

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

JOMERSON JÚNIOR RODRIGUES PINTO

**METODOLOGIA DMAIC PARA GESTÃO DE PROGRAMAÇÃO DE
MANUTENÇÃO: UM ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA METAL-
MECÂNICA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2018

JOMERSON JÚNIOR RODRIGUES PINTO

**METODOLOGIA DMAIC PARA GESTÃO DE PROGRAMAÇÃO
DE MANUTENÇÃO: UM ESTUDO DE CASO EM UMA
INDÚSTRIA METAL-MECÂNICA**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Mecânica da Coordenação de Engenharia Mecânica – COEME – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Prof. Msc. Mauricio Pegoraro

PATO BRANCO

2018

FOLHA DE APROVAÇÃO

Metodologia DMAIC Para Gestão De Programação De Manutenção: Um Estudo De Caso Em Uma Indústria Metal- Mecânica

JOMERSON JUNIOR RODRIGUES PINTO

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado no dia 20/11/2018 como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Mecânico, do curso de Engenharia Mecânica do Departamento Acadêmico de Mecânica (DAMEC) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Pato Branco (UTFPR-PB). O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora julgou o trabalho **APROVADO**.

Prof. Dr. Gilson Adamczuk Oliveira
(UTFPR – Departamento de Mecânica)

Prof. Dr. José Donizetti de Lima
(UTFPR – Departamento de Matemática)

Prof. Msc. Maurício Pegoraro
(UTFPR – Departamento de Mecânica)
Orientador

Prof. Dr. Paulo Cezar Adamczuk
Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Mecânica

*A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Mecânica

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família e a todos os amigos, companheiros que
estiveram comigo nessa jornada

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pois sem ele este trabalho não seria possível.

Aos meu familiares que me apoiaram e se preocuparam com a minha formação acadêmica. Principalmente a minha mãe, que em todos os momentos de necessidade me deu forças para a continuar na jornada acadêmica.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná e aos docentes do curso de engenharia mecânica, por me proporcionarem um curso superior de qualidade que me prepara para a vida profissional, além de terem feito parte ativa no meu amadurecimento pessoal.

Ao meu orientador, pela sua sabedoria e paciência. Além da oportunidade dada para desenvolver uma pesquisa aprofundada sobre o tema.

Aos meus amigos, João Pedro Scardini Prata e Marco Cesar Zanella Pires que desde o início da jornada me acompanharam pelos períodos da faculdade.

Ao Gustavo Tomasi e Rogério pelo desenvolvimento deste trabalho.

À banca examinadora, se dispôs do seu tempo para avaliar e acrescentar conhecimentos ao desenvolvimento do trabalho.

EPÍGRAFE

*"Failure is only the opportunity more
intelligently to begin again"*

(FORD, 1922)

"O fracasso é apenas a oportunidade
mais inteligente para começar de novo".

(FORD, 1922)

RESUMO

PINTO, Jomerson Jr Rodrigues. METODOLOGIA DMAIC PARA GESTÃO DE PROGRAMAÇÃO DE MANUTENÇÃO: UM ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA METAL-MECÂNICA. 2018. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2018.

Este trabalho apresenta um estudo de caso sobre a aplicação da metodologia DMAIC – Lean Six Sigma em uma indústria metal-mecânica no planejamento de manutenções preventivas, com o objetivo de avaliar a aplicação do método DMAIC para a resolução de falhas no âmbito do planejamento de manutenções. O presente estudo de caso refere-se a aplicação das ferramentas, princípios e conceitos da metodologia Seis Sigma, com o objetivo de aumentar a aderência do plano de manutenções preventivas em equipamentos de conformação mecânica através da execução do ciclo DMAIC (*Define, Measure, Analyse, Improve, Control*) em uma indústria metal-mecânica. O principal objetivo do trabalho foi aplicar o método DMAIC para reduzir as falhas entre planejamento de produção e planejamento de manutenções. Os resultados obtidos com a aplicação do método DMAIC na empresa em estudo foi de um cumprimento do plano de manutenção superior a 80%. Com a sua aplicação o método se mostrou eficiente na correção das falhas do planejamento de manutenções preventivas.

Palavras-chave: Gestão da Manutenção. Manutenção Preventiva. Ciclo DMAIC.

ABSTRACT

PINTO, Jomerson Jr Rodrigues. DMAIC METHODOLOGY FOR MANAGEMENT OF MAINTENANCE PLANNING: A CASE STUDY IN A METAL-MECHANIC INDUSTRY. 2018. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2018.

This paper presents a case study on the application of the Lean Six Sigma DMAIC methodology in a metal mechanic industry in the planning of preventive maintenance, with the objective of evaluating the application of the DMAIC method for the resolution of failures in the scope of maintenance planning. The present case study refers to the application of the tools, principles and concepts of the Six Sigma methodology, with the objective of increasing the adhesion of the preventive maintenance plan in mechanical forming equipment through the execution of the DMAIC cycle (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) in a metal-mechanical industry. The main objective of the work was to apply the DMAIC method to reduce the failures between production planning and maintenance planning. The results obtained with the application of the DMAIC method in the company under study were of a compliance of the maintenance plan superior to 80%. With its application the method was efficient in correcting the failures of preventive maintenance planning.

Keywords: Maintenance management. Preventive maintenance. DMAIC cycle.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Curva da banheira de um equipamento	17
Figura 2- Exemplo do diagrama de SIPOC para embalagem de produtos	21
Figura 3 - Gráfico de Pareto aplicado a priorização de falhas na manutenção	21
Figura 4 - Etapas do ciclo DMAIC aplicadas ao projeto.....	26
Figura 5 - Retorno de retalhos em uma ferramenta de corte.....	27
Figura 6- Marcações de peças estampadas devido ao retorno de retalho.....	28
Figura 7-Gráfico sequencial para o índice de aderência de manutenções	29
Figura 8- SIPOC do processo de planejamento de manutenções preventivas	30
Figura 9 - Teste de normalidade da distribuição de dados do índice de aderência de manutenções preventivas 1° turno	32
Figura 10 - Teste de normalidade da distribuição de dados do índice de aderência de manutenções preventivas 2° turno	32
Figura 11 - Teste de normalidade da distribuição de dados do índice de aderência de manutenções preventivas 3° turno	33
Figura 12 - Teste de Intervalos de Confiança de Tukey para as médias dos turnos	34
Figura 13 - Teste de normalidade da distribuição de dados do índice de aderência de manutenções preventivas para a estamparia manual	35
Figura 14 - Teste de normalidade da distribuição de dados do índice de aderência de manutenções preventivas para progressiva leve.....	36
Figura 15 - Teste de normalidade da distribuição de dados do índice de aderência de manutenções preventivas para progressiva pesada	36
Figura 16 - Teste de normalidade da distribuição de dados do índice de aderência de manutenções preventivas para estamparia inox	37
Figura 17 - Teste de normalidade da distribuição de dados do índice de aderência de manutenções preventivas para o não atendimento da estamparia manual	39
Figura 18 - Teste de normalidade da distribuição de dados do índice de aderência de manutenções preventivas para o não envio da estamparia manual	39
Figura 19 - Teste de normalidade da distribuição de dados do índice de aderência de manutenções preventivas para a troca da estamparia manual	40
Figura 20 - Gráfico de Pareto para motivos de não aderência ao plano de manutenção na estamparia manual.....	41
Figura 21 - Gráfico de Pareto para motivos de não aderência ao plano de manutenção por classe e motivo.....	42
Figura 22 - Mapa de processo de planejamento e execução de manutenções preventivas.....	44
Figura 23 - Evolução do indicador de aderência de manutenções preventivas	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Estatísticas descritivas do índice global de aderência de manutenções preventivas em uma empresa metal-mecânica de 05/02/18 a 29/03/18.....	29
Tabela 2 - Estatísticas descritivas do índice de aderência de manutenções preventivas análise entre turnos em uma empresa metal-mecânica de 05/02/18 a 29/03/18.....	33
Tabela 3 - Teste anova para as médias de não aderência ao plano de manutenção de preventivas 1°, 2° e 3° turno de 05/02/18 a 29/03/18	34
Tabela 4- Estatística descritiva para a análise entre as classes de equipamentos.....	37
Tabela 5 - Teste anova para as médias de não aderência ao plano de manutenção de preventivas estamparia manual, progressiva leve, progressiva pesada e estamparia inox em uma empresa metal-mecânica de 05/02/18 a 29/03/18	38
Tabela 6 - Estatística descritiva para a análise entre os motivos de não aderência ao plano de manutenção.....	40
Tabela 7 - Teste anova para as médias dos motivos de não aderência ao plano de manutenção de preventivas da estamparia manual	41
Tabela 9 - Estatísticas descritivas do índice global de aderência de manutenções preventivas em uma empresa metal-mecânica de 29/06/18 a 29/09/18.....	58

LISTA DE SIGLAS

ANOVA – Analyses of Variance

DMAIC – Define, Measure, Analyze, Improve e Control

GUT – Gravidade, Urgência, Tendência

MTBF – Mean Time Between Failures

TPM – Total Productive Maintenance

PCP – Planejamento e Controle de Produção

5W2H – What, Where, When, Who, Why, How, How Much

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	13
1.2	OBJETIVO GERAL	13
1.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
1.4	JUSTIFICATIVA	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	DEFINIÇÃO DE MANUTENÇÃO	15
2.2	TIPOS DE MANUTENÇÃO	15
2.3	LEAN SEIS SIGMA	18
2.4	FERRAMENTAS DE QUALIDADE	20
2.4.1	SIPOC	20
2.4.2	Gráfico de Pareto	21
2.4.3	Matriz GUT	22
2.4.4	Matriz 5w2h	22
3	METODOLOGIA	23
4	APLICAÇÃO DO MÉTODO	27
4.1	DEFINE	27
4.1.1	Descrição do projeto	27
4.1.2	Avaliar histórico e meta	28
4.1.3	Definir o principal processo envolvido no projeto	30
4.2	MEASURE	31
4.2.1	Planejar coleta de dados	31
4.2.2	Estratificação dos dados	31
4.2.2.1	Estrato Turno	31
4.2.2.2	Estrato classe de equipamentos	35
4.2.2.3	Estrato Motivo de não aderência	38

4.2.3	Evolução do indicador e metas específicas	42
4.3	ANALYZE.....	43
4.3.1	Analisar processo gerador do problema.....	43
4.3.2	Organizar causas raízes	45
4.3.3	Priorizar as causas.....	46
4.4	IMPROVE.....	49
4.4.1	Gerar ideias de soluções potenciais	49
4.4.2	Priorização das soluções	50
4.4.3	Análise de riscos	53
4.4.4	Plano de ação	54
4.5	CONTROL.....	58
4.5.1	Alcance da Meta Global	58
5	CONCLUSÕES FINAIS	59

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Devido à alta produtividade e com a acirrada concorrência de mercadoria, o setor de manutenção se torna um setor estratégico para a eficiência dos sistemas industriais. Os problemas encontrados no setor de manutenção se mostram na inadequada escolha das ações de manutenção, especialmente quando o equipamento desempenha um papel vital no processo de produção, que se torna algo natural quando se olha o ambiente nacional de manutenção (XAVIER, 2008).

A otimização de processos de manutenção desempenham expressiva importância na competitividade dos setores industriais na atualidade para garantir a sobrevivência das empresas, estes serviços de manutenção devem ser continuamente adaptados ao progresso das áreas técnicas, tecnológicas e organizacionais, sendo necessário construir ou modificar as estratégias de manutenção (MOSTAFA; DUMRAK; SOLTAN, 2015)

A manutenção foi vista por um longo período de tempo como a causadora de paradas e custos agressivos aos complexos industriais. Com a evolução de estratégias de manutenção no decorrer do tempo para que a redução de paradas e diminuir o que se pode chamar de apagar incêndios percebemos a mudança da conotação da manutenção. Atualmente com uma conotação voltada para confiabilidade, disponibilidade e segurança, temos um foco diferente para importância da manutenção (SELLITTO, 2005).

1.2 OBJETIVO GERAL

Avaliar a aplicabilidade do método DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve e Control*) para a resolução de problema na temática do setor de planejamento e controle de manutenções preventiva, obtendo um índice de atendimento de preventivas de 80%.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

(i) Levantar informações sobre o planejamento e controle de manutenções preventivas de equipamentos de conformação mecânica;

- (ii) Verificar a utilização da metodologia DMAIC como forma de reduzir as falhas no planejamento de manutenções preventivas,
- (iii) Verificar a eficiência do método DMAIC;
- (v) Reduzir o índice de não aderência do planejamento de manutenções; e
- (vi) Criar um processo estável para o planejamento de preventivas.

1.4 JUSTIFICATIVA

Ao se tornar um setor competitivo e estratégico dentro de uma organização, diversas formas de gestão e técnicas estão sendo aplicadas ao desenvolvimento de um ambiente de trabalho mais competitivo e produtivo no setor de manutenção. A evolução deste, bem como as diversas áreas do setor industrial vem impulsionando a pesquisa e tecnologia para alcançar a excelência dentro do âmbito industrial.

O objetivo do trabalho é justificado pela vasta gama de oportunidades que o setor de manutenção oferece para as diversas formas de gestão e práticas, bem como a implementação de metodologia DMAIC, pouco utilizada para os setores de apoio industrial.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 DEFINIÇÃO DE MANUTENÇÃO

A palavra manutenção deriva do latim *manus tenere*, que significa “manter o que se tem”. Diferentes bibliografias trazem o significado e as práticas de manutenção, mas sempre mantém o foco no processo de reparo e restauração de componentes para um bom funcionamento (ALMEIDA, 2018).

No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), definiu o termo manutenção como sendo o conjunto de todas as ações técnicas e administrativas, necessárias para que um item possa ser restaurado, conservado e que possa desempenhar as funções requeridas. Assim, as atividades de manutenção tem papel de evitar e/ou diminuir a degradação natural e por funcionamento de um equipamento, prolongando a vida de componentes e máquinas (ABNT, 1994).

A manutenção torna-se um aspecto importante para o desenvolvimento das atividades fabris. Diversos setores estão envolvidos no processo de manutenção, desde as concepção da máquina em seu projeto até as atividades de gerência e supervisão, as atividades técnicas em campo.

2.2 TIPOS DE MANUTENÇÃO

As atividades de manutenção são caracterizadas pelas técnicas e procedimentos, nas quais a manutenção se baseia para resolução da falha/problemas. Atualmente, pode-se considerar que existem basicamente 4 práticas de manutenção, que serão descritas neste trabalho. São elas: manutenção corretiva, preventiva, preditiva e engenharia de manutenção.

A manutenção corretiva estará sempre associada a ocorrência de falhas não planejadas, isto é, fora do alcance do planejamento de manutenção. A manutenção corretiva tem por finalidade atender imediatamente um equipamento que parou de funcionar e reestabelecer o funcionamento do mesmo, para que a produção possa ser atendida (VIANA, 2002).

Um outro ponto a se destacar é sobre o custo da manutenção corretiva, é notável observar que o custo da manutenção corretiva é mais barato que o custo de uma manutenção preventiva. Mas, fatores como paradas de produção, qualidade e segurança dos colaboradores, pode tornar essa manutenção inviável e insegura

(XENOS, 1998). Há dois pontos a serem destacados para a gestão de manutenção corretivas:

- Não existência de procedimentos preventivos capazes de evitar falhas, e
- Ou se existirem procedimentos, são técnica e economicamente inviáveis,

Estes são casos em que uma manutenção corretiva são os métodos de manutenção aplicáveis.

Ao se optar pela manutenção corretiva, diversos aspectos, como mão-de-obra, peças de reposição disponíveis, procedimentos de operação devem estar bem estruturados, uma vez que a falha ocorreu a forma de reduzir a sua severidade é a reabilitação do sistema no menor tempo possível (SHEUT; KRAJEWSKI, 1994).

