiares, os quais são designados conforme o contexto geral dos processos envolvidos, conforme pode ser visto na Figura 1 (TENERA; PINTO, 2014).

O estudo desenvolvido por Tenera e Pinto (2014) sugeriu a aplicação da metodologia LSS com enfoque no processo para melhoria referente ao gerenciamento em projetos, com o suporte do método DMAIC e integração de um grupo de instrumentos estatísticos,

considerando-se a origem das variáveis primordiais em gerenciamento dos projetos, bem como nos processos abrangidos. Com base nas conclusões dos autores, verificou-se que, por meio das técnicas e estratégias proporcionadas pelo LSS, a melhoria referente aos procedimentos em atividades com estabilidade no gerenciamento em projetos pode ser atingida por meio da detecção e análise contínua das chances associadas à melhoria, tanto em procedimentos, quanto em tomadas de decisão com maior eficácia, com o objetivo de oferecer sucesso para a organização, especialmente na diminuição de eventuais perdas em cada processo. Os autores também afirmam nesta pesquisa que os instrumentos tradicionais do LSS podem ser utilizados – e sofrer adaptações – com a finalidade de ampliar a melhoria formal.

Figura 1 – Fases importantes da melhoria contínua associada à utilização do método DMAIC.



Fonte: Adaptado de (TENERA; PINTO, 2014).

2.2 O MÉTODO DMAIC E AS SUAS FASES

Um processo pode ser definido como o agrupamento de operações que, atuando conjuntamente, geram como resultado o produto ou serviço esperado pelo cliente. Estes procedimentos são, de forma característica, uma organização de operações de trabalho por meio do lógico temporal. Estas operações contam com um princípio, uma conclusão e um agrupamento nitidamente estabelecido como meio de entrada e meio de saída. Ou seja, um processo é a operacionalização de como uma instituição executa suas inúmeras etapas de trabalho, tendo

como finalidade adquirir certo propósito para certo consumidor, seja ele um cliente fixo ou não. Estes agrupamentos de operações ou atribuições são organizados em uma ordem de tempo e espaço, com um propósito estabelecido que tende a modificar os mecanismos ou meio de acesso, agregando valor, mediante estas modificações, assim sucedendo em investimentos e intervenções para atender indivíduos que possam usar os serviços e para clientes (RODRIGUES, 2016). A administração desses processos consiste em facilitar e estimular o seu desempenho, isto é, auxiliar para que ele transcorra de forma apropriada, ou seja, da forma previamente estabelecida (PAVANI; SCUCUGLIA, 2011) (ORLANDO E SCUCUGLIA, 2011).

A melhoria dos processos, tendo como apoio a ferramenta *Six Sigma*, tem como propósito acrescentar importância aos procedimentos, com foco na satisfação dos clientes e a diminuição das despesas de processamento. Dentre os mecanismos utilizados no processo introdutório da ferramenta *Six Sigma*, o mais operado é o método DMAIC, este sendo uma das chaves para o êxito da ferramenta *Six Sigma* (RODRIGUES, 2016). O objetivo da utilização do *Six Sigma*, DMAIC é focar no processo e reduzir a sua variação. Com essa abordagem, espera-se que o processo passe a ter "zero defeitos" ou 3,4 defeitos por milhão de oportunidades (DPMO). Na Tabela 1, apresenta-se a comparação de diferentes níveis sigma em diferentes DPMO.

Tabela 1 – Relação entre os níveis sigma, defeitos por milhão e rendimento do processo

Sigma	Defeitos por milhão	Rendimento
6	3,4	100%
5	233	99,977%
4	6210	99,379%
3	66807	93,320%
2,5	158655	84,100%
2	308538	69,100%
1,5	500000	50,000%
1,4	539828	46,000%
1,3	579260	42,100%
1,2	617911	38,200%
1,1	655422	34,500%
1	691462	30,900%
0,5	841345	15,900%
0	933193	6,700%

Fonte: Adaptado de (YADRIFIL; SEPTYANTI; RUS, 2020).

Existem várias ferramentas utilizadas pelas organizações para a melhoria contínua de seus processos. Dentre as mais utilizadas, observa-se na literatura o círculo de Deming, que na melhoria contínua define o ciclo sem fim em quatro etapas: Planejar, Fazer, Checar e Agir (PDCA) (BUSHNELL, 1992). Contudo, outras técnicas mais robustas tem ganhado espaço, como o DMAIC e Fords 8D (MARTIN; OSTERLING, 2014).

O DMAIC é uma metodologia fundamentada em informações e no emprego de técnicas estatísticas para alcançar soluções (WERKEMA, 2012). O método DMAIC é bastante empregado para oferecer um melhoramento para artigos, procedimentos ou encargos (HAMALI et al., 2018). O processo DMAIC requer muito planejamento, pois um bom planejamento torna a execução mais curta e reduz a probabilidade de erros. A seguir, descreve-se cinco fases no processo DMAIC.

- Definir: definir o problema a ser resolvido, quem é afetado por ele e qual objetivo esperamos do projeto;
- Medir: observar o estado atual e medi-lo quantitativamente, levantando potenciais causas

dos problemas identificados e coletando dados;

- Analisar: estudar os dados medidos para entender as causas-raiz e as origens da variabilidade e dos defeitos;
- Melhorar: decidir qual proposta continuar, testá-la e executar a solução;
- Controle: monitorar os resultados alcançados e estabelecer controles para garantir a sustentabilidade dos resultados.

2.3 FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS E DA QUALIDADE

SIPOC

Um diagrama SIPOC é uma ferramenta usada pela equipe para identificar todos os elementos relevantes de um projeto de melhoria de processo antes de iniciar o trabalho. Ele ajuda a definir um projeto complexo que pode não ter um escopo bem definido e é normalmente empregado na fase de MEDIR da metodologia *Six Sigma DMAIC*. Possui características semelhantes ao mapeamento de processos mas fornece detalhes adicionais. O nome da ferramenta faz referência aos fornecedores (o "S" de *Suppliers*) do processo, as entradas (o "I" de *Input*) do processo, o processo (o "P" de *Process*) que a equipe visa melhorar, as saídas (o "O" de *outputs*).

5W1H

O 5W1H é uma importante ferramenta para descrever planos de ação, principalmente na área produtiva, onde, normalmente, há necessidade de execução das ações em um curto espaço de tempo. O plano deve ser estruturado de maneira que permita a identificação de cada etapa necessária para a implementação das ações. A sigla 5W1H significa:

- **WHAT** - O que será feito (etapas);
- **WHY** - Por que a tarefa deve ser executada (justificativa);
- **WHERE** - Onde cada etapa será executada (local);
- **WHEN** - Quando cada tarefa deverá ser executada (tempo);

- *WHO* - Quem realizará cada uma das tarefas (responsável);
- *HOW* - Como será realizada cada tarefa (método); []

Este método é muito fácil e, com sua simplicidade, pode levar a novas ideias de melhoria. Ao analisar a situação atual e os métodos usados na fabricação, a análise do elemento de trabalho pode ser usada em quase todas as áreas (SUHARDI; ANISA; LAKSONO, 2019). Qualquer trabalho pode ser dividido em elementos menores para que o trabalho possa ser analisado com mais detalhes. Ao compreender os elementos que compõem um trabalho, podemos identificar os desperdícios e os fluxos de trabalho ideais.

Análise de Modo e Efeito de Falha (FMEA)

Devido ao crescimento constante da competitividade do mercado, nota-se o importante papel dos gestores em assegurar êxito em cada serviço e/ou produto lançado, de maneira que estes apresentem um desempenho eficiente. Em contraponto, a ausência de um gerenciamento eficaz sobre os processos possibilita a ocorrência de problemas durante a utilização dos serviços e/ou produtos ofertados pelas organizações, e esta situação torna-se grave para os gestores, pois acarretam prejuízos financeiros, desperdício de tempo e energia dos envolvidos, além de prejudicar um planejamento desenvolvido com muita dedicação por semanas – ou meses. Nesse sentido, constata-se que o setor responsável por desenvolver produtos possui um papel fundamental para a manutenção e o crescimento da organização no mercado. Portanto, a organização que visa a melhoria contínua dos seus processos e de seus produtos e/ou serviços deve conceder atenção especial dos gestores às equipes que desenvolvem trabalhos (TONDIN; BARBOSA, 2017). Essas equipes são consideradas vitais para a manutenção da organização no ambiente mercadológico.

Nesse sentido, é importante destacar a importância dos conceitos associados à análise de modo e efeitos de falha potencial (*failure mode and effect analysis* - FMEA) que, em português, é denominado por Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial. Inicialmente, a presente pesquisa ressalta o conceito fundamental a seguir:

A metodologia de Análise do Tipo e Efeito de Falha, conhecida como FMEA (do inglês *Failure Mode and Effect Analysis*), é uma ferramenta que busca, em princípio, evitar, por meio da análise das falhas potenciais e propostas de ações de melhoria, que ocorram falhas no projeto do produto ou do processo. Este é o objetivo básico desta técnica, ou seja, detectar falhas antes que se produza uma peça e/ou produto. Pode-se dizer que, com sua

utilização, se está diminuindo as chances do produto ou processo falhar, ou seja, estamos buscando aumentar sua confiabilidade. Esta dimensão da qualidade, a confiabilidade, tem se tornado cada vez mais importante para os consumidores, pois, a falha de um produto, mesmo que prontamente reparada pelo serviço de assistência técnica e totalmente coberta por termos de garantia, causa, no mínimo, uma insatisfação ao consumidor ao privá-lo do uso do produto por determinado tempo (FMEA, 2019).

De acordo com Tondin, Dreger e Barbosa (2017), o FMEA, trata-se de uma metodologia de análise, responsável pela busca e eliminação de obstáculos latentes no ambiente organizacional, especial, em relação aos processos associados ao desenvolvimento de serviços e/ou produtos. Adotar esta metodologia é essencial para a manutenção das organizações no mercado, afinal, sua principal função é avaliar a regularidade esperada da ocorrência de determinados tipos de falhas nos equipamentos e suas implicações.

cada vez mais são lançados produtos em que determinados tipos de falhas podem ter consequências drásticas para o consumidor, tais como aviões e equipamentos hospitalares nos quais o mal funcionamento pode significar até mesmo um risco de vida ao usuário. Com a utilização do FMEA é possível antecipar as falhas sistêmicas (desde as mais leves às mais críticas), assim como seu efeito sobre o conjunto. Dessa forma, o método possibilita minimizar a ocorrência de falhas potenciais e por consequência evitar seus efeitos (FMEA, 2019).

É possível utilizar o FMEA como um mecanismo de gerenciamento, assim como um processo, ou até mesmo um guia para instruir os profissionais envolvidos sobre o devido procedimento por etapas, a fim de obter a máxima padronização possível em um procedimento. Enquanto mecanismo de gerenciamento, considera-se que o FMEA é um instrumento com risco em grau bastante reduzido, e com alto nível de eficiência para medidas preventivas em relação à problemas latentes. Sob o ponto de vista de um processo, esse instrumento promove uma importante estrutura, a fim de conduzir as fases associadas ao processo produtivo. E, finalmente, deve ser utilizado pelos profissionais envolvidos desde a fase de lançamento do produto, mantendo o uso deste importante documento como um guia constante. É importante ressaltar que o FMEA é utilizada por organizações em diversos segmentos, por exemplo, na indústria de móveis, em que muitos estudos indicam sucesso desta metodologia para atender as demandas e necessidades produtivas destas indústrias (LUZ et al., 2010).

Por meio desta importante ferramenta para o segmento industrial, é possível aumentar a relação de confiança com o cliente, uma vez que as medidas preventivas promovidas pelo FMEA oferecem a possibilidades reais de redução ou eliminação de todas as falhas possíveis antes do produto e/ou serviço ser entregue ao cliente de forma definitiva. Com os indicadores

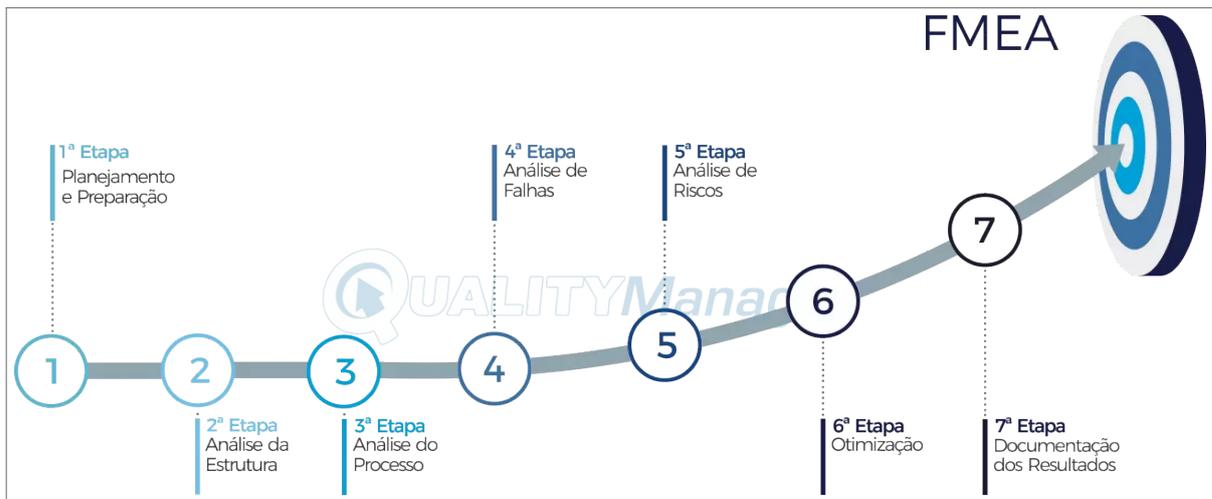
oferecidos por este mecanismo de gerenciamento, os problemas latentes ficam em evidência e, desta maneira, torna-se possível corrigir todos os problemas, especialmente, àqueles que apresentam maior risco para o cliente. Diagnosticar problemas latentes de forma preventiva reduz a probabilidade de falhas quanto ao produto ofertado e, conseqüentemente, por meio de uma experiência absolutamente positiva, o cliente fica satisfeito, gerando uma relação de confiança com a marca da indústria (ROZENFELD et al., 2012).

O aumento de confiança envolve, obrigatoriamente, o diagnóstico de eventuais falhas, bem como a inclusão de medidas preventivas para impedir que tais problemas ocorram após o produto ser entregue para a utilização do cliente. Neste cenário, o FMEA exerce um papel fundamental, desde a criação do produto, até a fase final de entrega para o mercado (TONDIN; BARBOSA, 2017). Ao usar este instrumento de gerenciamento e controle para o desenvolvimento de produtos, os gestores industriais conseguem obter êxito em relação à triagem de casos realmente críticos. O FMEA mostra-se como uma funcionalidade fundamental para diminuir gastos desnecessários (ANJOS et al., 2012).

Mesmo sabendo-se que o FMEA trata-se de um instrumento de conceitos simples, ausente de atributos estatísticos complexos, constata-se que é essencial o uso desta ferramenta por profissionais qualificados, isto é, devidamente treinados e com capacitação desejável para a devida utilização, além de ser absolutamente essencial também a sistematização de processos responsáveis pela identificação de eventuais problemas. O FMEA é apoiado por uma análise eficaz, capaz de indicar os agentes causadores e, por consequência, solucionar tais obstáculos dentro do processo produtivo industrial (RECH; ANZANELLO; DUTRA, 2013).

As fases associadas à execução do FMEA podem ocorrer de maneira independente, porém, o ideal é que haja a integração das fases e dos profissionais envolvidos com a finalidade de aumentar a probabilidade de êxito, tanto na detecção de problemas, quanto em medidas preventivas contra eventuais falhas de produção. No esquema da Figura 2 (FMEA, 2019), apresentam-se as fases da execução do FMEA.

Figura 2 - Fases associadas ao FMEA.

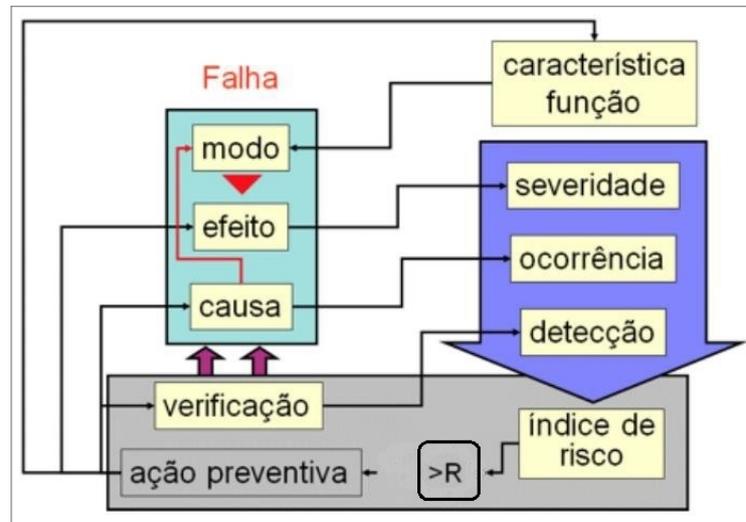


Fonte: (FMEA, 2019).

A aplicação da metodologia FMEA consiste na utilização de uma escala de pontuação estabelecida da seguinte forma: avaliação entre nota um até nota dez, em que a nota um representa o mais baixo grau de relevância em relação ao problema detectado, enquanto a nota dez representa o mais alto grau de relevância referente à falha diagnosticada, dessa forma, pode-se mensurar o nível de gravidade sobre os problemas identificados, além de avaliar o nível de potencial para que tais falhas ocorram e, por fim, o nível de potencial de ausência sobre a identificação referente à cada problema latente. Seguidamente, são multiplicadas as notas destes indicadores, e o resultado definirá o grau de prioridade vs risco - cuja nomenclatura é conhecida por *risk priority number* (RPN) -, com o objetivo de mensurar o nível crítico de cada problema latente no processo produtivo (TONDIN; BARBOSA, 2017).

Em relação às medidas para melhoria, estas devem ser protocoladas por meio de um formulário referente ao FMEA e também devem ser definidos os profissionais envolvidos, juntamente com o prazo para a devida execução. Em seguida, inicia-se um novo procedimento, a fim de mensurar novas avaliações - novas notas - quanto aos critérios de gravidade, frequência e identificação, e conseqüentemente, calcula-se um novo grau de prioridade vs risco, ou seja, um novo RPN. Por meio da Figura 3, é possível verificar o processo analítico estatístico, com enfoque em uma situação isenta de parâmetros sobre os dados de um formulário referente ao FMEA (ROZENFELD et al., 2012).

Figura 3 – FMEA - Processo analítico estatístico: enfoque em uma situação isenta de parâmetros.



Fonte: (LAURENTI; ROZENFELD; FRANIECK, 2012).

Diagrama de Ishikawa

O diagrama de causa e efeito é uma ferramenta comum em projetos de melhoria. Também é conhecido como diagrama de Ishikawa em homenagem ao seu criador, ou como diagrama de espinha de peixe. Essa ferramenta é usada para criar novas ideias como em uma sessão de *brainstorming*, mas de maneira mais equilibrada. É frequentemente usado como entrada para uma análise de regressão. Após identificar a ausência de compatibilidade das falhas e seus efeitos, verifica-se a necessidade de buscar os agentes responsáveis, isto é, as causas que promovem a falta de conformidade no processo analisado. Desta maneira, o uso do esquema analítico de Ishikawa torna-se bastante eficaz para atingir os pré-requisitos mínimos associados à qualidade produtiva, cujo papel é, ao mesmo tempo, o efeito e a principal finalidade deste diagrama (TONDIN; BARBOSA, 2017). A seguir, (XERPAY, 2020) elenca sete etapas relevantes para construir o diagrama de Ishikawa de acordo com o contexto de produção de cada organização:

- Identifique e defina o problema que será analisado.
- Convoque a equipe envolvida na questão para a realização de um *brainstorm* (chuva de ideias). É neste momento que serão discutidos todos os pontos relacionados ao problema.
- Tenha uma pessoa responsável por organizar a conversa e consolidar todas as informações que forem faladas em reunião. Esse colaborador ficará encarregado de abordar cada um dos 6M's previstos pelo Ishikawa, desde que se aplique ao problema em questão.

