



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO – UFOP

ESCOLA DE MINAS

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA



LUÍS HENRIQUE SIQUEIRA

**REDUÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DO FLUIDO DA TRANSMISSÃO
DE UM CONJUNTO DE EQUIPAMENTOS MÓVEIS**

**OURO PRETO - MG
2022**

LUÍS HENRIQUE SIQUEIRA
luis.siqueira@aluno.ufop.edu.br

**REDUÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DO FLUIDO DA TRANSMISSÃO
DE UM CONJUNTO DE EQUIPAMENTOS MÓVEIS.**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito para a obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

Professor orientador: DSc. Washington Luís Vieira da Silva

OURO PRETO – MG
2022

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

Snulr Siqueira, Luis Henrique.
Redução da contaminação do fluido da transmissão de um conjunto de equipamentos móveis. [manuscrito] / Luis Henrique Siqueira. - 2022. 63 f.: il.: color., tab..

Orientador: Prof. Dr. Washington Luís Vieira da Silva.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia Mecânica .

1. Engenharia mecânica - Manutenção. 2. Six sigma (Padrão de controle de qualidade). 3. Engenharia mecânica - Transmissão. 4. Engenharia mecânica - Linha de montagem. I. Silva, Washington Luís Vieira da. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 621

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB-1716



FOLHA DE APROVAÇÃO

Luís Henrique Siqueira

Redução da contaminação do fluido da transmissão de um conjunto de equipamentos móveis

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Mecânico

Aprovada em 07 de Outubro de 2022

Membros da banca

DSc. Washington Luis Vieira da Siva - Orientador (Universidade Federal de Ouro Preto)
DSc. Diogo Antônio de Sousa (Universidade Federal de Ouro Preto)
MSc. Sávio Sade Tayer (Universidade Federal de Ouro Preto)

Washington Luis Vieira da Siva, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 11/10/2022



Documento assinado eletronicamente por **Washington Luis Vieira da Silva, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 19/10/2022, às 14:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0414516** e o código CRC **0B5B2F2F**.

Agradeço aos meus pais Wilcelena e Luís Tadeu por todo o apoio prestado para que conseguisse chegar ao final de minha graduação e consequente finalização deste trabalho

AGRADECIMENTO

Agradeço ao meu orientador Washington, por todo o apoio e dedicação na orientação deste trabalho. Aos meus pais por todo apoio Luís Tadeu e Wilcelena, e ao meu irmão Luís Rodolfo. À minha namorada Kerolainy. À República Cosa Nostra por ser meu lar na graduação e à Ouro preto, cidade incrível, por ser palco de todo esta trajetória.

“A menos que você tente fazer algo além do que você já domina, você nunca crescerá.”

Ronald E. Osborn

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo reduzir a contaminação do fluido de transmissão de um conjunto de ativos móveis de um fabricante de equipamentos a partir de um projeto 6 Sigma. Como guia para a resolução deste problema, foi utilizada a metodologia 6 Sigma DMAIC, que tem como característica a melhoria de processos já existentes, passando pelas 5 fases do projeto, sendo elas: definir qual o escopo do projeto e qual os limites de atuação do projeto; medir as variáveis que possam impactar na causa do problema; analisar os dados coletados na fase medir; melhorar, depois de entender qual o problema e quais as variáveis responsáveis pela contaminação; controlar, nesta etapa a equipe fica responsável por garantir que as ações tomadas na etapa anterior sejam continuadas e que as melhorias sejam sustentáveis. Após passar por todas as fases do projeto, foi concluído que a contaminação acontecia por 4 principais fatores, sendo eles: embalagens inadequadas; componentes que chegavam contaminados do fornecedor; falta de manutenção e limpeza nos carros que as peças eram transportadas; inadequações no ambiente onde a linha de montagem estava inserida. Após conclusão do projeto, e até durante a execução do mesmo, notou-se expressiva queda no número de contaminações, nos 5 meses que antecedem o início do projeto, a média de problemas de qualidade da linha da transmissão, entre agosto de 2020 até março de 2021 foi de 23 falhas por mês e após a etapa *improve* do projeto, entre os meses de maio até setembro de 2021 a média foi de aproximadamente 1 falha por mês, representando uma queda de 95,6%. Sendo assim, o projeto foi concluído com êxito, visto que o objeto deste era identificar e sanar 80% das causas de falhas ocorridas devido à contaminação na linha da transmissão.

Palavras-chave: 6 Sigma. Contaminação. Montagem. Transmissão. Melhoria.

ABSTRACT

This work aims to analyze in order to capture the root causes of transmission contamination, which results in the contamination of the fluid of these components, trying to reduce the number of machine failures in the field of work, this is a case study to analyze the possible root causes on the above problem in the interest of proposing a solution to reduce the number of failures to have a more robust and reliable product for the end customer. As a guide for this problem solving, the Six Sigma DMAIC methodology was used, which is characterized by the improvement of existing problems, going through its 5 project phases, namely: define, where the scope of the project and its limits of action are defined; measurement, phase in which the variables that can impact the root cause will be measured; analyze, at this stage, all the data collected during the measurement phase will be analyzed; improve, after understanding the problem and its variables responsible for contamination, it is time to improve the process so that the project objective is met; control, in this phase the team is responsible for ensuring that all actions taken in the previous phase are in place and that the improvement is sustainable. After going through all these project phases, it was concluded that the contamination was occurring due to three main factors, namely: inadequate packaging; components that arrived contaminated from the supplier and lack of maintenance; cleaning in the cars that the parts were transported; inadequacies in the environment where the assembly line was inserted. After the completion of the projects, and also during their execution, a significant drop on the number of contamination cases was noted, in the earlier 5 months before the kick off, the average quality events related to the transmission assembly line was 23 events per month and right after the improve phase the average of the subsequent 5 months was of 1 event per month, what represents a drop of 95,6%, so the objective of the project was concluded successfully, once the project objective was to identify and resolve 80% of the causes of failure happened because of contamination in the transmission assembly line.

Keywords: *Six Sigma, Contamination, Assembly, Transmission, Improvement.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Macrofluxograma do sistema de tratamento de falhas.....	11
Figura 2 Fluxograma do procedimento metodológico	20
Figura 3 Processo produtivo geral.	25
Figura 4 Organograma da empresa.....	26
Figura 5 Croqui linha de montagem da transmissão	27
Figura 6 VOC/VOB.....	31
Figura 7 SIPOC	33
Figura 8 AQE's da Linha da Transmissão	35
Figura 9 Falhas por contaminação por produto	35
Figura 10 Diagrama de Pareto	36
Figura 11 Pareto Trator de Esteira.....	37
Figura 12 Pareto Pá-carregadeira	38
Figura 13 Pareto Motoniveladora.....	38
Figura 14 Diagrama de Ishikawa	40
Figura 15 Carrinho de kit antes das melhorias	41
Figura 16 AQE's 2020/2022	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Plano de Ação	12
Tabela 2: Resumo das fases do método DMAIC	14
Tabela 3 Variáveis e indicadores utilizados	21
Tabela 4 Técnicas de coleta de dados.....	22
Tabela 5 5W1H Parte 1	43
Tabela 6 5W1H Parte 2	44
Tabela 7 5W1H Parte 3	44
Tabela 8 5W1H Parte 4	45
Tabela 9 5W1H Parte 5	45
Tabela 10 5W1H Parte 6	46
Tabela 11 5W1H Parte 7	46
Tabela 12 Sumário de propostas.....	51
Tabela 13 Resultados 5W1H	57

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Formulação do Problema.....	1
1.2	Justificativa.....	2
1.3	Objetivos.....	3
1.3.1	Geral	3
1.3.2	Específicos.....	3
1.4	Estrutura do Trabalho	3
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1	Manutenção	5
2.2	Gestão da manutenção	8
2.3	Sistema de tratamento de falha.....	10
2.4	Lubrificantes	16
3	METODOLOGIA.....	18
3.1	Tipo de pesquisa	18
3.2	Materiais e métodos	19
3.3	Variáveis e indicadores.....	21
3.4	Instrumentos de coleta de dados	21
3.5	Tabulação de dados	22
3.6	Considerações finais do capítulo	23
4	RESULTADOS.....	24
4.1	Características da empresa/setor.....	24
4.2	Sistema de Transmissão.....	27
4.3	Diagnóstico do problema estudado.....	29
4.4	Define	29
4.4.1	VOC/VOB – Voz do cliente e voz do negócio.....	30
4.4.2	SIPOC.....	32
4.5	Measure	34
4.5.1	Pareto AQE contaminação.....	36
4.6	Analyse	39
4.6.1	Diagrama de Ishikawa	39
4.6.2	5W1H	43
4.6.3	Análise laboratório	47

4.6.4	Análise de embalagens no estoque	48
4.6.5	Análise armazenagem kits	48
4.6.6	Análise do controle de contaminante no Ar	49
4.6.7	Análise linha de produção	49
4.6.8	Causas raiz de contaminação	50
4.7	Proposta de Melhoria para redução de contaminação do fluido de transmissão.	50
4.8	Improve.....	52
4.8.1	Componentes rejeitados dos fornecedores	52
4.8.2	Especificação de limpeza dos fornecedores	53
4.8.3	Carros de kit da transmissão	54
4.8.4	Contaminantes no Ar	55
4.9	Control.....	55
4.9.1	Resultados do 5W1H	56
5	CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	58
5.1	Conclusão	58
5.2	Recomendações	59
	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	60
	ANEXO.....	63

1 INTRODUÇÃO

1.1 Formulação do Problema

Os processos produtivos possuem diversas etapas, entre elas pode-se citar o projeto, a produção, a manutenção, a montagem, entre outros. Para a fabricação de equipamentos móveis um importante sistema é o sistema de transmissão, responsável pela movimentação propriamente dita do equipamento. Para um bom funcionamento deste sistema, a manutenção propõe melhorias no processo produtivo a fim de evitar falhas e contaminações indesejadas de modo que o equipamento possua a maior disponibilidade física possível.

Assim, segundo a norma NBR5462 *apud* Xenos (1994, p.18), a manutenção é definida como “a combinação de ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em estado no qual possa desempenhar uma função requerida”. Sendo assim, tem-se como objetivo deste estudo auxiliar a gestão da manutenção para garantir ao ativo condições de desempenhar sua atividade fim com maior confiabilidade e maior disponibilidade física total, evitando futuras manutenções.

Para efeitos de aplicação, o estudo é direcionado para uma empresa responsável pela montagem de equipamentos móveis em que o sistema de transmissão apresenta contaminação em diversas peças, devido a inconsistências no processo de montagem da mesma, acarretando assim em uma contaminação no fluido lubrificante, gerando então falhas de campo nos equipamentos móveis. A empresa é referência mundial no mercado de equipamentos movimentadores de materiais. Na fábrica são montados tratores, motoniveladoras, retroescavadeiras entre outros equipamentos.

Neste sentido, a gestão da manutenção vem contribuir de forma significativa para verificar as principais causas que podem levar problemas com o sistema de transmissão dos equipamentos fabricados pela empresa. Várias metodologias do sistema de gestão da manutenção e de tratamento de falhas podem ser utilizadas, como 3 Gen, método dos por quês, plano de ação, 6 Sigma, entre outros.

Exemplificando, uma das causas observadas com os equipamentos fabricados pela empresa foi a contaminação do fluido lubrificante.

Como diz Kimura (2010, p.52) “a função primária do lubrificante é formar uma película delgada entre duas superfícies móveis, reduzindo o atrito e suas consequências, que podem levar à quebra dos componentes”.

Ao executar uma análise conjunta à empresa, verificou-se a necessidade de investigar quais são as causas que contribuem para o problema de contaminação do fluido lubrificante da transmissão, e assim propor melhorias nos processos de gestão a fim de reduzir a contaminação do fluido em questão, de modo a manter os equipamentos em operação em perfeito estado de funcionamento com uma disponibilidade física que atenda os processos os quais tal equipamento foi projetado para executar.

Diante do contexto apresentado, tem-se a seguinte problemática:

Como reduzir a contaminação do fluido de transmissão de um conjunto de ativos móveis de um fabricante de equipamentos?