O Quadro 1 indica alguns procedimentos que podem reduzir a severidade de uma manutenção corretiva.

Quadro 1 - Procedimentos para redução da severidade de manutenções corretivas

Aumentar a rapidez do serviço	Facilitar a tarefa de manutenção	Meios alternativos p/ a produção durante o reparo
Aumentar o tamanho da equipe técnica	Projetar equipamentos com facilidade de manutenção	Criar equipamentos redundantes
Determinar os melhores métodos de reparo	Usar módulos de reparo para o equipamento	Rotas alternativas de produção
Treinar a equipe técnica	Trocar o componente por uma peça de estoque e repará-lo depois	Equipamentos mais versáteis
Criar estoque de peças sobressalentes	—	Estoques de produtos semi-acabados

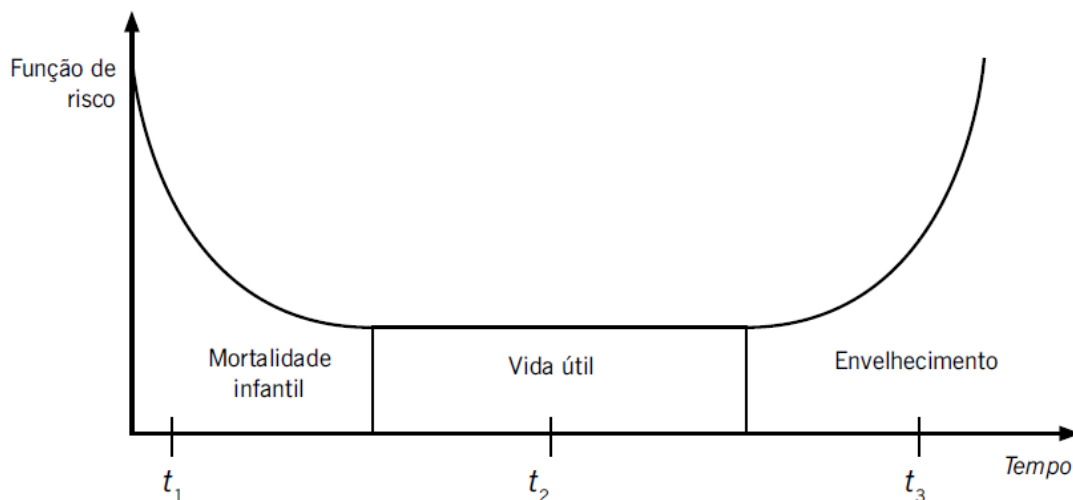
Fonte: Adaptado de SHEUT & KRAJEWSKI (1994).

Na manutenção preventiva é possível identificar diversas definições de na literatura. Para MOBLEY (2011) todos os programas manutenções preventivas são gerenciados pelo tempo, ou seja, as manutenções preventivas tem como base o tempo decorrido entre falhas, ou na linguagem de manutenção, a gestão de manutenção preventiva, para reparos ou recondiçionamentos de máquinas são programados com base na estatística de tempo médio entre falhas (MTBF).

Almeida (2018) define manutenção preventiva como manutenções realizadas com datas predeterminadas de modo a garantir o funcionamento correto das máquinas e equipamentos. Viana (2002) acrescenta a definição de manutenção preventiva, sobre o estado do equipamento, pois a manutenção preventiva ocorre quando as máquinas não estejam em falha.

Essa visão determinada pelos autores Almeida (2018) e Viana (2002), se fará para o presente estudo, visando implementar uma análise de ciclos predeterminados de manutenções através dos indicadores de manutenção MTBF. A figura 1 representa o ciclo de vida operacional característico de um equipamento.

Figura 1- Curva da banheira de um equipamento



Fonte: Extraído de FOGLIATO e RIBEIRO (2009)

Nas primeira faixa, representada pela mortalidade infantil, diz respeito aos eventos associados a implementação e início de operações com um equipamento, o risco de falhas deve cair de acordo com a evolução temporal, pois aspectos ligados a pouco conhecimento do maquinário deixam de existir e acontece a padronização dos procedimentos de operação das máquinas. Na segunda faixa, que corresponde a vida útil, tem-se o ciclo estável de falhas no equipamentos, isto é, há um padrão de desgaste natural dos componentes e peças, os quais são determinados por tempos que variam pouco com a evolução temporal. Na terceira faixa, é possível observar o período de envelhecimento em que corresponde a fase final da vida útil de um equipamento, devido aos ciclos de vida apresentados, os equipamentos apresentam elevadas taxas de reparos, pois, nesta fase já se encontram em elevado estado de

desgaste e folgas de componentes, o equipamento teve os seus componentes utilizados até o fim da vida útil.

Sobre as manutenções preditivas é possível observar que tem por finalidade, monitorar o funcionamento de um equipamento, por sistema de coleta de dados por telemetria, coleta direta em campo ou via predição de variáveis por controle estatístico de processo, para evitar a falha antes de sua ocorrência (VIANNA; 2002).

Almeida (2018) acrescenta que a manutenção preditiva tem por objetivo reduzir os custos de paradas do equipamento e aumentar a disponibilidade do mesmo para a produção e como objetivo principal identificar o momento ideal para reparos e trocas de componentes, evitando trocas e gastos desnecessários com manutenções preventivas e também evitando a ocorrência de falhas não planejadas. Existem diversas técnicas para monitoramento de equipamentos que vão desde, monitoramento por emissões acústicas, análise de vibrações, termografia, análise de óleo, ultrassom, raios-x, etc.

A manutenção mecânica e a Engenharia de manutenção tem o mesmo objetivo e a mesma função, mas a engenharia de manutenção é conjunto de ferramentas analíticas e metódicas que surgem desde o nascimento do projeto, até o fim de sua vida (DHILLON, 2002). A manutenção como a conhecemos é uma prática que geralmente está aplicada sob circunstâncias normalmente adversas, e como o objetivo de restaurar rapidamente os componentes avariados.

Além de que, os objetivos gerais da engenharia de manutenção tem como foco: melhorar as operações de manutenção, reduzir a quantidade e frequência de manutenção, reduzir a complexidade da manutenção, reduzir as habilidades necessária para manutenção, aumentar a confiabilidade do equipamento, estabelecer a frequência ideal dos planos de manutenção (KARDEC & NASCIF, 2009).

2.3 LEAN SEIS SIGMA

Lean Seis Sigma é uma estratégia gerencial disciplinada e altamente quantitativa, que tem como objetivo aumentar drasticamente a lucratividade das empresas, por meio da melhoria da qualidade de produtos e processos (WEKERMA, 2013).

O modelo Seis Sigma evidencia uma proposta para aplicação de projetos com a finalidade de minimizar variações dentro do processo produtivo, que comprometem o desempenho do sistema corporativo (MONTGOMERY, 2008). A metodologia do programa Six Sigma é sustentada pela correta seleção de projetos para a busca de soluções, essa adequada seleção torna-se o passo inicial para a implementação da metodologia Six Sigma no âmbito organizacional da corporação (FERNANDES; TURRIONI, 2007).

Ao se avaliar a necessidade de projetos no conjunto empresarial deve-se, posteriormente avaliar quais os principais métodos para resolução de problema, e dentre os diversos métodos atualmente existentes o ciclo DMAIC.

O método DMAIC torna-se um destaque, pois uma vez que é composto de cinco etapas bem definidas e que possibilitam uma organizada implementação e estruturação do raciocínio para a resolução dos projetos (ANDRIETTA; MIGUEL, 2007). O Quadro 2 resume o Ciclo DMAIC.

Quadro 2- Resumo das fases do Ciclo DMAIC

Etapas do DMAIC	
<i>Define</i>	Seleção dos projetos Seis Sigma e definição das equipes de trabalho
<i>Measure</i>	Coleta de dados que podem mensurar o problema
<i>Analyze</i>	Fatores e características que influenciam nos problemas prioritários
<i>Improve</i>	Implementação de melhorias para reduzir//sanar as causas raízes do processo.
<i>Control</i>	Gestão de processos, através de sistemas de controle

Fonte: Adaptado de Wekerma (2013)

Os projetos nas quais a metodologia DMAIC são aplicáveis apresentam uma vasta gama que vão desde a melhoria no processo de manufatura, Sharma e Rao (2014) desenvolvem um projeto DMAIC SIX SIGMA no aperfeiçoamento do projeto de manufatura de um virabrequim, até para aumento da qualidade do produto final.

Na área de manutenção alguns periódicos desenvolveram a aplicação em diversos setores da manutenção:

Zasadzień (2017) aplica a metodologia DMAIC para resolver os problemas de paradas de máquinas extrusoras de tubos de polietileno de alta densidade, aplicando como resolução métodos preditivos de monitoramento de sobreaquecimento das válvulas de alimentação, reduzindo de 18 horas de parada

para 9 horas de parada. Milosavljević & Rall (2005) criaram um roteiro de aplicação do ciclo DMAIC para a implementação da TPM (*Total Productive Maintenance*) em uma planta fabril de casa de caldeiras, tendo como resultado a implementação da TPM.

No Brasil é possível observar alguns casos de aplicação da metodologia DMAIC na gestão de manutenção: Lima & Galdamez (2018) aplicam a metodologia DMAIC para a gestão de manutenção de em uma indústria de moagem, e utilizam as ferramentas da qualidade para reduzir os números de paradas por manutenção. Moraes & Vieira (2017) também utilizam o método como estudo de caso para o mapeamento do processo de manutenção, com o intuito de evidenciar as falhas no processo gerador do planejamento de manutenção.

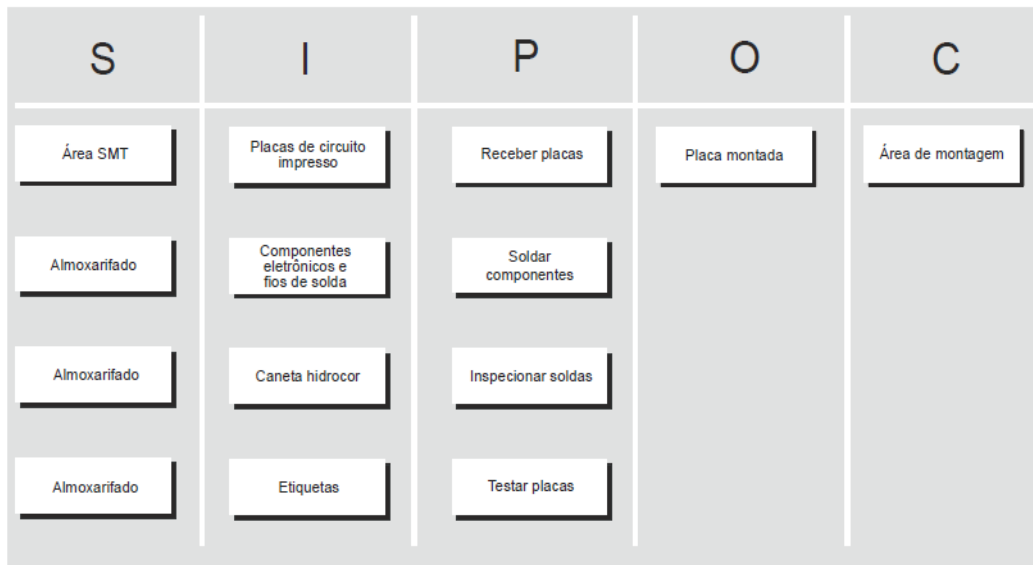
2.4 FERRAMENTAS DE QUALIDADE

2.4.1 SIPOC

O SIPOC (*suppliers, inputs, process, outputs e customers*) é um mapa do processo em alto nível, que não detalha as atividades executadas pelo consumidor, mas possibilita visualizar, todas entradas e saídas de recursos necessários a um processo. Tem como principais características identificar todos os elementos relevantes a um processo antes de mesmo de iniciá-lo (RASMUSSEN, 2006)

O elemento (S) do diagrama SIPOC, representa os *suppliers*, são todos os fornecedores/setores que fornecem materiais, informações ou recursos que serão trabalhados nos processos em análise. O elemento (I) representa os *inputs*, que são todos os insumos que serão consumidos durante o processo, o elemento (P), representa o *process*, ou seja o processo que envolve todas as atividades que transformam as entradas em produto ou serviço final. O elemento (O), representa os *outputs*, que se referem aos produtos finais do processo. Os *customers* (C) ou clientes são os indivíduos, departamentos ou organizações que recebem as saídas do processo (AZEVEDO, 2016). A Figura 2 representa um esquema gráfico da montagem de um SIPOC.

Figura 2- Exemplo do diagrama de SIPOC para embalagem de produtos

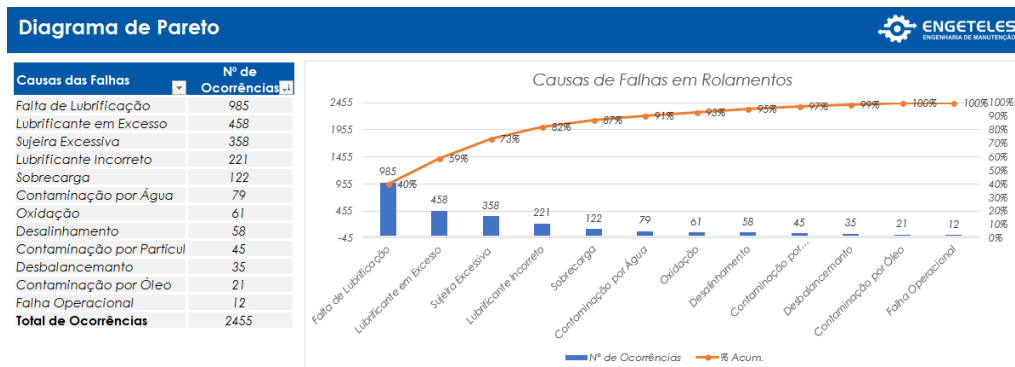


Fonte: Adaptado de Iwankio (2018)

2.4.2 Gráfico de Pareto

O diagrama de Pareto é uma ferramenta criada para ajudar a identificar os principais problemas de um projeto ou sistema e também identificar as principais causas desses problemas. A partir do digrama é possível estabelecer uma relação de 80/20, a qual pode ser entendida como: 20% dos defeitos representam 80% das ocorrências, assim estabeleceu-se que os problemas de qualidade poderiam ser divididos em poucos vitais e muitos triviais (SELEME; STADLE, 2008). A Figura 3 exemplifica o gráfico de Pareto.

Figura 3 - Gráfico de Pareto aplicado a priorização de falhas na manutenção



2.4.3 Matriz GUT

As letras da matriz GUT referem-se as palavras Gravidade, Urgência e Tendência. A gravidade diz respeito a importância da ação em relação aos demais casos analisados, a urgência diz respeito ao tempo para realização da ação e por último a tendência diz respeito ao quanto a gravidade da ação pode aumentar ou diminuir com o tempo (SELEME; STADLE, 2008). Para essa avaliação a matriz GUT utiliza a escala de Likert para priorizar as ações. O Quadro 3, representa os pesos da matriz GUT.

Quadro 3 - Pesos de referência da Matriz GUT

VALOR	GRAVIDADE	URGÊNCIA	TENDÊNCIA
5	Gravíssima	Ação imediata	Agrava rapidamente
4	Muito Grave	Ação rápida	Agrava em curto prazo
3	Grave	Ação normal	Agrava a médio prazo
2	Pouco Grave	Ação lenta	Agrava a longo prazo
1	Menor gravidade	Pode esperar	Acomodar

Fonte: Adaptado de Seleme & Stadle (2008)

2.4.4 Matriz 5w2h

As ferramentas 5W e 2Hs representam a tradução de sentenças para gerar perguntas (elaboradas na língua inglesa), as quais são apontadas no quadro 4, também se encontram o significado de cada um deles. As perguntas têm como objetivo gerar respostas que esclareçam o problema a ser resolvido ou que organizem as ideias na resolução dos problemas (SELEME; STADLE, 2008).