- Faça o desenho do diagrama em um local de fácil visualização para todos os presentes. Isso ajuda a enxergar mais facilmente a origem do problema.
- Elenque as causas encontradas em cada categoria e analise uma por vez. Entenda o que levou cada uma delas a acontecerem.
- Provavelmente, um desses pontos terá um maior impacto no problema que está sendo analisado. Por isso, é importante classificar a ordem de importância.
- Com as causas analisadas, encontre melhores processos e estude soluções para resolver cada um dos pontos.

2.4 APLICAÇÕES DO *LEAN SIX SIGMA* DMAIC NA INDÚSTRIA

Existem muitos exemplos de implementação da abordagem LSS em uma indústria de manufatura. Mais concretamente, as pequenas e médias empresas constituem o grosso da maior contribuição para todas as economias do mundo, especialmente na Europa (ANTONY; KUMAR; MADU, 2005). Alguns casos de sucesso da aplicação da metodologia *Six Sigma* são emblemáticos. O pioneirismo do caso da Motorola lançado 1987 proporcionou benefícios iniciais significativos e a implementação do programa proporciona para a companhia a vitória do Prêmio Malcolm Baldrige em 1988, conhecido por ser um prêmio que visa aumentar a conscientização sobre a gestão da qualidade e reconhecer formalmente as empresas dos Estados Unidos. A empresa Motorola foi capaz, por meio da ferramenta *Six Sigma*, alcançar objetivos de aprimoramento, naquela época sendo julgados como inalcançáveis (PANDE ROBERT P. NEUMANN, 2014). No início dos anos 80, a finalidade da empresa era, em dez vezes mais, conseguir um aprimoramento no período de até 60 meses, ou, cinco anos, contudo, a ideia foi absolutamente impedida por uma nova finalidade, esta sendo um aprimoramento de 10 vezes mais a cada 24 meses. Logo, em menos de um período de, aproximadamente, 20 anos, os rendimentos foram: ganhos de até quase 20 por cento por ano, uma condição econômica beirando 14 bilhões em moeda americana e crescimento do valor de títulos.

De acordo novamente com Pande et al. (2014), durante os anos 90, a empresa General Electric - GE - pôs em ação a ferramenta *Six Sigma*, aplicando, em torno, de 450 milhões em moeda americana para capacitar mais de 65 mil parceiros. A General Electric já detinha de capital, contudo, a companhia utilizou da ferramenta *Six Sigma* para adquirir mais consolidação

e aproveitou para melhorar certos assuntos elaborados pela empresa Motorola, logo adquirindo uma devolução de um bilhão e meio em moeda americana no fim dos anos noventa, e manteve a expectativa de ganhar, aproximadamente, cinco bilhões em moeda americana nos próximos dez anos.

A empresa Allied Signal/Honeywell inicializou com a ferramenta *Six Sigma* por volta de 1990, e, ao final de dez anos, a empresa foi capaz de economizar aproximadamente 600 milhões em moeda americana por ano, em razão do extenso processo de capacitação de parceiros, utilizando as ferramentas do *Six Sigma* (PANDE ROBERT P. NEUMANN, 2014). A implantação da metodologia *Six Sigma* propiciou a companhia a ter ganhado reconhecimento como a companhia mais múltipla e, também, como a companhia aeroespacial mais apreciada.

Já em território brasileiro, os processos e desfechos atingidos pela empresa Ford no Brasil passou por modificações após a aplicação da ferramenta *Six Sigma*, pois, a Ford tinha como objetivo buscar o contentamento das parcerias e indivíduos consumidores (TERZIAN, 2005). Já para Pinho (2005), no sistema organizativo, cada setor possui, ao menos, um colaborador *black belt*, este sendo encarregado de colocar a ferramenta *Six Sigma* em funcionamento e estipular programas e metas. No setor de Tecnologia da Informação, tendo como exemplo, a ferramenta ocasionou uma gama de vantagens, bem como a diminuição do retrabalho e uma assistência favorável ao consumidor interno da empresa. A Ford, visando o aperfeiçoamento dos procedimentos na companhia, vem capacitando mais grupos de servidores, estes sendo *green belts*, nos setores de confecção e encargos. Neste mesmo setor de Tecnologia da Informação, a média é de 100% de servidores já treinados. Conforme QSP (2005), ainda em território brasileiro, de acordo com informações emitidas do Centro de Qualidade, Segurança e Produtividade para o Brasil e América Latina, inúmeras companhias estão adotando o método da ferramenta *Six Sigma* e obtendo ótimas repercussões. As empresas mais populares tidas como exemplos são: Microsoft; Renner Sayerlack; Redoma Ind. Gráf.; Robert Bosch.

2.5 CASOS DE SUCESSO NO SEGMENTO MOVELEIRO

A confecção de mobílias no Brasil aponta um enorme progresso nas últimas décadas e uma verticalização de aumento incontestável para estes, assim se transformando no epicentro do interesse em diversos setores organizacionais devido à sua capacidade de criar divisões que colaboram para o crescimento de mercadorias exportadas e, também, favorecendo o equilíbrio quanto ao comércio, além de favorecer a oferta de novos serviços, estes sendo direto e in-

diretamente. Na maior parte dos casos, a fábrica de fabricação de móveis se define como a junção de inúmeros procedimentos produtivos, unindo diversos materiais a serem utilizados (MIGUEL, 2007).

Tendo conhecimento do alto crescimento de concorrentes entre as micro companhias, muitas destas companhias vem procurando diversos jeitos para conseguirem se firmar no mercado. Na área de fabricação de móveis, há uma gama de vantagens de aprimoramentos que podem ser arquitetados, contudo, alguns aprimoramentos que dizem respeito à diminuição de desperdícios encontrados nos procedimentos produção da fábrica. A causa destes desperdícios são, normalmente, consequência de uma má gestão básica dos processos de produção (BONATTO, 2015).

Godinho Filho (2005) aponta que uma boa alternativa para assegurar que a companhia não vá à falência é adotar a implantação de instrumentos e conteúdos de Manufatura Enxuta - *Lean Manufacturing* -, desenvolvidos pela Toyota, denominado como Toyotismo, ou, Sistema Toyota de Produção, visto que estes instrumentos garantem uma melhor competência durante a fabricação por meio da supressão de desperdiçamento. Achanga (2019) afirma, contudo, que a adoção de práticas enxutas em micro e médias companhias é altamente difícil, pois estas companhias, geralmente, não têm conhecimento das vantagens que podem obter e as despesas da adoção do método.

É possível salientar algumas causas que influenciam de forma pessimista acerca da conduta na área de fabricação de móveis em um longo período de tempo. Nas principais causas estão: crescimento da inclinação na fabricação de mobílias, mostrando em seu sistema uma contribuição em forma de cascata; demanda de fornecedores experientes em peças de mobiliário; elaboração de padronizações táticas; crescimento da postura informal; e, finalmente, aplicação de capital em estudos de mercado e desenhos industriais irrelevantes.

A implantação dos instrumentos de *Lean Manufacturing*, realizados pelo Governo Federal, em conjunto Programa Brasil Mais Produtivo, possibilitou observar com clareza as vantagens oferecidas pela manufatura enxuta na companhia pesquisada (SPRICIGO, 2014). Sendo assim, é viável relatar que a total finalidade desta pesquisa foi atingida, visto que se apresentou a implantação da ferramenta *Lean Manufacturing*, estando associada à produção, portanto, está associada, também, ao ganho financeiro. Então, presume-se que o trabalho resolveu as inúmeras questões, desde o tópico e problema do estudo até os propósitos peculiares.

Estudos buscam revelar as conclusões da aplicação da ferramenta *Six Sigma* para haver um aprimoramento dos atributos e crescimento da competência dos procedimentos

de fabricação de móveis (SIMANOVA; GEJDOS, 2021). A sua aplicação, segundo as fases do método DMAIC, tem como objetivo a delimitação e conferência do ajuste dos procedimentos de produção de móveis mediante indicadores de capacidade Cp e Cpk, com as conclusões DPMO, eficácia e graus sigma do procedimento. A aplicação foi efetuada em uma empresa privada na área de fabricação de móveis. Uma das conclusões apontadas foi que número de não conformidades no processo analítico anterior e posterior à implementação de ações corretivas para extinguir as divergências e as vantagens da aplicação da ferramenta *Six Sigma*, esta sendo utilizada por um prazo de 90 dias. Para haver a garantia dos atributos e conduta dos processos nas fábricas de móveis, foram adotadas as fases do método DMAIC. Tendo fundamento na averiguação dos elementos das máquinas não presentes no procedimento de produção de móveis e posterior às análises do DPMO, graus de eficácia e graus sigma, é possível obter os resultados cujo procedimento analítico precisa ser melhorado.

3 ESTUDO DE CASO

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A Empresa onde a pesquisa foi desenvolvida está enquadrada no segmento da indústria moveleira. Trata-se de uma empresa de pequeno porte, com faturamento anual médio de dois milhões de reais e, atualmente, conta com 40 funcionários distribuídos na unidade fabril e setor comercial. A fábrica conta com um quadro de 26 funcionários, nas áreas de projeto, planejamento, produção e logística e, os demais funcionários compõem as estruturas administrativa, de arquitetura e de vendas. A Empresa está localizada na município de Jaboatão dos Guararapes, no estado de Pernambuco e iniciou suas operações no final da década de 1990 e, desde então, atende ao mercado de movelaria em MDF e tubos de aço para escritórios, escolas e universidades da Região Nordeste do Brasil. Atualmente, oferece grande variedade de produtos, dependendo da complexidade e material utilizados. Sua produção está dividida em duas linhas de montagem (marcenaria e metalúrgica) que podem produzir até 120 unidades/dia.

A partir dos anos 2000, a empresa realizou investimentos e remodelou o seu processo de produção, aumentando a sua capacidade, focando na fabricação de móveis planejados para escritórios e escolares. Nos anos seguintes, a empresa desmembrou o corpo produtivo de sua loja, localizada em Recife, realizando a mudança para uma área localizada na cidade de Jaboatão dos Guararapes.

O corpo de 40 funcionários da empresa está dividido em 3 setores a partir de uma estrutura em linha: administrativo, operacional e projetos. A distribuição dos colaboradores está descrita na Tabela 2.

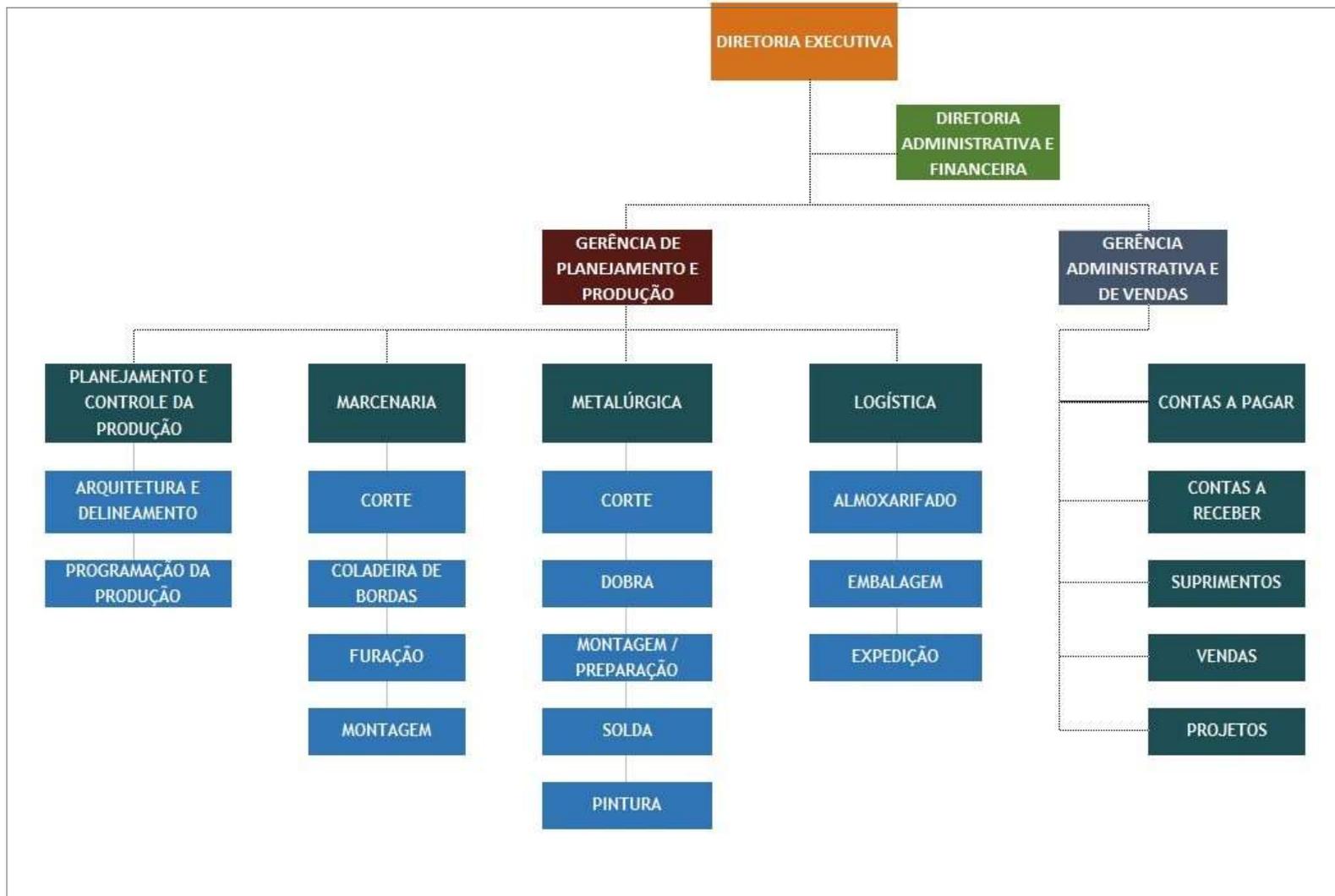
Tabela 2 – Distribuição da força de trabalho da empresa.

TIPO DE TRABALHADOR	QUANTIDADE
Gerentes	2
Profissionais	10
Serviço e suporte administrativo	4
Chão de fábrica e operadores	24

Fonte: Autor.

A estrutura organizacional é mostrada na Figura 4, e divide-se conforme os setores apresentados.

Figura 4 - Estrutura organizacional da empresa.



Fonte: Autor.

O produto

A empresa possui uma ampla linha de produtos padronizados e produz mobiliário projetado. Para o estudo de caso, os produtos escolhidos foram os da chamada linha reta que é composta por armários altos, armários baixos, gaveteiros, bancadas de trabalho e mesas de reunião. A linha escolhida é mais simples porém engloba aproximadamente 80% da demanda de pedidos.

Fabricação dos produtos

Os produtos são fabricados em quatro linhas de montagem: corte, colagem de bordas, furação e montagem, conforme se ilustra na Figura 4. As operações desempenhadas pelos operadores consistem, principalmente, no manuseio de matéria prima e peças semiacabas e operação das máquinas. Não há processos complexos relacionados e as operações possuem bom nível de automação. Os demais processos não automatizados associados à fabricação, como é o caso da montagem, limpeza, embalagem e expedição, não desempenham nenhum papel na análise descrita por esse estudo de caso.

Descritivo do macroprocesso

O macroprocesso é definido pelas principais funções da marcenaria relacionados com a produção dos móveis e suas relações com outros processos. O primeiro processo, denominado corte, os painéis de MDF são cortados e passam a ganhar forma. Após serem cortados, ficam armazenados em paletes para serem recebidos pelos próximos processos, que compreendem a colagem de bordas, furação, montagem, embalagem e expedição. Existe um tempo de espera entre um processo e outro, pois alguns equipamentos ou processos demandam menos tempo que outros. Entre esses processos, também estão compreendidos as etapas de controle de qualidade e de inspeção de peças, executados pelos operadores ou pela liderança que, inspecionam os subprodutos utilizando os desenhos de produção como referência, com o objetivo de evitar retrabalhos e assistências técnicas.

Processo de colagem de bordas

A colagem de fitas de borda em painéis de madeira é uma prática comum e necessária na indústria de móveis. A fita de borda aplicada em móveis de MDF adiciona não apenas um aspecto funcional em termos de durabilidade e proteção contra o destacamento da superfície, mas também fornece uma qualidade estética muitas vezes usada para complementar o design da mobília. As exigências de qualidade no que diz refere ao apelo visual, o progresso tecnológico na engenharia e a grande diversidade de materiais empregados são fatores que representam desafios importantes para a tecnologia empregada no material utilizado e também no processo. Na fabricação de móveis modernos e de alta qualidade, o sucesso alcançado na colagem da fita de borda está se tornando um critério chave na avaliação da qualidade total da peça de mobília, tendo em vista que o cliente final exige um acabamento sem falhas. Os painéis de madeira ou MDF colados nas bordas são componentes importantes em móveis de alta qualidade e podem ser usados em portas, compensados de madeira nobre ou em móveis de uso residencial e corporativo. Em qualquer aplicação, é imperativo que os painéis sejam fabricados com fortes ligações de cola, com aderência consistente e livre de cortes e urdiduras. Para garantir painéis de boa qualidade, é importante que o fabricante monitore cuidadosamente os vários e importantes aspectos do processo de colagem de bordas. Ao colar bordas em peças consideradas críticas, ou seja, aquelas cujo acabamento deve ficar impecável devido a sua posição de instalação, é fundamental que os fabricantes sigam práticas rígidas de controle de qualidade. Nesse sentido, surge a necessidade da discussão acerca de desenvolver técnicas adequadas, necessárias para a produção de painéis de alta qualidade.

As madeiras em compensado, aglomerado ou composições de madeira, como MDF, possuem as suas bordas ásperas, inacabadas e desprotegidas, geralmente precisando de um acabamento estético. A principal matéria prima utilizada no processo é a fita de borda. A fita de borda é um material termoplástico com propriedades protetoras e estética para acabamento das bordas de placas à base de madeira. As fitas de borda, portanto, garantem um excelente acabamento, fazendo uma boa combinação dos topos e lados das peças.

As fitas de borda podem ser adquiridas em comprimentos e espessuras diversos, podendo variar entre 0,45 mm até 5 mm porém, a maioria dos fabricantes produzem fitas com espessura variando entre 0,45 mm e 2 mm.

Em relação aos custos, a colagem de bordas com fitas de PVC é recomendada para projetos cujo orçamento é prioridade e para mercados de móveis muito competitivos, como

residenciais e corporativos. Isso não significa dizer que o material é de baixa qualidade, neste caso, o custo é menor, quando comparado com a madeira maciça, por exemplo, devido a quantidade menor de etapas no processo de fabricação e também devido ao menor preço da matéria prima.

É importante saber que, ao longo do tempo, a fita de borda pode apresentar defeito de descasamento. Isto pode acontecer devido a diferentes razões relacionadas com falhas da cola utilizada ou ao processo de aplicação.

Condições de temperatura e umidade relativa do ar

O processo de colagem de bordas é realizado à temperatura ambiente. Tanto as fitas de borda quanto as placas de MDF devem ser armazenadas em temperatura controlada entre 20°C e 25°C. Quando ocorre de as fitas de borda ou as placas de MDF estarem em temperaturas fora dessa faixa, a cola de fusão à quente pode se desprender antes de a fita ser anexada à placa de MDF. Portanto, o correto armazenamento é etapa importante do processo. Além disso, correntes de ar devem ser evitadas e a temperatura da cola de fusão pode variar a depender do seu tipo. Já a umidade relativa do ar ideal das placas de MDF para processamento do material é entre 7% e 10%.