1.2 Justificativa

A manutenção é considerada como fruto de uma evolução tomada pela necessidade de manter os ativos e processos de uma empresa funcionando com a maior disponibilidade possível. Segundo Gregório e Silveira (2019) a quarta geração atuou em projetos voltados para manutenibilidade e aumento das manutenções preditivas, e na quinta geração da manutenção buscou gerenciar ativos e otimizar seu ciclo de vida. No estudo se tem como objetivo tomar ações para que o ativo aumente o seu ciclo de vida sem falha. Assim propõe-se um projeto 6 Sigma para identificar quais processos levam à contaminação do fluido da transmissão fazendo com que a mesma falhe precocemente.

No estudo observou-se a contaminação do fluido lubrificante, e de partes móveis da transmissão de equipamentos móveis, sendo necessária um aprofundamento para se descobrir quais as causas raízes desta contaminação que leva ao mal funcionamento dos equipamentos.

Tal estudo se faz necessário uma vez que a empresa que vende equipamentos móveis se preocupa com a confiabilidade e manutenibilidade de seus equipamentos, assim necessita que todos os sistemas dentro de seu equipamento funcionem da melhor forma possível. Além disso, busca-se evitar a contaminação do óleo lubrificante da transmissão, aumentar a confiança do cliente no maquinário produzido e fazer com que haja uma melhor credibilidade dos clientes com relação à empresa.

Este estudo visa contribuir para o setor de montagem de equipamentos móveis a possibilidade de aumentar a confiabilidade nos processos produtivos e menor número de eventos relacionados à qualidade de produção no processo produtivo, ao criar uma linha de

montagem mais eficiente e eficaz, e agregar maior valor ao produto para evitar desperdício com o retrabalho.

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

Propor melhorias na redução de contaminação do fluido da transmissão de um conjunto de equipamentos moveis a partir da aplicação da gestão da manutenção.

1.3.2 Específicos

- Realizar um estudo teórico sobre: manutenção, gestão da manutenção, sistema de tratamento de falhas e lubrificantes;
- Elaborar um procedimento metodológico para o estudo a ser realizado na empresa pesquisada;
- Aplicar ferramentas de gestão e os conceitos da metodologia 6 Sigma para propor redução na contaminação do fluido de lubrificação e das peças de um sistema de transmissão de um conjunto de equipamentos moveis;
- Comparar os resultados obtidos com a base teórica para propor melhorias na redução da contaminação do fluido de transmissão a partir do estudo da metodologia 6 Sigma.

1.4 Estrutura do Trabalho

O trabalho está dividido em cinco capítulos, onde no primeiro capítulo é apresentado a formulação do problema, a justificativa para a realização do trabalho e seus objetivos gerais e específicos.

O segundo capítulo trata da fundamentação teórica dos conceitos e teorias à respeito da manutenção. Também são relatados os diferentes tipos e formas de organização da manutenção, relacionando-os com as vantagens e desvantagens existentes em cada um destes tipos.

No terceiro capítulo são retratadas as metodologias utilizadas e quais os tipos de pesquisas feitas, bem como *softwares* que deram suporte à realização deste documento.

No quarto capítulo é tratado todo o processo e o estudo por trás deste trabalho, bem como a discriminação e detalhamento sobre o caso e também quais foram as ações resultantes do estudo feito e seus resultados na resolução do problema proposto.

Por fim, no capítulo cinco são discorridas as conclusões finais deste trabalho, bem como as considerações finais sobre este estudo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Manutenção

Em conformidade com Viana (2002) a palavra manutenção vem do latim *manus tenere* que quer dizer manter o que se tem, daí tem-se um primeiro conceito do que é manutenção, de forma mais abrangente.

Para Kardec e Nascif (2009, p.23) a manutenção tem como missão “garantir a confiabilidade e a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção ou de serviço, com segurança, preservação do meio ambiente e custos adequados”.

Segundo Almeida (2015, p.16) “pode-se entender Manutenção como o conjunto de cuidados e procedimentos técnicos necessários ao bom funcionamento e também ao reparo de máquinas, equipamentos, peças, moldes e ferramentas”.

Para Xenos (1994), a manutenção tem como um de seus principais objetivos evitar a degradação dos equipamentos e instalações, e tal degradação pode surgir de diversas maneiras, não somente com a falha do equipamento, ela pode dar sinal através de um ruído, vibrações e quaisquer sinais que um equipamento em funcionamento dentro das conformidades não apresentaria. O aparecimento destes sintomas pode levar a defeitos ou a produtos com baixa qualidade, colocando em risco a reputação da empresa como um todo, podendo assim levar a empresa à decadência.

Xenos (1994, p.19) também ressalta que

Num sentido restrito, as atividades de manutenção estarão limitadas ao retorno de um equipamento às suas condições originais. Mas, num sentido mais amplo, as atividades de manutenção também devem envolver a modificação das condições originais do equipamento através da introdução de melhorias para evitar a ocorrência ou reincidência de falhas, reduzir o custo e aumentar a produtividade.

Almeida (2015, p.15) afirma que “a manutenção não atua apenas em máquinas e equipamentos que estão em operação; atua também na concepção de um projeto”, sendo o objetivo do nosso estudo uma possível melhoria no processo de montagem de um equipamento móvel, uma forma de manutenção.

Tendo em vista os conceitos listados acima, a seguir define-se alguns tipos de manutenção.

O autor Kardec e Nascif (2009, p37) elucida que “algumas práticas básicas definem os tipos principais de manutenção que são: Manutenção Corretiva Não Planejada; Manutenção Corretiva Planejada; Manutenção Preventiva; Manutenção Preditiva; Manutenção Detectiva; Engenharia de Manutenção”.

De acordo com Kardec e Nascif (2009, p.38), “manutenção corretiva é a atuação para a correção da falha ou do desempenho menor do que o esperado”, também de acordo com Kardec e Nascif (2009) a manutenção corretiva não se limita apenas à manutenção de emergência pois ao fazer alterações em um equipamento que não apresenta um desempenho igual ao esperado também está executando uma manutenção corretiva. São as duas condições que levam à manutenção corretiva: o desempenho deficiente e a ocorrência de falha. Também segundo os autores a manutenção corretiva pode ser dividida em duas classes: a manutenção corretiva não planejada e a manutenção corretiva planejada. Sendo a manutenção corretiva não planejada responsável pelos fatos que já aconteceram independente de serem eles uma falha ou um desempenho abaixo do planejado, esta modalidade de manutenção pode resultar em altos custos pois tem por consequência tanto paradas e perdas na produção como possíveis perdas de qualidade do produto.

Para Xenos (1994), a manutenção corretiva está ligada às ações tomadas após a ocorrência de uma falha e a manutenção corretiva deve ser utilizada somente nos casos em que é economicamente mais viável consertar uma falha a tomar ações preventivas. Do ponto de vista econômico a manutenção corretiva é o método mais barato de manutenção, mas ela pode gerar outros custos indiretos como as perdas geradas pela parada da produção.

Viana (2002, p,10) diz que “Manutenção Corretiva é a intervenção necessária imediatamente para evitar graves consequências aos instrumentos de produção, à segurança do trabalhador ou ao meio ambiente; se configura em uma intervenção aleatória”

Para Pinto e Xavier *apud* Gregório e Silveira (2018) “consideram que manutenção corretiva é a ação para corrigir a falha ou o desempenho menor que o exigido”

Outro tipo de manutenção conhecido é a manutenção preventiva, segundo Almeida (2015, p.18) “manutenção preventiva é a manutenção planejada e controlada, realizada em datas predeterminadas, de modo a manter a máquina ou o equipamento em corretas condições de funcionamento e conservação evitando paradas imprevistas.”

Segundo Gregório e Silveira (2019, p.33) “manutenção preventiva é realizada em equipamentos que não estejam em falha, em intervalos predeterminados ou de acordo com

critérios específicos, com objetivo de reduzir a probabilidade de falha ou a degradação de funcionamento de um item”.

Kardec e Nascif (2009, p.42) consideram manutenção preventiva como “a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou queda no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo”. Kardec e Nascif (2009) também afirmam que a periodicidade de cada caso deve ser calculada de acordo com o ambiente e as condições de uso de determinado equipamento, então caso não exista nenhuma norma específica para a manutenção preventiva de determinado componente cabe ao engenheiro executar o plano de manutenção de acordo com as condições de trabalhos que serão por ele estudadas.

De acordo com Xenos (1994), a manutenção preventiva tem que ser a principal atividade de manutenção em qualquer empresa, segundo o autor quando comparamos a questão econômica na troca das peças antes do seu final da vida útil, nós perdemos no quesito de que aquela peça ainda poderia produzir mais, mas quando comparado às consequências que esta troca prematura trás, que podemos destacar como a diminuição das paradas de produções inesperadas, diminuição da frequência de ocorrência de falhas e conseqüentemente o aumento da disponibilidade dos equipamentos, ela torna-se economicamente mais viável do que a manutenção corretiva.

Viana (2002, p.10) define manutenção preventiva como “todo serviço de manutenção realizado em máquinas que não estejam em falha, estando com isto em condições operacionais ou em estado de zero defeito”. Ainda segundo Viana (2002), as atividades de manutenção preventivas são atividades programadas a serem efetuadas em intervalos previamente determinados de modo a tentar mitigar a probabilidade de uma falha ocorrer causando uma parada não programada, o que traria serias conseqüências para o planejamento produtivo. O autor também evidencia uma série de vantagens deste tipo de manutenção entre eles pode-se elucidar o fato de possuir um almoxarifado mais enxuto e eficiente, pois não se faz necessário o estoque de diversas peças que podem vir a falhar causando uma parada não programada na linha de produção.

Viana (2002) explica que a manutenção preditiva é um tipo de manutenção preventiva que através de medições e métodos estatísticos visam identificar quando um componente está chegando ao fim de sua vida útil. Com isso tem-se um ponto fortíssimo com relação à manutenção preventiva, o maior aproveitamento das peças. Enquanto na manutenção preventiva o componente é trocado com um determinado tempo o número de ciclos, a

manutenção preditiva utiliza de algumas técnicas preditivas para saber o momento mais apropriado para a troca dos componentes, são algumas dessas técnicas: Ensaio por ultrassom; Análise de vibrações mecânicas; Análise de óleos lubrificantes e Termografia.

Conforme Kardec e Nascif (2009, p.44), a manutenção preditiva é

a atuação realizada com base na modificação de parâmetros de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática. Através de técnicas preditivas é feito o monitoramento da condição e a ação de correção, quando necessária, é realizada através de uma manutenção corretiva planejada.

Ou seja, através da análise de dados coletados nos equipamentos em questão e parâmetros pré-estabelecidos sabe-se o momento ideal para executar a manutenção de determinado componente.

Gregório e Silveira (2019, p.23) elucidam que manutenção preditiva “aplica de forma sistemática técnicas de análise e monitoramento, podendo detectar fenômenos como alteração no nível de vibração de equipamentos rotativos, contaminação de óleos lubrificantes, alteração nos níveis de pressão, trincas em vasos de pressão entre outros”. Caracterizando um tipo de manutenção que está o tempo todo controlando as condições de operação de seus ativos.

Para Almeida (2015, p.24),

Com a manutenção preditiva é possível indicar as reais condições de funcionamento da máquina de acordo com dados obtidos a partir dos fenômenos apresentados por ela quando alguma peça começa a se desgastar ou alguma regulagem é necessária, ou o que os mecânicos popularmente definem como “ouvir a máquina”. Este tipo de manutenção baseia-se em inspeções periódicas, em que fenômenos como temperatura, vibração, ruídos excessivos etc. são observados por meio de instrumentos específicos. Esta análise permita a observação das reais condições do equipamento e o acompanhamento da evolução de um defeito, possibilitando o planejamento em curto prazo para uma intervenção de manutenção para troca de peças e a eliminação do defeito, além de indicar o tempo de vida útil dos componentes das máquinas e dos equipamentos e as condições para que esse tempo de vida útil seja bem aproveitado.

Xenos (1994, p.19) esclarece que “a manutenção preditiva permite otimizar a troca das peças ou reforma dos componentes e estender o intervalo de manutenção, pois permite prever quando a peça ou componente estarão próximos do seu limite de vida”.

2.2 Gestão da manutenção

Em acordo com Kardec e Nascif (2009), a gestão da manutenção é uma maneira de integração eficaz entre processo produtivo e processo de manutenção, de modo que não

existam paradas e que este processo de manutenção não mais gere inconsistências no processo produtivo. É preciso que através da gestão da manutenção sejam tomadas ações com o objetivo de mitigar paradas indesejadas e aumentar a produtividade.