Quadro 4 – Perguntas para elaboração do plano de ação 5W2H

Pergunta	Significado	Pergunta Instigadora	Direcionador
<i>What?</i>	O que?	O que deve ser feito?	O objeto
<i>Who?</i>	Quem?	Quem é o responsável?	O sujeito
<i>Where?</i>	Onde?	Onde deve ser feito?	O local
<i>When?</i>	Quando?	Quando deve ser feito?	O tempo
<i>Why?</i>	Por quê ?	Por que é necessário fazer?	A razão/motivo
<i>How?</i>	Como?	Como Será feito?	O método
<i>How Much?</i>	Quanto Custa?	Quanto vai custar?	O valor

Fonte: Adaptado de Seleme & Stadle (2008)

3 METODOLOGIA

Este capítulo descreve o método utilizado nesse trabalho, o qual foi desenvolvido para aumentar a aderência ao programa de manutenções preventivas, por meio da metodologia DMAIC - Lean Seis Sigma. Para isso, o método é composto de uma série de ferramentas, conceitos e princípios da metodologia Seis Sigma, indispensáveis no processo da estruturação da gestão de projetos de melhoria contínua. O método proposto neste trabalho se desenvolve por meio da metodologia Seis Sigma, na sua estratégia de solução de problemas DMAIC, o resumo das etapas do método, são:

- *Define* (Definir): Nesta fase se faz uma definição clara do escopo do projeto e suas metas de aplicação;
- *Measure* (Medir): Coleta e medição do indicador do projeto;
- *Analyze* (Analisar): Análise dos dados coletados e verificação das principais causas do problema;
- *Improve* (Melhorar): Identificar possíveis melhorias para a resolução do problema; e
- *Control* (Controlar): Monitoramento do indicador e padronização de atividades.

O objetivo principal da etapa Definir é: Definir a proposta e o planejamento do projeto a ser executado. A partir desta etapa buscou-se o completo entendimento do problema a ser resolvido (planejamento de manutenções preventivas). Para que as oportunidades do projeto sejam identificadas foram elaboradas 4 etapas: Descrever projeto; definir indicador; definir histórico e meta e o fluxo do processo. Mais especificamente:

- Descrever projeto: Definir qual o principal problema/falha no planejamento de manutenções preventivas.

- Definir Indicador, histórico e meta: Nesta etapa foi definido um indicador que possa mensurar o principal problema que foi definido na etapa anterior

O indicador para o projeto foi denominado como índice de aderência ao plano de manutenção (I_{AD}) e é dado por:

$$I_{AD} = \frac{PR}{TP} \times 100$$

No qual:

- I_{AD} : Índice de aderência ao plano de manutenção;
- PR: soma das manutenções preventivas realizadas na data ou período determinado;
- TP: total de manutenções preventivas programadas para determinada data ou período.

- Definir histórico e meta: Nesta etapa foi avaliado a evolução histórica do indicador e também será definido a meta a ser alcançada para a redução de falhas no planejamento de manutenções preventivas.

- Fluxo do processo: Criado o fluxo do processo do problema associado a falha do planejamento de manutenções preventivas. Nesta fase foi utilizado o diagrama SIPOC. Também indicou-se os principais participantes/setores que estarão ativamente ligados ao projeto

Após realizada a etapa de definição, se dá o início ao planejamento da medição, isto é, definir o que, como e aonde medir. O planejamento do processo de medição visa criar uma folha de coleta de dados para que sejam coletados os dados específicos necessários para verificar o estado atual, definir as metas e na etapa de controle, controlar e checar os resultados do projeto. Foi realizado em três etapas:

- Planejamento da coleta de dados: Para a coleta de dados utilizou-se uma folha de verificação que possibilite estratificar os dados e por consequência fazer as análises dos estratos com maior impacto.

- Coleta de dados e estratificação: Nesta etapa o problema inicial foi desdobrado em subconjuntos (turnos de manutenção, classes de equipamentos e motivos para não execução de preventivas), e teve a necessidade de se verificar o impacto de cada subconjunto no problema inicial. Foram utilizadas algumas ferramentas que possibilitaram a tomada de decisão nesta etapa, entre elas pode-se destacar: ANOVA para verificação entre o comportamento dos dados estratificados e para classificar e priorizar esse estratos será utilizado o gráfico de Pareto.

Ao executar a etapa de medição e de posse dos dados coletados, é possível iniciar a etapa de análise. Exatamente nesta etapa que as falhas do planejamento de manutenções preventivas foram encontradas e estabelecidas com precisão. No estudo proposto por este trabalho foram estruturadas 3 etapas para análise:

- Analisar o processo gerador do problema prioritário: Utilizado a o mapa de processo de modo a permitir identificar quais são principais processos geradores de problema e bem como suas principais causas.

- Identificar e organizar as causas potenciais do problema prioritário: Utilização de Brainstorming para análise das causa potenciais. Exemplo: Excesso de manutenções preventivas na mesma dada, ineficiência da comunicação entre setor de produção e manutenção, planejamento ineficiente quanto a frequência de realização de manutenções preventivas e etc.

- Priorizar as causas potenciais do problema prioritário: Utilizado a Matriz de Priorização (GUT), para priorizar os principais focos de problema.

A fase de melhoria se fará em 2 etapas, primeiramente foi feito a elaboração do planejamento das melhorias e depois na segunda etapa a implementação das mesmas. De modo que as melhorias ocorram de forma efetiva é fundamental que a fase de análise tenha sido bem executada, pois assim o direcionamento para o planejamento de melhorias será efetivo para a criação de ações. No planejamento das melhorias basicamente terá as seguintes etapas:

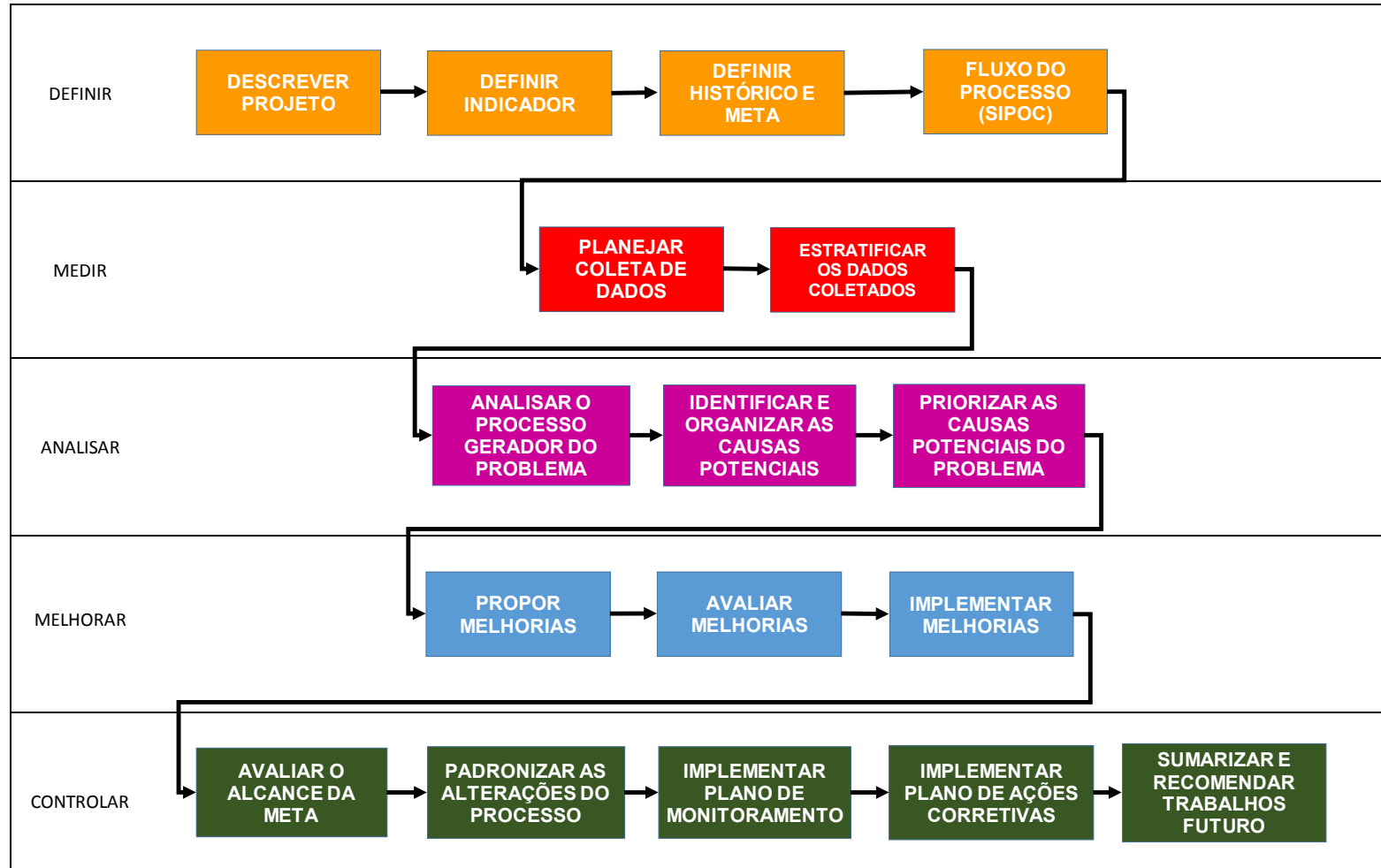
- Proposição de melhorias: Nesta etapa pode se utilizar diferentes ferramentas para que se consiga elaborar algumas melhorias, dessas ferramentas é possível citar: brainstorming e matriz 5W2H.

Ao listar todas as melhorias possíveis faz-se necessário avaliação de cada melhoria individualmente e suas prioridades (Matriz de priorização).

Feito as escolhas das melhorias com maior prioridade, a fase seguinte será a etapa de implementação, essa fase irá aplicar as melhorias sugeridas e verificar quais os resultados dessas ações.

Na etapa de controlar foi avaliado o alcance da meta global em larga escala, isto é, conceber o impacto da implementação da metodologia para todos os planos de manutenções. Por fim, deve-se sumarizar tudo o que foi aprendido e fazer as recomendações necessárias para trabalhos futuros. A figura 4 ilustra o processo adotado para estruturação do estudo de caso.

Figura 4 - Etapas do ciclo DMAIC aplicadas ao projeto



Fonte: Autoria própria (2018)

4 APLICAÇÃO DO MÉTODO

Com base na teoria, foi realizado um estudo sobre as etapas do DMAIC: *define, measure, analyze, improve e control*. Estas etapas foram descritas no capítulo de metodologia e aplicadas ao estudo visando identificar as principais causas da baixa aderência das manutenções preventivas no setor de manutenção da empresa em estudo.

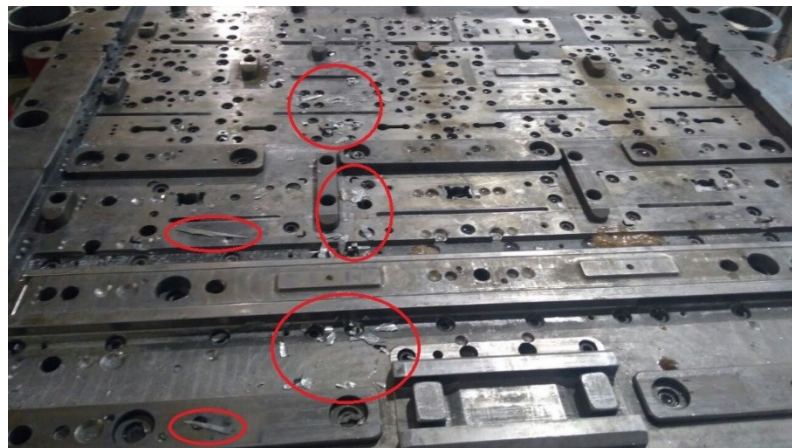
4.1 DEFINE

4.1.1 Descrição do projeto

Atualmente ocorre um baixo índice de cumprimento do programa de manutenções preventivas dos equipamentos de conformação na empresa em estudo. Esse fato ocasiona uma alta quantidade de manutenções corretivas, que são necessárias devido a eventos imprevisíveis, ou seja, fora de controle de danos e, conseqüentemente, dos custos envolvidos. Além disso, dependendo do número de ocorrências emergenciais, exigem mão de obra adicional, sendo necessária a realocação dos técnicos que estariam trabalhando em preventivas.

Ainda, ligada à execução parcial ou não execução de preventiva, está a geração de rebarba, marcas de cavaco, estouro, diferenças dimensionais, entre outros, contribuindo para a geração de sucata, que eleva os custos envolvidos e a perda de produtividade da empresa. As Figuras 5 e 6 indicam os eventos ligados a baixa aderência ao programa de manutenções preventivas.

Figura 5 - Retorno de retalhos em uma ferramenta de corte



Fonte: Autoria própria (2018)

Figura 6- Marcações de peças estampadas devido ao retorno de retalho

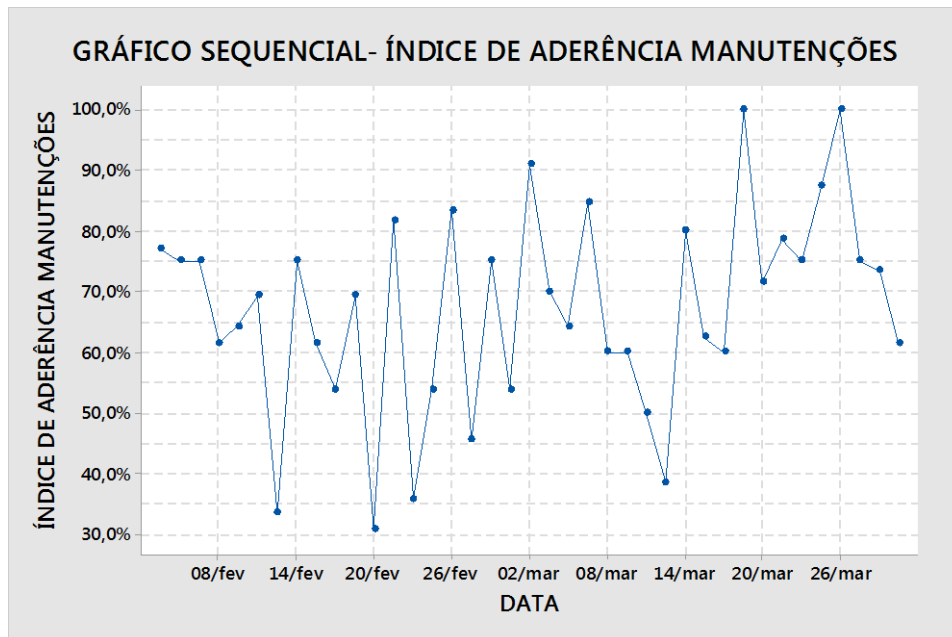


Fonte: Autoria própria (2018)

4.1.2 Avaliar histórico e meta

Os dados de coleta para a verificação do histórico compreende o período entre 05 de fevereiro de 2018 a 29 de março de 2018, ao plotar esses dados em um gráfico sequencial é verificado o percentual de preventivas programadas realizadas a cada turno. A Figura 7 representa o gráfico sequencial para o índice de aderência de manutenções preventivas, é possível observar pelo gráfico que não há padrão de comportamento e possui uma baixa média de manutenções preventivas realizadas na data programada (67%). O indicador evidencia a deficiência entre programação de manutenção e de produção.

Figura 7-Gráfico sequencial para o índice de aderência de manutenções



Fonte: Autoria própria (2018)

A fim de evidenciar o comportamento do indicador a Tabela 1 apresenta as estatísticas descritivas do índice de preventivas no período analisado, com uma média amostral de 67% de índice de atendimentos, percebe-se que há alguma deficiência no plano de manutenção de preventivas, além da alta variabilidade do indicador representada por um coeficiente de variação de 24,9%.