Sequenciamento da operação

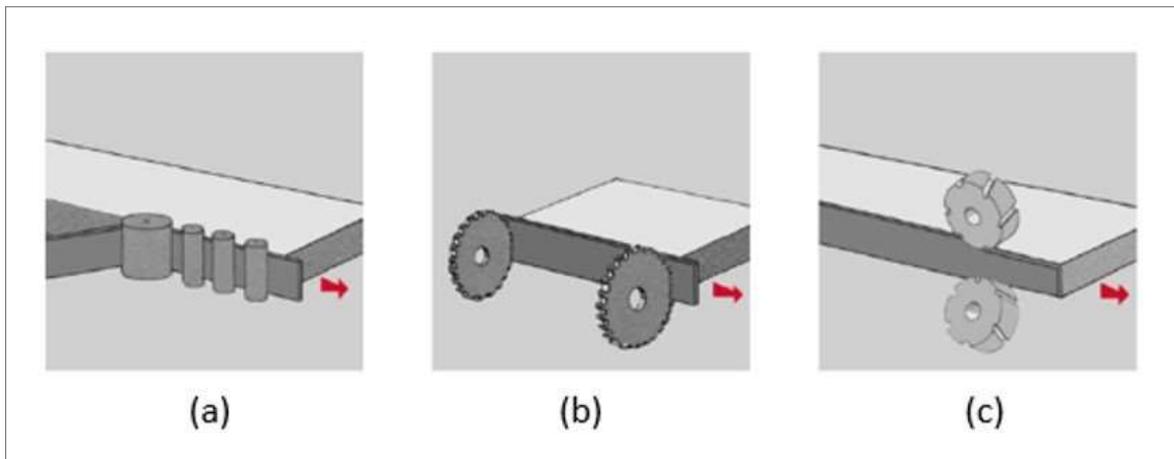
A operação de colagem de fita consiste na sequência das seguintes operações: (1) colagem, (2) corte final, (3) pré-fresamento com ângulo de 15° ou 20°, (4) fresamento / biselamento, (5) acabamento do raspador e (6) polimento.

Esta sequência de operações é composta de duas fases, conforme se ilustram nas Figuras 5 e 6. Na Figura 5, apresenta-se a fase 1 que é formada pelas etapas de colagem, corte final e pré-fresamento. Na Figura 6, apresenta-se a fase 2 que é formada pelas etapas de fresamento acabamento do raspador e polimento.

A Figura 6 apresenta a fase 2 da operação, composta por: (a) Fresamento, (b) Acabamento do raspador, (c) Polimento.

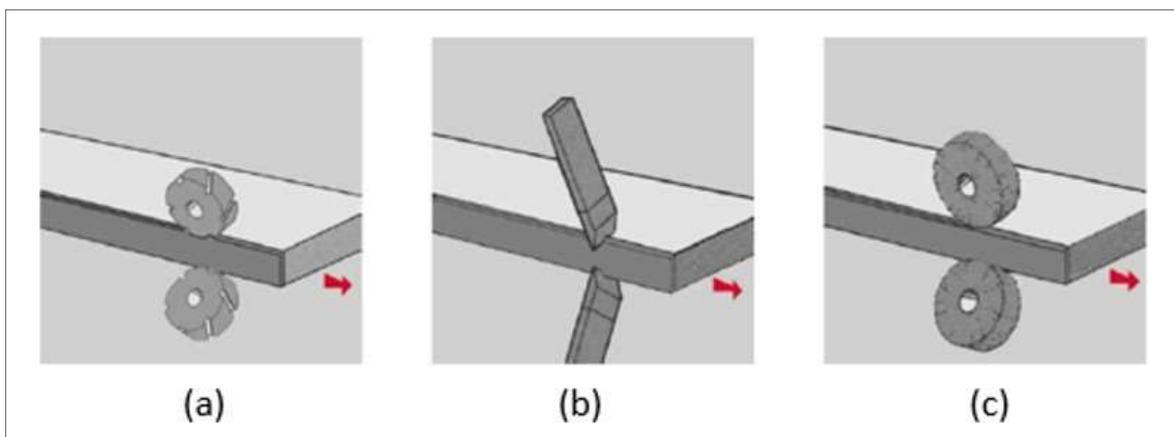
Os rolos de pressão são responsáveis pelo processo de colagem e seu perfeito ajuste e quantidade garantem a otimização da aparência da junção MDF-fita. O corte final é realizado com lâminas de serra com dentes pontiagudos em apenas um dos lados. O uso de lâminas de

Figura 5 – Fase 1 da operação de colagem: (a) colagem, (b) corte final e (c) pré-fresamento.



Fonte: Autor.

Figura 6 – Fase 2 da operação de colagem: (a) fresamento, (b) acabamento do raspador e (c) polimento.



Fonte: Autor.

serra com dentes em ambos os lados não é adequado, pois podem causar lascas, especialmente quando as fitas de borda são finas. No processo de fresagem, são utilizadas quatro lâminas de 70 mm com uma rotação de 12000 rpm. A utilização de fresas cegas pode danificar a fita de borda. Como as fitas de borda tendem a desbotar após a raspagem, um raspador ajustado a retirar material com, no máximo, 0,15 mm deve ser utilizado. Desta forma, a alta precisão de giro das fresas e raspadores são fundamentais para o acabamento das peças após o processamento.

Fluxo de processo

O processo de colagem de bordas é alimentado pelo setor de Programação e Controle da Produção (PCP), que realiza a programação das atividades a partir da venda realizada, bem

como fornece informações acerca da especificação e quantidade de matéria prima utilizada e estabelece os cronogramas de produção. O PCP programa as atividades do processo de corte de painéis de MDF na seccionadora, que é uma etapa anterior ao da colagem de bordas, e alimenta a equipe de almoxarifado quanto ao material necessário para cada pedido, a fim de que o setor execute a separação da matéria prima a partir das listas de materiais emitidas com a programação. O processo tem como principais documentos de entrada a ordem de serviço, a lista de materiais, o detalhamento do projeto e o procedimento operacional. Para o processamento, as entradas são as peças que serão processadas e a fita de borda, propriamente dita.

As etapas inerentes ao processo consistem na conferência da matéria prima a ser utilizada, que deve ser feita com base nas listas de materiais emitidas pelo PCP, realização de análise das especificações contidas nos desenhos e detalhamento de projeto para definir os lados das peças de MDF que receberão a fita de borda, parametrização da máquina conforme determina o procedimento operacional padrão, alimentação a máquina com cola e fita especificadas e, por fim, entrega do produto, ou seja, as peças de MDF fitadas, para o setor de montagem ou processo furação, que são as etapas posteriores ao processo estudado.

Na Figura 7 mostra-se o operador fazendo a alimentação de peças de MDF para serem fitadas, conforme instrução de trabalho e documentos de projeto.

Figura 7 – Alimentação da máquinas com peças de MDF.



Fonte: Autor.

Limitação do processo

O processo de colagem de borda é limitado ao tamanho da peça que pode ser processada. Se a peça requerer colagem de fita de borda nos quatro lados, o tamanho mínimo da peça é 50 x 150 mm. É necessário um material de 50 mm de largura para que a máquina seja capaz de segurar a peça enquanto ela está passando pelo processo de colagem. Quando é necessário realizar a colagem de bordas em peças menores que o tamanho mínimo processado pela máquina, utiliza-se um processo manual de colagem não abordado nesse trabalho.

Características dos clientes

A empresa está inserida em um mercado bastante competitivo na região Nordeste. Os seus principais clientes valorizam a velocidade da entrega, possibilidade de customização e a qualidade dos produtos ofertados. A empresa trabalha com uma margem razoável de lucro e trabalha com preços mais altos quando comparados com a concorrência, devido ao tempo de entrega, normalmente, muito inferior ao da concorrência.

A entrega rápida é alcançada devido ao bom nível de automatização dos seus processos, à localização geográfica em relação aos seus clientes, à possibilidade de adequar a capacidade produtiva e à flexibilização de turnos de trabalho. Desta forma, a empresa consegue atender uma quantidade razoável de pedidos, de forma simultânea, sem a necessidade de um grande planejamento e os clientes sabem que podem contar com a empresa quando acontecem emergências. Além disso, a organização fornece assistência técnica, atendendo várias cidades na região Nordeste, onde, normalmente, outros fabricantes não conseguem atender com velocidade. Do ponto de vista financeiro, a empresa mantém estoques baixos de matéria prima e seu fluxo de caixa lento, por vezes, dificulta a compra de materiais e insumos, podendo gerar algum atraso no início produção em alguns pedidos.

A equipe de projeto chegou as seguintes conclusões acerca do perfil dos clientes e da capacidade da empresa de atendê-los:

- É essencial que a empresa tenha níveis de produção muito flexíveis para atender quando os clientes têm uma necessidade muito alta deles;
- Ser ágil e confiável na entrega é a chave de seus altos preços, somente em emergências os clientes estão dispostos a pagar mais;

- A empresa alcança boa margem de lucratividade ao receber parte dos pagamentos de forma antecipada e com níveis muito baixos de estoque;
- Os clientes valorizam um serviço próximo e confiável;
- Grandes clientes têm necessidades especiais, e a empresa pode adaptar algumas unidades de acordo com suas preferências;
- Ter caixa na empresa é o que permite que a empresa tenha uma estrutura baseada em custos variáveis, sendo, portanto, mais ágil.

3.2 ABORDAGEM METODOLÓGICA

Este trabalho utiliza a aplicação da metodologia LSS para projetar melhorias quantitativas de acordo com as etapas do DMAIC, por meio da elevação do nível Sigma do processo de colagem de bordas de painéis de MDF, ou seja, reduzindo a medida da variação do processo estudado. A coleta de dados foi realizada usando fontes primárias e fontes secundárias. As fontes primárias são aquelas de onde os dados são obtidos diretamente pelos coletores. As fontes secundárias são as fontes que não fornecem dados de forma direta aos coletores (SUGIYONO, 2014). As fontes primárias de dados são resultado de entrevistas com o gestor, da observação e da documentação do processo de produção. Essas informações foram acessadas durante o mês de agosto de 2021. Os dados secundários do estado inicial, utilizados na fase de medição do ciclo DMAIC, foram obtidos ao longo dos meses de setembro, outubro e novembro de 2021. Os resultados do estado futuro foram coletados durante os meses de novembro e dezembro de 2021 e janeiro de 2022, ambos através da coleta de dados das principais falhas observadas no processo. O universo de dados estatísticos é a quantidade de defeitos que ocorreram no período de setembro de 2021 a janeiro de 2022. O processo de colagem de bordas em painéis de MDF foi escolhido como projeto piloto de melhoria devido ao número maior de reclamações de clientes internos e externos.

Primeiramente, o estudo de caso descreve um diagnóstico do processo de colagem de bordas da empresa do setor moveleiro, localizada no estado de Pernambuco através da análise de informações de banco de dados e da observação e medição do processo. Em seguida, registra uma abordagem LSS DMAIC, com base nos resultados do diagnóstico. A abordagem DMAIC que é proposta representa uma estrutura de melhoria orientada por dados que aborda

as principais questões e obtém as evidências necessárias para a melhoria nas indústrias de produtos à base de madeira.

3.3 PORQUE O MÉTODO LSS DMAIC FOI ESCOLHIDO?

A principal vantagem do DMAIC é ajudar no gerenciamento de projetos e na tomada de decisões a partir da análise de dados, uma vez que, ao contrário de outras técnicas quantitativas como a pesquisa experimental, pesquisa correlacional ou pesquisa de levantamento, o DMAIC é fácil de seguir para todos os membros da equipe do projeto.

O DMAIC é uma excelente ferramenta para melhorar o processo de trabalho, para eliminar os índices de defeitos no produto final, pois promove um monitoramento contínuo dos processos com foco na eliminação dos desperdícios do processo de fabricação. Projetos que aplicam o LSS DMAIC aumentam o desempenho da empresa, aumentam a satisfação do cliente e melhoram a qualidade por meio da análise de dados. Como uma estratégia de melhoria de negócios, o DMAIC favorece a lucratividade reduzindo defeitos e aumenta a eficiência para atender as necessidades do cliente. Além disso, pode-se identificar oportunidades de melhoria e estabelecer medidas para a manutenção da melhoria implementada.

O LSS DMAIC fornece ferramentas para melhorar os serviços e aumentar a qualidade do produto. É conhecido como uma importante ferramenta para aumentar a competitividade e para alcançar a excelência da qualidade. Assim, o LSS DMAIC foi escolhido para implementar este projeto porque garante a minimização dos custos desnecessários, o que significa mais lucro. Além disso, o LSS DMAIC gera resultados a longo prazo porque envolve uma mudança cultural na forma de pensar e agir dos colaboradores e da alta gestão que passam a não aceitar falhas e buscar constantemente reduzir a quantidade de defeitos em cada um de seus processos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ATIVIDADES REALIZADAS NA ETAPA DEFINIR

O primeiro passo da abordagem DMAIC é a definição do problema a ser tratado por meio da utilização de um mapa de fluxo de valor ou pela análise qualitativa do processo. Nesta parte, é definido o problema, explicando o escopo, equipe, cronograma e objetivos do projeto. A maior parte do material relacionado ao gerenciamento de projetos é produzida nesta fase. Entretanto, a falta de procedimentos padrão, a escassez de registro da qualidade e a ausência de recursos técnicos da empresa levantaram a necessidade da realização de diagnóstico acerca do problemas existentes e desenho das métricas da qualidade para definir as variáveis a serem medidas e estabelecer um parâmetro base do processo a ser abordado.

Equipe de projeto

Para definição do objeto de estudo, foi realizada uma pesquisa básica inicial entre as seis pessoas que são as principais partes interessadas (*stakeholders*), considerando funcionários diretamente ligadas ao processo produtivo e suas experiências nas funções, com o objetivo de encontrar, entre os oito tipos de desperdícios conhecidos na metodologia LSS, o maior detrator do processo. No Quadro 1, estão descritos os principais integrantes da equipe de projeto, as posições ocupadas por eles na empresa e os respectivos papéis assumidos no projeto.

Quadro 1 - Equipe de projeto.

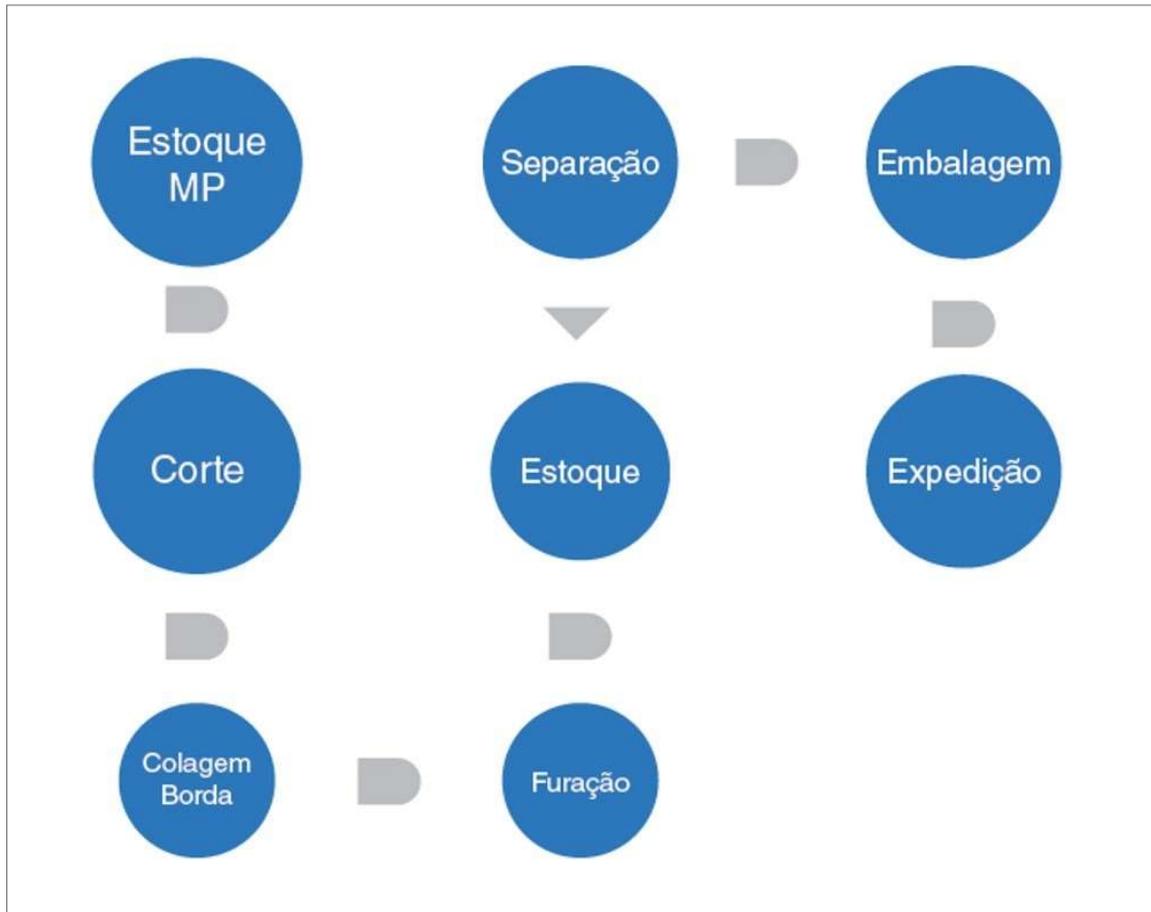
Item	Iniciais e função na empresa	Papel no projeto	Descrição do papel
1	AP: Gerente de Planejamento	Gerente do projeto	Atribuir tarefas, gerenciar as entregas, acompanhar o processo e atualizar a equipe
2	JX: Líder de Produção	Membro da equipe de projeto	Providenciar material e recursos e ajudar no fluxo de informações e gestão de mudanças
3	EJ: Diretor executivo	Patrocinador	Tomar as principais decisões sobre o negócio e comunicar sobre o projeto na empresa
4	EM: Operador da estação de trabalho	Membro da equipe de projeto	Realizar o trabalho de campo, executar e testar as mudanças
5	JA: Técnico de manutenção	Membro da equipe de projeto	Executar mudanças e intervenções associadas à máquina

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

O termo de abertura de projeto (TAP) encontrado no Apêndice A, foi o primeiro documento gerado no projeto. O documento tem como objetivo formalizar o início do projeto e conceder ao gerente do projeto autonomia para utilizar recursos da organização na execução das atividades do projeto, bem como servir como fonte de consulta e orientação para o planejamento das atividades. O TAP garantiu que o projeto não fosse iniciado sem a definição dos limites e formalizou o comprometimento da alta gestão com o projeto. Na elaboração do TAP, foram ponderados, entre outros parâmetros, a finalidade, os objetivos mensuráveis e principais marcos do projeto.

Nesta fase, para uma melhor compreensão da estrutura para a ação entre os *stakeholders* e para uma ordenação das atividades de trabalho com entradas e saídas claramente identificadas, foi realizado um estudo sobre o macroprocesso e desenhou-se o mapa do processo produtivo. Para uma melhor compreensão do processo, Na Figura 8, apresentam-se as principais atividades da marcenaria da empresa.

Figura 8 - Macroprocesso da marcenaria.



Fonte: Autor.

Na Tabela 3 apresentam-se as pontuações atribuídas conforme critério Saaty para tomada de decisão. O critério Saaty baseia-se na mensuração dos critérios pela atribuição de uma escala de julgamentos, onde o valor 1 na escala numérica corresponde a uma contribuição igual quando feita uma comparação entre os objetivos e o valor 9 apresenta o mais alto nível de evidência a seu favor. Os defeitos e retrabalhos são, entre os oito tipos de desperdícios, aqueles com maior oportunidade de serem melhorados, para os *stakeholders* que participaram do *brainstorming*.

Além da pesquisa realizada no início do projeto, o banco de dados de defeitos setor de pós-venda do ano de 2020, também foi utilizado como parâmetro para definir o objeto de estudo. O banco de dados aponta um percentual de defeitos de 48,70% relacionados a defeitos de acabamento da fita de borda, conforme se apresenta na Tabela 4. O percentual refere-se a defeitos de reclamações de cliente e de informações extraídas de relatórios de montagens externas. Este defeito foi tomado como objeto de pesquisa afim de reduzir os seus níveis de ocorrência para elevação do nível Sigma.

Tabela 3 – Pontuação dos oito tipos de desperdícios segundo a escala Saaty.

Respostas dos Stakeholders							
Atribuição da pontuação podendo variar de 1 a 9 pontos							
Tipo desperdício	Pessoa1	Pessoa2	Pessoa3	Pessoa4	Pessoa5	Pessoa6	Pontuação
Defeitos e retrabalhos	8,0	8,0	8,0	7,0	9,0	9,0	49,0
Talento não utilizado (pessoas)	7,0	8,0	6,0	7,0	6,0	5,0	39,0
Processamento inapropriado	8,0	7,0	7,0	5,0	6,0	5,0	38,0
Movimentação desnecessária	4,0	5,0	3,0	4,0	2,0	2,0	20,0
Excesso de estoque	2,0	4,0	2,0	4,0	3,0	3,0	18,0
Excesso de produção	2,0	3,0	3,0	3,0	4,0	2,0	17,0
Transporte	3,0	4,0	1,0	4,0	2,0	2,0	16,0
Espera	2,0	2,0	4,0	1,0	3,0	3,0	15,0

Fonte: Elaborada pelo Autor (2022).