Conforme Almeida (2018, p.9),

gestão da manutenção é a correta administração da manutenção, ou seja, a organização dos recursos humanos e materiais, dos insumos e do planejamento estratégico necessários para que máquinas equipamentos e instalações de qualquer empresa estejam em boas condições de funcionamento e supram as necessidades produtivas existentes.

Os autores Kardec e Nascif (2009) lembram também que não existe mais espaço para falhas dentro das indústrias, com a alta competitividade do mercado faz-se necessário um processo produtivo de maior excelência sem que sejam necessárias paradas para manutenção corretiva.

A excelência dos processos produtivos dentro da fábrica devem ser tal que refletem em produtos mais robusto e mais competitivo, características essas que serão notadas pelos clientes, trazendo a competitividade para a empresa.

Kardec e Nascif (2009, p.9) explica que “o trabalho da manutenção está sendo enobrecido onde, cada vez mais, o pessoal da área precisa estar qualificado e equipado para evitar falhas e não para corrigi-las”

Almeida (2018) elucida que uma boa gestão de manutenção esta atrelado a um estoque mais enxuto, estoque este que deve possuir apenas peças extremamente necessárias em caso de uma parada de emergência. Segundo o autor o acúmulo de estoque pode gerar os seguintes problemas: deterioração de peças paradas durante longo tempo; excesso de gastos em um período contábil; desperdício de espaço físico.

Assim, tem-se que a fase mais importante da gestão da manutenção é o planejamento, momento em que é definido quais ativos serão alvo de manutenção em cada determinado espaço de tempo Almeida (2018).

O autor classifica os equipamentos de uma indústria em três classes: equipamentos classe “A”, equipamentos classe “B” e equipamentos classe “C”.

Os equipamentos classe “A” são os equipamentos que são responsáveis por atividades principais dentro do ramo de atividade. Caso equipamentos classe “A” parem o processo produtivo daquela empresa irá parar, ou sofrer grandes consequências.

Já os equipamentos classe “B” são aqueles que caso apresentem defeito, causam uma interrupção parcial à linha produtiva e, portanto, não são responsáveis por perdas significativas no processo produtivo.

Entre tanto, os equipamentos classe “C” são aqueles que com a sua parada o processo produtivo não é comprometido, estes devem também ser objetos de manutenção, porém, possuem menor prioridade.

De acordo com Teixeira e Kardec *apud* Fluentes (2006, p.2) “a gestão da manutenção deve ter por princípio ser um apoio efetivo para conseguir a excelência empresarial e contribuir com criatividade, flexibilidade, velocidade, cultura da mudança, competência e trabalho em equipe” assim sendo um complemento das demais funções da empresa, ela não pode andar sozinha da produção, planejamento e demais atividades executadas pela indústria.

Otani e Machado *apud* Viana (2020, p.22), explicitam que “a manutenção, enquanto função estratégica nas organizações, é responsável direta pela disponibilidade dos ativos e tem importância capital nos resultados da empresa” sendo tais resultados influenciados pela gestão da manutenção, temos que ela também possui direta influencia nos resultados da empresa.

Viana (2020, p.43) afirma que “podemos entender que a Gestão da Manutenção como uma função, onde repousa diversos elementos inter-relacionados e que interagem fortemente com outras áreas de uma organização”

Mouta (2011, p.1) sustenta que “a Gestão da Manutenção, constitui um ponto de equilíbrio entre o conjunto das ações destinadas a encontrar e a situar o nível da manutenção desejada/necessária”.

2.3 Sistema de tratamento de falha

A definição de falha segundo a norma NBR5462 *apud* Xenos (1994, p.67) é “termino da capacidade de um item desempenhar a função requerida. É a diminuição total ou parcial da capacidade de uma peça, componente ou máquina de desempenhar sua função durante um período de tempo, quando o item deverá ser reparado ou substituído”.

As falhas inesperadas são um dos piores problemas que podem ocorrer dentro do setor de manutenção. As equipes de manutenção devem direcionar suas atividades de modo a prevenir que elas ocorram, a partir dos métodos de manutenção, citados no tópico 2.1 encontrando suas causas fundamentais e trabalhando para que elas não ocorram, quebrando assim o círculo vicioso das falhas, que consiste em gastar todo o tempo reparando falhas sem que sobre tempo para um planejamento correto da manutenção (XENOS, 1994).

A busca para acabar com o círculo vicioso das falhas deve culminar em um plano de tratamento de falhas, criando assim um sistema de tratamento de falhas. (XENOS, 1994)

Xenos (1994) propõe um macrofluxograma para a elaboração de um sistema de tratamento de falhas conforme a Figura 1.

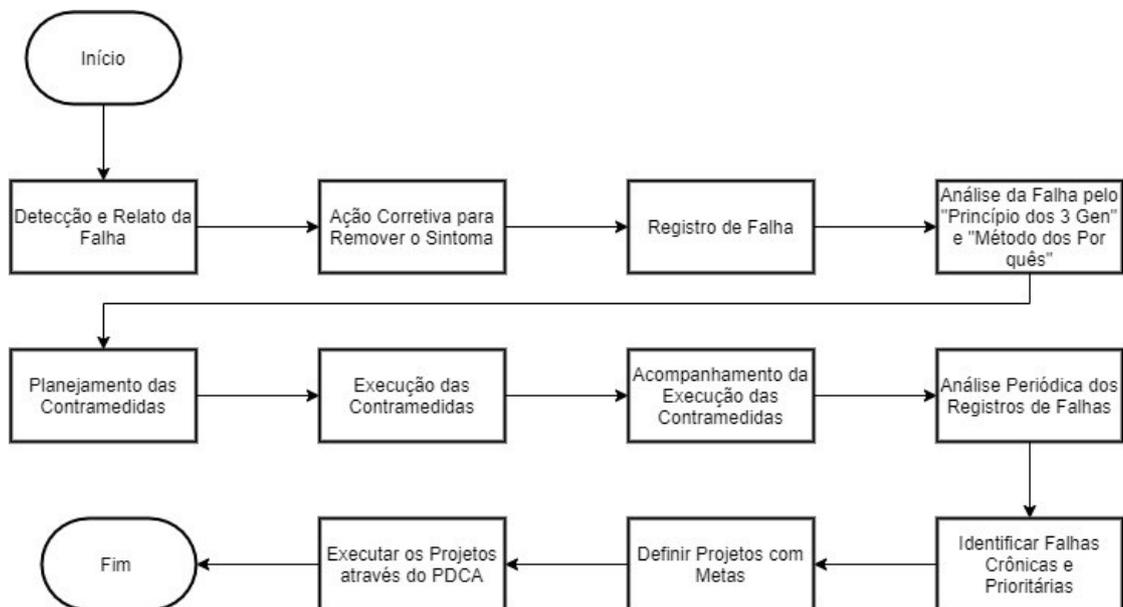


Figura 1 Macrofluxograma do sistema de tratamento de falhas

Fonte: Adaptado Xenos (1994, p.85)

Observa-se na Figura 1 que desde a detecção da falha até a execução de um projeto através do método de melhorias contínuas PDCA com o intuito de que a falha uma vez ocorrida não volte a aparecer novamente. Pode-se notar, também, que Xenos (1994) sugere a análise da falha pelo Princípio dos 3 Gen, Método dos Por quês e do 5W1H (Plano de ação). Além dessas ferramentas pode-se citar como ferramenta para gestão da manutenção a metodologia 6 Sigma.

De acordo com Werkema (2012, p.33), plano de ação é “um conjunto de contramedidas com o objetivo de bloquear as causas fundamentais”. Para isso cada tarefa deve ser planejada e viabilizada pelo método 5W1H.

Para Xenos (1994) o plano de ação deve trabalhar de modo que bloqueie as causas fundamentais de uma falha, evitando que a mesma aconteça novamente, assim identificando qual serão as ações necessárias para que as causas da falha sejam mitigadas. Abaixo na Tabela 1 tem-se um exemplo de um plano de ação.

Tabela 1 Plano de Ação

	O QUE (What)	Por que (Why)	Onde (Where)	Quando (When)	Quem (Who)	Como (How)
Ação	Descrição do que deve ser feito	Motivo pelo qual a ação deve ser tomada	Local o qual a ação deve ser tomada	Data limite para a execução da ação	Responsável por executar a ação descrita	Como a ação deve ser feita.

Fonte: Pesquisa Direta (2021)

Conforme Xenos (1994, p.99), o princípio dos 3 Gen “significa ir ao local da ocorrência (*Genba*), observar o equipamento (*Genbutsu*) e o fenômeno (*Gensho*)”.

Para Xenos (1994), caso ocorra uma falha as equipes de engenheiros e supervisores responsáveis pela manutenção devem parar tudo que estão fazendo e ir até o local do incidente averiguar a situação, desta forma tem-se a oportunidade de descobrir informações que podem levar a causa raiz do problema.

De acordo com Xenos (1994), o método dos por quês consiste em perguntar por quê de determinada falha ter ocorrido diversas vezes até que se chegue nas causas raízes do acontecimento, identificando o que de fato foi feito, ou deixou de ser feito, para que tal falha viesse a ocorrer, caso não seja executado de forma correta as causas da falha permanecerão obscuras.

Para Werkema (2012, p.15), “é possível definir o Seis Sigma como 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”.

A metodologia Seis Sigma surgiu em meados de 1980 em uma fábrica da Motorola, ela foi desenvolvida por um engenheiro que trabalhava na área de confiabilidade, seu nome era Bill Smith. Smith buscou através da metodologia, diminuir os produtos defeituosos devido à grande complexidade envolvida no processo (TOLEDO *et al*,2017).

A palavra Sigma designa uma medida de variação estatística, ela mede qual é a frequência de ocorrência de defeitos em um total de oportunidades. Para a medida Quatro Sigma tem-se seis mil ocorrências a cada um milhão de oportunidades, já para a medida Seis Sigma, tem-se apenas três ocorrências de defeito a cada um milhão de oportunidades.

Atingindo o nível Seis Sigma aumenta-se a confiabilidade e a lucratividade de uma empresa, sendo então o Seis Sigma um ideal a ser alcançado (CHIAVENATO, 2014).

Conforme Toledo *et al* (2017, p. 309) declaram “o termo sigma é uma letra do alfabeto grego, e, no contexto do programa Seis Sigma, é utilizada para descrever a variabilidade.”.

De acordo com Chiavenato (2014) o seis sigma tem três principais dimensões em que ele busca a eficácia organizacional. São estas através da: redução do desperdício que visa eliminar todas as etapas e processos que não agregam valor ao cliente; redução dos defeitos: que seria o conceito primordial do seis sigma; envolvimento das pessoas que seria a maneira de manter a equipe totalmente focada em alcançar as metas de melhoria proposta pelos projetos seis sigma.

Segundo Harry e Schroeder *apud* Toledo *et al* (2017) o Seis Sigma oferece a oportunidade de os empregados gerarem melhores resultados financeiros para a empresa através do acompanhamento e melhoria de diversos processos, que ao final, visa trazer maior satisfação ao cliente, enquanto é agregado valor ao produto evitando desperdícios. Assim é possível afirmar que o Seis Sigma não está buscando apenas alcançar o nível Seis Sigma (três defeitos por milhão de oportunidades) e sim melhorar os processos de modo a torná-los cada vez mais lucrativos.

O seis sigma tem alguns métodos de resolução de problemas, entre eles pode-se citar o DMAIC, consoante com Toledo *et al* (2017) a metodologia DMAIC serve como uma guia para a que o time do projeto siga alguns caminhos, de modo a identificar e resolver o problema de forma precisa e baseada em uma metodologia sólida. Tem-se então a tabela 1 como resumo das fases da metodologia DMAIC.

Tabela 2: Resumo das fases do método DMAIC

Quadro 13.3 Fases do método DMAIC (Adaptado de Henderson e Evans, 2000)	
Fase	Descrição
<i>Define</i>	A equipe identifica os melhores projetos Seis Sigma com base nos objetivos estratégicos. Após isso, a equipe determina o que é crítico para a qualidade (do inglês, <i>Critical To Quality</i> – CTQ) para os clientes.
<i>Measure</i>	A equipe define os processos ligados com a CTQ, e eles medem o desempenho dos processos selecionados.
<i>Analyse</i>	Aplicando métodos estatísticos, a equipe procura identificar as principais causas da variação do processo que geram não conformidades por meio de análises do desempenho do processo. Após isso, a equipe determina a(s) variável(eis) a ser(em) melhorada(s).
<i>Improve</i>	A equipe conduz experimentos para estabelecer o melhor nível das variáveis identificadas na fase anterior e estabelece um plano para implementar as mudanças.
<i>Control</i>	A equipe aplica técnicas e métodos estatísticos e da qualidade para garantir a estabilidade estatística do processo dentro de limites aceitáveis.