Tabela 1- Estatísticas descritivas do índice global de aderência de manutenções preventivas em uma empresa metal-mecânica de 05/02/18 a 29/03/18

Variável	Total de Observações	Média Amostral	Desvio Padrão Amostral	Coef Variação	Mínimo	Mediana	Máximo
Índice de Aderência de Manutenções	39	67,12%	16,71%	24,9%	30,77%	69,23%	100%

Fonte: Autoria própria (2018)

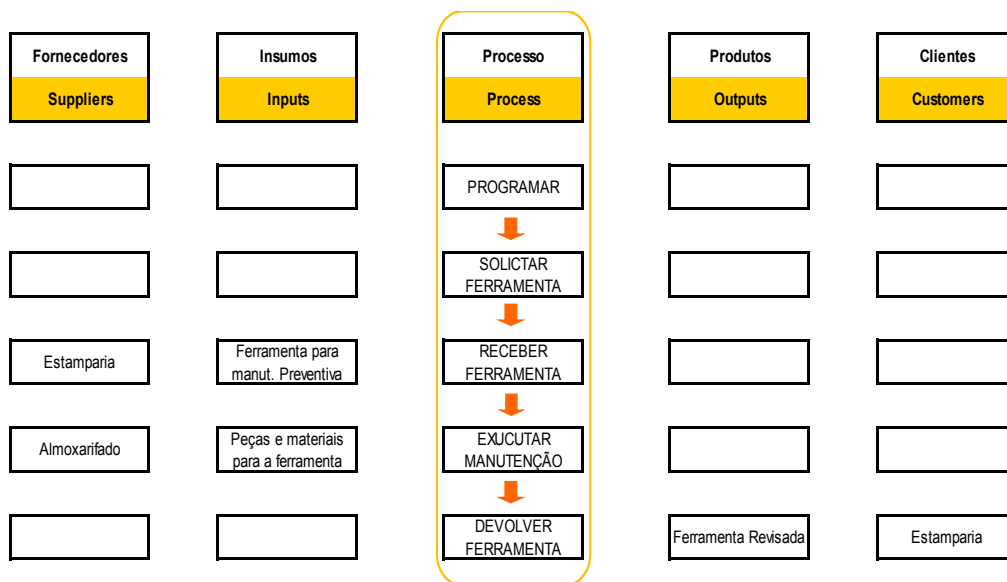
A alta variabilidade indica um processo de baixa ou nenhuma estabilidade e com isso a meta do projeto é tornar o processo estável e com uma aderência do plano de manutenção de preventivas em 80% até o dia 15/06/2018.

4.1.3 Definir o principal processo envolvido no projeto

O projeto é prioritário para empresa, uma vez que essas decisões foram tomadas como forma de reduzir quantidade equipamentos com manutenções ociosas, sendo que as manutenções ao deixarem de serem realizadas podem causar paradas de máquinas inesperadas. Os principais setores participantes e suas responsabilidades são: PCP (Planejamento e Controle de Produção), responsável pela programação e ordens de produção para Produção; Produção, responsável pela execução do plano de produção; e Manutenção, responsável pela execução do plano de manutenções preventivas.

O setor de PCP cria um plano de produção na qual deve ser cumprido pela produção, a disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos é um fator importante para que esse plano seja cumprido. O setor de Manutenção por consequência deve atuar de forma a aumentar a disponibilidade desses equipamentos para que o plano de produção seja cumprido. A Figura 8 representa o SIPOC do processo de planejamento de manutenções preventivas.

Figura 8- SIPOC do processo de planejamento de manutenções preventivas



Fonte: Autoria própria (2018)

4.2 MEASURE

4.2.1 Planejar coleta de dados

Os dados coletados, referem-se aos principais problemas de baixa aderência ao plano de manutenção no período de 05 de fevereiro de 2018 a 29 de março de 2018, elaborado pela empresa.

Para avaliar os dados por estratos foram montados o seguinte plano de estratificação, avaliando o índice de não aderência, que é o complementar do índice de aderência:

- **TURNO:** O setor de Manutenção trabalha em três turnos, cada qual tem em sua equipe, técnicos que se dedicam preferencialmente às manutenções preventivas.
- **TIPO:** Existem quatro classes de equipamentos: por acionamento manual alimentado por chapas de aço fina frio, por acionamento manual e alimentado por chapas de aço inox, alimentação automática de elevada carga e por alimentação automática de baixa carga.
- **MOTIVO:** Os três principais motivos de não realização das manutenções preventivas são por não envio dos equipamentos para o setor de manutenção, envio de equipamentos trocados ou o não atendimento puro e simples.

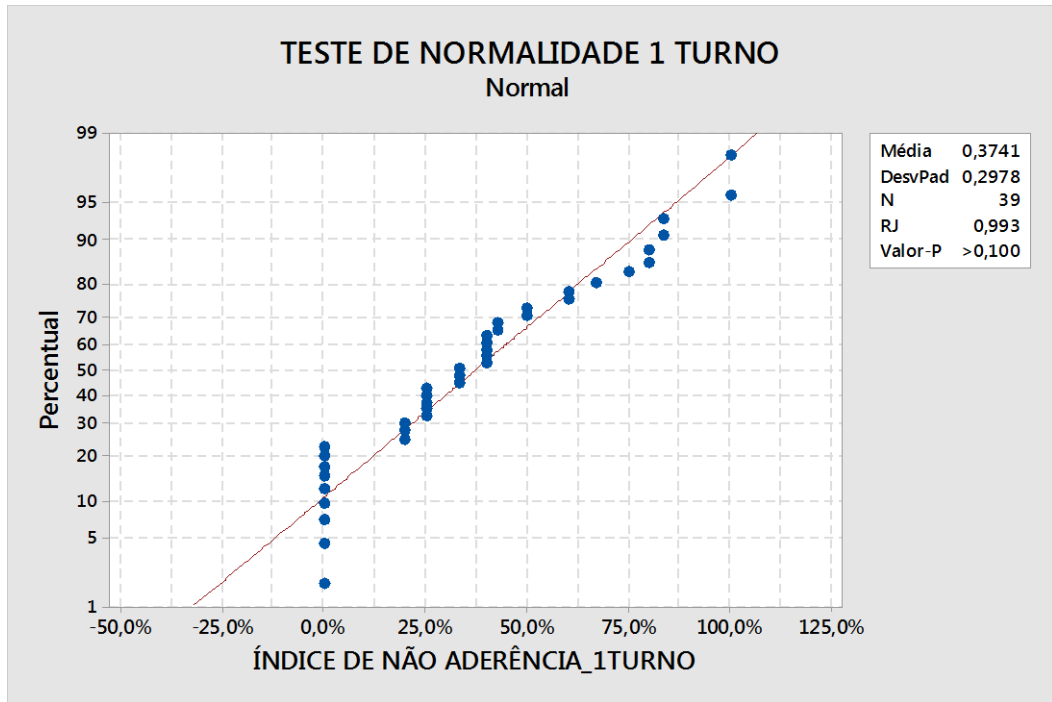
Com os estratos montados, a coleta foi baseada na execução de preventivas diárias, foi monitorado quais equipamentos tiveram suas preventivas executadas na data, quais foram trocadas para a execução, quais não foram enviadas e quais foram enviadas e não executadas pela manutenção.

4.2.2 Estratificação dos dados

4.2.2.1 Estrato Turno

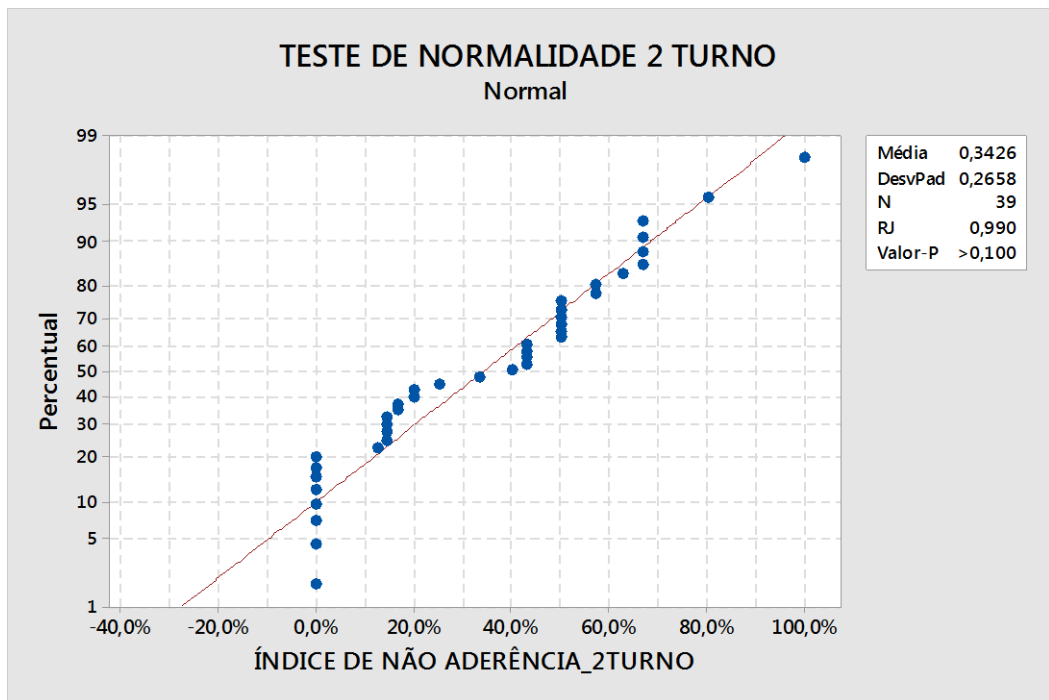
O primeiro estrato a ser verificado é de acordo com as distribuições de dados por turno de manutenções. Para avaliar os dados foram feitos teste de ANOVA para verificar se existe diferenças significativas nas médias do índice de não aderência de manutenções preventivas por turno analisado. Antes de realizar o teste foi verificado a normalidade do indicador para validar a existência de um comportamento segundo a distribuição normal. Nas Figuras 9, 10 e 11 é possível observar os resultados apresentados pelo teste de normalidade, obtidos por meio do software estatístico Minitab®.

Figura 9 - Teste de normalidade da distribuição de dados do índice de aderência de manutenções preventivas 1º turno



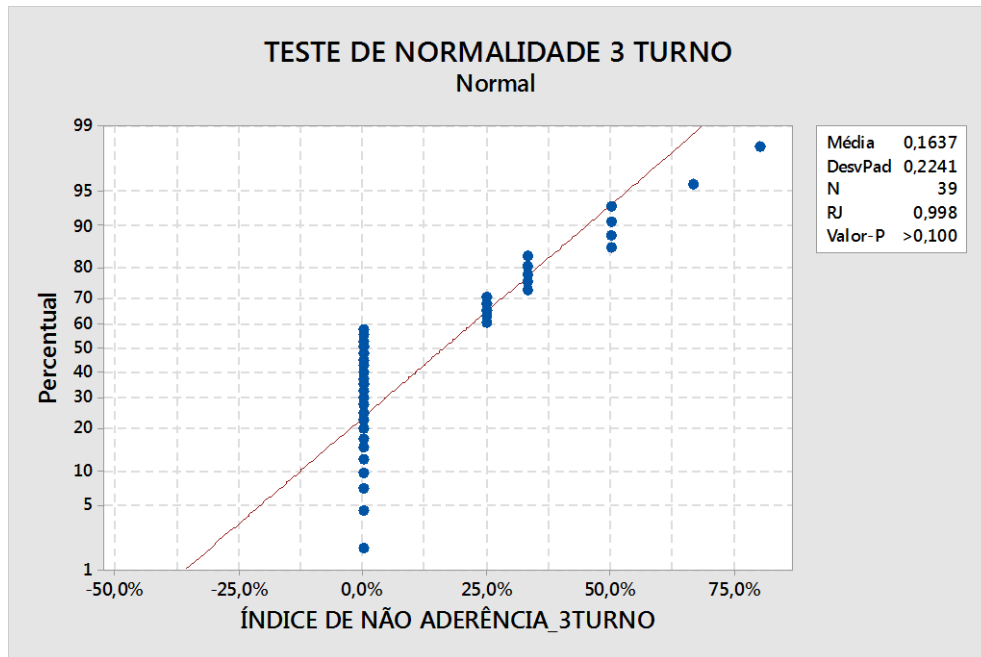
Fonte: Autoria própria (2018)

Figura 10 - Teste de normalidade da distribuição de dados do índice de aderência de manutenções preventivas 2º turno



Fonte: Autoria própria (2018)

Figura 11 - Teste de normalidade da distribuição de dados do índice de aderência de manutenções preventivas 3° turno



Fonte: Autoria própria (2018)

Ao verificar os valores p encontrados e as aproximações dos pontos a curva de aproximação normal é possível identificar que há um comportamento normal para os 3 turnos de manutenções. Assim é possível validar o teste pela ANOVA, visto que as distribuições apresentam comportamento próximo a distribuição normal e apresentação desvios padrões próximos. A Tabela 2 indica as médias a serem avaliadas para o teste de ANOVA em um nível de significância de 0,05.

Tabela 2 - Estatísticas descritivas do índice de aderência de manutenções preventivas análise entre turnos em uma empresa metal-mecânica de 05/02/18 a 29/03/18

Fator	N	Média	DesvPad	IC de 95%
ÍNDICE DE NÃO ADERÊNCIA_1TURNO	39	0,3741	0,2978	(0,2903; 0,4580)
ÍNDICE DE NÃO ADERÊNCIA_2TURNO	39	0,3426	0,2658	(0,2588; 0,4264)
ÍNDICE DE NÃO ADERÊNCIA_3TURNO	39	0,1637	0,2241	(0,0798; 0,2475)

Fonte: Autoria própria (2018)

Pelos resultados apresentados pela Tabela 2 é possível verificar que há uma diferença de médias, o teste de ANOVA tem por objetivo verificar se estas

diferenças são significativas a um nível de significância de 0,05. A Tabela 3 indica o resultados apresentados a partir da análise do teste de ANOVA.