O banco de dados de defeitos observados durante as montagens e reclamações recebidas de clientes possibilitou ter acesso às principais demandas internas e externas e reunir informações relevantes para a definição da priorização da intervenção do processo crítico.

Tabela 4 - Maiores defeitos acumulados em 2020.

Item	Defeito	Qtde Defeitos	% Defeitos
1	Montagem incorreta	56	4,70%
2	Peça avariada na entrega	72	6,05%
3	Corte fora de esquadro	290	24,35%
4	Furação incorreta	321	26,95%
5	Fitamento inadequado	580	48,70%
Total	-	1191	100%

Fonte: Elaborada pelo Autor (2022).

O diagrama SIPOC apresentado no Quadro 2, construído coletivamente, possibilitou uma melhor compreensão do processo, suas relações e seus requisitos. O SIPOC proporcionou a oportunidade de reflexão sobre os processos da empresa, quais são os resultados esperados, além de possibilitar um melhor entendimento sobre as falhas que costumam ocorrer. A partir desta reflexão, foi possível elaborar planos de ação para melhoria do processo.

Quadro 2 - Diagrama SIPOC do projeto.

Macroprocesso	Suplier (Fornecedor)	Input (Entrada)	Process (Processo)	Output (Saída)	Customer (Cliente)
Colagem de bordas	Programação e Controle da Produção	Ordem de Serviço	In ício	Peças de MDF processadas (fitadas)	Processo Montagem
		Lista de Materiais	Conferir material de acordo com a lista	Ordem de Serviço	Processo Furação
		Detalhamento do projeto	Verificar no detalhamento qual a especificação da fita a ser utilizada e verificar quais os lados da pe, a deve receber a fita	Resíduo de fita e pó de MDF	
		Procedimento Operacional Padrão (POP)	Parametrizar a máquina conforme procedimento operacional padrão		
	Almoxarifado	Fita de borda (matéria prima)	Alimentar a máquina com a fita especificada		
		Cola	Abastecer recipiente de cola		
	Processo corte (Seccionadora)	Peças de MDF cortadas	Realizar o fitamento de acordo com as exigências do projeto		
			Abastecer estoque de pe, as do processo furação (Furadeira)		

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

Durante a elaboração do SIPOC, os primeiros contatos da equipe de projeto proporcionaram a integração das pessoas envolvidas no processo, sejam elas clientes ou fornecedores internos e toda a operação passou a conhecer a importância de cada etapa do processo de fabricação e os impactos causados pelas suas entregas individuais para atingir o objetivo de redução de perdas ocorridas no processo de colagem de bordas da marcenaria da fábrica.

Declaração do problema

O processo de colagem de bordas é realizado em uma única estação de sua linha de montagem e utiliza uma máquina com capacidade de processamento de 28 metros por minuto. A máquina da estação de trabalho estudada é mostrada na Figura 9.

Figura 9 – Máquina coladeira de bordas.



Fonte: Autor.

O processo usa um espaço considerável da planta, apresenta elevada taxa de quebra de estoque e os operadores têm apresentado baixo desempenho por conta do desperdício gerado e também pelas excessivas paradas, ocasionando perda de até 30% do tempo de ciclo. Muitas vezes há erros relacionados a falhas na utilização da espessura da fita, falhas da operação e falhas da própria máquina em decorrência da falta ou manutenção inadequada, como mostrado na Figura 10, gerando excessivo retrabalho. A correção dos desvios e a redução dos desperdícios, portanto, reduziria a alta necessidade estoque, melhoraria a qualidade e elevaria a capacidade de produção do processo.

Figura 10 – Peça defeituosa - fita destacada.



Fonte: Autor.

Cronograma do projeto

O projeto foi executado em um tempo de 25 semanas, compreendidas entre os meses de setembro de 2021 à fevereiro de 2022, contemplando todas as fases do processo DMAIC, conforme se apresenta na Figura 11.

Figura 11 - Cronograma de atividades segundo o ciclo DMAIC.

FASE DMAIC	ATIVIDADE	SEMANA																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
D,M	Compreender e medir o estado atual	■	■	■	■	■	■	■	■	■																
A	Reunir ideias e propostas de melhoria							■	■	■	■	■														
A	Validar ideias com experimentos										■	■	■	■												
I	Listar requisitos do projeto										■	■	■													
I	Desenhar padrões da Manutenção										■	■	■													
I	Manutenções corretivas										■	■	■	■	■	■										
I	Automação de processos																		■	■	■	■	■	■		
I	Desenhar padrões da Produção										■	■	■													
C	Testar com os operadores												■	■	■	■	■	■	■	■	■					
C	Medir resultados após mudanças											■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Fonte: Autor (2022).

Escopo do projeto

O projeto se inicia quando a empresa decide por investigar, entre os seus processos internos, aquele que pode ser o seu maior detrator, causando desperdícios e perda de produtividade e estão ligados à perda de qualidade e é concluído após a escolha do processo de colagem de bordas e o atingimento de uma redução significativa das perdas de material e do retrabalho no processo estudado. Entretanto, a fase de controle demanda um tempo maior de acompanhamento, devendo continuar por, pelo menos, mais quatro meses para atestar se os padrões obtidos nos percentuais de falha estão suficientemente adequados. Além disso, o processo de aprendizagem precisa ser acompanhado pelo interesse próprio da operação.

4.2 ATIVIDADES REALIZADAS NA ETAPA MEDIR

Esta fase consiste na coleta de dados do processo, para entender quais melhorias esperar, com medições concretas para obter a redução de desperdícios. Os eventuais indicadores de desempenho existentes são selecionados e observados, e outras medições do processo podem ser realizadas com o objetivo de criar parâmetros. A etapa **MEDIR** proporciona um melhor entendimento dos problemas no estado atual. Nesta fase têm-se descrições muito detalhadas do processo atual e algumas rodadas de reuniões de alinhamento e *brainstorming*.

A etapa de medição teve como objetivo quantificar e melhor entender os problemas de qualidade a serem resolvidos, além de projetar um sistema para medir a qualidade e a variação do processo. Embora o desperdício observado no início da fase de medição seja considerado moderado pela própria organização, ainda assim causam impactos significativos de perdas de material, retrabalho e impactos na qualidade do produto final, com consequências diretas nos custos de produção.

O estudo das causas desses desperdícios, portanto, são de grande importância para a organização e totalmente justificados. Nesta fase, o resultado acumulado do nível Sigma foi computado para efeito comparativo antes da implementação das melhorias, de setembro à novembro de 2021 e após a implementação do plano de melhorias, de novembro à janeiro, foram computados para efeito comparativo. Na Tabela 5 apresenta-se a medição do nível Sigma realizada antes da implementação das ações, a taxa de defeitos e respectivas quantidades de peças produzidas.

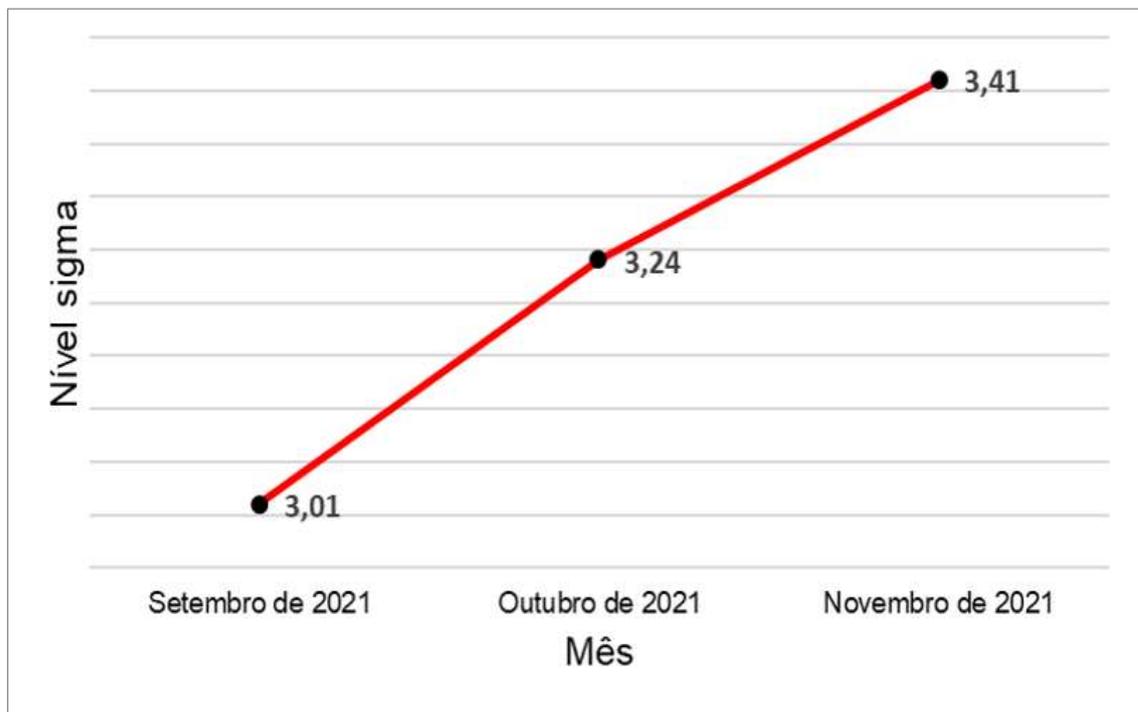
Tabela 5 – Nível Sigma da etapa de medição.

MÊS	Setembro/2021	Outubro/2021	Novembro/2021
NÍVEL SIGMA	3,01	3,24	3,41
TAXA DE DEFEITOS	10%	9,2%	7,8%
PEÇAS PROCESSADAS	1795	1799	1731

Fonte: Autor (2022).

Esse sistema de medição foi útil para determinar a linha de base das metrcas de avaliação de qualidade com base no estado atual e projeção do resultado esperado do processo. No gráfico da Figura 12, projeta-se a evolução do nível Sigma antes da aplicação do DMAIC no processo estudado e, nesta fase, mesmo sem a implementação de qualquer ação de melhoria, foi possível observar uma redução considerável de 10% para 7,8% na taxa de defeitos, mesmo com um aumento da quantidade de peças processadas. Esse fenômeno foi atribuído, pela equipe de projetos, ao inicial engajamento da equipe e uma maior vigilância da operação no sentido de não cometer erros.

Figura 12 – Nível Sigma antes da implementação das ações.



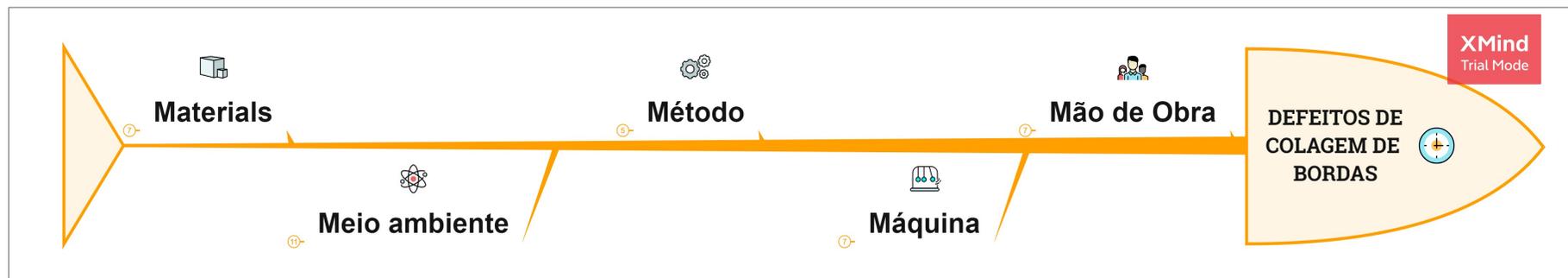
Fonte: Autor.

4.3 ATIVIDADES REALIZADAS NA ETAPA ANALISAR

Após a identificação dos desperdícios, na fase de análise, são investigadas as hipóteses para encontrar as fontes dos erros e desperdícios, e são elaboradas algumas ideias para serem testadas posteriormente. Nesta fase há atenção a diferentes tipos de erros, gargalos e fontes de variação. Graças às ideias reunidas nesta parte, novas melhorias surgem. Esta fase da análise refere-se a identificação da causa-raiz dos diversos defeitos e, para tanto, foram utilizados o diagrama de causa e efeito e FMEA.

Assim, foi possível identificar as possíveis causas-raiz dos defeitos relacionados ao processo de colagem de bordas. Na Figura 13 mostra-se o diagrama de causa e efeito elaborado para destacar os fatores que podem ser responsáveis pelos defeitos. De acordo com os problemas identificados no diagnóstico e na análise do processo, a equipe destacou a qualidade da fita de borda e da cola utilizadas, o funcionamento da máquina e os métodos de operação como as principais causas dos defeitos. Portanto, o tipo da fita e da cola utilizadas, os operadores (treinados e não treinados) e a própria máquina foram selecionados a partir do diagrama de causa e efeito como as principais causas a serem avaliadas.

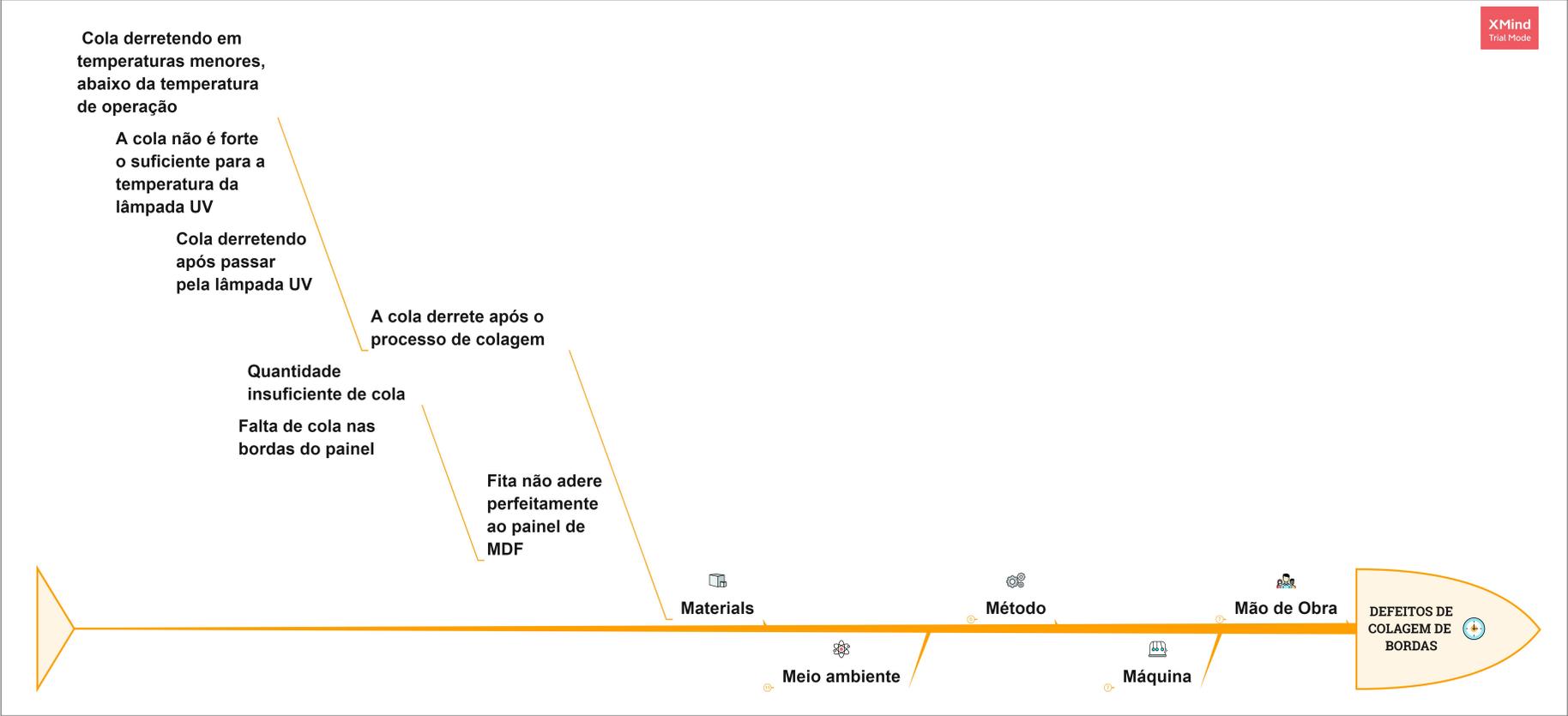
Figura 13 - Diagrama de causa e efeito.



Fonte: Autor.

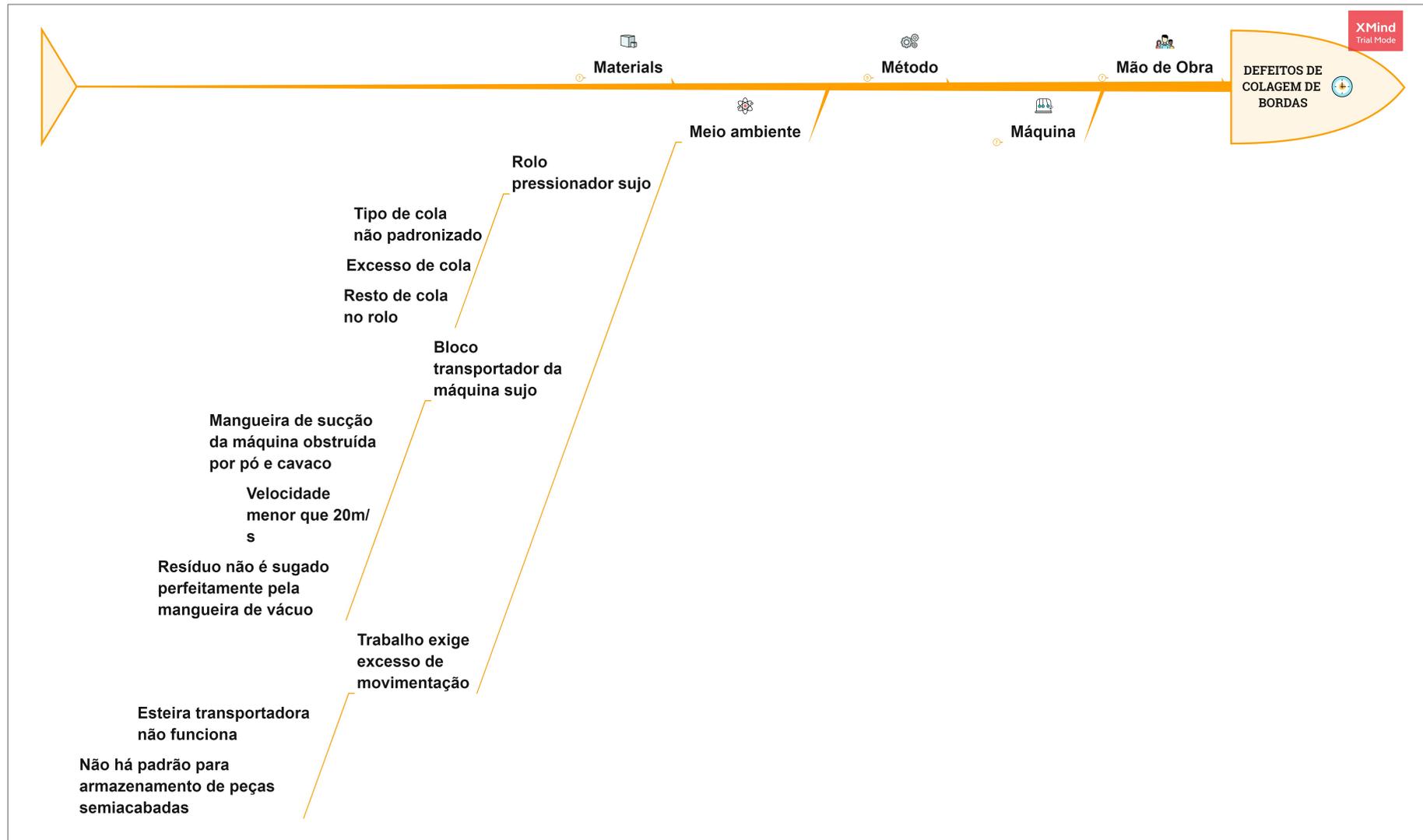
Nas figuras 14, 15, 16, 17 e 18 mostram-se as causas relacionadas com o material utilizado, meio ambiente, método, máquina e mão de obra do processo. Essas causas integram as 5 categorias de causas utilizadas para encontrar, organizar e exibir as causas do problema estudado e facilitam a análise das ocorrências de falhas e suas respectivas fontes.