Fonte: Toledo et al (2017, p.323)

Na Tabela 2: Resumo das fases do método DMAIC tem-se um breve quadro-resumo com cada uma das fases do método DMAIC, tal método é detalhado abaixo.

Werkema (2012, p.29) interpreta o Definir (Define) como “Definir com precisão o escopo do projeto”

Conforme Toledo (2017, p324) “a fase Define consiste em identificar os clientes e suas prioridades; identificar um projeto Seis Sigma satisfatório alinhado aos objetivos do negócio bem como aos requisitos dos clientes”.

Werkema (2012, p.29) explicita o medir (measure) como sendo “Determinar a localização ou foco do problema.”

Para Toledo (2017, p326) “a fase Measure consiste em determinar como medir o processo; identificar os processos-chave que influenciam as CTQs(características críticas para a qualidade); e medir os defeitos gerados pelo processo”.

Werkema (2012, p.29) define o analisar (analyse) como sendo “Determinar as causas de cada problema prioritário”.

Já para Toledo (2017, p327) “a fase Analyse consiste em determinar as causas mais prováveis dos defeitos e entender por que os defeitos são gerados, identificando as variáveis-chave que têm maior impacto na variação do resultado do processo”.

Werkema (2012, p.29) entende o melhorar (improve) como “propor; avaliar e implementar soluções para cada problema prioritário”.

Toledo (2017, p328) afirma que “a fase Improve procura identificar meios para remover as causas dos efeitos indesejados no processo; confirmar as variáveis-chave e criar um sistema para medir os desvios dessas variáveis; e modificar o processo para que fique dentro dos limites de variação aceitáveis”.

Werkema (2012, p.29) estabelece o controlar (Control) como “garantir que o alcance da meta seja mantido a longo prazo”.

Toledo (2017, p328) estipula que “a fase Control tem por objetivos determinar como manter as melhorias e usar métodos que garantam que as variáveis-chave permaneçam dentro dos limites de variação aceitáveis para o processo modificado”.

Uma importante etapa para a metodologia 6 Sigma é sua implementação à cultura da empresa. Para que a implementação da metodologia tenha sucesso é necessário grande empenho por parte do time. O time do Seis Sigma é composto por alguns patrocinadores e especialistas, são eles: *Sponsor* do Lean Seis Sigma, *Sponsor* Facilitador, *Champions*, *Master Black Belt*, *Black Belts*, *Green Belts*, *Yellow Belts* e *White Belts*. (WERKEMA, 2012).

A seguir descreve-se as características dos principais patrocinadores e especialistas do time.

O *Sponsor* do *Lean Seis Sigma* é definido por Werkema (2012, p.35) como “o principal executivo da empresa, responsável por promover e definir as diretrizes para a implementação do *Lean Seis Sigma*”.

Já o *Sponsor* Facilitador segundo Werkema (2012, p.35) “é um dos diretores da empresa. Esse gestor tem a responsabilidade de assessorar o *Sponsor* do *Lean Seis Sigma* na implementação do programa”.

Werkema (2012, p.35) estabelece o *Champions* como os “gestores cuja responsabilidade é apoiar os projetos e remover possíveis barreiras para o seu desenvolvimento. São diretores e gerentes da empresa”

Outro importante especialista para Werkema (2012, p.35) é o *Master Black Belts* que são “profissionais que assessoram os *Sponsors* e os *Champions* e atuam como mentores dos *Blacks Belts* e *Green Belts*”.

Tem-se então os *Black Belts* que de acordo com Werkema (2012, p.35) são pessoas que “lideram equipes na condução de projetos multifuncionais ou funcionais, alcançando maior visibilidade na estrutura *Lean Seis Sigma*”.

Por fim, tem-se os *Green Belts* que são definidos por Werkema (2012, p.35) como “profissionais que participam das equipes lideradas pelos *Black Belts* (projetos multifuncionais ou funcionais) ou lideram equipes na condução de projetos funcionais”.

A implementação do Seis Sigma deve acontecer começando pelo CEO da empresa e ir sendo difundido aos funcionários de cargos com hierarquia mais baixa, até que todos dentro da empresa tenham conhecimento sobre os conceitos da metodologia (WERKEMA, 2012).

Uma maneira de implementar a cultura Seis Sigma dentro da empresa é através de consultoria externa, em que a empresa contratada fará a realização de diversos seminários, *workshops* e treinamentos para que a equipe selecionada esteja apta a seguir com a metodologia (WERKEMA, 2012).

2.4 Lubrificantes

Para um bom funcionamento de equipamentos com partes moveis faz-se necessário uma boa lubrificação de suas peças moveis, assim, conforme Almeida (2018, p.253) um lubrificante é “substância de serve de elemento intermediário entre peças de um conjunto mecânico, que estão sujeitas ao atrito cinético, a fim de minimizar o desgaste excessivo e prematuro e proteger dos efeitos da oxidação”.

De acordo com Gregório e Silveira (2019, p.129) “a lubrificação consiste em introduzir uma película fluida entre duas superfícies rígidas que possuem movimento relativo com o objetivo de reduzir o atrito entre essas superfícies, evitando desgastes e possível aumento de temperatura”

Assim em conformidade com Pauli e Uliana *apud* Gregório (2018, p.136),

são funções da lubrificação diminuir o atrito entre peças, controlar o desgaste de maquinas e equipamentos, incrementar a vida útil do maquinário, controlar a temperatura por conta do contato entre as superfícies, diminuir as questões associadas à corrosão dos materiais, viabilizar a transmissão de força, permitir amortecimento de choques, vedações e a remoção de contaminantes.

Consoante a Cunha *apud* Kimura (2010, p.52) “quando ocorre um movimento relativo entre superfícies é normalmente desejável minimizar a fricção e o desgaste. Qualquer substância interposta que reduz a fricção e desgaste é um lubrificante”.

Para Kardec e Nascif (2009), uma das técnicas mais difundidas de análise de óleos lubrificantes na indústria é a técnica de análise das partículas contidas no óleo, sendo uma

maneira de analisar a quantidade de contaminantes contida no óleo lubrificante, a depender do nível de contaminação o óleo lubrificante pode precisar ser sacrificado.

Segundo Hutchings e Shipway (2017), um lubrificante funciona introduzindo entre as superfícies deslizantes uma camada de material com uma resistência ao cisalhamento menor do que qualquer uma das duas superfícies ou da interface entre elas. Em alguns sistemas lubrificados, o lubrificante pode não impedir completamente o contato de aspereza, embora reduza e possa também reduzir as forças adesivas entre as superfícies. Em outros casos, o lubrificante separa completamente as superfícies. Assim, em maior ou menor grau o uso de um lubrificante sempre reduzirá a taxa de desgaste por deslizamento, e este é outro benefício da lubrificação.

De acordo com a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico *apud* Blau (2009) um lubrificante é qualquer substância interposta entre duas superfícies em movimento relativo com o objetivo de reduzir o atrito e o desgaste entre si.

Os tópicos abordados no capítulo 2 foram temas necessários para o embasamento teórico sobre os assuntos discutidos neste estudo, tal embasamento servirá como base para a construção da metodologia e da discussão dos dados coletados do processo analisado.

3 METODOLOGIA

3.1 Tipo de pesquisa

Segundo Lakatos e Marconi (1992), uma pesquisa é um método de buscar conhecimento, busca por respostas para questões desconhecidas, através da utilização de métodos científicos.

Para Gil (2002), a pesquisa visa procurar soluções para problemas propostos, e ela é fundamental para situações em que não se tem informações suficientes para o desenvolvimento de uma resposta adequada a um determinado tipo de problema.

Creswell (2007) divide as estratégias de investigação em três tipos, sendo eles quantitativos, qualitativos e métodos mistos. Neste estudo foi adotado o tipo de pesquisa qualitativa. Ainda de acordo com Creswell (2007, p.35) em uma pesquisa qualitativa tem-se que “o investigador sempre faz alegações de conhecimento com base principalmente ou em perspectivas construtivas [...] ou em perspectivas reivindicatórias/participatórias [...] ou em ambas”.

Cada tipo de pesquisa tem suas especificidades, entretanto, é possível agrupá-las em três grandes grupos de acordo com Gil (2008), são estes grupos as pesquisas exploratórias, pesquisas descritivas e pesquisas explicativas. Este trabalho tem como objetivo uma pesquisa exploratória.

De acordo com Gil (2008, p.27), “as pesquisas exploratórias têm como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores”.

Além da pesquisa exploratória, utilizar-se-á a pesquisa bibliográfica. Sendo assim, a pesquisa bibliográfica é caracterizada pelo uso de materiais como livros e artigos científicos. Esse tipo de pesquisa é de suma importância, pois por diversas vezes não é possível conhecer os fatos a não ser por meio de pesquisa bibliográfica, seja essas limitações de distância física, temporal ou quaisquer outros fatos que impossibilitem o contato com o objeto de estudo (GIL,2008).

Outro procedimento metodológico de estudo é a pesquisa documental. A pesquisa documental se aproxima muito da pesquisa bibliográfica, tendo como principal diferença o fato de que na pesquisa documental o material não recebeu nenhum tipo de tratamento analítico (GIL,2008).

Por fim, tem-se o último procedimento que é o estudo de caso. O estudo de caso visa estudar profundamente poucos objetos de estudo, de modo a conhecê-lo profundamente (GIL, 2008).

Diante do contexto, tem-se que este trabalho se trata de uma pesquisa qualitativa por envolver análises que não são discretas e sim análises que dependem de diversas variáveis e contextos. Trata-se também de uma pesquisa exploratória ao passo que na busca pelo desenvolvimento de um processo, com o conhecimento de suas principais causas, está buscando encontrar os principais problemas no processo. Se faz necessária parte deste estudo ser uma pesquisa bibliográfica, de modo que procura em outros autores bases teóricas para a resolução do problema em questão. Este estudo trata de uma pesquisa documental ao passo que busca em documentos passados evidências ou caminhos a serem seguidos de acordo com o que se tem relatado do passado. Por fim é um estudo de caso pois trata-se de uma parte específica (contaminação do fluido de transmissão) dentro do contexto de fabricação de equipamentos moveis.

3.2 Materiais e métodos

A Figura 2 ilustra o procedimento metodológico realizado na pesquisa e suas etapas.

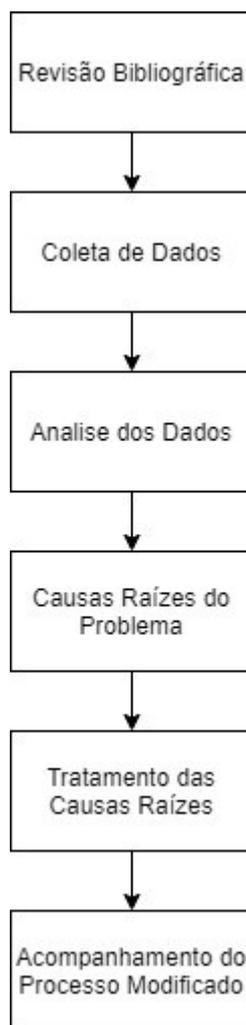


Figura 2 Fluxograma do procedimento metodológico
Fonte: Pesquisa Direta (2021)

De acordo com a Figura 2, primeiramente foi realizado uma revisão bibliográfica contemplando os principais tópicos a serem discutidos neste trabalho, dentre eles pode-se citar a metodologia 6 Sigma, metodologia que guiou o estudo para uma análise criteriosa do problema e auxiliou na tomada de decisão de quais passos seguir para que o mesmo seja tratado.

A coleta de dados foi feita de diversas formas, entre elas pode-se citar um sistema interno da empresa chamado AQE (*All Quality Events*) em que todos os eventos relacionados a qualidade do produto são reportados. Através de tal sistema foi possível realizar parte da análise do estudo com base no histórico. Outra ferramenta utilizada para obtenção dos dados foram reuniões com os representantes da área.