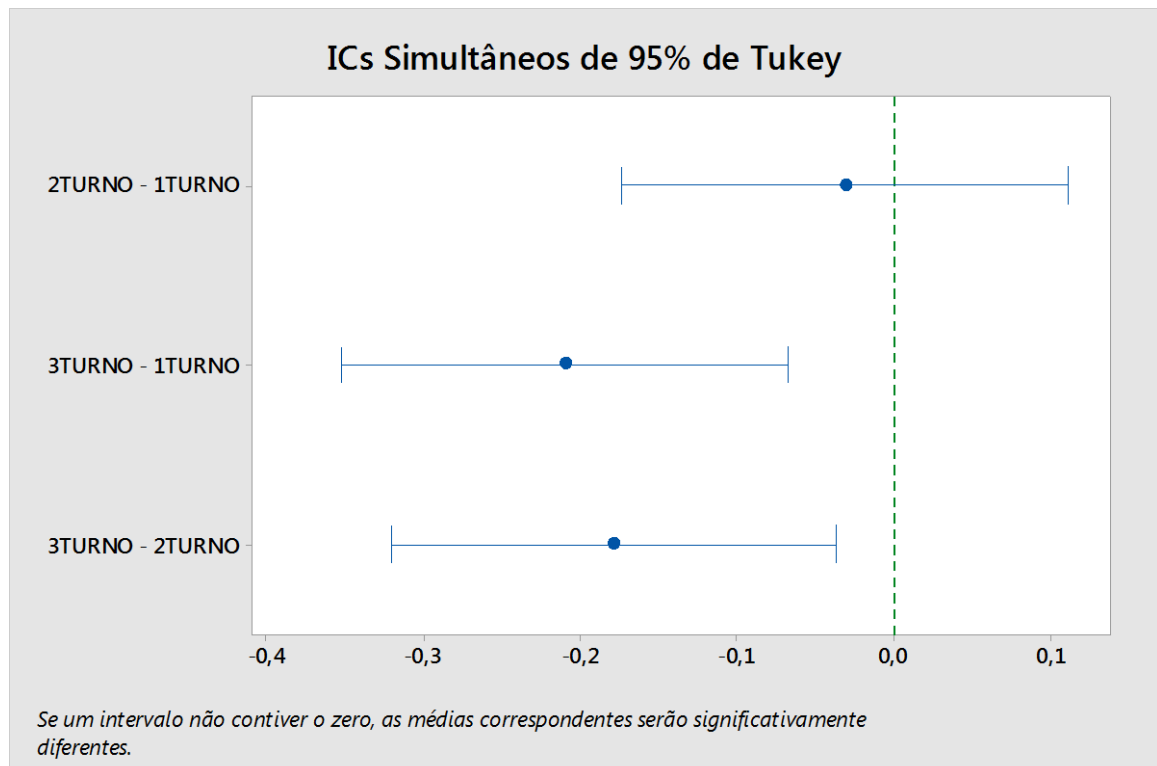
Tabela 3 - Teste anova para as médias de não aderência ao plano de manutenção de preventivas 1°, 2° e 3° turno de 05/02/18 a 29/03/18

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Fator	2	1,005	0,50242	7,19	0,001
Erro	114	7,963	0,06985		
Total	116	8,968			

Fonte: Autoria própria (2018)

Ao avaliar os resultados do teste de médias obteve-se um valor $p < 0,05$, o que indica que há uma diferença significativa, na média, em um nível alpha de significância de 0,05 entre os turnos. Para verificar as principais diferenças utilizou-se um teste post-hoc de Tukey, para evidenciar quais são os turnos que diferem entre si. A figura 12 apresenta o resultado para o teste de Tukey entre as médias dos turnos.

Figura 12 - Teste de Intervalos de Confiança de Tukey para as médias dos turnos



Fonte: Autoria própria (2018)

Com a análise da Figura 12 percebe-se que o 1° e 2° Turno não apresentaram diferenças significativas a um nível de significância de 0,05, então podemos concluir que não deve-se estratificar os resultados por turno, visto que em média os turnos tem um índice de não aderência próximos e o 3° Turno contribui com pouco para o déficit do indicador.

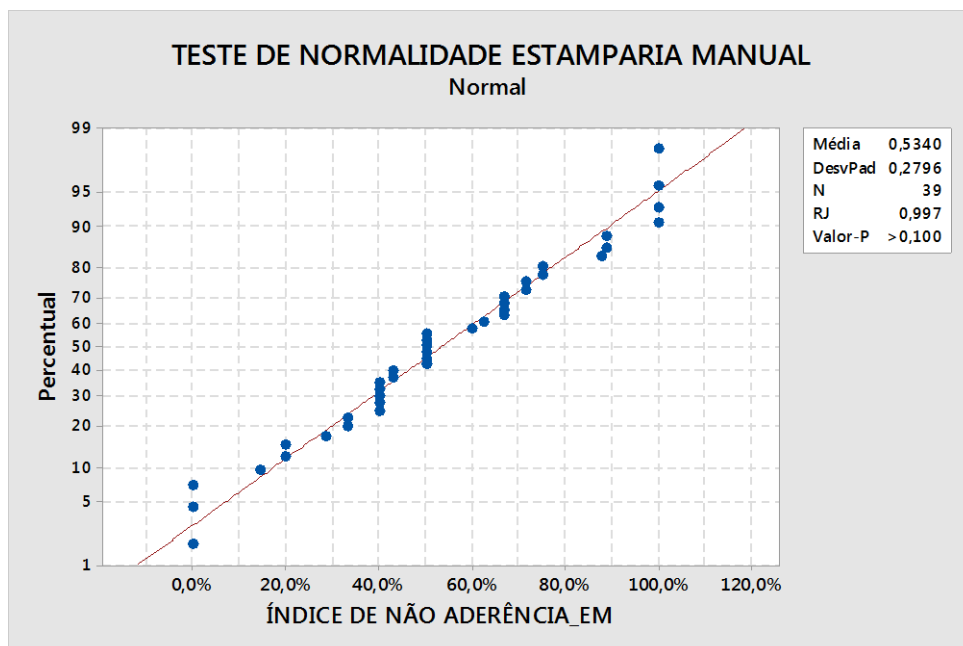
Ao verificar que a estratificação por turnos não se faz necessária, a próxima etapa deve como objetivo verificar o estrato por classes de equipamentos.

4.2.2.2 Estrato classe de equipamentos

Como feito para a avaliação dos turnos, procedeu-se o mesmo modo de teste, primeiramente realizando o teste de normalidade e depois o teste de ANOVA para avaliar uma possível diferenças nas médias do índice de não aderência de manutenções preventivas por classe de equipamentos.

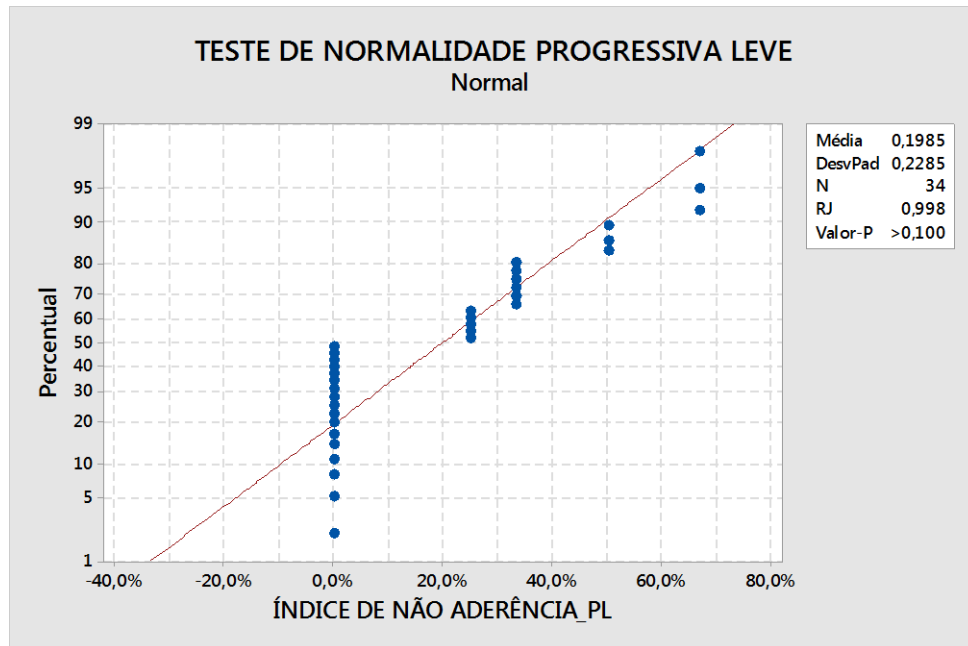
As Figuras 13, 14, 15 e 16 indicam o teste de normalidade para as quatro classes de estratificação: EM, PL, PP e EI.

Figura 13 - Teste de normalidade da distribuição de dados do índice de aderência de manutenções preventivas para a estamparia manual



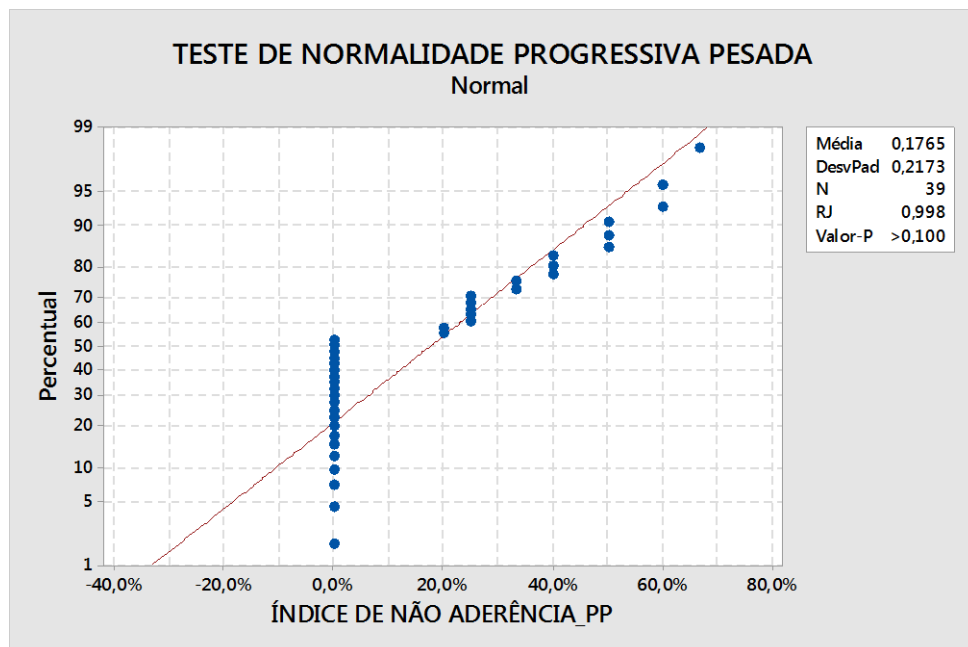
Fonte: Autoria própria (2018)

Figura 14 - Teste de normalidade da distribuição de dados do índice de aderência de manutenções preventivas para progressiva leve



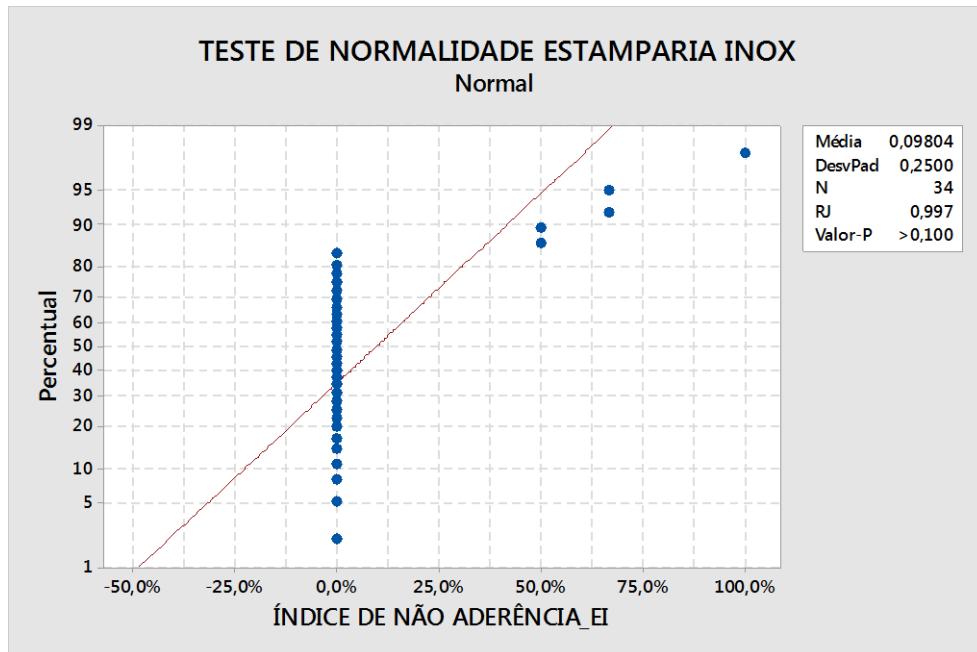
Fonte: Autoria própria (2018)

Figura 15 - Teste de normalidade da distribuição de dados do índice de aderência de manutenções preventivas para progressiva pesada



Fonte: Autoria própria (2018)

Figura 16 - Teste de normalidade da distribuição de dados do índice de aderência de manutenções preventivas para estamparia inox



Fonte: Autoria própria (2018)

Analisando os testes de normalidade das quatro classes de equipamentos por meio das Figuras 13, 14, 15 e 16 é possível verificar que todos os valores p encontrados apresentam um nível acima de $p > 0,05$, assim concluímos que há um comportamento normal para as 4 classes de equipamentos, sendo possível validar o teste pela ANOVA, a Tabela 4 apresenta as médias para avaliação com o teste.

Tabela 4- Estatística descritiva para a análise entre as classes de equipamentos

Fator	N	Média	DesvPad	IC de 95%
ÍNDICE DE NÃO ADERÊNCIA_EM	39	0,5340	0,2796	(0,4563; 0,6117)
ÍNDICE DE NÃO ADERÊNCIA_PL	34	0,1985	0,2285	(0,1153; 0,2817)
ÍNDICE DE NÃO ADERÊNCIA_PP	39	0,1765	0,2173	(0,0988; 0,2542)
ÍNDICE DE NÃO ADERÊNCIA_EI	34	0,0980	0,2500	(0,0149; 0,1812)

Fonte: Autoria própria (2018)

Ao avaliarmos as médias das classes de equipamentos, podemos verificar que a estamparia manual apresenta uma média elevada de não aderência de manutenções preventivas, apresentado uma média de 53,4% no conjunto amostral, enquanto que os demais apresentam um nível de não aderência na faixa de 20%. A

Tabela 5 indica os resultados do teste ANOVA para um nível de significância de 0,05.

Tabela 5 - Teste anova para as médias de não aderência ao plano de manutenção de preventivas estamparia manual, progressiva leve, progressiva pesada e estamparia inox em uma empresa metal-mecânica de 05/02/18 a 29/03/18

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Fator	3	4,220	1,40657	23,36	0,000
Erro	142	8,550	0,06021		
Total	145	12,769			

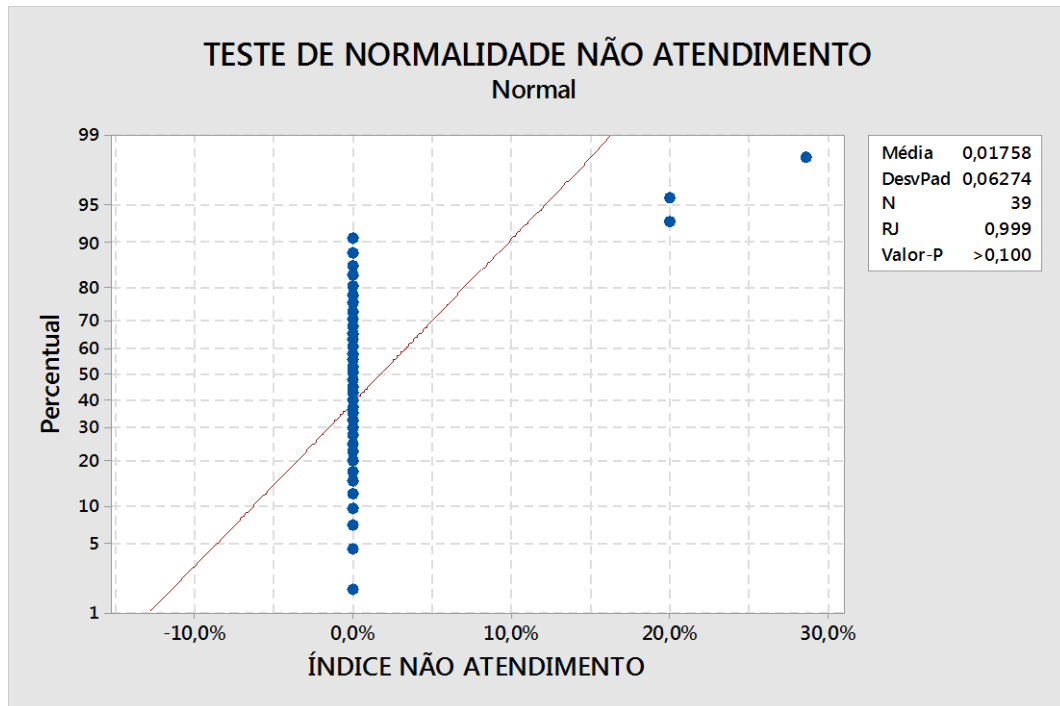
Fonte: Autoria própria (2018)

Pela análise do valor p (0,000) obtido, fica evidente que há alguma diferença entre as médias das classes de equipamento. Como resultado da análise é possível evidenciar que os equipamentos com acionamento manual apresentam um elevado índice de não aderência de manutenção, enquanto que as demais classes não apresentam significativas diferenças entre as médias de não aderência ao plano de manutenção.