Figura 14 - Causas relacionadas ao material utilizado no processo.



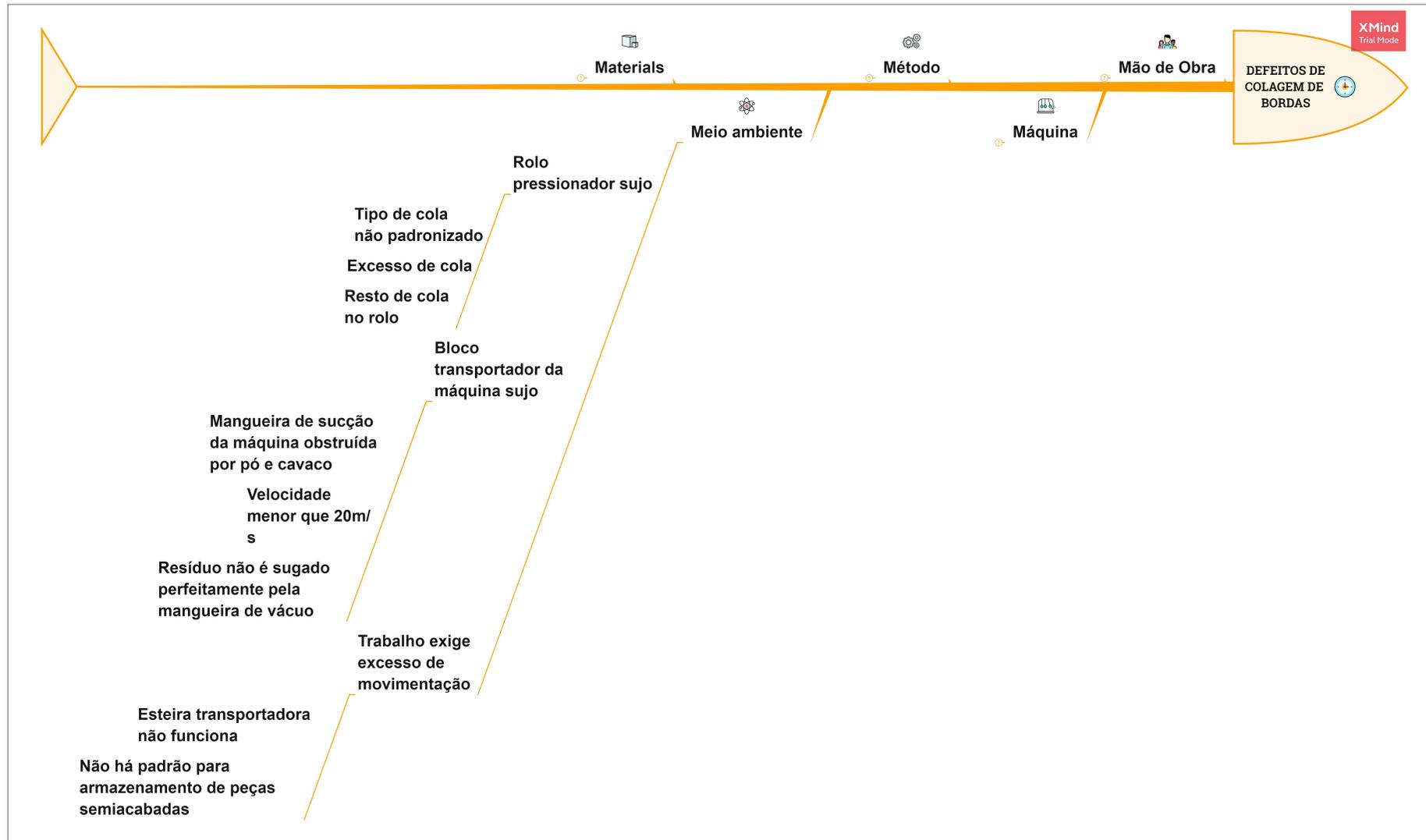
Fonte: Autor.

Figura 15 - Diagrama de causa e efeitos relacionados ao meio ambiente do processo.



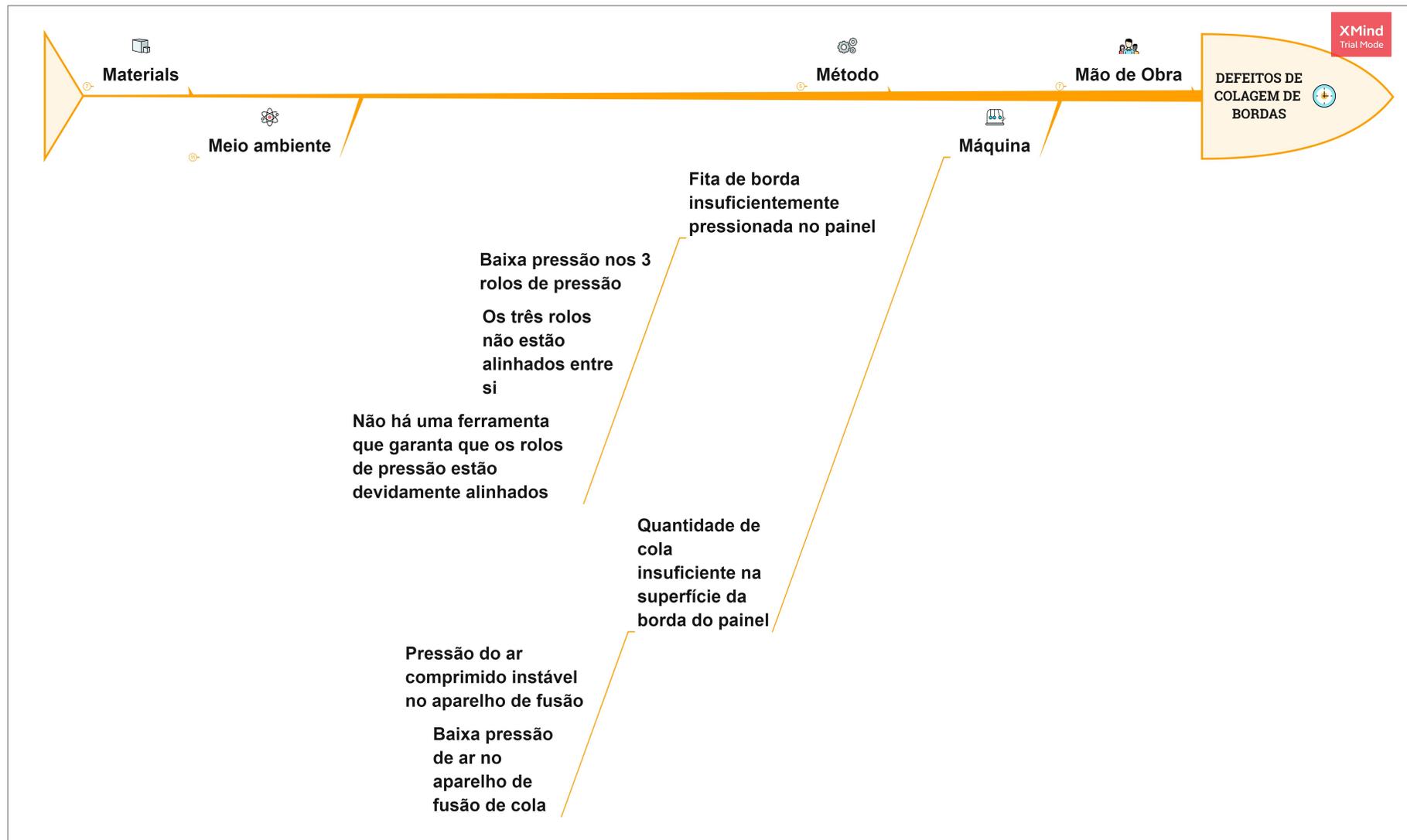
Fonte: Autor.

Figura 16 – Causas relacionadas ao método utilizado



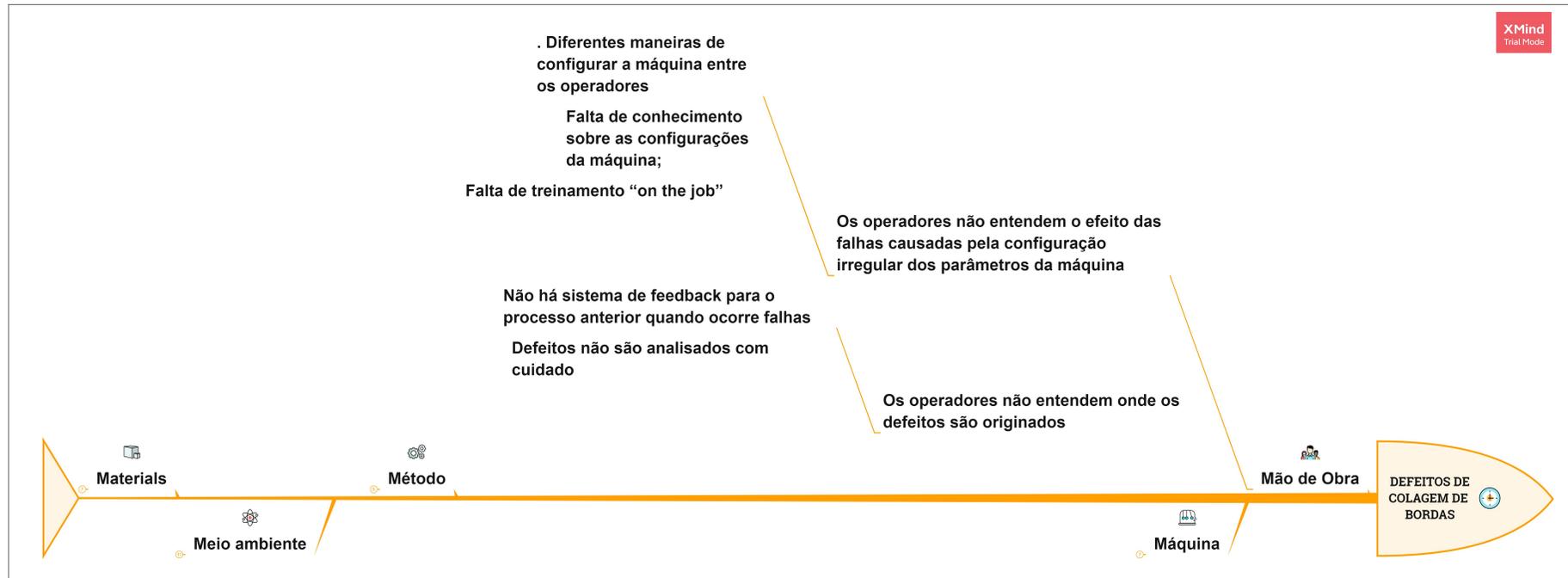
Fonte: Autor.

Figura 17 – Causas relacionadas à máquina utilizada



Fonte: Autor.

Figura 18 – Causas relacionadas à mão de obra utilizada no processo



Fonte: Autor.

A ferramenta FMEA também foi utilizada nessa fase para identificar todas as possíveis causas das falhas levantadas. O FMEA avaliou gravidade, ocorrência e detecção de cada uma das possíveis causas potenciais e esta avaliação resultou no número de prioridade de risco (RPN). Do RPN, foi possível determinar quais possíveis causas deveriam ser priorizadas e solucionadas. O resultado da avaliação do FMEA é apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 – Avaliação do FMEA.

Item	Causa potencial	Severidade	Ocorrência	Detecção	RPN
1	Configuração diferente por operador	8	8	4	256
2	Cola e resíduos de processo no interior da máquina	6	7	3	126
3	Quantidade de cola insuficiente na borda	6	2	3	36
4	Fita insuficientemente pressionada no painel	6	2	4	48
5	Bloco transportador sujo	8	6	2	96
6	Rolo pressionador sujo	8	8	3	192
7	Fita não adere perfeitamente ao painel	7	2	2	28
8	Cola derrete novamente após o processo de colagem	8	2	2	32
9	Operação não entende os efeitos das falhas por configuração de parâmetros	8	7	6	336
10	Operação não entende origem dos defeitos	7	6	4	168
11	Trabalho exige excesso de movimentação	9	8	2	144

Fonte: Elaborada pelo Autor (2022).

NA Figura 19 ilustra-se o grupo de rolos pressionadores sujos, com resíduos de processo, o qual se refere ao problema identificado como causa potencial número 6 na Tabela 6 de avaliação do FMEA, registrado antes das intervenções de manutenção realizadas, com RPN igual a 192.

Figura 19 - Grupo de rolos pressionadores antes da limpeza.



Fonte: Autor.

As intervenções de limpeza da máquina não eram realizadas sob um processo padronizado, tampouco com frequência preestabelecida, sendo realizadas, normalmente, em períodos de baixa demanda ou em paradas por defeito da máquina. Esta prática contribui para que falhas decorrentes de sujeira dos rolos sejam frequentes. Componentes importantes para a máquina e, conseqüentemente, para o processo, não tinham a atenção devida da manutenção preventiva, como pode ser observado na Figura 20 que apresenta o estágio de sujeira do recipiente que recebe a cola granulada.

Figura 20 - Recipiente de cola granulada antes da limpeza.



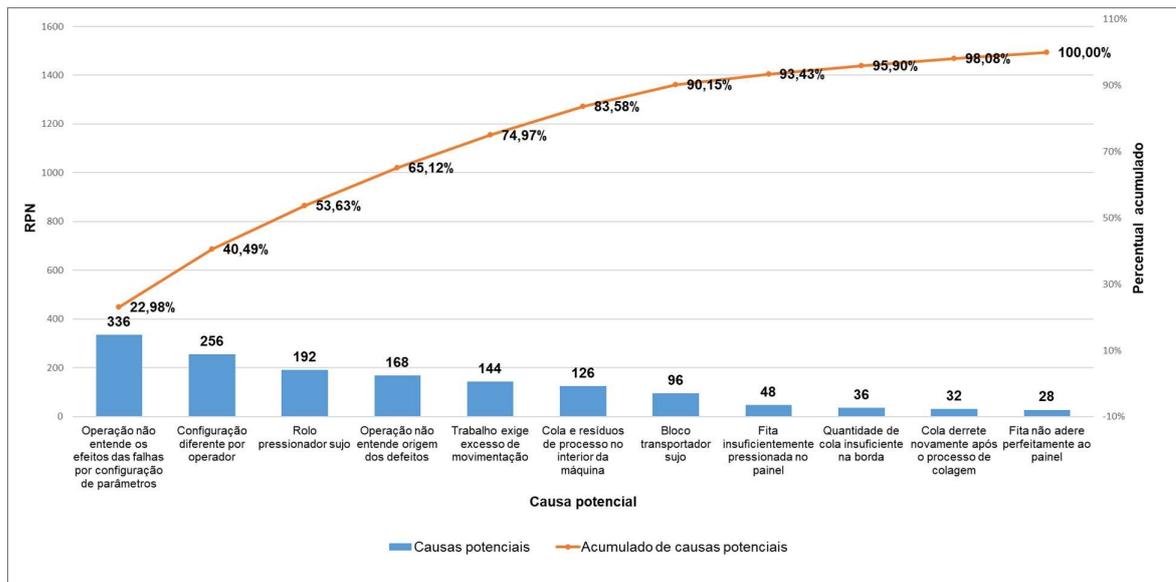
Fonte: Autor.

4.4 ATIVIDADES REALIZADAS NA ETAPA MELHORAR

Durante esta fase, as ideias para os testes propostos na fase ANALISAR foram executadas e o projeto foi materializado. Esta fase envolveu a maior parte do trabalho, pois exigiu colocar em prática as diferentes soluções e coordenar a equipe e o gerenciamento das mudanças.

Utilizando, inicialmente, como base o diagrama de Pareto da Figura 21 com as possíveis falhas que precisam ser priorizadas devido aos seus RPNs obtidos da avaliação do FMEA, as causas potenciais a serem priorizadas foram as de número 9, 1, 6, 10 e 11.

Figura 21 – Diagrama de Pareto da avaliação do RPN.



Fonte: Autor.

A etapa de melhoria neste estudo de caso é a mais extensa, pois envolve todo o processo de projeto do posto de trabalho, construção e incorporação do trabalhador. Uma das partes mais relevantes deste estudo de caso é que as estações de trabalho dos demais processos são semelhantes em todos os setores. A maioria das contribuições deste estudo de caso pode ser implementada em muitas outras situações com pequenas variações.

Como o LSS possui uma abordagem centrada nas pessoas, com o objetivo de reduzir o erro humano, as ações concentraram-se no envolvimento dos operadores do processo. Desta forma, mesmo que as ideias de melhoria tenham sido identificadas na fase ANALISAR, elas precisaram ser testadas com os trabalhadores, considerando a sua adaptação com as mudanças.

As ações de melhoria foram orientadas sobre o processo e sobre o produto. As ações sobre o processo foram desenvolvidas com o objetivo de detectar o defeito assim que ele é gerado ou prever possíveis falhas, antes mesmo que elas ocorram. Já as ações sobre o produto concentram-se na identificação das falhas por meio de inspeção pela criação de pontos de controle.

As ações foram executadas para as causas pontenciais priorizadas, conforme mostrado na Tabela 6, apresentada na etapa ANALISAR. Desta forma, a ferramenta 5W1H do Quadro 3, foi utilizada para registrar o plano de ação e orientar a execução das diversas ações, seus prazos e os recursos necessários.

Quadro 3 - 5W1H do projeto de melhoria do processo de colagem de bordas.

Nº	WHAT	WHY	HOW	WHEN	WHERE	WHO
1	Configuração diferente por operador.	Falta de conhecimento sobre as configurações da máquina devido à falta de instruções por gerenciamento visual e treinamento "on the job".	Fazer um procedimento de operação e configuração da máquina, bem como m'ídia impressa para gerenciamento visual e realizar treinamentos.	Nov/21	Máquina coladeira de bordas	Amaro (Planejamento); Jobsterdan (Lider Produção)
2	Cola e res'íduos de processo no interior da máquina.	Não há informações claras sobre as partes que precisam ser limpas.	Executar diariamente o plano de manutenção e padrão 5s.	Dez/21	Máquina coladeira de bordas	Jobsterdan (Lider Produção); Josué (Manutenção)
3	Quantidade de cola insuficiente na borda.	Coleiro sujo.	Realizar limpeza do coleiro conforme plano de manutenção	Dez/21	Máquina coladeira de bordas	Jobsterdan (Lider Produção); Josué (Manutenção)
4	Fita insuficientemente pressionada no painel.	Rolos pressionadores desalinhados e sujos.	Alinhamento e limpeza do grupo de rolos pressionadores e inclusão da atividade no plano de manutenção.	Jan/21	Máquina coladeira de bordas	Jobsterdan (Lider Produção); Josué (Manutenção)
5	Bloco transportador sujo.	O pó gerado não é sugado perfeitamente pela mangueira de vácuo do exaustor.	Realizar limpeza e/ou substituição das mangueiras defeituosas.	Jan/21	Máquina coladeira de bordas	Jobsterdan (Lider Produção); Josué (Manutenção)
6	Rolo pressionador sujo.	O res'íduo de cola no rolo pressionador altera a pressão exercida sobre a superfície do MDF que recebe a fita.	Realizar limpeza dos rolos pressionadores conforme plano de manutenção.	Jan/21	Máquina coladeira de bordas	Jobsterdan (Lider Produção); Josué (Manutenção)
7	Fita não adere perfeitamente ao painel.	Quantidade de cola insuficiente; Corrente de ar na área entre a área que recebe cola termoplástica e o rolo de pressão; Pressão de contato dos rolos de aplicação está baixa.	Incluir no procedimento etapa de verificação da alteração da quantidade de cola injetada ao fazer troca da espessura da fita de borda; Evitar correntes de ar; Aumentar a temperatura de aquecimento da cola; Aumentar a pressão de contato dos cilindros.	Nov/21	Máquina coladeira de bordas	Amaro (Planejamento); Jobsterdan (Lider Produção)
8	Operação não entende os efeitos das falhas por configuração de parâmetros.	Falta de conhecimento sobre as configurações da máquina devido à falta de instruções por gerenciamento visual e treinamento "on the job".	Fazer um procedimento de operação e configuração da máquina, bem como m'ídia impressa para gerenciamento visual e realizar treinamentos.	Jan/21	Todos os processos	Amaro (Planejamento); Jobsterdan (Lider Produção)
9	Operação não entende origem dos defeitos.	Não há sistema de feedback para o processo anterior quando ocorre falhas.	Nivelamento sobre qualidade no início do turno.	Dez/21	Todos os processos	Jobsterdan (Lider Produção)
10	Trabalho exige excesso de movimentação.	Esteira transportadora não funciona.	substituição das correias e manutenção dos motores.	Jan/21	Máquina coladeira de bordas	Amaro (Planejamento); Josué (Manutenção)

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022).