Após a coleta de dados são utilizadas algumas ferramentas para análise dos dados coletados, como o método dos por quês, diagrama de Ishikawa, diagrama de Pareto, entre outros, de modo a tentar chegar às prováveis causas do problema. Chegando às causas do

problema vem em seguida a etapa de melhoria nos processos de modo a tratar a falha para que a mesma não continue a ocorrer. Ao final da implementação das melhorias tem-se o acompanhamento do novo processo para controlá-lo, evitando que as falhas voltem a ocorrer.

3.3 Variáveis e indicadores

De acordo com Lakatos e Marconi (2003, pg.137), uma variável pode ser definida como “uma classificação ou medida; uma quantidade que varia; um conceito operacional, que contém ou apresenta valores; aspecto, propriedade ou fator, discernível em um objeto de estudo e passível de mensuração”.

Segundo Nuintin e Nakao (2010, pg. 10) *apud* Takashina e Flores “indicadores são formas de representação quantificáveis das características de produtos e processos. São utilizados para controlar e melhorar o desempenho e a qualidade dos produtos e processos”.

Tendo em vista os conceitos acima, indicou-se as variáveis e indicadores deste estudo na Tabela 3.

Tabela 3 Variáveis e indicadores utilizados

Variáveis	Indicadores
Gestão da Manutenção	<ul style="list-style-type: none"> • PDCA • Plano de ação • 6 Sigma • Método dos por quês • Tipos de falhas

Fonte: Pesquisa direta, 2021

3.4 Instrumentos de coleta de dados

Na Tabela 4 tem-se algumas técnicas de coleta de dados usuais ao projeto. Uma delas são reuniões virtuais, que acontecem através do *Software Microsoft Teams* com a intenção de haver uma troca de conhecimentos sobre os especialistas do assunto.

Outra técnica de coleta de dados é a chamada observação direta, em que o interessado na coleta de dados vai até o local do estudo e por meio de análise visual tira suas conclusões sobre o processo.

Tem-se os registros institucionais como outra forma de coleta de dados. Nesta modalidade a coleta de dados é feita através de registros e base de dados e documentos que são coletados ao longo do tempo pela empresa. No caso deste estudo existe um sistema interno da empresa que faz a coleta destes registros e os disponibiliza para os usuários. Na Tabela 4 destaca-se as vantagens e desvantagens de cada uma das técnicas acima listadas.

Tabela 4 Técnicas de coleta de dados

Técnicas de Coleta	Vantagens	Desvantagens
Reuniões Virtuais	<ul style="list-style-type: none"> • Baixo custo • Fácil utilização 	<ul style="list-style-type: none"> • Compilação dos dados • Não garante o anonimato
Observação Direta	<ul style="list-style-type: none"> • Baixo custo • Visão geral do problema 	<ul style="list-style-type: none"> • Contempla apenas um curto espaço de tempo • Olhar do observador
Registros Institucionais (Análise Documental)	<ul style="list-style-type: none"> • Tempo de obtenção reduzido • Grande intervalo de tempo a ser analisado. • Captação de defeitos passados 	<ul style="list-style-type: none"> • Preenchimento incompleto • Mudança de padrão de acordo com quem preencheu

Fonte: Pesquisa direta, 2021

3.5 Tabulação de dados

Os dados capturados são analisados e compilados em planilhas do programa *Microsoft Excel*, em *dashboards* do software *Microsoft PowerBI*, em apresentações do programa *Microsoft Power Point* e para registro e análise dos dados capturados são registrados no programa *Microsoft Word*.

3.6 Considerações finais do capítulo

Neste capítulo foram compiladas algumas informações como os tipos de pesquisas utilizadas neste trabalho, alguns procedimentos metodológicos considerados para a captação de dados, como as variáveis, os indicadores e técnicas de coleta de dados utilizadas. No próximo capítulo são discutidos os resultados levando em consideração a base teórica e os procedimentos metodológicos utilizados ao longo do estudo.

4 RESULTADOS

4.1 Características da empresa/setor

Neste item serão expostas algumas características da empresa a qual este se referenciou e também algumas particularidades do setor. A começar pelos produtos desenvolvidos pela empresa estudada. Na planta estudada são desenvolvidas 5 famílias de equipamentos móveis, são eles: compactadores, pá carregadeiras, tratores de esteira, motoniveladoras e retroescavadeiras.

Esta é uma empresa que possui fabricas por todo o mundo, sendo assim existem alguns componentes dos equipamentos móveis em questão que são produzidas em outras partes do mundo como também existem peças e componentes que são produzidos e montadas na planta em questão.

Nesta planta, a principal atividade exercida é a montagem dos equipamentos móveis, as peças chegam de diversas partes do mundo e do Brasil e são montadas dentro da fábrica, sempre visando um processo produtivo confiável e com o mínimo de desperdícios possíveis. De maneira bastante simplificada as operações da fábrica funcionam conforme a Figura 3.

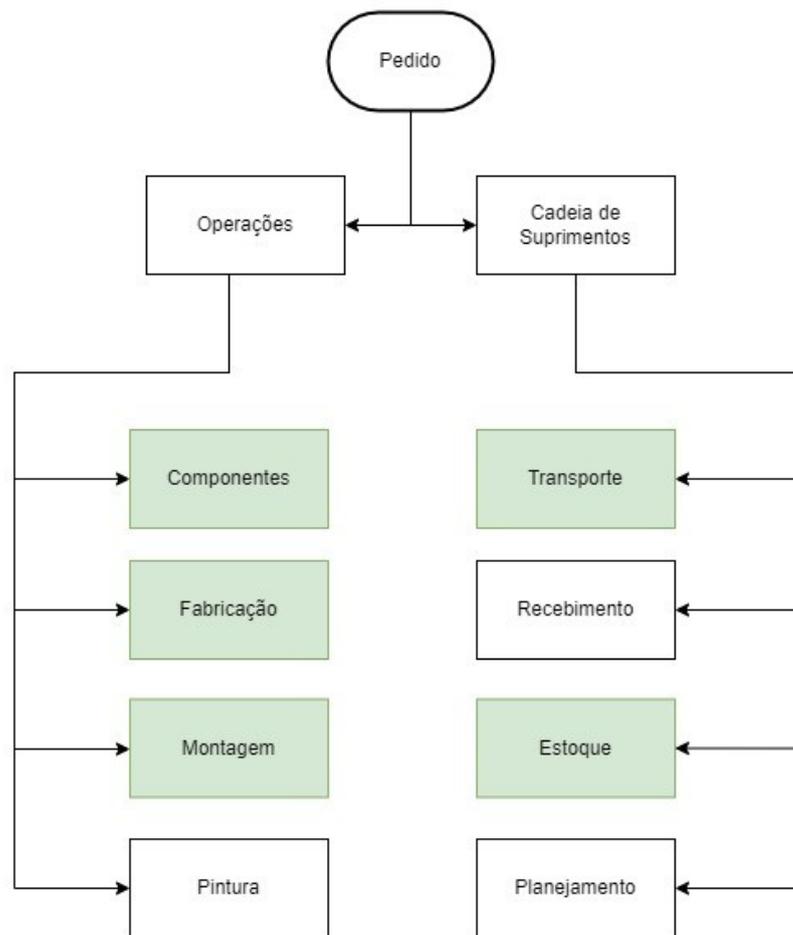


Figura 3 Processo produtivo geral.
Fonte: Pesquisa direta (2022)

Como mostrado na Figura 3 os itens destacados em verde são aqueles que possuem influência direta no objeto deste estudo, pode-se citar os componentes como sendo as partes utilizadas para a montagem da transmissão; a fabricação entra em modo que algumas partes da transmissão são fabricadas e/ou finalizadas dentro da fábrica; a montagem como sendo um dos principais ambientes para este estudo, de modo que tem influência direta na contaminação dos componentes da transmissão; o transporte possui também grande influência na contaminação, visto que, junto com a estocagem dos componentes não montados, são os momentos em que as peças possuem maior vulnerabilidade à contaminação.

Entrando um nível mais a fundo tem-se como áreas envolvidas, e que, portanto, possuem interesse neste projeto: Fornecedores, engenharia de manufatura, engenharia de processo, qualidade, planejamento avançado logístico, manutenção, almoxarifado, *interplant*, logística, compras e produção.

A seguir na Figura 4 tem-se um organograma das principais funções e áreas dentro da empresa sendo destacadas aquelas que possuem influência direta com o objeto de estudo.

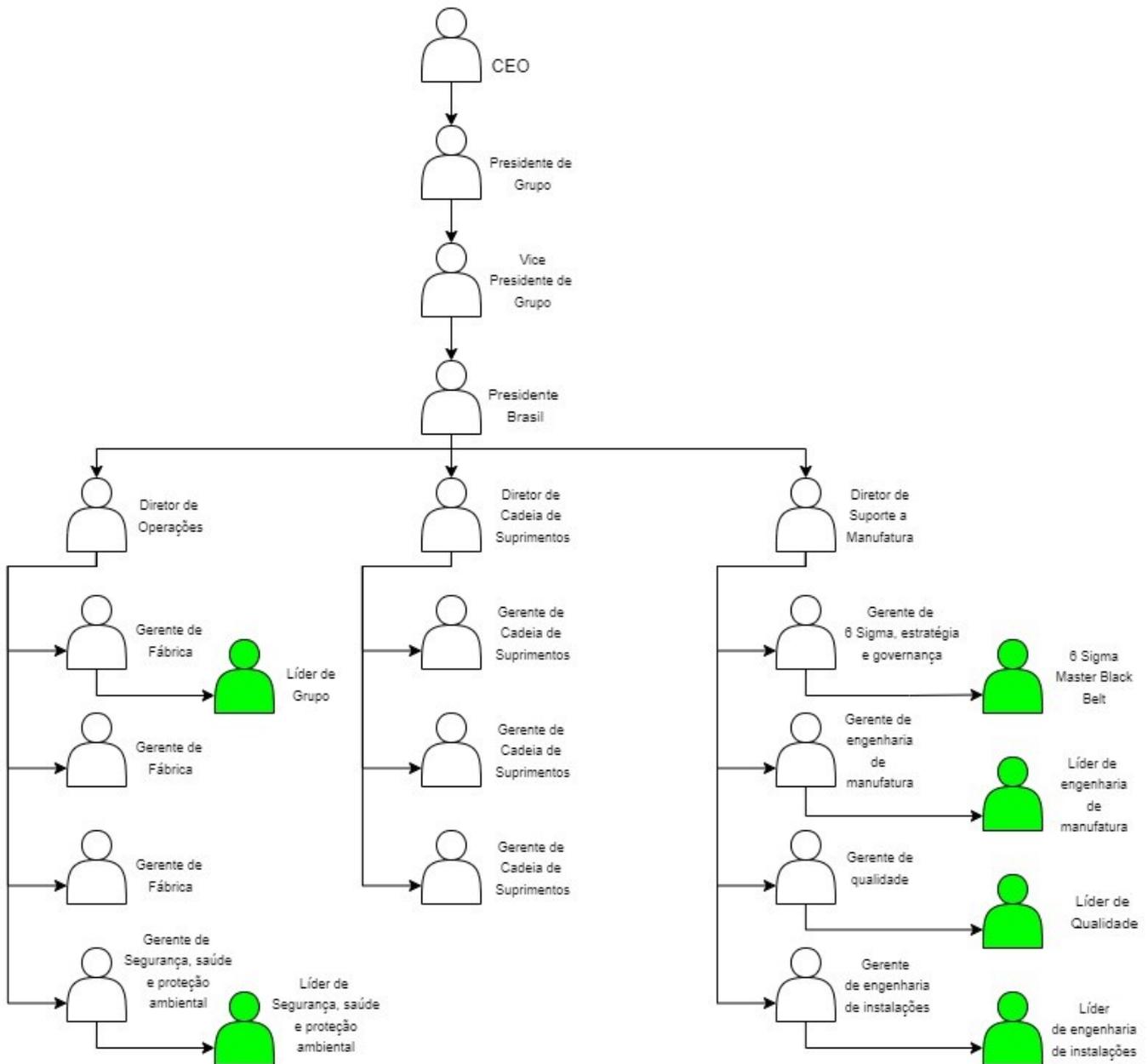


Figura 4 Organograma da empresa
Fonte: Pesquisa direta (2022)

Na Figura 4 tem-se em destaque as principais áreas envolvidas neste projeto. Tratando de um projeto de relativa complexidade é notável que envolve as mais diversas áreas da empresa, entre essas áreas destaca-se: o 6 Sigma ,sendo a área que conduz o projeto e lidera os times através da metodologia para conseguir as melhorias esperadas; a manutenção , sendo uma das responsáveis por ajudar a analisar causas do problema com o seu amplo conhecimento sobre o processo e também histórico de problemas ocorridos em campo, sendo

fundamental para a tomada de decisão e escolha de melhorias; e o setor de montagem como sendo o cliente final destas ações, a área que vai sofrer as mudanças tanto de procedimentos como comportamentais necessárias para que os objetivos do projeto sejam alcançados.