4.2.2.3 Estrato Motivo de não aderência

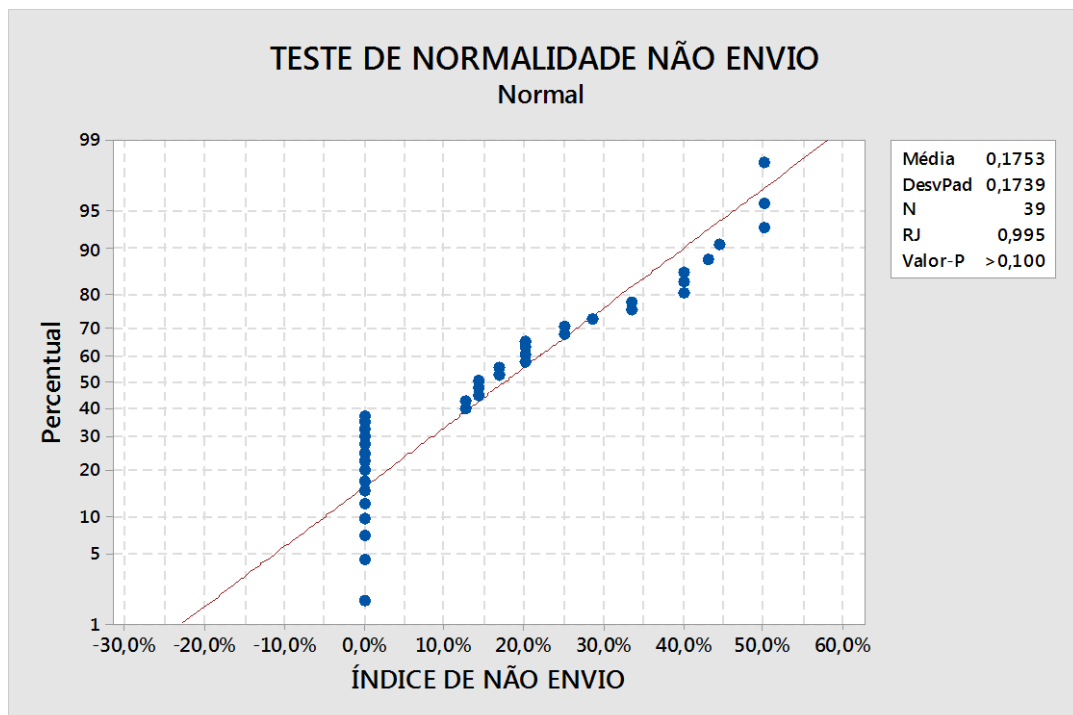
O próximo passo é analisar o estrato de motivos de não aderência, sendo que a primeira análise deve ser feita para os equipamentos de acionamento manual e depois para as demais categorias, avaliando o impacto que o estrato das classes de equipamentos manuais tem sobre o indicador em sua forma global. As Figuras 17, 18 e 19 representam os resultados apresentados para os testes de normalidade dos motivos de não aderência.

Figura 17 - Teste de normalidade da distribuição de dados do índice de aderência de manutenções preventivas para o não atendimento da estampa manual



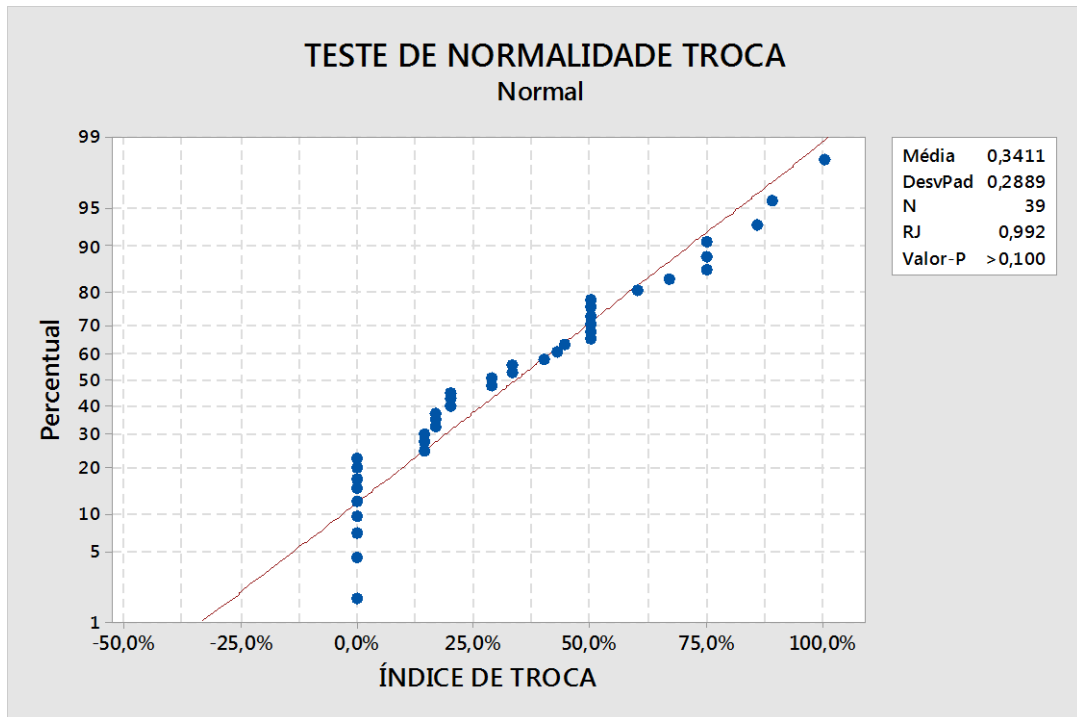
Fonte: Autoria própria (2018)

Figura 18 - Teste de normalidade da distribuição de dados do índice de aderência de manutenções preventivas para o não envio da estampa manual



Fonte: Autoria própria (2018)

Figura 19 - Teste de normalidade da distribuição de dados do índice de aderência de manutenções preventivas para a troca da estamperia manual



Fonte: Autoria própria (2018)

Para os 3 motivos de não aderência ao plano de manutenção na estamperia manual é possível observar um comportamento segundo a distribuição normal. Assim, um teste pelo ensaio ANOVA poderá nos indicar diferenças ou não de acordo com a média dos motivos de não aderência ao plano de manutenção preventivas. A Tabela 6 apresenta as médias a serem analisadas para a estratificação dos motivos de não aderência ao plano de manutenção.

Tabela 6 - Estatística descritiva para a análise entre os motivos de não aderência ao plano de manutenção

Fator	N	Média	DesvPad	IC de 95%
ÍNDICE NÃO ATENDIMENTO	39	0,0176	0,0627	(-0,0452; 0,0804)
ÍNDICE DE NÃO ENVIO	39	0,1753	0,1739	(0,1125; 0,2381)
ÍNDICE DE TROCA	39	0,3411	0,2889	(0,2783; 0,4039)

Fonte: Autoria própria (2018)

Ao verificar os dados apresentados, fica evidente a diferenciação por motivos de não envio da estamparia manual, sendo assim análise por ANOVA tem por objetivo reforçar essa diferença, como mostrado na Tabela 7.

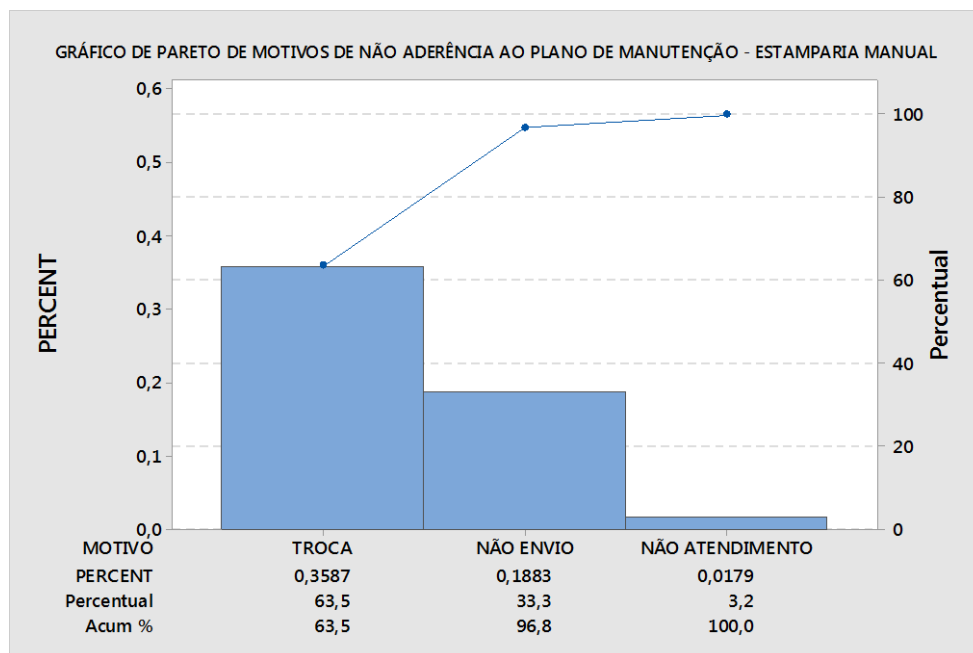
Tabela 7 - Teste anova para as médias dos motivos de não aderência ao plano de manutenção de preventivas da estamparia manual

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Fator	2	2,041	1,02060	26,03	0,000
Erro	114	4,470	0,03921		
Total	116	6,511			

Fonte: Autoria própria (2018)

Pelos dados apresentados fica evidente que há diferenças significativas, nas médias, dos motivos de não aderência ao plano de manutenção preventiva. O índice de troca e não envio apresentam destaque significativo para o não cumprimento do plano de manutenções, sendo assim merecem focos para resolução do problema. A Figura 20 reforça a necessidade do plano de investigação nesses motivos.

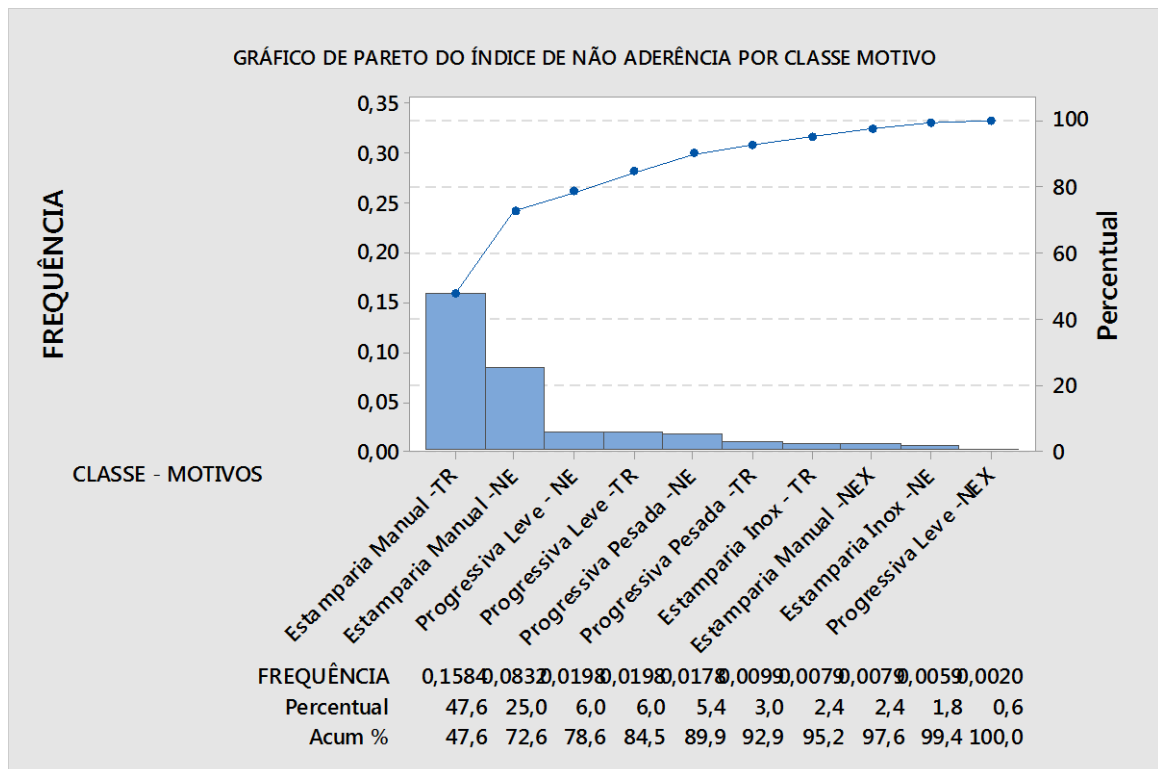
Figura 20 - Gráfico de Pareto para motivos de não aderência ao plano de manutenção na estamparia manual



Fonte: Autoria própria (2018)

Assim ao analisarmos o total geral, para verificarmos a influência dos dois motivos de não aderência da estamparia manual podemos definir as metas para a resolução do problema, via figura 21.

Figura 21 - Gráfico de Pareto para motivos de não aderência ao plano de manutenção por classe e motivo



Fonte: Autoria própria (2018)

Ao verificarmos o gráfico de Pareto ilustrado pela Figura 21, é possível observar que o índice de não aderência de manutenções por troca na estamparia manual representa no índice global uma queda de 15,84% e o índice de não envio representa uma queda no índice global de 8,32%. Como os estratos menos significativos representam apenas 8,84% do índice de não aderência global e a estratégia de investigação se deu de forma global, foi necessário aglutinar todos os esses estratos por motivo para verificar a influência no indicador global.

4.2.3 Evolução do indicador e metas específicas

Como evidenciado pela seção anterior, os focos do problema serão: equipamentos não enviados para manutenção da classe de acionamento manual e equipamentos trocados para a manutenção da classe de acionamento manual.