Mapeamento de competências dos operadores

Os trabalhadores designados para os postos de trabalho de liderança, operação e manutenção do processo estudado foram submetidos a uma entrevista não estruturada, realizada com o auxílio da equipe de departamento pessoal. O objetivo da entrevista foi identificar as habilidades e necessidades dos trabalhadores. As perguntas da entrevista foram feitas para que as respostas pudessem ser dadas da maneira mais conveniente para o entrevistado, deixando aberto a forma de construir sua resposta. As conclusões da entrevista foram as seguintes:

- Os trabalhadores têm facilidade com associação de cores, números e palavras;
- Os trabalhadores precisam ter um ambiente bastante previsível, sem interrupções e com dicas simples que possam ajudá-lo a identificar o seu próprio progresso;
- Os trabalhadores devem ter uma forma de ser responsável pelos seus próprios erros e aprender com eles;
- Os trabalhadores podem mostrar sinais de distração ou tédio;
- Os trabalhadores não têm critérios para entender a importância relativa dos problemas que podem surgir, então alguém deve responder por eles;
- Os trabalhadores precisam ter uma reação ou resposta estruturada para qualquer tipo de imprevisto - falta de material, problemas na máquina, encontrar um erro no processo, etc.;
- Os trabalhadores tendem a se familiarizar com o processo e, naturalmente, tendem a executar as tarefas de forma mais rápida.

A equipe de projeto concluiu que os trabalhadores são perfeitamente capazes de realizar o trabalho, desde que o processo esteja bem estruturado, simplificado e previsível. Ficou definido que a equipe implementaria um caminho para a plena incorporação das ações de melhoria em 30 dias, iniciando de forma gradual por meio expediente diário e, posteriormente, em expediente completo, para não implicar em sobrecarga da linha de produção.

Localização da estação de trabalho

Devido à limitação de área do galpão onde a fábrica está instalada, o espaço ocupado pela estação de trabalho é significativo, conforme se ilustra na Figura 22.

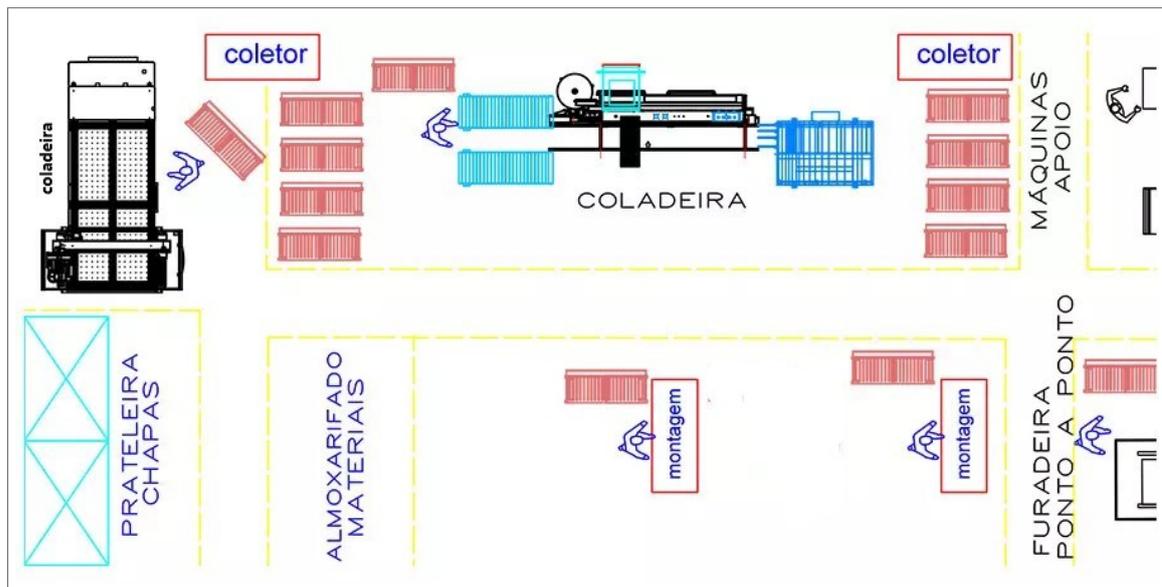
Figura 22 – Estação de trabalho do processo de colagem de bordas.



Fonte: Autor.

A partir da análise realizada pela equipe de projeto quanto a disposição dos demais processos da marcenaria da fábrica, ficou definido que o *layout* atual mostrado na Figura 23 está adequado, portanto, não necessita de mudança.

Figura 23 - Layout da marcenaria.



Fonte: Autor.

Limpeza dos componentes internos da máquina

Um importante bloco da máquina composto pelo grupo de rolos pressionadores e reservatório de alimentação de cola granulada apresentava estágio avançado de sujeira, e, como visto na análise do FMEA da Tabela 6, este bloco exerce alta influência no resultado da avaliação do FMEA. Desta forma, uma das prioridades das ações da manutenção foi de realizar intervenção de limpeza desta grupo da máquina, conforme se ilustra nas Figuras 24 e 25.

Os estágios de preservação e limpeza do grupo de rolos pressionadores e reservatórios de alimentação de cola granulada encontrados na Figura 19 e na Figura 20 podem ser comparados com os das Figuras 24 e 25, respectivamente. Todos os rolos pressionadores passaram por um realinhamento para garantir pressão suficiente sobre a fita, garantindo, desta forma, ação para o item 4 (fita insuficientemente pressionada no painel) da avaliação do FMEA.

Figura 24 - Limpeza e alinhamento dos rolos pressionadores.



Fonte: Autor.

Figura 25 – Limpeza do reservatório de cola granulada.



Fonte: Autor.

Reativação da automação da esteira do sistema de retorno

O sistema de retorno automatizado de peças acoplado à máquina coladeira de bordas foi adquirido durante o processo de remodelagem da empresa, realizado a partir dos anos 2000. Na Figura 26 observa-se a esteira do sistema de retorno que havia sido desativada há cerca de três anos devido à quebra de correias e defeito dos motores que acionam a esteira transportadora.

Figura 26 - Esteira do sistema de retorno.



Fonte: Autor.

A não utilização do sistema faz com que o operador precise se deslocar ao longo da extensão da máquina para coletar e armazenar as peças processadas, realizando uma movimentação de aproximadamente sete metros para cada quatro peças processadas, em média. Considerando um período de alta demanda, como foi observado na semana 20 do projeto, com o processamento de 905 peças, o operador realiza um deslocamento mínimo de um quilômetro e meio por semana.

A reativação da esteira transportadora foi realizada utilizando a mão de obra interna da fábrica para levantamento dos defeitos e necessidades de manutenção. Para a reativação, foi necessário a aquisição de correias e envio de dois motores para conserto externo com um custo final baixo e dentro das expectativas do projeto.

A utilização do sistema de retorno garantiu:

- Melhor taxa de utilização da máquina e redução dos tempos de parada;
- Facilidade e conforto da operação;
- Manuseio ergonômico;
- Flexibilidade de organização do pessoal.

Procedimento Operacional Padrão (POP)

Com o objetivo de padronizar as atividades da operação e garantir que a execução das tarefas e parametrização da máquina não varie com a troca de operadores, foi criada a instrução de trabalho da coladeira de bordas. O documento é mostrado no Apêndice [B](#).

Outras ações

Outras ações simples de melhoria das estações de trabalho baseadas no princípios do 5S foram implementadas. No estado inicial do projeto, foram observadas muitas ferramentas e objetos não utilizados ou em duplicidade nas gavetas e sobre as bancadas. Cada bancada recebeu um armário, produzido pela própria operação, para uma melhor organização dos componentes utilizados, como se mostra na [Figura 27](#).

Figura 27 – Armário individual para bancadas.



Fonte: Autor.

Os objetos desnecessários causavam desorganização, sendo assim, para melhorar a organização das estações de trabalho, foi então realizada uma triagem e arrumação das ferramentas e materiais necessários para cada bancada, mantendo apenas aquelas ferramentas de real necessidade, como pode ser visto na [Figura 28](#).

Figura 28 – Organização de ferramentas e materiais de uso contínuo.



Fonte: Autor.

Para reduzir o tempo gasto com separação de parafusos e fixadores, criaram-se caixas de madeira para armazenar e deixar acessíveis os consumíveis mais utilizados pelos operadores de modo a dar suporte à execução das suas atividades. As caixas foram identificadas com as dimensões dos parafusos e fixadores para facilitar e dar velocidade na localização, conforme pode ser observado na [Figura 29](#).

Figura 29 - Caixa para consumíveis (parafusos e fixadores).



Fonte: Autor.

4.5 ATIVIDADES REALIZADAS NA ETAPA CONTROLAR

Nesta fase, um plano para obtenção de dados do novo desempenho é proposto e são realizadas ações de contingência para evitar consequências ruins e garantir que as soluções estejam funcionando.

A partir das informações obtidas no acompanhamento da quantidade de peças produzidas e pela linha de base estabelecida no escopo do projeto, foi possível fazer um controle seguro do avanço do processo, por meio da interpretação dos dados, interferindo quando necessário, para o controle dos parâmetros.

Verificação das medidas implementadas

A eficácia das medidas implementadas na fase MELHORAR foram verificadas para garantir a sua implementação. Isto foi realizado com a análise da capacidade e estabilidade do processo, pela apresentação de considerações antes/depois e por meio de indicadores associados às metas do projeto.

Comparação do deslocamento dos operadores

Como foi visto na Seção 4.4, o não funcionamento do sistema de retorno por esteira exigia do operador um deslocamento médio semanal de 1,5 km, além de aumentar o esforço necessário para o armazenamento das peças processadas. Após a reativação do sistema, o deslocamento desnecessário foi eliminado, diminuindo a fadiga e aumentando a produtividade dos operadores, com uma estimativa de elevação do tempo de disponibilidade da máquina à uma taxa de 10% para 20%.

Instrução de trabalho de manutenção da máquina coladeira de bordas

A instrução de trabalho de manutenção, conforme Apêndice C, foi concebida com o objetivo de padronizar as tarefas de manutenção. O documento é uma sequência padrão de atividades que visa garantir que todos os funcionários executem as tarefas com o mesmo nível de qualidade, para otimizar o tempo de execução e garantir a confiabilidade do equipamento. O documento também servirá para a realização de treinamentos de novos colaboradores ou atualização de antigos colaboradores.

Gerenciamento visual

Com o objetivo de oferecer informações em uma linguagem fácil e acessível, foram implementadas formas simples de comunicação com a equipe de chão de fábrica. Essas informações simples e de fácil visualização ajudaram a facilitar o trabalho diário e a busca pela melhoria dos resultados da produção.

Para controlar as várias tarefas com datas de conclusão diferentes e nivelar as informações de planejamento da produção com a operação, utilizou-se o quadro de gestão à vista da Figura 30.

Neste quadro, os principais marcos e entregas da semana, para cada projeto em andamento, são discutidos diariamente nas reuniões de produção. As reuniões de alinhamento da produção receberam o nome de pregão por serem realizadas rapidamente (no máximo 15 minutos), em pé e no chão de fábrica. Nesta reunião, os gargalos de cada área são identificados e a cadeia de ajuda recebe as tarefas e prazos para que as necessidades registradas no cronograma sejam integralmente cumpridas.

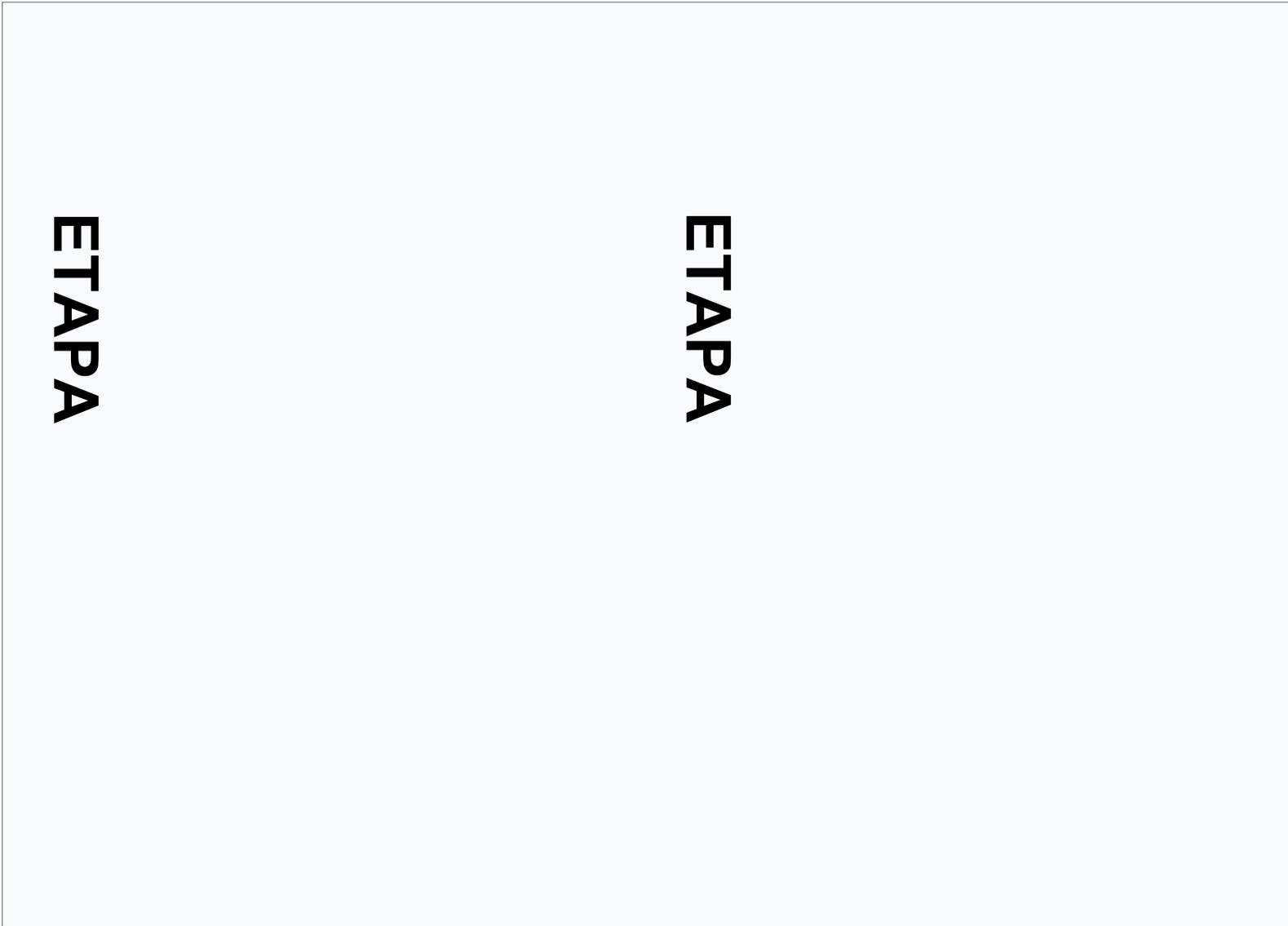
Figura 30 – Quadro de gestão à vista.

ACOMPANHAMENTO DA PRODUÇÃO					ITENS CRÍTICOS				
PEDIDO	ATIVIDADE	RESPONS	PRAZO	STATUS	PEDIDO	RESPONSÁVEL	ATIVIDADE	PRAZO	STATUS
383 INST M3 COCORRO	CORTE METALURGICA	SILVANO	09/01	⊕	374 FERNANDO LUIZ	JULIANA	COTAÇÃO MAT. PRIMA	09/01	⊕
350 MARCOLAN	MATERIAL - OK MONTAGEM/EMP/EXPED	MÁRCIO	09/01	⊕	377 SRE	JULIANA	MAT. PRIMA (BACK SYSTEM)	13/01	⊕
366 C/SCOLA ALEGRIA SARA	CORTE METALURGICA	SILVANO	09/01	⊕					
366 ESCALA ALEGRIA SARA	USINAGEM	MÁRCIO	09/01	⊕					
357 TENDREID SIMÕES	FURAÇÃO/MONTAG.	MÁRCIO	09/01	⊕					
367 ABRACE	USINAGEM - OK MONTAG	MÁRCIO	09/01	⊕					
367 ABRACE	CORTE (METALURGICA) SANTA PINTURA	SILVANO	08/01	⊕					
372 COLEGIO CASA FORK	FAIXA INFO NA PLANOJA	JULIANA	08/01	⊕					
384 RUIZ CONT	SECCIONADORA	MÁRCIO	10/01	⊕					

Fonte: Autor.

Outra ação implementada de gerenciamento visual simples e eficaz foi a utilização de uma linguagem acessível em cartões para descrever a instrução de trabalho para operação da máquina, de acordo com o procedimento operacional padrão (POP) vide Figura 31. Estes cartões foram fixados na própria máquina para que o operador tenha acesso sempre que necessário, para evitar erros de operação e garantir a padronização, independente do operador escalado para o turno.

Figura 31 – Cartão visual do POP.



ETAPA

ETAPA

Fonte: Autor.

O cartão é versão simplificada da instrução de trabalho e foi desenhado para utilização pela operação. A instrução de trabalho criada, priorizou a linguagem simples e direta, com a descrição de todas as atividades a serem realizadas pelo operador, separadas em duas etapas. A primeira etapa foi chamada de verificação, para que o operador execute antes do início da operação propriamente dita, fazendo a configuração e parametrização da máquina. A segunda etapa, chamada de etapa de operação, detalha a sequência de comandos a serem realizados na interface homem máquina (IHM).

Comparação do nível Sigma e percentual de falhas

Ao longo da execução do projeto, três características de controle foram acompanhadas em relação a quantidade de defeitos. A evolução do nível Sigma foi acompanhado desde a primeira semana de início do projeto. Na Tabela 7 apresentam-se os resultados do cálculo do nível Sigma, defeitos por unidades e defeitos por milhão de oportunidades obtidos ao final de cada mês, durante a execução do projeto. É possível observar a redução da quantidade de defeitos de 234 defeitos para cada 1795 peças produzidas em setembro de 2021, para 58 peças defeituosas para cada 3199 peças processadas em fevereiro de 2022. Em termos de nível Sigma, o número saltou de 3,01 em setembro de 2021 para 4,01 em fevereiro de 2022, com uma taxa de DPMO saindo de 65181,03 para 6043,56.

Tabela 7 – Cálculo do nível Sigma.

CARAC. CONTROLE		DADOS POR ATRIBUTOS			RESULTADOS			
Destacamento Elevação Fita incorreta		Defeito	Oport.	Unidade	dpu	dpo	dpmo	Nível Sigma
		d	o	u				
Período das falhas	Setembro	234	2	1795	0,13	0,07	65181,06	3,01
	Outubro	221	3	1799	0,12	0,04	40948,68	3,24
	Novembro	145	3	1731	0,08	0,03	27922,20	3,41
	Dezembro	62	3	1652	0,04	0,01	12510,09	3,74
	Janeiro	58	3	2991	0,02	0,01	6463,84	3,99
	Fevereiro	58	3	3199	0,02	0,01	6043,56	4,01

Fonte: Elabora pelo Autor (2022).

Uma boa comparação entre o estado anterior ao do início da implementação das ações e o estado posterior ao início da implementação das ações pode ser feita com a leitura da Tabela 8, em que se apresenta o quantitativo de peças processadas, percentuais de falhas e

resultados do nível Sigma no período de realização do projeto.