Dentre as cinco linhas de equipamentos fabricados nesta empresa apenas alguns estão dentro do escopo deste projeto, sendo estes o trator de esteira, o pá-carregadeira e a motoniveladora. Os demais equipamentos citados anteriormente utilizam-se de sistemas de conversão de torque de outros modelos, que não são fabricados e montados dentro da planta em questão, portanto estão fora do escopo deste projeto.

Logo na Figura 5 está demonstrado um croqui da linha de montagem da transmissão dos equipamentos citados no parágrafo anterior.

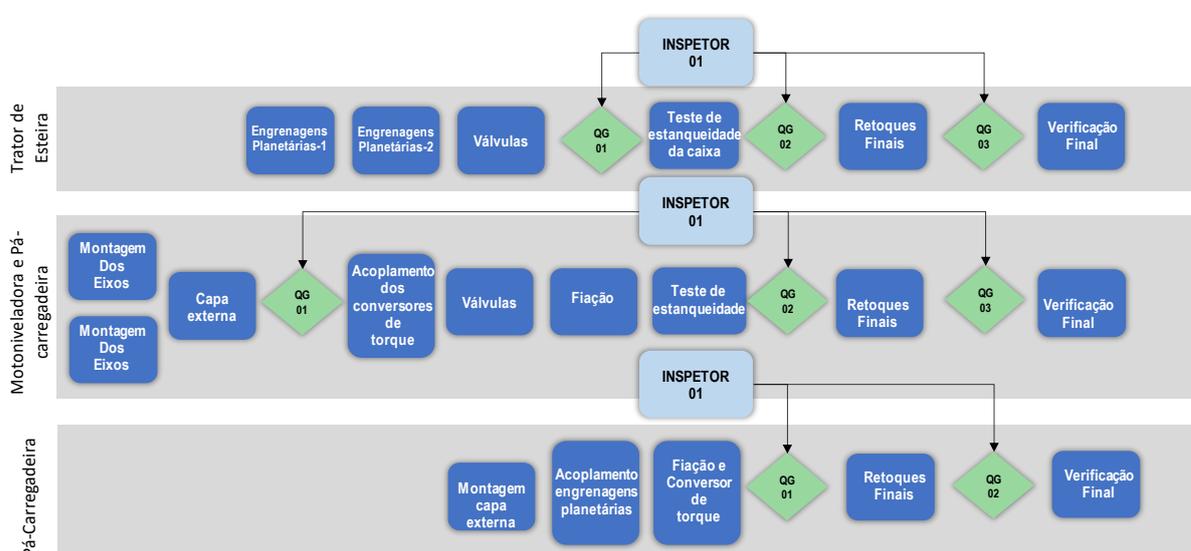


Figura 5 Croqui linha de montagem da transmissão
Fonte: Pesquisa Direta (2022)

Ao todo a fábrica conta com 3 linhas de montagem de 4 modelos diferentes de transmissões. A primeira linha, localizada na parte superior da Figura 5, trata-se da transmissão do trator de esteira. A segunda linha, localizada ao centro da Figura 5, trata-se da transmissão das motoniveladoras e de dois modelos menores de pá-carregadeiras. Por fim, a última linha, trata-se de dois modelos de transmissões utilizadas nos dois modelos maiores de pá-carregadeiras feitas na planta.

4.2 Sistema de Transmissão

Para um bom funcionamento de um motor a combustão, com o intuito de que ele esteja sempre operando nas faixas ótimas de consumo e potência, é necessário que o mesmo

esteja trabalhando sempre dentro de uma faixa de rotações pré-estabelecidas no momento em que este é projetado, porém, estas faixas de rotações, potências e torques que o motor trabalham com seu melhor desempenho, não são os mesmo necessários para que um equipamento móvel se desloque nas mais diversas situações, como em velocidades baixas, inclinações elevadas entre outras situações adversas.

Tendo estas questões em mente faz-se necessário algum sistema que adequem os parâmetros, como rotação; torque e potência na saída do motor a combustão com relação às rodas e esteiras do equipamento móvel necessários para o seu uso adequado, e ao meio deste caminho, entre o motor e as rodas, é que estão as transmissões.

Como o próprio nome já diz uma transmissão é responsável por transmitir a potência gerada no motor para as rodas e a transmissão faz isto através de um conjunto de engrenagens de modo que os parâmetros acima citados (rotação, torque e potência) se adequem às condições adversas que um equipamento tende a enfrentar. Em algumas situações, como por exemplo da arrancada de um equipamento, a transmissão transforma o giro elevado do motor em alto torque, necessário para vencer a inércia do equipamento que se encontra em repouso. Conforme a velocidade do equipamento aumenta muda-se a relação de engrenagens de modo a fazer com que as relações fiquem cada vez menores (roda:motor) com intuito de alcançar maiores velocidades.

Existem alguns tipos de sistemas de transmissão para veículos móveis. Os sistemas de transmissão usualmente utilizados em equipamentos móveis são: transmissão manual, transmissão automática e transmissão continuamente variável.

Para os equipamentos móveis deste estudo são utilizadas as transmissões do tipo automática que contam com redutores planetários e as transmissões manuais. Nas transmissões automáticas a redução da rotação e acréscimo do torque se dá devido à uma associação de engrenagens do tipo solar-planetária-anelar conforme esquema a seguir.

Já nas transmissões do tipo manual, existem dois ou mais eixos em que as engrenagens se conectam e de acordo com os seus diâmetros e associações de engrenagens geram diversas relações de engrenamento.

Diferentemente das transmissões manuais de veículos de passeio neste tipo de máquinas costuma-se ter um maior número de eixo (mais que os 2 usuais para carro de passeio) e mais de uma marcha ré, isso acontece devido aos diversos tipos de terrenos e

situações adversas que equipamentos móveis deste tipo podem enfrentar, gerando assim maior complexidade para o sistema de transmissão, porém maior versatilidade para o equipamento.

4.3 Diagnóstico do problema estudado

Em conformidade com as diretrizes da cultura Lean 6 Sigma todo e qualquer processo está apto a ser melhorado, e o primeiro passo para conseguir otimizar um processo é notar que este existe e tentar medi-lo. Com base nisso a empresa em questão possui um sistema corporativo que registra todo e qualquer evento relacionado à qualidade e retrabalho que precisa ser feito em qualquer que seja a etapa do processo produtivo.

O sistema em questão é denominado de AQE, sigla para *All Quality Event*, e através dos registros deste sistema foi tomada a decisão de que o problema estudado necessitava de atenção e medidas precisavam ser tomadas. No ano de 2020 a linha de montagem das transmissões teve 738 eventos de qualidade, entre eles 398 provenientes de falha por contaminação na transmissão, o que representa 54% do total de eventos de qualidade.

De acordo com a área responsável pela montagem das transmissões todas as medidas recomendadas pelo guia corporativo estavam sendo tomadas, desta maneira fez-se necessário a abertura de um projeto 6 Sigma para estudar as causas deste problema e propor melhorias no processo produtivo para que a contaminação fosse identificada e eliminada em 80%

4.4 Define

A partir deste momento, o estudo deste problema será direcionado pela metodologia 6 Sigma. Como primeiro passo para a resolução de um problema, a metodologia sugere que se deve entender qual é o problema a ser estudado e quais são as fronteiras de atuação do projeto e para isso foi utilizada uma ferramenta chamada *Project charter*. A seguir será explicitado os campos do *project charter* que ajudam a definir o rumo do projeto.

- Caso do Negócio: no ano de 2020 foram registrados 398 AQE's de modo de falha de contaminação na seção de montagem da transmissão, devido à falta de conhecimento das fontes causadoras desta contaminação o modo de falha não está sendo trabalhado de forma sistêmica e assertiva.
- Descrição da Oportunidade: para este projeto, tem-se como oportunidade a verificação e análise de todo o processo de montagem da transmissão, dos requisitos de limpeza corporativo, requisitos de limpeza dos componentes

oferecidos pelos fornecedores, validação da eficiência dos filtros das máquinas de teste e as condições dos tanques de armazenamento de óleo dentro da empresa.

- Objetivo: Y: identificar e sanar 80% das causas de falhas ocorridas devido à contaminação
X1: processo de montagem
X2: processo de Teste
X3: fornecedores
X4: embalagens
- Escopo do projeto: dentro do escopo: modo de falha contaminação da seção da transmissão; Fora do escopo: outros modos de falhas de outras seções.
- Plano do projeto: definiu-se as datas para execução de cada etapa do projeto, sendo elas: março de 2021- início do projeto; agosto de 2021 – *define*; setembro de 2021 – *measure*; outubro de 2021 – *analyse*; novembro de 2021 – *improve*; janeiro de 2022 – *control*.

4.4.1 VOC/VOB – Voz do cliente e voz do negócio.

Esta ferramenta tem o intuito de entender quais são as dores do cliente para direcionar o projeto para os caminhos corretos, ela evita que energia seja desperdiçada em ações que não agregam valor aos clientes e ao negócio. Os clientes em questão são clientes internos, áreas que dependem da linha da transmissão. Na Figura 6 serão listadas: a voz do cliente e os seus requisitos críticos, a voz do negócio e os requisitos críticos do negócio e os resultados que isso podem gerar.

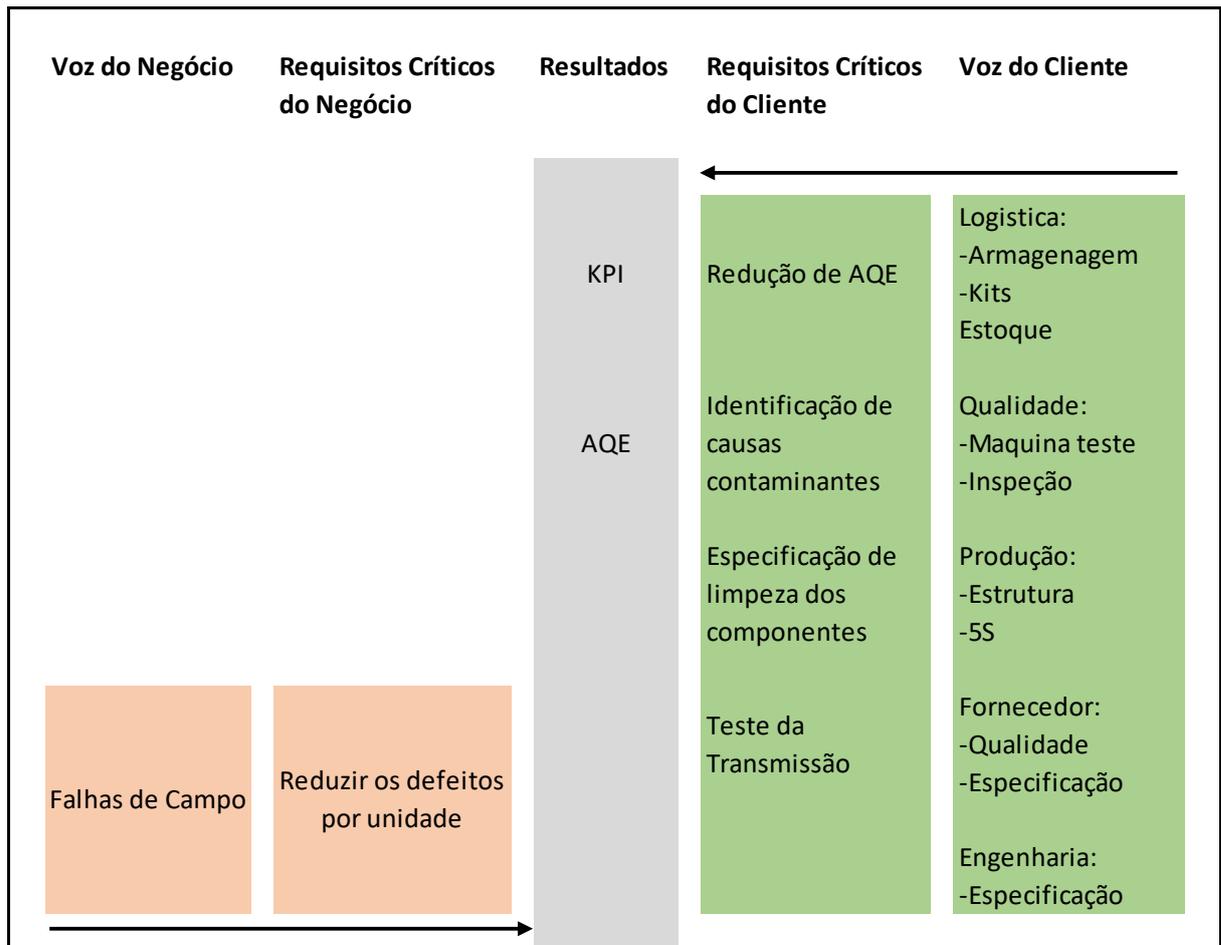


Figura 6 VOC/VOB
Fonte: Pesquisa direta (2022)

Tem-se então que os requisitos críticos do negócio a serem sanados são as falhas de campo, ocasionadas pela contaminação da transmissão e conseqüentemente do seu fluido de lubrificação. As falhas de campo geram frustrações para os clientes finais (externos) e uma diminuição na reputação da empresa.