Assim para cada problema prioritário a meta definida será:

- Equipamentos não enviados para manutenção da classe de acionamento manual: Redução de 8,32% para 6,5%.
- Equipamentos trocados para a manutenção da classe de acionamento manual: Redução de 15,84% para 3,86%

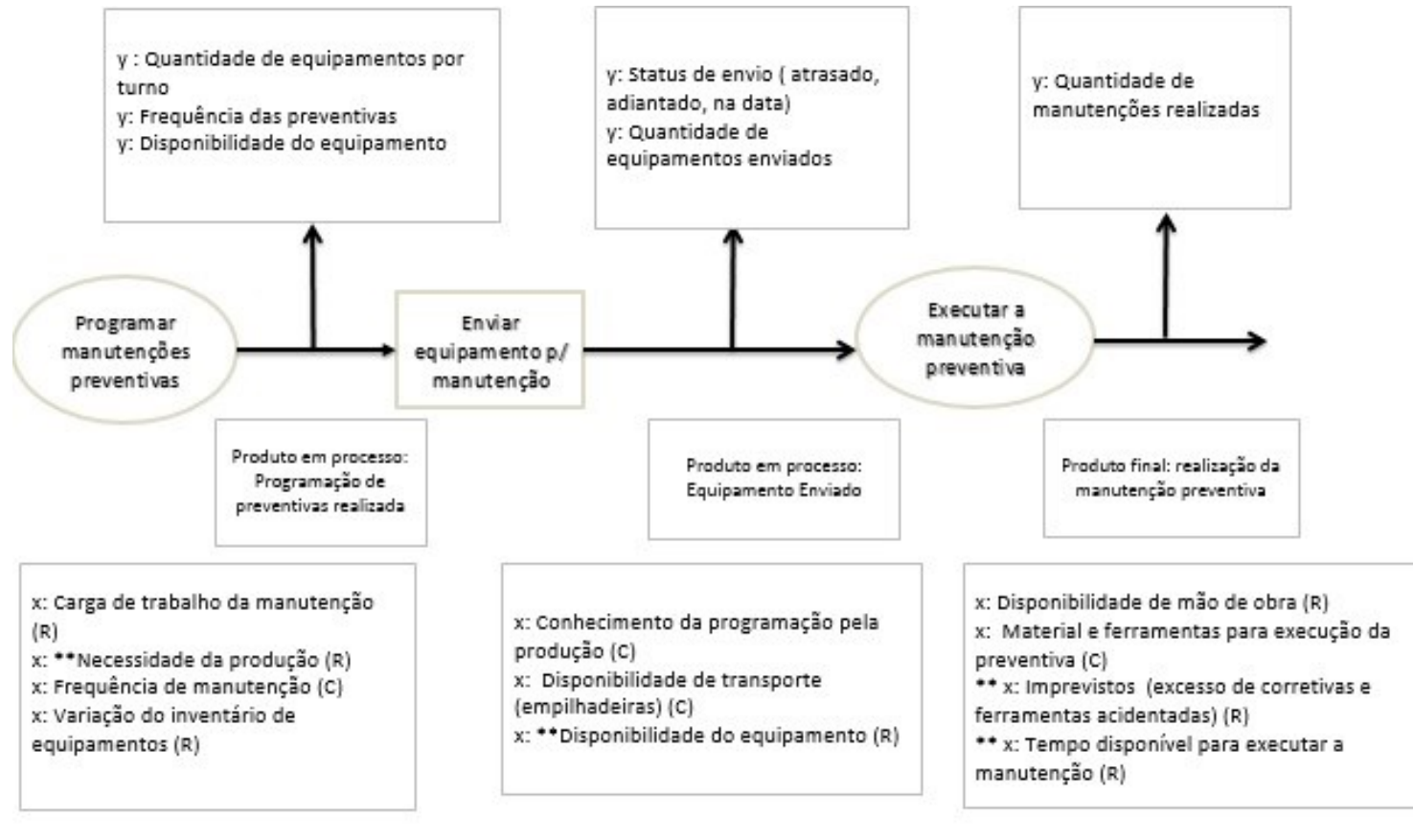
4.3 ANALYZE

4.3.1 Analisar processo gerador do problema

Para verificar quais seriam as principais causas geradoras dos problemas de não envio e troca de equipamentos para a manutenção, foi elaborado o mapa de processo do planejamento a execução de manutenções preventivas, que está representado na Figura 22. Com a análise do mapa pode-se identificar que os principais processos geradores dos problemas prioritários são:

- Programar manutenções preventivas: Devido à baixa probabilidade de identificar a disponibilidade dos equipamentos, pois o planejamento de manutenção é feito mensalmente e o plano de produção tem uma validade de três dias,
- Enviar equipamentos para a manutenção: Conseqüentemente ao plano de manutenção ser estático, definido mensalmente, e o plano de produção altamente dinâmico, não há como identificar a disponibilidade das ferramentas para manutenção.
- Executar a manutenções preventiva: Com a alta probabilidade de execução de manutenções corretivas, é necessário alocar mão – de - obra de preventivas para a execução de manutenções corretivas.

Figura 22 - Mapa de processo de planejamento e execução de manutenções preventivas



Fonte: Autoria própria (2018)

4.3.2 Organizar causas raízes

O levantamento de causas potenciais foi feito com a equipe de supervisão da produção, planejamento de manutenção e com o responsável pelo planejamento de produção, foi feito um brainstorming sobre as causas potenciais para cada problema. Para os problemas de envio de equipamentos trocados e não envio de equipamentos, foram listadas um total de nove causas potenciais dos problemas prioritários citados anteriormente. O Quadro 5 apresenta as causas potenciais levantadas e a sua descrição.

Quadro 5 - Causas potenciais para os problemas prioritários de não envio e troca de equipamentos para manutenção preventiva

CAUSA POTENCIAL	DESCRIÇÃO DA CAUSA
Mudança na programação de produção	Devido a constante troca de produção, as ferramentas quando solicitadas para manutenção não podem ser enviadas devido a produção
Controle do envio de ferramentas é feito por pessoas não treinadas	Falta de treinamento das pessoas responsáveis por enviar ferramentas para a manutenção
Ferramenta não encontrada	Ferramenta não é encontrada para enviar para a manutenção
Necessidade de executar preventiva antes do determinado (problemas recorrentes)	Devido ao aparecimento de defeitos nas peças as preventivas são adiantadas
Ferramenta enviada trocada devido à nomenclatura/TAG/códigos	Troca de ferramenta devido ao conflito de identificação
Solicitação de devolução de ferramenta antes da execução da preventiva	Devido a produção a ferramenta é solicitada pela produção antes mesmo de ser realizada a manutenção
Falha na comunicação entre setores da estamparia e ferramentaria	Conflito de informações entre estamparia e ferramentaria sobre a realização de preventivas
Falta de indicadores para planejamento de manutenção	Não há uma forma de mensurar a programação de ferramentas, falta de dados
Ferramenta enviada antes da data programada por solicitação da ferramentaria	Ferramenta solicitada pela ferramentaria para realização da preventiva na data adiantada

Fonte: Autoria própria (2018)

Com o levantamento das causas potenciais, fica bem claro alguns aspectos que influenciam no processo de não aderência do plano de manutenção, entre eles: é destacável a alta rotatividade do plano de produção, devido ao mix de produtos, a falha na comunicação entre os setores de manutenção e produção e

principalmente a falta de treinamento para envio de equipamentos para a manutenção. Ao avaliar esses aspectos é necessário priorizar as causas potenciais para o planejamento de investigação das mesmas.

4.3.3 Priorizar as causas

Para a análise de focos nas causas raízes utilizou-se a matriz de priorização GUT, para identificar as causas principais dos problemas prioritários não envio de equipamentos e troca de equipamentos para a manutenção preventiva provindos da estamperia manual. O Quadro 6 representa a matriz de priorização para os problemas de troca de equipamentos é possível identificar que 4 causas foram priorizadas, sendo elas: Mudança de produção, falhas na comunicação entre setores, falta de indicadores para a manutenção e manutenções enviadas antes do prazo solicitado pelo plano de produção.

No Quadro 7 fica representado a matriz de priorização para o problema prioritário de não envio de equipamentos para a manutenção, podendo ser destacados 3 causas priorizadas para análise: Mudança de produção, controle de envio de ferramentas feito sem critério e falha na comunicação entre setores.

Ao avaliarmos as 2 matrizes GUT de priorização, percebemos que as causas potenciais são comuns aos dois problemas prioritários, sendo assim a análise converge para a solução das causas que influenciam os dois motivos de formas iguais.

Quadro 6 - Matriz de Priorização GUT para causas potenciais do problema prioritário de troca de equipamentos para a preventiva

PROBLEMA PRIORITÁRIO: TROCA DE EQUIPAMENTOS								CAUSA PRIORIZADA?
CRITÉRIOS PARA PRIORIZAÇÃO	GRAVIDADE	URGÊNCIA	TENDÊNCIA	FACILIDADE	BAIXO INVESTIMENTO	TOTAL		
PESO	10	8	9	8	7	PONTUAÇÃO	%	
Mudança de produção	5	5	5	1	5	178	18%	SIM
Controle do envio de ferramentas é feito sem critérios	5	3	0	5	5	149	15%	NÃO
Ferramenta enviada trocada devido à nomenclatura/TAG/códigos	1	3	3	5	3	122	12%	NÃO
Falha na comunicação entre setores de produção e manutenção	5	5	3	3	5	176	18%	SIM
Falta de indicadores para planejamento de manutenção	5	5	5	1	5	178	18%	SIM
Ferramenta enviada antes da data programada por solicitação da manutenção	5	5	1	5	5	174	18%	SIM
RELACIONAMENTO ENTRE AS CAUSAS E OS CRITÉRIOS DE PRIORIZAÇÃO: 5 - FORTE; 3 - MODERADO; 1 - FRACO; 0 - INEXISTENTE								

Fonte: Autoria própria (2018)

Quadro 7 - Matriz de Priorização GUT para causas potenciais do problema prioritário de não envio de equipamentos para a preventiva

PROBLEMA PRIORITÁRIO: NÃO ENVIO DE EQUIPAMENTOS							CAUSA PRIORIZADA?	
CRITÉRIOS PARA PRIORIZAÇÃO	GRAVIDADE	URGÊNCIA	TENDÊNCIA	FACILIDADE	BAIXO INVESTIMENTO	TOTAL		
PESO	10	8	9	8	7	PONTUAÇÃO	%	
Mudança de produção	5	5	5	3	5	194	20%	SIM
Controle do envio de ferramentas é feito sem critérios	5	3	0	5	5	149	15%	SIM
Ferramenta não encontrada	1	1	0	5	5	93	10%	NÃO
Falta de monitoramento do envio de ferramentas	3	3	1	5	5	138	14%	NÃO
Solicitação de devolução de ferramenta antes da execução da preventiva	5	3	1	3	5	142	15%	NÃO
Falha na comunicação entre setores da estamparia e ferramentaria	5	5	3	3	5	176	18%	SIM
RELACIONAMENTO ENTRE AS CAUSAS E OS CRITÉRIOS DE PRIORIZAÇÃO: 5 - FORTE; 3 - MODERADO; 1 - FRACO; 0 - INEXISTENTE								

Fonte: Autoria própria (2018)

Assim podemos concluir que os principais processos que influenciam na baixa aderência ao plano de manutenção preventiva são:

- Mudança na produção: Troca constante de equipamento para cumprir o plano de produção.
- Preventivas adiantadas sem critérios: Há um elo perdido entre o recebimento do plano de manutenção e sua execução.

4.4 IMPROVE

4.4.1 Gerar ideias de soluções potenciais

O levantamento de soluções foi feito com a equipe de planejamento de manutenção, com a supervisão da produção, juntamente com o responsável pelo planejamento de produção. Foi feita uma reunião sobre as soluções para cada causa fundamental: Mudança na programação, Preventivas adiantadas sem critério e falta de indicadores de manutenção. Foram listadas um total de 6 possíveis soluções para as causas fundamentais, as quais segue no Quadro 8.

Quadro 8 - Soluções potenciais para as causas prioritários de mudança de produção e controle de envio de equipamentos para manutenção preventiva

CAUSA FUNDAMENTAL	SOLUÇÕES PROPOSTAS
Mudança de produção	Planejar manutenções acompanhando o plano de produção
	Planejar manutenções a partir de utilização dos equipamentos
	Criar plano de manutenção flexível às mudanças de programação (Reprogramável)
Controle do envio de equipamentos é feito sem critérios	Criar canal de comunicação mais eficiente entre manutenção e produção
	Envio de equipamentos de acordo com cronograma de manutenção/intervalos de manutenção
	Criar memoriais para o envio de ferramentas - Kanban – quantidades de peças até a manutenção

Fonte: Autoria própria (2018)

Com o levantamento de soluções, era necessário ser aprovado pelo gestor do setor de manutenção para que as soluções pudessem ser implementadas. Assim, foi

necessário priorizar as soluções a serem implementadas e verificar a possibilidade de implementação.

4.4.2 Priorização das soluções

Para priorizar as soluções a serem implementadas utilizou-se a matriz de priorização GUT, para identificar as possíveis soluções das causas principais mudança na programação e falha na comunicação entre setores. O Quadro 9 representa a matriz de priorização para as soluções da causa principal mudança de programação e foram priorizadas 2 soluções, sendo elas: Planejar manutenções segundo o plano de produção e criar plano de manutenções preventivas flexível as mudanças de programação. A solução de criar manutenções preventivas a partir do uso dos equipamentos, não foi priorizada pelo custo que a implementação causaria na corporação, mesmo tendo forte influência para solucionar os problemas citados.

No Quadro 10 fica representado a matriz de priorização das soluções para a causa de preventivas enviadas sem critérios, podendo ser destacados 2 soluções priorizadas para análise: Criar canal de comunicação mais eficiente entre ferramentaria e estamparia e Envio de ferramentas de acordo com cronograma de manutenção/intervalos de manutenção.

Quadro 9 - Matriz de Priorização GUT para soluções potenciais para causa prioritária de mudança na programação

CAUSA: MUDANÇA NA PROGRAMAÇÃO								
CRITÉRIOS PARA PRIORIZAÇÃO	BAIXO CUSTO	FACILIDADE	RAPIDEZ	ELEVADO IMPACTO SOBRE A CAUSA	BAIXO POTENCIAL PARA CRIAR NOVOS PROBLEMAS	TOTAL		SOLUÇÃO PRIORIZADA?
PESO	9	8	8	10	10	PONTUAÇÃO	%	
Planejar manutenções acompanhando o plano de produção	5	3	3	5	3	173	39%	SIM
Planejar manutenções a partir de utilização dos equipamentos	1	3	1	5	1	101	23%	NÃO
Criar plano de manutenção flexível às mudanças de programação (Reprogramável)	5	5	3	5	1	169	38%	SIM
RELACIONAMENTO ENTRE AS SOLUÇÕES E OS CRITÉRIOS DE PRIORIZAÇÃO: 5 - FORTE; 3 - MODERADO; 1 - FRACO; 0 - INEXISTENTE								

Fonte: Autoria própria (2018)

Quadro 10 - Matriz de Priorização GUT para soluções potenciais para causa prioritária falha na comunicação de setores

CAUSA: FALHA NA COMUNICAÇÃO ENTRE SETOR DE PRODUÇÃO E MANUTENÇÃO								
CRITÉRIOS PARA PRIORIZAÇÃO	BAIXO CUSTO	FACILIDADE	RAPIDEZ	ELEVADO IMPACTO SOBRE A CAUSA	BAIXO POTENCIAL PARA CRIAR NOVOS PROBLEMAS	TOTAL		SOLUÇÃO PRIORIZADA?
PESO	9	8	8	10	10	PONTUAÇÃO	%	
Criar canal de comunicação mais eficiente entre ferramentaria e estamparia	5	3	5	3	5	189	43%	SIM
Envio de ferramentas de acordo com cronograma de manutenção/intervalos de manutenção	5	5	5	5	5	225	51%	SIM
Criar memoriais para o envio de ferramentas - Kanban – QUANTIDADES DE PEÇAS ATE A MANUTENÇÃO	3	3	3	3	1	115	26%	NÃO
RELACIONAMENTO ENTRE AS SOLUÇÕES E OS CRITÉRIOS DE PRIORIZAÇÃO: 5 - FORTE; 3 - MODERADO; 1 - FRACO; 0 - INEXISTENTE								

Fonte: Aatoria própria (2018)

4.4.3 Análise de riscos

Finalizada a priorização das soluções a próxima etapa é avaliar de forma geral, quais serão os riscos associados a implementação destas soluções e quais serão os planos de contingência de modo a atenuar a aparição de possíveis falhas decorrentes do processo de implementação. O Quadro 11 resume a análise de riscos logo abaixo.