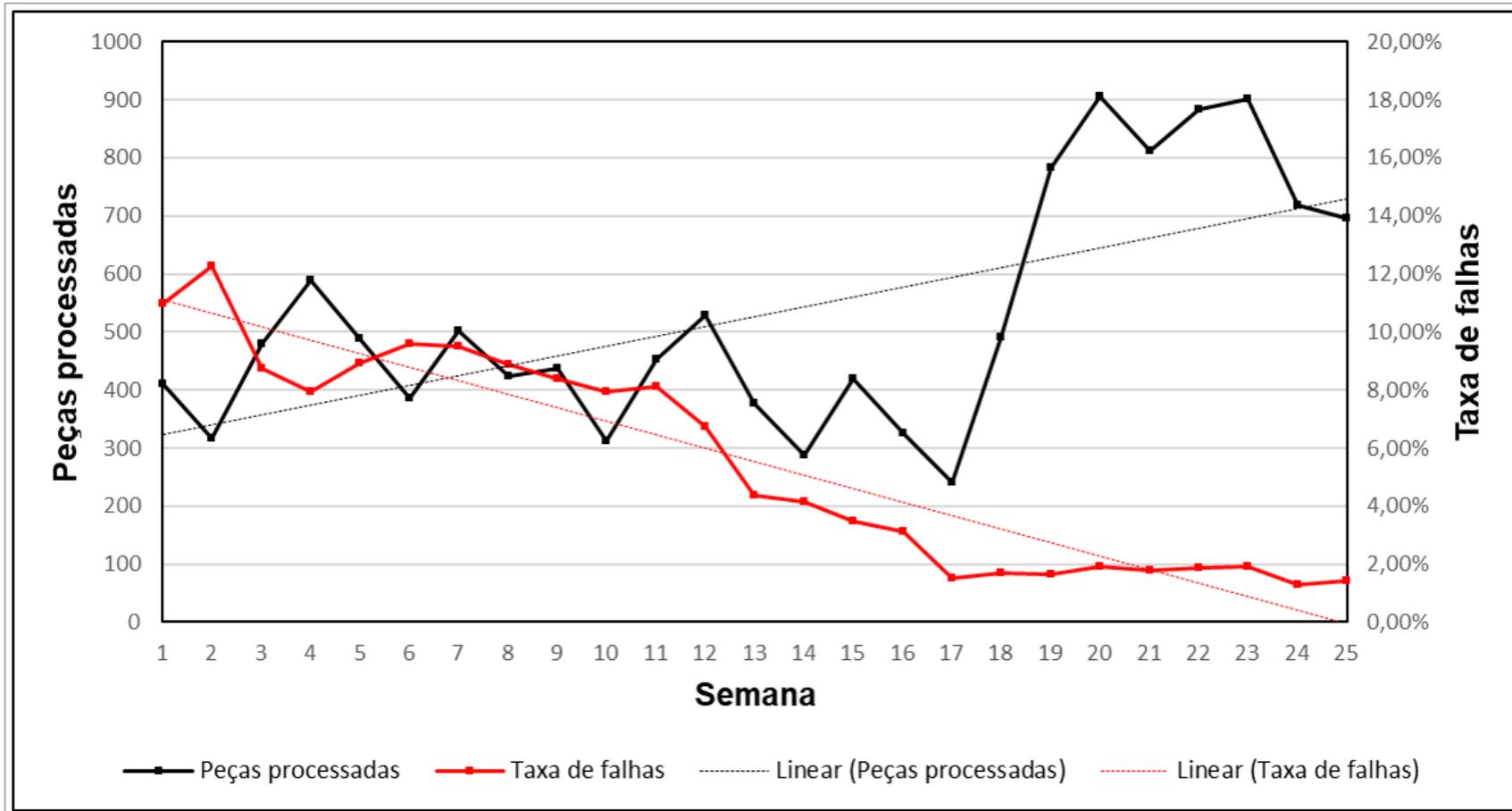
Tabela 8 – Comparação do nível Sígma.

	ANTES			DEPOIS		
	Set /2021	Out/2021	Nov/2021	Dez/2021	Jan/2022	Fev/2022
Peças processadas	1795	1799	1731	1652	2991	3199
% de peças defeituosas	10,0%	9,2%	7,8%	3,3%	1,8%	1,6%
Nível Sígma	3,01	3,24	3,41	3,74	3,99	4,01

Fonte: Elaborada pelo Autor.

No gráfico da Figura 32 apresentam-se os resultados da produção em termos de quantidade de peças processadas em comparação com o percentual de falhas observadas ao longo das 25 semanas do projeto e suas respectivas linhas de tendência.

Figura 32 – Peças produzidas x Percentual de falhas.



Fonte: Autor.

As linhas de tendência do gráfico apontam uma estabilidade do processo com um percentual de falhas abaixo de 2%, mesmo com um aumento na quantidade de peças processadas decorrente da não linearidade da distribuição de pedidos ao longo do ano. Este fato demonstra que o controle da taxa de falhas foi obtido com sucesso e não deve variar, mesmo com oscilações da quantidade de peças produzidas na estação de trabalho.

Treinamentos

O treinamento é uma etapa fundamental para o sucesso de um projeto de melhoria contínua. Quando o processo é melhorado, maximizar os benefícios da melhoria requer que aqueles que interagem com o processo compreendam e possam trabalhar dentro do contexto do processo melhorado. Neste sentido, foram realizados treinamentos para alinhamento e nivelamento de informações sobre qualidade e sobre os procedimentos internos de processos melhorados, com o objetivo de apoiar os esforços iniciais de implantação das mudanças. A realização dos treinamentos, conforme mostrado na Figura 33, proporcionou aos colaboradores uma melhor visão do objetivo das mudanças e percepção da necessidade de redução das variabilidades do processo, bem como incorporar as inovações.

Figura 33 – Treinamento da liderança e de operadores.



Fonte: Autor.

Carta de controle

Para medir a fração de produtos defeituosos das amostras coletadas, utilizou-se a carta u . Esta carta de controle é usada para retornar o número de não conformidades de um determinado produto por unidade produzida, a partir de um grupo de características da qualidade, expressando, em formato de gráfico, o número de não conformidade em relação a cada unidade (dividindo pelo tamanho do lote) e é utilizada quando o tamanho da amostra varia. No estudo de caso trabalhado, as características da qualidade definidas foram o acabamento observado em relação ao destacamento de fita de borda colada, acabamento observado em relação à elevação da fita de borda colada e a execução do processo com a fita de borda adequada. A carta u foi utilizada com o objetivo de comparar a performance do processo antes da implementação das ações de melhoria e após a implementação do plano de ação e servir como um dos elementos da linha de base do projeto.

Coleta de dados

As amostras coletadas foram separadas em duas etapas. A primeira etapa refere-se aos três meses iniciais do projeto, quando não haviam sido implementadas quaisquer ações de melhoria e a segunda etapa diz respeito ao período que corresponde aos meses de implementação e controle das ações de melhoria.

O número de produtos defeituosos da amostra é dado por:

$$c_i = \dots \quad (4.1)$$

Posteriormente, calcula-se o número médio de produtos defeituosos por unidade. A proporção média de produtos defeituosos é dada por:

$$\bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^k c_i}{\sum_{i=1}^k n_i} = \frac{(c_1 + c_2 + \dots + c_k)}{(n_1 + n_2 + \dots + n_k)} \quad (4.2)$$

onde:

- c_i é o número de peças defeituosas na amostra i ;
- n_i é o tamanho da amostra i e k é o número de subgrupos.

Cálculo dos limites de controle

O desvio padrão sigma é dado por:

$$\sigma = \frac{\sqrt{\bar{u}}}{\sqrt{n}} \quad (4.3)$$

Os limites de controle para o número de peças defeituosas por unidade são calculados como:

$$LCL = \bar{u} - 3\sigma \quad (4.4)$$

$$LCS = \bar{u} + 3\sigma \quad (4.5)$$

onde:

- LCI é o limite de controle superior;
- LCI é o limite de controle inferior.

Na Tabela 9 apresentam-se os dados da quantidade de lotes selecionados, dos tamanhos dos lotes, do número de defeitos para cada lote e do número de defeitos por unidade (u) observados na fase inicial do projeto, ou seja, antes do início da implementação das ações.

Tabela 9 – Dados da carta u antes da implementação das ações de melhoria.

Lote	Número de unidades	Número de não conformidades	Número de não conformidades por unidade inspecionada (u)
1	411	45	0,11
2	316	39	0,12
3	480	71	0,15
4	588	79	0,13
5	489	74	0,15
6	385	54	0,14
7	502	52	0,10
8	423	41	0,10
9	438	39	0,09
10	312	27	0,09
11	452	40	0,09
12	529	39	0,07
Soma	5325	600	

Fonte: Elaborada pelo Autor (2022)

Inicialmente, calcula-se \bar{c} :

$$\bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^n c_i}{n} = \frac{600}{12} = 50 \quad (4.6)$$

$$\bar{u} = \frac{\bar{c}}{\bar{n}} = \frac{50}{450} = 0,11 \quad (4.7)$$

$$\bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^n u_i}{n} = \frac{(c_1 + c_2 + \dots + c_n)}{(n_1 + n_2 + \dots + n_n)} = \frac{600}{5325} = 0,11 \quad (4.8)$$

Em seguida, calcula-se σ_u :

$$\sigma_u = \frac{\sqrt{\bar{u}}}{\sqrt{n}} = \frac{\sqrt{0,11}}{50} = 0,047 \quad (4.9)$$

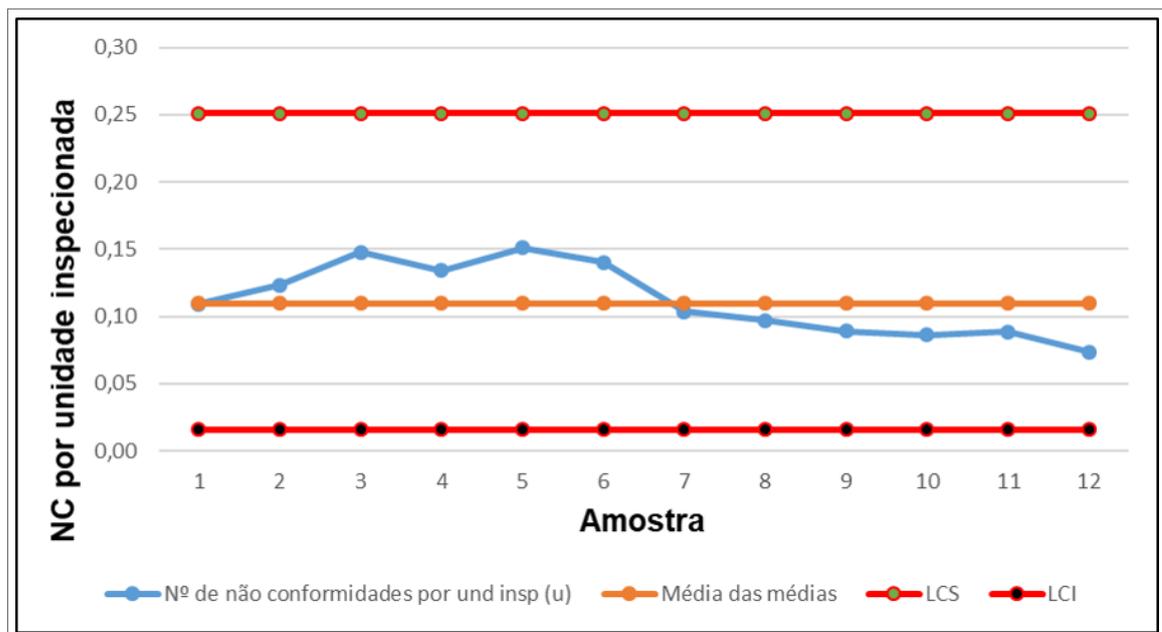
Os limites de controle serão:

$$\bar{u} + 3\sigma = 0,11 + 3 * 0,047 = 0,251 \quad (4.10)$$

$$\bar{u} - 3\sigma = 0,11 - 3 * 0,047 = 0,016 \quad (4.11)$$

Na Figura 34 apresenta-se o gráfico de controle obtido a partir dos dados da fase MEDIR, antes da implementação das ações. A interpretação do gráfico aponta que o processo encontrava-se estável, sem pontos fora dos limites de controle, entretanto, observa-se um comportamento oscilatório, indicando que o desempenho não é constante e que os limites de controle foram considerados altos, com boas possibilidades de serem estreitados.

Figura 34 – Gráfico de controle antes da implementação das ações de melhoria.



Fonte: Autor.

Em relação a capacidade do processo antes da implementação das ações de melhoria, pode-se expressar em termos percentuais a quantidade de produtos conformes que o processo produziu, ou seja,

$$C_p = (1 - \bar{u}) = 1 - 0,11 = 0,89 = 89\%. \quad (4.12)$$

Para realizar uma comparação quanto a estabilidade do processo, uma nova análise foi produzida após a implementação das ações seguindo os mesmos passos para obtenção dos novos resultados após a implementação do plano de ação realizado na fase MELHORAR.

Na Tabela 10 apresentam-se os dados da quantidade de lotes selecionados, dos tamanhos dos lotes, do número de defeitos para cada lote e do número de defeitos por unidade (u) observados na fase CONTROLAR do projeto, ou seja, após o início da implementação das ações.

Tabela 10 – Dados da carta u após a implementação das ações de melhoria.

Lote	Número de unidades	Número de não conformidades	Número de não conformidades por unidade inspecionada (u)
13	378	18	0,05
14	288	13	0,05
15	419	16	0,04
16	325	11	0,03
17	242	4	0,02
18	491	9	0,02
19	782	14	0,02
20	905	19	0,02
21	813	16	0,02
22	884	18	0,02
23	901	19	0,02
24	718	10	0,01
25	696	11	0,02
Soma	7842	178	

Fonte: Elaborada pelo Autor (2022)

Calculando os parâmetros, teremos:

$$\bar{u} = \frac{\sum c_i}{\sum n_i} = \frac{0}{0} \quad (4.13)$$

$$\bar{u} = \frac{0}{0} = \frac{178}{13} = 13,7 \quad (4.14)$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{(x_1 + x_2 + \dots + x_n)}{(1 + 2 + \dots + n)} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{178}{10} = 17,8 \quad (4.15)$$

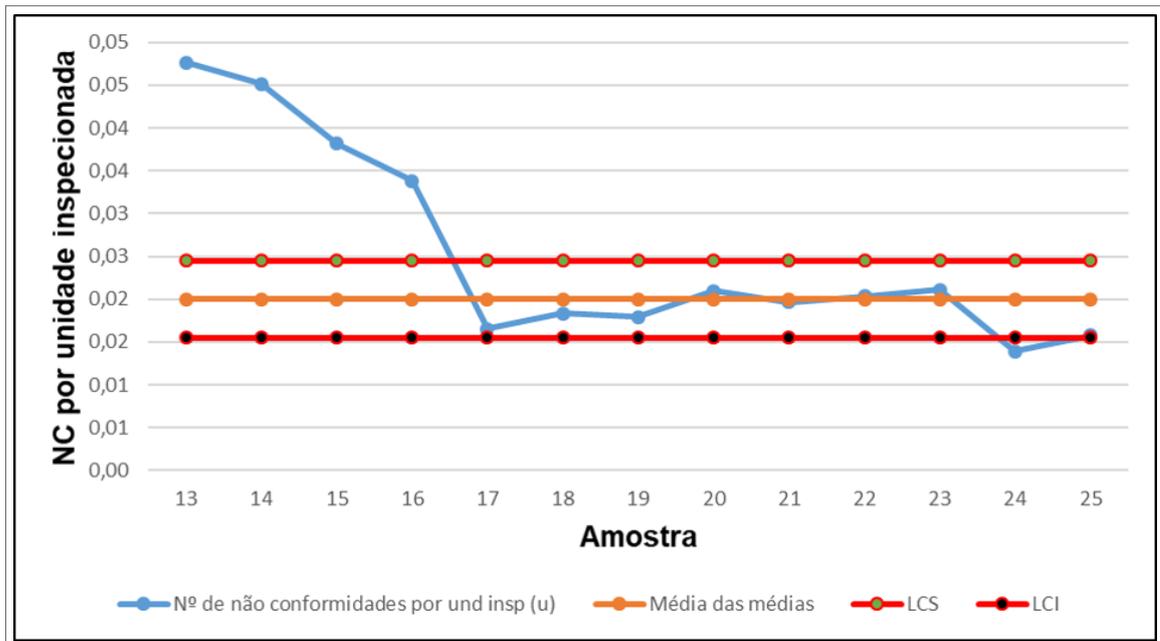
$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,02}{13,7}} = 0,0015 \quad (4.16)$$

$$LCL = \bar{x} - 3s = 17,8 - 3 * 0,0015 = 17,755 \quad (4.17)$$

$$UCL = \bar{x} + 3s = 17,8 + 3 * 0,0015 = 17,845 \quad (4.18)$$

Na Figura 35 apresenta-se o gráfico de controle obtido a partir dos dados da fase CONTROLAR, ou seja, após a implementação das ações. A interpretação do gráfico com novos limites de controle aponta que o processo encontrava-se instável, com os pontos iniciais das quatro primeiras amostras fora dos limites de controle durante as primeiras semanas de implementação do plano de ação, entretanto, após a fase inicial da etapa CONTROLAR, observa-se uma tendência de estabilidade, com baixa probabilidade de surgirem pontos fora dos limites de controle indicando que o desempenho foi controlado, mesmo com o estreitamento dos limites de controle. O ponto abaixo do limite inferior, na amostra 12 indica uma melhora mais acentuada no processo, sugerindo uma investigação, uma vez que trata-se de uma causa não natural do processo.

Figura 35 – Gráfico de controle após a implementação das ações de melhoria.



Fonte: Autor.

A capacidade do processo obtida após a implementação do plano de ação em termos percentuais foi de

$$C_{pk} = (1 - \alpha) = 1 - 0,02 = 0,98 = 98\%. \quad (4.19)$$

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

5.1 CONCLUSÕES

A redução de defeitos através da utilização do LSS associado às fases do DMAIC na empresa de fabricação de móveis obteve resultados significativos na redução da taxa de falhas do processo. A abordagem DMAIC LSS é uma metodologia mais abrangente que garante uma compreensão profunda das causas raízes e melhoria contínua. Comparado ao PDCA do Lean, o DMAIC do Six Sigma é mais específico na separação das diferentes fases e utiliza técnicas mais detalhadas.

A pesquisa evidenciou progresso no desempenho da qualidade e no nível de maturidade no setor de colagem de bordas e dos demais processos, além do aumento da produtividade e redução de desperdícios. Após a identificação dos principais detratores do processo, uma busca incessante pela melhoria contínua é proporcionada pelo método DMAIC, desde a localização das causas e solução dos problemas continua, resultando em uma diminuição considerável de defeitos, mesmo em processos da fábrica onde o método não foi utilizado. O desempenho da qualidade medido através do nível Sigma aumentou de 3,1, antes do início da implementação das ações, para 4,0, após a utilização do DMAIC e estabilização do processo.

Embora tenha sido alcançado um nível Sigma igual a 4,0 pela aplicação dos métodos LSS e DMAIC, o número ficou longe do nível 6,0 possível, pois esta pesquisa focou na solução de problemas cuja solução não envolviam altos investimentos e não contemplou todos os defeitos, priorizando as falhas com maiores índices de reclamações de clientes externos e internos. Desta forma, expandindo a pesquisa e aplicação das melhorias para os demais defeitos do processo, espera-se que o desempenho da qualidade da produção possa ser melhorado para atingir o nível *Six Sigma*.

Este estudo contribuiu para um maior engajamento da equipe de produção em relação aos projetos de melhoria contínua, elevando o grau de compreensão sobre os fluxos internos e controles internos para tomada de decisões. Foi possível observar um comprometimento da alta gestão com os aspectos relacionados à qualidade, apesar da resistência em relação às melhorias que demandam investimento, possibilitando ganhos financeiros reais para a organização. Portanto, a metodologia LSS DMAIC é uma técnica poderosa para melhorar os processos de qualquer indústria, como mostrado neste trabalho.

5.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Levando em consideração que o levantamento dos dados foi uma difícil etapa na elaboração deste trabalho e, em função da limitação do tempo que normalmente é imposta em projetos de melhoria contínua com a utilização da ferramenta LSS DMAIC em ambientes de chão de fábrica, recomenda-se para trabalhos futuros:

- Incrementar ao passo a passo descrito nesta dissertação, a utilização de um controle estatístico de processo mais robusto, como a carta de controle para a mediana e amplitude, cuja vigilância em relação a presença de dados atípicos é mais poderosa.
- Expandir as ações de melhoria para outros defeitos do processo de colagem de bordas.
- Implementar o método utilizado nos demais processos da organização.
- Por fim, com o objetivo de obter resultados mais significativos, sugere-se a associação de parâmetros relacionados ao fator humano, como clima organizacional da empresa e capacitação dos colaboradores.