Como requisito crítico do negócio é explicitado a redução de defeitos por unidades produzidas. Uma empresa está sempre em busca de melhorar os seus processos para reduzir os defeitos ocasionados por processos ineficientes e ineficazes, além de que, a diminuição de defeitos ocasiona um menor retrabalho e conseqüente melhor margem de lucro para a empresa, devido ao tempo ganho que seria gasto para corrigir o problema.

Caminhando para a voz do cliente o VOC, foram identificadas diversas áreas afetadas pelo problema estudado. Entrando um pouco mais a fundo, foi levantado que a armazenagem tanto no ponto de uso quanto nos estoques possuía grandes oportunidades de melhorias, juntamente com os carrinhos de kits. Os carrinhos de kit são uma espécie de prateleiras com

rodas, neles são transportadas e armazenadas as peças para montagem da transmissão, saindo do carrinho de kit diretamente para a linha de montagem da transmissão.

Outra área que foi evidenciada foi a de qualidade. Levantou-se algumas questões e oportunidades acerca da máquina de teste da transmissão e também da inspeção, que é praticada periodicamente para identificar peças e processos não conformes.

De acordo com a voz do cliente é preciso atentar-se também à área de produção das transmissões, verificar se a linha de montagem tem a estrutura necessária para executar os serviços com as especificações e requisitos de limpeza necessários para o bom funcionamento da transmissão. Evidenciou-se também o fato de que uma estação de trabalho organizada e limpa implica na qualidade do produto final, sendo assim necessário revisitar os conceitos de 5S e aplicar medidas caso seja conveniente.

No ponto de vista dos fornecedores é preciso garantir que os mesmos estão cumprindo com os requisitos de qualidade especificados pela montadora, pois, qualquer ação seria ineficiente para evitar contaminação das peças dentro da empresa se esta já chegasse com tal problemas, e estas especificações são provenientes do time de engenharia que, através de documentos gerados depois de estudar a natureza de cada peça, diz qual o grau de limpeza que tais peças devem possuir.

Passando para os requisitos críticos do cliente, julga-se como principal a redução do número de falhas, que levará à conseqüente diminuição dos AQE's, endereçar ações e comportamentos a serem seguidas para evitar problemas de qualidade nas peças, seguir as especificações corporativas para este tipo de montagem, identificar de onde vem os contaminantes e executar testes nas transmissões.

Como resultado da melhoria de todos estes requisitos acima listados, é esperado uma melhora nos KPI (Indicador-Chave de Desempenho) e conseqüente redução nos problemas relacionados à Qualidade.

4.4.2 SIPOC

Para uma melhor visualização do processo como um todo e visando conseguir identificar possíveis responsáveis, fez-se necessário a elaboração de um SIPOC. Esta ferramenta visa esclarecer quais são os fornecedores do processo, quais as entradas do processo, fixar quais os processos específicos estão sendo tratados no projeto assim como as saídas esperadas e o cliente final.

Vale ressaltar que esta ferramenta deve ser preenchida da direita para a esquerda, então primeiro deve-se definir quais são os clientes, em seguida as saídas e assim por diante. A sigla SIPOC é originada do inglês, é um acrônimo das palavras *Suppliers* (Fornecedores), *Inputs* (Entradas), *Process* (Processo), *Outputs* (Saídas) e *Clients* (Clientes). A seguir na Figura 7 está o SIPOC desenvolvido para este projeto.



Figura 7 SIPOC

Fonte: Pesquisa Direta (2022)

No espaço fornecedores, foram listados todos os fornecedores de componentes para a produção das transmissões. Existem fornecedores que são nacionais e fornecedores de fora do país, existem também peças que são originadas de outras filiais desta mesma empresa, estes são os fornecedores das peças propriamente ditas, que também são fornecedores do processo em si, que é o que esta sendo listado no SIPOC. Existem também os fornecedores internos da empresa, são estes as áreas de logística, manutenção e almoxarifado. Todos estes fornecedores listados têm influência sobre o processo e, portanto, podem ser fonte de contaminação.

Como entradas do processo foram identificadas várias variáveis, começando pelo estado de limpeza dos componentes em si (engrenagens, carcaça da transmissão, etc.), como estão as embalagens dos componentes, se elas seguem de fato as especificações necessárias, o processo de montagem em si também é uma entrada bastante relevante, como ele está sendo feito, se a mão de obra é treinada e especializada para se envolver com componentes que exigem uma especificação de limpeza mais exigente do que o comum, como é feita a movimentação e o estoque destes componentes, com que frequência estes componentes são inspecionados, quais os processos de limpeza atribuídos à esta linha de montagem e aos componentes que fazem parte da transmissão, qual o processo de manutenção envolvido na linha de montagem e também eventuais manutenções a serem feitas na própria transmissão

caso necessário e por fim os materiais indiretos e ferramentais utilizados para a montagem da transmissão, quais são os requisitos e frequência de limpeza das ferramentas, das luvas dos operadores e outros materiais que possam gerar contaminantes dentro da transmissão.

Em seguida lista-se os processos envolvidos de maneira macro no projeto, são eles a montagem da transmissão em si, como sendo o principal, as linhas de produção subsequentes à linha da transmissão e os testes de funcionamento, estes são os processos listados pois são os momentos em que existem chances potenciais de contaminação.

Como saídas dos processos listados acima tem-se a transmissão que foi aprovada juntamente com o seu relatório do teste de funcionamento, um plano de controle do processo e a entrega da transmissão na data prometida.

Na última lacuna são listados os clientes deste processo, que são as linhas de pintura da motoniveladora e da carregadeira, e a linha de produção do trator de esteira. É importante destacar que neste processo as duas se diferenciam pelo fato da transmissão do trator de esteira ser uma peça do tipo PBA, sigla do inglês para pintada antes da montagem (Paint before assembly)

4.5 Measure

Uma vez que o problema está definido e suas fronteiras estão claras, chega o momento de avançar para a fase *measure* (medir). Nesta etapa o time irá coletar alguns dados, medir processos, e discutir alguns pontos importantes. Ao fazer a medição dos processos torna-se mais fácil e eficaz a tomada de decisão, pois assim fica evidente em qual frente do projeto os esforços devem ser concentrados, o objetivo de a fase medir é identificar qual o caminho mais eficaz para a melhoria e resolução das dores do cliente.

Os Primeiros pontos medidos neste projeto foram a porcentagem de AQE's de contaminação e a quantidade de AQE's por modelos de máquinas. Desta maneira tem-se uma visão geral de quanto este problema específico está afetando esta linha de montagem.

A seguir nas Figura 8 e Figura 9 são demonstrados estes dados. Os dados mostrados são referentes ao ano de 2020.

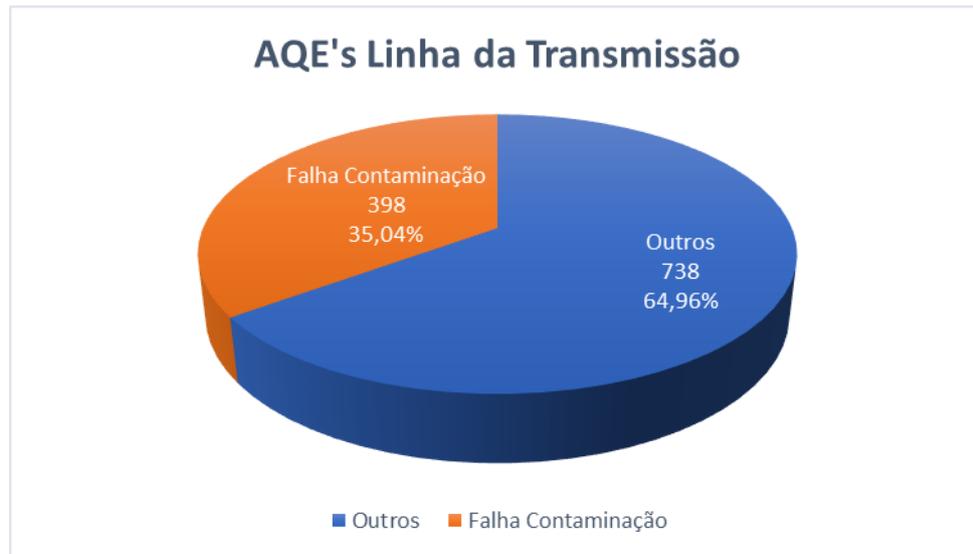


Figura 8 AQE's da Linha da Transmissão
Fonte: Pesquisa Direta (2022)

Conforme observado na Figura 8 mais de um terço dos problemas de qualidade da linha da transmissão são causados devido a contaminação, uma fatia bastante significativa, justificando, assim, o tempo e esforço que será gasta neste projeto.

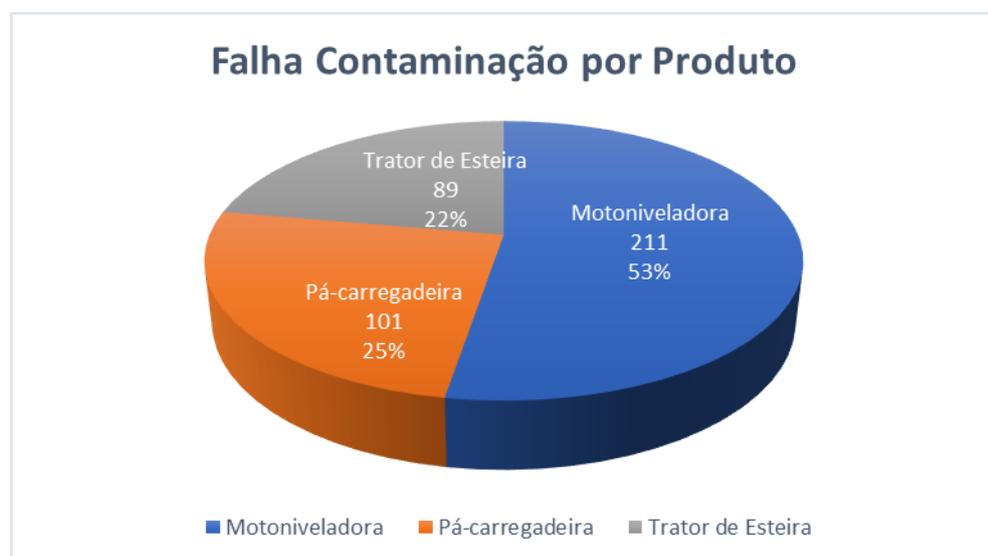


Figura 9 Falhas por contaminação por produto
Fonte: Pesquisa Direta (2022)

Na Figura 9 são demonstradas quais modelos de máquinas possuem maior quantidade de falhas por contaminação, vale ressaltar que estes são números absolutos referentes à quantidade de falhas e não levam em consideração a quantidade total de transmissões produzidas.

4.5.1 Pareto AQE contaminação

O diagrama de Pareto é uma ferramenta da qualidade que tem como função identificar quais as principais causas de um problema. Na Figura 10 tem-se o diagrama de Pareto do problema estudado.

O diagrama de Pareto representa quais os principais efeitos do defeito que devem ser priorizadas, em um diagrama de Pareto deve-se priorizar as causas que somadas são responsáveis por 80% de todas as falhas provenientes daquele defeito.