Quadro 11 - Análise de Risco para implementação das soluções priorizadas

CAUSA FUNDAMENTAL	SOLUÇÃO PRIORIZADA	RISCO DA IMPLEMENTAÇÃO	ANÁLISE DE RISCO		PLANO DE CONTINGÊNCIA
			PROBABILIDADE	IMPACTO	
Mudança de produção	Planejar manutenções acompanhando o plano de produção	Excesso de manutenções preventivas em ferramentas com baixa criticidade	Média	Alto	1 -Avaliar a criticidade das ferramentas para manutenção 2- Criar planos de manutenções específicos para dias/turnos em que a produção não ocorra
		Muitas variações na produção no decorrer do dia	Alta	Alto	1 -Criar reuniões diárias para discutir o plano de produção e de que forma será executado 2- Reprogramar manutenções preventivas
		Falta de corpo técnico de PCM	Baixo	Alto	2- Criar planos alternativos em falta de acompanhamento com o plano de produção
	Criar plano de manutenção flexível às mudanças de programação (Reprogramável)	Elevada necessidade de reprogramar manutenções	Baixo	Baixo	Devido aos baixos índices de impacto no processo não houve a necessidade de criar um plano de contingência
	Controle do envio de ferramentas é feito sem critérios	Criar canal de comunicação mais eficiente entre ferramentaria e estampa	Falta de participantes para a realização de reuniões	Baixo	Baixo
Envio de ferramentas de acordo com cronograma de manutenção/intervalos de manutenção		Falta de pessoas treinadas para envio de ferramentas	Baixo	Baixo	1 -Criar treinamento para envio de ferramentas e definir os responsáveis

Fonte: Autoria própria (2018)

Após conteplar todos os riscos e ações necessárias para reduzir o impacto da implementação das soluções é necessário criar um plano de ação para cada uma das soluções priorizadas e para atenuar as suas principais causas: Mudança na produção e falha na comunicação de setores de manutenção e produção.

4.4.4 Plano de ação

Com base na análise de riscos, todas as atividades necessárias para implementação das soluções foram listadas no plano de ação, sendo que em sua maioria as ações ficaram sobre responsabilidade do setor de manutenção e o seu planejador.

Os planos de ações foram divididos em 2 para que houvesse a construção clara e objetiva de quais ações seriam necessária para solucionar as 2 causas principais do baixo índice de aderência ao plano de manutenção preventivas. No Quadro 12 estão listados as ações referentes a causa mudança de programação, todas as ações foram implementadas com o objetivo de atingir o resultado de aderência de 80% das manutenções preventivas até a data de 29/06/2018.

No Quadro 14 foram apresentadas soluções mais simplistas para a solução da causa de preventivas adiantadas sem critérios, também com o objetivo de atingir o resultado de aderência de 80% das manutenções preventivas até a data de 29/06/2018.

Quadro 12- Plano de Ação para solução da causa Mudança de Programação

(continua)

5W 2H - PLANO DE AÇÃO						
What (Atividade)	Who (Responsável)	When (Prazo)	Why (Motivo)	Where (Local)	How (Como realizar)	How Much (Investimento)
Enviar/Receber documento do PPCP	Planejador de Produção, Planejador de manutenção	29/06/18	O plano de manutenção será feito com base no plano de produção	Sala de Engenharia de Manutenção	Receber o documento através de e-mail corporativo	Uma atividade de baixo custo de tempo, visto que essa atividade já é exercida pelos planejadores, há somente a necessidade de incluir o PCM da ferramentaria no recebimento do e-mail
Verificar o plano de produção e analisar ferramentas disponíveis para manutenção de acordo com a criticidade de realização de preventivas	Planejador de manutenção	29/06/18	Com base na disponibilidade de equipamentos, não haverá solicitação de uma ferramenta que esteja em produção	Sala de Engenharia de Manutenção	Avaliar plano de produção e elaborar estrutura de produto para análise de quais equipamentos são necessárias para seguir o plano de produção	Trata-se de uma atividade crucial e será necessário um tempo médio de 1 a 2 horas diárias para verificação do plano
Dimensionar carga de trabalho para ferramenteiros	Planejador de manutenção	29/06/18	Verificar a disponibilidade de mão-de-obra alocado na manutenção	Manutenção	Analisar o plano de trabalho dos manutentores (dias de folga, férias, atestados médicos) e verificar nos dias quais manutenções estarão disponíveis	Uma atividade de baixo custo de tempo, visto que o plano de trabalho já existe no dpto de manutenção

Quadro 13- Plano de Ação para solução da causa Mudança de Programação

(continuação)

5W 2H - PLANO DE AÇÃO						
What (Atividade)	Who (Responsável)	When (Prazo)	Why (Motivo)	Where (Local)	How (Como realizar)	How Much (Investimento)
Emitir ordem de serviço para preventivas	Planejador de manutenção	29/06/18	De acordo com disponibilidade de equipamentos X manutentores, emitir quais equipamentos devem ser enviados para preventivas	Manutenção	Cruzar os dados do plano de trabalho de manutentores com os equipamentos disponíveis para manutenção	Trata-se de uma atividade crucial e será necessário um tempo médio de 1 a 2 horas diárias para verificação do plano
Criar procedimento de reprogramar manutenções preventivas devido a falhas na programação	Planejador de manutenção	29/06/18	Devido à não execução da preventiva será necessário criar um procedimento para que o equipamento possa ser enviado a manutenção em outra data oportuna	Sala de Engenharia de Manutenção	Verificar com o plano de produção sobre a possibilidade de executar preventivas que ficaram pendentes	Uma atividade de baixo custo de tempo, visto que o plano de trabalho já existe no dpto de manutenção
Avaliar eficácia da manutenção preventiva	Planejador de manutenção	29/06/18	Verificar se as preventivas estão sendo realizadas em datas efetivas e/ou frequência efetiva	Sala de Engenharia de Manutenção	Avaliar indicadores de manutenção: MTTR e MTBF	Uma atividade de baixo custo de tempo, visto que a análise de indicadores é obtida de forma trivial

Fonte: Autoria própria (2018)

Quadro 14 - Plano de Ação para solução da causa preventivas adiantadas sem critérios

5W 2H - PLANO DE AÇÃO						
What (Atividade)	Who (Responsável)	When (Prazo)	Why (Motivo)	Where (Local)	How (Como realizar)	How Much (Investimento)
Criar reuniões com supervisores da estamperia e PPCP sobre o plano de preventivas	Planejador de manutenção	29/06/18	Facilitar comunicação entre manutenção e produção	Sala de Engenharia de Manutenção	Convocar reunião diária para discussão dos principais pontos do plano de manutenção e produção	Uma atividade de baixo custo de tempo, já existe no dpto de manutenção
Avaliação do plano de preventivas com os supervisores da produção	Planejador de manutenção	29/06/18	Verificar a viabilidade e probabilidade de execução do plano de preventivas	Sala de Engenharia de Manutenção	Convocar reunião diária para discussão dos principais pontos do plano de manutenção e produção	Uma atividade de baixo custo de tempo, já existe no dpto de manutenção
Treinar responsáveis pelo envio e recebimento de equipamentos para a execução de manutenções preventivas	Planejador de manutenção	22/06/18	Apresentar aos responsáveis pelo envio de equipamentos quais são os procedimentos e quais materias devem ser utilizados para o envio	Produção e Manutenção	Convocar reunião para a discutir e treinar sobre o envio de ferramentas para a manutenção preventiva	Baixo Custo, pois se trata de uma atividade de pouco tempo de realização

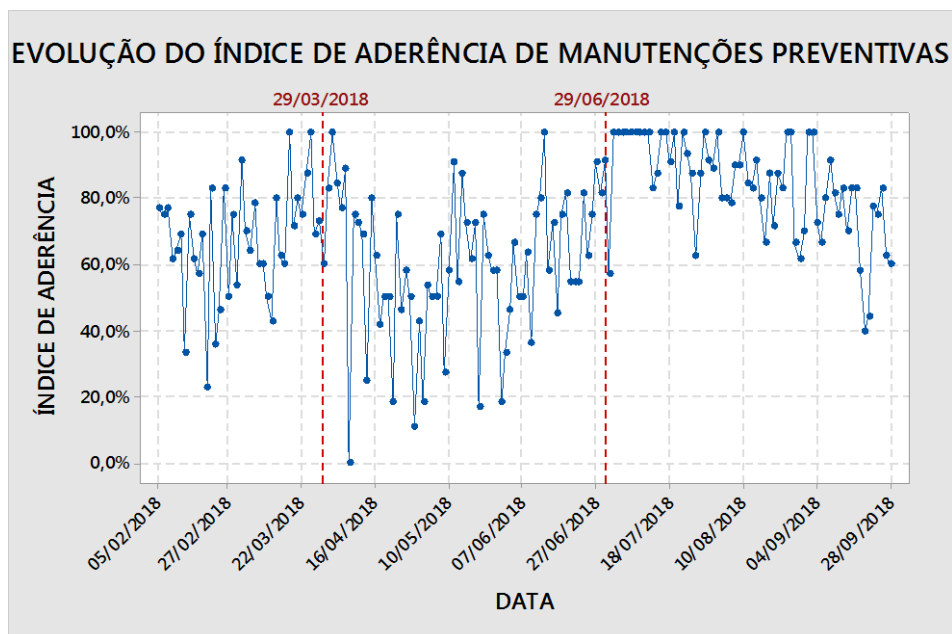
Fonte: Autoria própria (2018)

4.5 CONTROL

4.5.1 Alcance da Meta Global

Após a implementação das melhorias é necessário avaliar o alcance da meta global, atingir em média 80% das manutenções preventivas, na Figura 23 é possível observar o comportamento do indicador a partir de 29/06/18, o prazo para conclusão de todas as melhorias.

Figura 23 - Evolução do indicador de aderência de manutenções preventivas



Fonte: Autoria própria (2018)

Na Figura 23 é possível verificar que em média o indicador está variando em torno dos 80% de aderência de manutenções preventivas, para certificar-se dessas afirmações faz-se necessário verificar as estatísticas descritivas do indicador após a implementação das soluções. A Tabela 9 resume os dados apresentados pelo gráfico.

Tabela 8 - Estatísticas descritivas do índice global de aderência de manutenções preventivas em uma empresa metal-mecânica de 29/06/18 a 29/09/18

Variável	Total de Observações	Média Amostral	Desvio Padrão Amostral	Coef Variação	Mínimo	Mediana	Máximo
Índice de Aderência de Manutenções	67	84,21%	14,80%	17,57%	40,00%	87,50%	100%

Fonte: Autoria própria (2018)

5 CONCLUSÕES FINAIS

Após o levantamento de dados e implementação das ações de melhoria do projeto, todos os objetivos propostos para o estudo foram cumpridos. Ao final, os resultados indicam que a metodologia DMAIC para resolução de falhas no processo de planejamento de manutenção, apresenta uma elevada eficiência para a resolução dos problemas.

O objetivo principal do trabalho de avaliar a aplicabilidade do método DMAIC, como forma de resolver as falhas no planejamento e controle de manutenções preventiva, foi alcançada por meio da obtenção de um índice de atendimento de preventivas de 80%. Com o objetivo de aumentar a adesão ao plano de manutenção preventiva, buscava-se alinhar o plano de manutenção ao plano de produção da empresa em estudo. Para isso, o DMAIC aplicado na empresa de estudo serviu como base para reduzir as divergências entre esses dois planos. Devido a evolução de etapas bem definidas e com um sequenciamento lógico, a estruturação do trabalho apresenta uma excelente realização e leva a resolução de modo satisfatório do problema, pela metodologia DMAIC.

Ao verificar que a meta foi atingida, o método se mostrou eficaz na resolução de problemas e efetivo na busca de soluções para a resolução do problema. O plano de ação bem estruturado que foi definido e implementado, permitiu que o processo de planejamento de manutenções tivesse sua assertividade elevada. Durante o desenvolvimento do trabalho foi possível avaliar todas as características utilizadas para planejamento e controle de manutenção na empresa em estudo, bem como, a criação de indicadores para melhoria da assertividade da tomada de decisão.

Com todos os objetivos realizados, tem-se a expectativa de que o planejamento de manutenções preventivas na empresa em estudo, torne-se mais estável devido a todas as ferramentas e métodos utilizados no decorrer deste trabalho.

Para estudos futuros, a presente pesquisa serve de base para análises de falhas de planejamento de manutenções preventivas. Sugere-se para estudos futuros a aplicação da metodologia como forma de reduzir diretamente os índices de manutenção corretivas e índices de ociosidade de máquinas.

REFERÊNCIAS

ANDRIETTA, J.M.; MIGUEL,P.A.C. Aplicação do programa seis sigma no Brasil: resultados de um levantamento tipo survey exploratório-descritivo e perspectivas para pesquisas futuras. *Gestão da Produção*. São Carlos, v.14, n.2, p. 203-219, maio-ago, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-5462: confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

AZEVEDO, Thaís Cristina CS et al. Mapeamento de processos: fundamentos, ferramentas e caso em uma operação logística. *Blucher Marine Engineering Proceedings*, v. 2, n. 1, p. 37-50, 2016.

DE ALMEIDA, Paulo Samuel. *Manutenção Mecânica Industrial–Conceitos Básicos e Tecnologia Aplicada*. Editora Saraiva, 2018.

DHILLON, Balbir S. *Engineering maintenance: a modern approach*. CRC press, 2002.

FERNANDES, M.M.; TURRIONI, J.B. Seleção de projetos Seis Sigma: aplicação em uma indústria do setor automobilístico. *Produção*, v.17, n.3, p 579-591, set./dez. 2007.

FOGLIATO, Flavio; RIBEIRO, José Luis Duarte. *Confiabilidade e manutenção industrial*. Elsevier Brasil, 2009.

GOMES, Rodolfo Araújo; DE MELO, Diego Jean; BRITO, Jorge Nei. *REDUÇÃO DO TEMPO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA*.

KARDEC, A.; NASCIF J. *Manutenção: função estratégica*. 3ª edição. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2009. 384 p.

MOLUGARAM, Kumar et al. *Statistical techniques for transportation engineering*. Butterworth-Heinemann, 2017.

LIMA, Andressa Barreto; GALDAMEZ, Edwin Vladimir Cardoza. *APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO EM UMA INDÚSTRIA MOAGEIRA DE TRIGO*. *Trabalhos de Conclusão de Curso do DEP*, v. 13, n. 1, 2018.

MILOSAVLJEVIĆ, Peđa; RALL, Klaus. Six Sigma concept in the maintenance process of technical systems. *Facta universitatis-series: Mechanical Engineering*, v. 3, n. 1, p. 93-108, 2005.

MOBLEY, R. Keith. *Maintenance fundamentals*. Elsevier, 2011.

MONTGOMERY, D.; WOODALL, W. An overview of six sigma. *International Statistical Review*, v. 76, n. 3, p. 329-346, 2008.

MORAIS, Douglas Alves; VIEIRA, Gercino Wilker Sabino. *Mapeamento de processos na gestão da manutenção: um estudo de caso*. 2017.

MOSTAFA, Sherif; DUMRAK, Jantanee; SOLTAN, Hassan. Lean maintenance roadmap. *Procedia Manufacturing*, v. 2, p. 434-444, 2015.

RASMUSSEN, David. *SIPOC Picture Book: A Visual Guide to SIPOC/DMAIC Relationship*. Oriel Incorporated, 2006.

SELLITTO, Miguel Afonso. *Formulação estratégica da manutenção industrial com base na confiabilidade dos equipamentos*. *Production*, v. 15, n. 1, p. 44-59, 2005.

SHARMA, G. V. S. S.; RAO, P. Srinivasa. A DMAIC approach for process capability improvement an engine crankshaft manufacturing process. *Journal of Industrial Engineering International*, v. 10, n. 2, p. 65, 2014.

SHEUT, C.; KRAJEWSKI, L. J. A decision model for corrective maintenance management. *The International Journal of Production Research*, v. 32, n. 6, p. 1365-1382, 1994

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. *PCM-Planejamento e Controle da Manutenção*. Qualitymark Editora Ltda, 2002.

WERKEMA, Cristina. *Perguntas e respostas sobre o Lean Seis Sigma*. Elsevier Brasil, 2013.

XAVIER, Júlio Nascif. *Manutenção classe mundial*. São Paulo: Fundação Nacional da Qualidade, 2008.

XENOS, Harilaus G. Gerenciando a manutenção produtiva. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, v. 171, 1998.

ZASADZIENÍ, Michał. Application of the Six Sigma Method for Improving Maintenance Processes—Case Study. ICORES 2017, p. 314, 2017.