REFERÊNCIAS

ABILACH, Thakkar, J. J. Application of Six Sigma DMAIC methodology to reduce the defects in a telecommunication cabinet door manufacturing process: A case study. **The International journal of quality reliability management**, v. 36, n. 9, p. 1540–1555. Acesso em: 28 abr. 2021. ISSN 0265-671X.

ANJOS, M. C. ANJOS, M. C. dos; SOUZA, C. C. de; CEZAR, I. M.; ARIAS, E. R. A.; NETO, J. F. dos R. O uso do método PDCA e de ferramentas da qualidade na gestão da agroindustrial no estado de Mato Grosso do Sul. **Revista Agrarian**. Dourados, v. 5, n. 15, p. 75–83, 2012. ISSN 1984-252X.

ANTONY, J.; KUMAR, M.; MADU, C. Six sigma in small- and medium-sized UK manufacturing enterprises: Some empirical observations. **International Journal of Quality Reliability Management**, v. 22, p. 860–874, 2005. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/02656710510617265/full/html>. Acesso em: 26 abr. 2021.

CHENG, C.-Y.; CHANG, P.-Y. Implementation of the Lean Six Sigma framework in non-profit organisations: A case study. **Total Quality Management Business Excellence** v. 23, p. 1–17, 2012. <https://www.econbiz.de/Record/implementation-of-the-lean-six-sigma-framework-in-non-profit-organisations-a-case-study-cheng-chen-yang/10009553653>. Acesso em: 26 abr. 2021.

FMEA. **O que é FMEA?: Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial**. 2019. Disponível em: <https://fmea.com.br/#o-que-e-fmea>. Acesso em: 26 out. 2021.

GALINARI, Rangel; TEIXEIRA JUNIOR, Job Rodrigues; MORGADO, Ricardo Rodrigues. A competitividade da indústria de móveis do Brasil: situação atual e perspectivas. **Produção BNDS – Informe Setorial da Área Industrial**, v. 37, n. 45, p. 1540–1555, 2013. ISSN 0265-671X. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1516/1/A%20mar37_06_A%20competitividade%20da%20ind%3%b%20de%20m%3%b3veis%20do%20Brasil_P.pdf

HAMALI, S.; KURNIAWAN, S.; HIDAYAT, C.; FITRIANI, A. A.; OSMOND, G.; EVANTI, N. A six sigma application for the reduction of floor covering defects. **Pertanika Journal of Social Sciences and Humanities**, v. 26, n. T, p. 71–88, 2018. Disponível em: <http://www.pertanika.upm.edu.my/reso>. Acesso em: 26 maio 2021.

INSTITUO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores IBGE, Pesquisa Industrial Mensal**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: [cielo.br/j/gp/a/RZjNZCVfdDCSFmF5T8PWv8y/abstract/?lang=pt#:~:text=Os%20resultados%20da%20avaliação%20sugerem,integrada%20como%20outros%20métodos%20ferramentas](https://www.cielo.br/j/gp/a/RZjNZCVfdDCSFmF5T8PWv8y/abstract/?lang=pt#:~:text=Os%20resultados%20da%20avaliação%20sugerem,integrada%20como%20outros%20métodos%20ferramentas). Acesso em: 26 out. 2021.

KUMAR, P.; SINGH, D.; BHAMU, J. Development and validation of DMAIC based framework for process improvement: a case study of Indian manufacturing organization. **The International journal of quality reliability management, ahead-of-print, nahead of print**, 2021. ISSN 0265-671X. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/349291311_Development_and_validation_of_DMAIC_based_framework_for_process_improvement_a_case_study_of_Indian_manufacturing_organization. Acesso em: 28 out. 2021.

LAURENTI, R.; ROZENFELD, H.; FRANIECK, E. K. Avaliação da aplicação dos métodos FMEA e DRBFM no processo de desenvolvimento de produtos em uma empresa de autopeças. **Gestão Produção**, v. 4, n.19, 2012.

LI, Qu ; MA, Man.; ZHANG, Guannan. **Waste Analysis of Lean Service**. In: International Conference on Management and Service Science. Wuhan, China, 2011. p. 1–4. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/5998793/authors#authors>. Acesso em: 01 jan.2022

LOGIUDICE, R.; PACCHINI, A. P. T.; LUCATO, W. C. Mapeamento da percepção dos clientes internos sobre a qualidade dos processos: estudo de caso na indústria automotiva. **Exacta**, v. 19, n. 3, p. 550–563, 2021. ISSN 1678-5428.

LUZ, S.; BARBOSA, P. P.; MOLIN, R.; MARTINS, C. H. Aplicação do método FMEA em um produto de uma indústria moveleira de Maringá, PR. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 17., 2010, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: SIMPEP, 2010. Art. 1205. Disponível em: https://www.simpep.feb.unesp.br/anais_simpep_todos.php?e=5. Acesso em: 28 set. 2021.

MARTIN, K.; OSTERLING, M. **Value Stream Mapping, How to visualize work and align leadership for organizational transformation**. New York: McGraw-Hill, 2014. Disponível em: <https://www.amazon.com.br/Value-Stream-Mapping-Organizational-Transformation/dp/0071828915?asin=B00EHIEJLM&revisionId=f1d05736&format=1&depth=1>. Acesso em: 28 nov.2021.

MIGUEL, P. A. C. **Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução**. Produção: uma publicação da Associação Brasileira de Engenharia de Produção, Associação Brasileira de Engenharia de Produção, v. 17, n. 1, p.216–229, 2007.

NUNES, Herberth Bruno. **Aplicação da metodologia seis sigma como fator estratégico para aumento da eficiência operacional: estudo de caso de uma empresa no setor portuário**. 2020. Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2020. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br/handle/2011/13696>. Acesso em: 01 jan. 2021

PAMFILIE, R.; PETCU, A. J.; DRAGHICI, M. The Importance of Leadership in Driving a Strategic Lean Six Sigma Management. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 58, p. 187–196, 2012. ISSN 1877-0428. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042812044540>.

PANDE ROBERT P; NEUMANN, R. R. C. P. S. **The six sigma way**. How to maximize the impact of your change and improvement efforts. New York: McGraw-Hill, 2014.

PAVANI, O.; SCUCUGLIA, R. **Mapeamento e gestão de processos - BPM**. São Paulo: M. BOOKS, 2011. v. 1. 376 p.

- PEPPER, M.; SPEDDING, T. The evolution of lean Six Sigma. **International Journal of Quality Reliability Management**, v. 27, p. 138–155, 2010. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5968353/mod_resource/content/1/Samuel_2009_The%20evolution%20of%20lean%20Six%20Sigma.pdf. Acesso em: 31 nov.2021.
- RECH, G.; ANZANELLO, M. J.; DUTRA, C. C. Curvas de aprendizado e FMEA na análise de confiabilidade do processo de separação manual de uma distribuidora de medicamentos. **Revista Produção Online**, v. 13, n. 3, p. 873–892, mar. 2013. Disponível em: <https://producaoonline.org.br/rpo/article/view/1070>. Acesso em: 01 jan. 2021
- ROZENFELD, H. et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2012. 576 p.
- SIMANOVÁ, P. Geoids. Implementation of the Six Sigma Methodology in Increasing the Capability of Processes in the Company of the Furniture Industry of the Slovak Republic. **Management Systems in Production Engineering**, v. 29, p. 54–58, 03 2021. Disponível em: www.semanticscholar.org/paper/Implementation-of-the-Six-Sigma-Methodology-in-the-Simanová-Gejdoš/426463bff87c696cb3e4211b1efb858cba06efb4. Acesso em: 26 jun. 2020
- SME Finance Forum. **Micro, Small and Medium Enterprises: economic indicators (MSME-EI)**. 2019. Disponível em: <https://www.smefinanceforum.org/data-sites/msme-country-indicators>). Acesso em: 10 out. 2021.
- SPRICIGO, R. **Uso de protótipos de processo para o projeto de célula de montagem em um ambiente de manufatura enxuta**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.
- SUGIYONO. **Metode Penelitian Manajemen**. Penerbit Alfabeta Bandung, 2014.
- SUHARDI, B.; ANISA, N.; LAKSONO, P. W. Minimizing waste using lean manufacturing and ECRS principle in Indonesian furniture industry. **Cogent engineering**, v. 6, n. 1, 2019. ISSN 2331-1916. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23311916.2019.1567019>. Acesso em: 18 out. 2021.
- TENERA, A.; PINTO, L. A Lean Six Sigma (LSS) project management improvement model. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 119, 03 2014. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042814021934>. Acesso em: 21 out. 2021.
- TONDIN, R.; BARBOSA, L. A. **Melhoria no desenvolvimento de produto: uma aplicação da ferramenta FMEA**. 2017. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a17v38n06/a17v38n06p18.pdf>. Acesso em: 26 out. 2021.

WERKEMA, C. **Criando a cultura lean seis sigma**. São Paulo: Atlas, 2012.

XERPAY. **Diagrama de Ishikawa: o que é, como fazer e quando usar?** 2020. Disponível em: <https://xerpay.com.br/blog/diagrama-de-ishikawa/>. Acesso em: 26 out. 2021.

YADRIFIL; SEPTYANTI, A. A.; RUS, A. M. M. **Implementation of lean-DMAIC method for reducing packing defect in a flour company**. AIP Conference Proceedings, v. 2227, n. 1, p. 040014, 2020. Disponível em: <https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/5.0004212>. Acesso em: 13 ago. 2021.

PÊNDICE A – TERMO DE ABERTURA DE PROJETO

	Tipo do Documento: TERMO DE ABERTURA DE PROJETO	Código: IT.01.00	Data: 20/09/2021
	Título do Documento: REDUÇÃO DE FALHAS DO PROCESSO DE COLAGEM DE BORDAS	Revisão: 00	Página: 1/6

Nome do Projeto	Código do Projeto
Redução da taxa de falhas no processo de colagem de bordas da marcenaria	01/2021

Gerente do Projeto	Matrícula	Área
Amaro Coelho Pedrosa	116	Planejamento

1. Finalidade do Projeto

Elevar a qualidade do produto e a satisfação dos clientes, aumentar a produtividade, eliminar perdas e reduzir custos no processo de colagem de bordas da marcenaria da Fábrica.

2. Descrição de Alto Nível do Projeto e Limites

- 1 – Padronização de processos de fabricação na etapa de colagem de fitas de borda;
- 2 – Reduzir em pelo menos 50% a taxa de falhas registradas na fase de medição do projeto;
- 3 – Aumentar a produtividade e melhorar a qualidade de vida dos colaboradores envolvidos na atividade.

3. Objetivos Mensuráveis do Projeto e Critérios de Sucesso

Objetivos do Projeto	Critérios de Sucesso	Aprovador
Escopo:		
Realizar entregas de acordo com o escopo de trabalho estabelecido.	Cumprimento de todos os requisitos especificados.	Edson C. V. Junior
Tempo:		
Realizar as entregas das tarefas de acordo com a sequenciação estabelecida.	Cumprimento das etapas nos prazos definidos.	Edson C. V. Junior
Custo:		
Criar soluções utilizando recursos internos e com investimentos limitados ao valor de R\$ 10.000,00	Custo total do projeto não superar o valor máximo estabelecido.	Edson C. V. Junior

	Tipo do Documento: TERMO DE ABERTURA DE PROJETO	Código: IT.01.00	Data: 20/09/2021
	Título do Documento: REDUÇÃO DE FALHAS DO PROCESSO DE COLAGEM DE BORDAS	Revisão: 00	Página: 1/6

Qualidade:

Taxa de defeitos inferior a 2%.	Cumprimento dos processos que serão definidos no projeto.	Edson C. V. Junior
---------------------------------	---	--------------------

Lista Marcos	Data Limite
Padronização do processo de produção (emissão de procedimento)	Jan/2022
Padronização da rotina de manutenção	Jan/2022
Criação da lista de fabricantes e modelos de fitas aprovados	Jan/2022
Entrega do fluxograma do processo de colagem	Fev/2022
Entrega das métricas e indicadores de qualidade	Fev/2022
Entrega do fluxograma geral contendo todas as etapas do processo	Fev/2022
Entrega das implementações de melhoria do processo	Jan/2022
Entrega das intervenções de manutenção da máquina coladeira de bordas	Jan/2022

4. Requisitos de Alto Nível

As melhorias propostas no projeto devem ser implementadas, preferencialmente, utilizando recursos existentes e todos os investimentos financeiros necessários devem ser aprovados previamente pela Diretoria (Sponsor).

O projeto deverá ser executado em horário do expediente e a equipe de projeto dedicará parte do seu tempo para o projeto, mas sem comprometer as demandas de produção da fábrica;

A estrutura administrativa da empresa deverá suportar a equipe de projeto sem comprometer as demandas de rotina.

5. Premissas e Restrições

O projeto considerará os defeitos apenas do processo de colagem de bordas, desconsiderando, inicialmente defeitos de processos anteriores e posteriores da marcenaria;

O líder da produção (ou alguém designado por ele) deve, em reuniões agendadas pela equipe de projetos, descrever as atividades existentes em seus processos, bem como indicar, de forma clara, possíveis alterações que sejam necessárias;

Após a entrega do projeto, a manutenção das implementações será feita sob responsabilidade de todos os colaboradores do processo e acompanhadas pelo supervisor de produção;

 FORMAFLEX <small>ESCRITÓRIO ESCOLAR</small>	Tipo do Documento: TERMO DE ABERTURA DE PROJETO	Código: IT.01.00	Data: 20/09/2021
	Título do Documento: REDUÇÃO DE FALHAS DO PROCESSO DE COLAGEM DE BORDAS	Revisão: 00	Página: 1/6

6. Avaliação Global de Riscos

Redução da produtividade para garantir cumprimento do cronograma do projeto;
 Impactos de orçamento e recursos, relacionados com a pandemia de Covid-19.

7. Recursos Financeiros Pré-aprovados

Não aplicável

8. Lista de Partes Interessadas Chave

Sponsor;
 Equipe de Projetos;
 Colaboradores da produção diretamente envolvidos no processo de colagem de bordas;
 Colaboradores da produção dos processos anteriores e posteriores;
 Clientes.

9. Requisitos para Aprovação do Projeto

Aprovação do Cronograma e estimativa de custos pelo patrocinador;
 Aprovação do projeto pelo patrocinador.

10. Critérios de Encerramento do Projeto ou Fase

Obter validação com o patrocinador ao atingir cada marco do projeto.

11. Definição do Gerente de Projeto e nível de autoridade

O gerente do projeto terá autonomia para mobilizar pessoas e recursos internos com o objetivo de garantir o cumprimento do escopo e cronograma do projeto.

	Tipo do Documento: TERMO DE ABERTURA DE PROJETO	Código: IT.01.00	Data: 20/09/2021
	Título do Documento: REDUÇÃO DE FALHAS DO PROCESSO DE COLAGEM DE BORDAS	Revisão: 00	Página: 1/6

Gerente de Projetos: Amaro Coelho Pedrosa
Definição de Pessoal / Time: O GP terá autonomia para definir os membros do time em todas as fases do projeto.

Gestão de Budget e variações: Não aplicável

Decisões Técnicas: As decisões técnicas serão tomadas em concordância com a equipe operacional e deverão ser autorizadas pelo GP e Diretoria.

Resolução de Conflitos: Os conflitos que afetem aquisições, custos, cronograma, escopo e riscos associados ao projeto devem ser resolvidos pelo Gerente de Projeto.

Caminho de escalonamento por limitações de autoridade: Membros da Equipe de Projeto – Líder Técnico Gerente de Projeto Sponsor
--

12. Parecer do Comitê Executivo de Projetos

<input checked="" type="checkbox"/> Aprovado	<input type="checkbox"/> Reprovado	<input type="checkbox"/> Reavaliar	
--	------------------------------------	------------------------------------	--

	Tipo do Documento: TERMO DE ABERTURA DE PROJETO	Código: IT.01.00	Data: 20/09/2021
	Título do Documento: REDUÇÃO DE FALHAS DO PROCESSO DE COLAGEM DE BORDAS	Revisão: 00	Página: 1/6

Considerações:

Jaboatão dos Guararapes, 20 de setembro de 2021

Nome: Amaro Coelho Pedrosa
Gerente de Projeto

Nome: Edson C. V. Junior
Patrocinador do Projeto /Responsável Business

APÊNDICE B – INSTRUÇÃO DE TRABALHO DO PROCESSO DE COLAGEM DE BORDAS

	Tipo do Documento: INSTRUÇÃO DE TRABALHO	Código: IT.01.00	Data: 06/12/2021
	Título do Documento: PROCESSO COLAGEM DE BORDAS	Revisão: 00	Página: 1/1

CONTROLE DE REVISÃO

Data	Revisão	Descrição
06/12/2021	00	Emissão inicial

1. Etapa de verificação	Responsável	Registro
Realizar inspeção visual de toda a máquina, principalmente no interior, para garantir que não há presença de resíduos sólidos no interior da máquina.	Operador	N/A
Acionar a máquina utilizando a chave geral localizada na sua parte inferior.	Operador	N/A
Ajustar, na IHM, temperatura de aquecimento da cola granulada para, no mínimo 170 °C, ou conforme recomendação do fabricante.	Operador	N/A
Alimentar a fita de borda no caminho guia de fitas.	Operador	N/A
Ajustar altura do regulador de passagem de fita.	Operador	N/A
Verificar nível de vaselina no reservatório.	Operador	N/A
Verificar abastecimento de cola granulada do recipiente de cola (coleiro).	Operador	N/A
Verificar pressão do ar comprimido.	Operador	N/A
2. Etapa de operação	Responsável	Registro
Acionar sistema de exaustão.	Operador	N/A
Acionar, na IHM, esteira e coleiro.	Operador	N/A
Acionar, na IHM, grupo de topias (topia 1 e topia 2).	Operador	N/A
Acionar, na IHM, grupo refilador (refilador superior e refilador inferior).	Operador	N/A
Acionar, na IHM, grupo arredondador.	Operador	N/A
Acionar, na IHM, grupo destopador.	Operador	N/A
Acionar, na IHM, raspador.	Operador	N/A
Acionar, na IHM, grupo polidor.	Operador	N/A

Área Responsável: Planejamento Produção	Elaborador: Amaro Coelho Pedrosa	Aprovador: Edson C. V. Junior
---	--	---

APÊNDICE C – INSTRUÇÃO DE TRABALHO DO PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA DA MÁQUINA COLADEIRA DE BORDAS

 FORMAFLEX <small>ESCRITÓRIO ESCOLAR</small>	Tipo do Documento: INSTRUÇÃO DE TRABALHO	Código: IT.01.00	Data: 29/11/2021
	Título do Documento: PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA DA MÁQUINA COLADEIRA DE BORDOS	Revisão: 00	Página: 1/1

CONTROLE DE REVISÃO

Data	Revisão	Descrição
29/11/2021	00	Emissão inicial

1. Diariamente	Responsável	Registro
Realizar limpeza das áreas internas e externas, retirada de resíduos sólidos e poeira	Operador de Produção	Check list de manutenção
Verificação do funcionamento adequado das resistências de aquecimento	Operador de Produção	Check list de manutenção
Verificação do setup de ajuste de altura da fita utilizada	Operador de Produção	Check list de manutenção
Verificação do alinhamento do grupo de tupias (limite de limpeza da peça ajustado para 1mm)	Operador de Produção	Check list de manutenção
Verificação da pressão do ar comprimido do grupo arredondador	Operador de Produção	Check list de manutenção
Alinhamento do guia de fitas	Operador de Produção	Check list de manutenção
2. Mensalmente	Responsável	Registro
Limpeza do coleiro	Técnico de Manutenção	Livro de manutenção
Lubrificação do coleiro	Técnico de Manutenção	Livro de manutenção
Alinhamento do grupo de tupias	Técnico de Manutenção	Livro de manutenção
Regulagem do refilador superior e refilador inferior	Técnico de Manutenção	Livro de manutenção
Regulagem do destopador 1 e destopador 2	Técnico de Manutenção	Livro de manutenção
Lubrificação dos mancais da esteira	Técnico de Manutenção	Livro de manutenção

Área Responsável:	Elaborador:	Aprovador:
Produção / Manutenção	Amaro Coelho Pedrosa	Edson C. V. Junior