No diagrama da Figura 10 existem duas representações, a primeira, em barras azuis, representando o número de ocorrências do problema de qualidade especificado abaixo da mesma, e a segunda representação, a linha laranja representa a porcentagem acumulada das ocorrências, a da barra que ela está posicionada mais as porcentagens das ocorrências à esquerda. Sendo assim, deve-se concentrar os esforços para a resolução de apenas as causas que são responsáveis por 80% dos problemas gerais.

Tendo em vista as informações acima, serão priorizadas para este estudo as causas segundo o diagrama de Pareto que somarem 80% das ocorrências acumuladas, sendo estas as que mais tem impacto na resolução do problema, os demais 20% normalmente tomam muito tempo e esforço para serem solucionados em troca de poucos resultados.

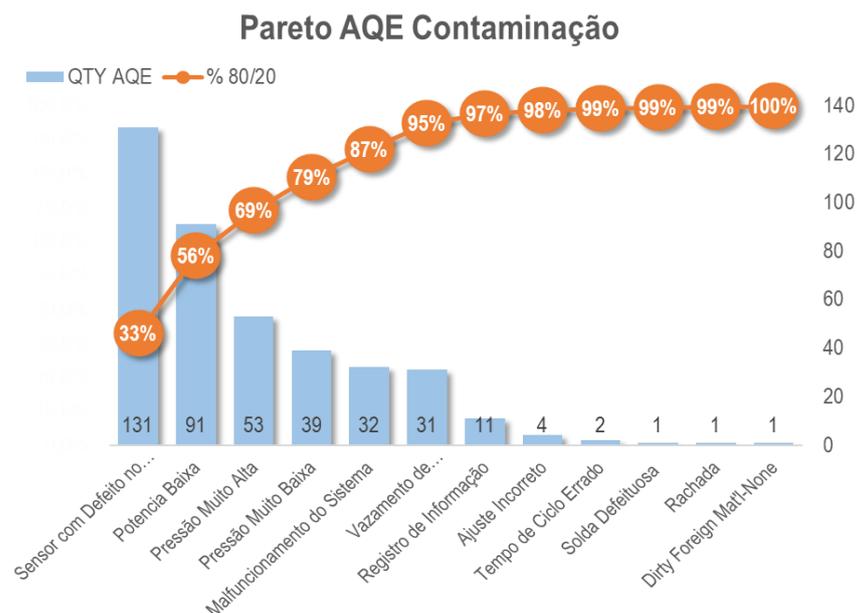


Figura 10 Diagrama de Pareto
Fonte: Pesquisa Direta (2022)

Com base na teoria do diagrama de Pareto, é observado na Figura 10 as principais falhas devido à contaminação, que são as quatro primeiras colunas. A falha mais recorrente foi a de sensor com defeito no sistema (Interrupto/Solenóide/Sensor) seguido de potência baixa, pressão muito alta e por fim pressão muito baixa. Vale ressaltar que estes dados são obtidos através de um teste que a transmissão passa após ser montada.

Após a confecção do diagrama para todos os tipos de produtos, fez-se filtros por modelo de máquina para identificar se existia alguma falha que era característica para determinado modelo, que neste caso, deveria ser tratado de maneira específica.

A seguir nas Figuras Figura 11, Figura 12 e Figura 13 são expostos os diagramas de Pareto filtrados por modelo de máquina.



Figura 11 Pareto Trator de Esteira
Fonte: Pesquisa direta (2022)

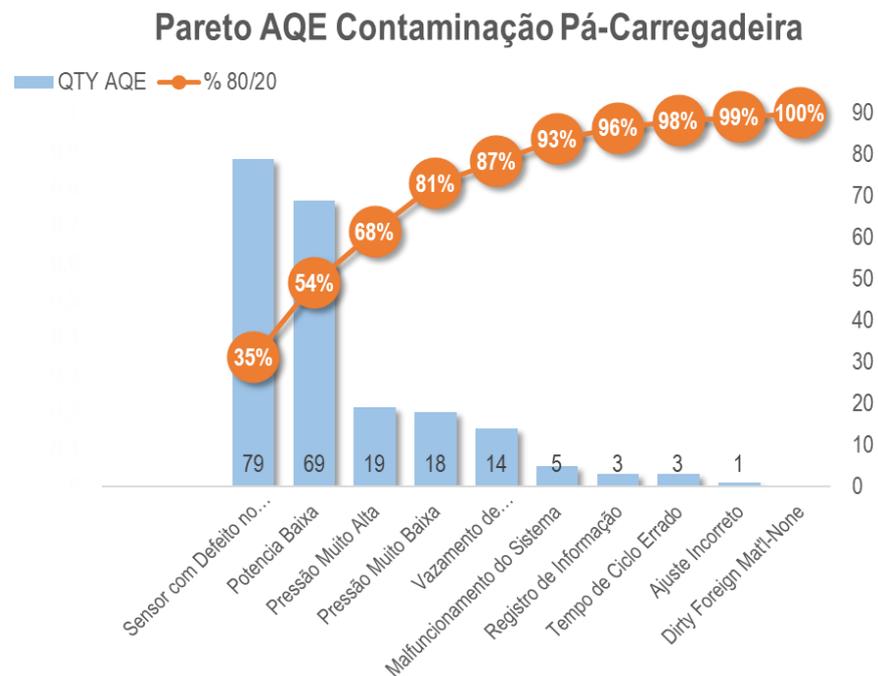


Figura 12 Pareto Pá-carregadeira
Fonte: Pesquisa direta (2022)

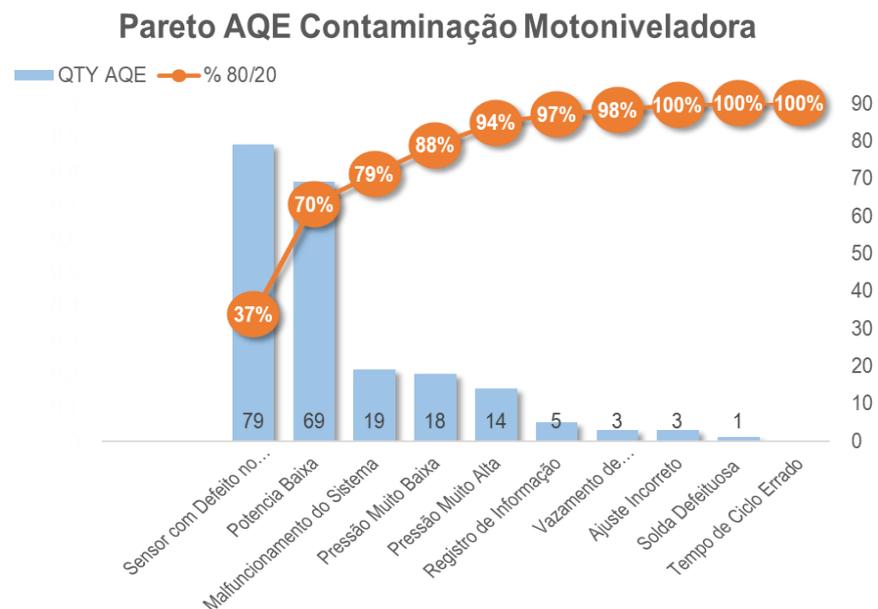


Figura 13 Pareto Motoniveladora
Fonte: Pesquisa direta (2022)

Após análise individual, foram obtidas duas causas principais, que estão presentes nos 3 modelos de máquinas, são elas: pressão muito baixa e sensor com defeito no sistema. Seguindo identifica-se duas causas que acontecem em duas das 3 máquinas: pressão muito alta, para o trator de esteira e o Pá-carregadeira e potência baixa, para a motoniveladora e o Pá-carregadeira. E por último existem duas causas que ocorreram em apenas um dos 3

modelos, que são, o vazamento de óleo lubrificante para o trator de esteira e o mal funcionamento do sistema para a motoniveladora.

4.6 Analyse

Após a etapa de medição chega a hora de fazer análises mais profundas sobre alguns dados obtidos, utilizando ferramentas da qualidade de modo a esclarecer qual o caminho a ser seguido na etapa *improve*.

Nesta etapa também serão tratadas sobre diversas análises feitas no chão de fábrica identificando quais procedimentos estão dentro do padrão e condizem com as especificações corporativas e quais não, gerando assim dados e fatos para a tomada de decisão. Foram feitas também em algumas peças análise externa.

4.6.1 Diagrama de Ishikawa

Dando início à etapa *Analyse*, a equipe se reuniu para desenvolver um diagrama de Ishikawa para ficar claro quais podem ser as principais causas para a contaminação das peças e do fluido da transmissão.

A Figura 14 traz o diagrama criado com as causas identificadas durante a reunião e circuladas estão aquelas que foram escolhidas como potenciais principais causas para a contaminação da transmissão. Estas serão endereçadas aos seus responsáveis através de um plano de ação (5W1H) para que o projeto possa dar continuidade.

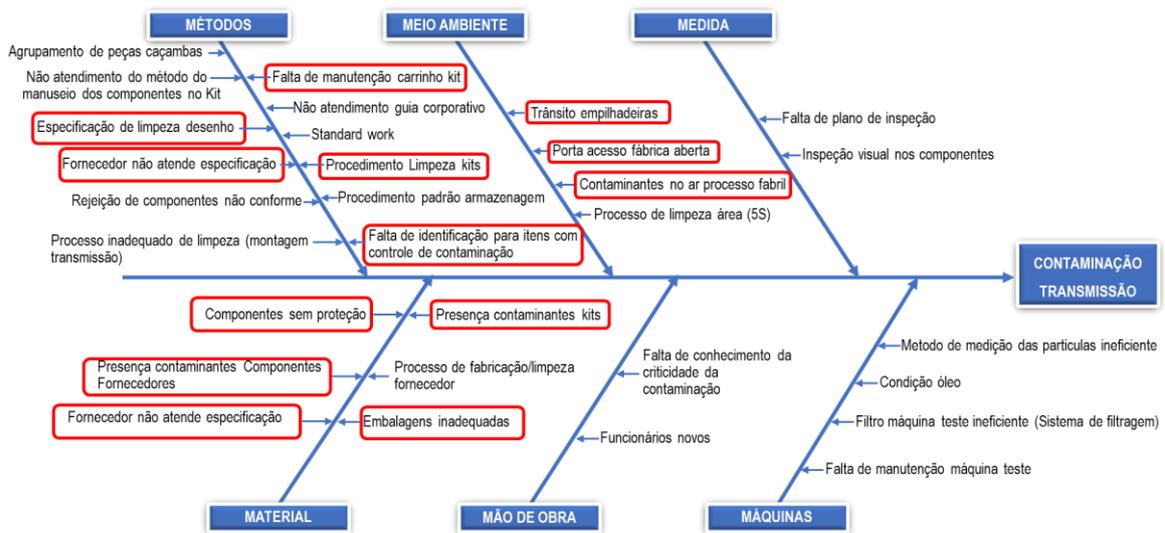


Figura 14 Diagrama de Ishikawa
Fonte: Pesquisa direta (2022)

Tem-se então a partir do “método” algumas possíveis falhas no processo que podem dar margem para a contaminação da transmissão e conseqüentemente de seu fluido. Iniciando de cima para baixo e da esquerda para a direita iniciando pelos métodos.

O primeiro ponto é a falta de manutenção e procedimentos de limpeza dos carrinhos de kit, por não possuírem um cronograma de manutenção e limpeza, por diversas vezes a superfície sob a qual as peças ficam apoiadas estavam com um alto nível de sujeira, podendo assim ser um ponto de contaminação para as partes que ali estiverem inseridas, a Figura 15 é uma foto tirada antes das implementações do projeto.



Figura 15 Carrinho de kit antes das melhorias
Fonte: Pesquisa Direta (2022)

Pode-se observar na Figura 15 a quantidade de contaminantes presentes na superfície do carrinho de kit, algumas peças ficavam em contato direto com esta superfície sem nenhum tipo de proteção. É possível observar também uma marca mais clara (circulada em vermelho na figura) onde um membro da equipe passou o dedo na superfície do carrinho e muita sujeira saiu apenas com o toque.

Além do problema de sujeira nas superfícies dos carrinhos de kit, foi observado também a falta de manutenção nas cortinas que fecham os compartimentos dos carrinhos, deixando as peças expostas à contaminação externa. Outro ponto importante observado nos carrinhos de kit foi que por diversas vezes as cortinas também não são fechadas, não se sabe ao certo se este comportamento é proveniente da falta de manutenção das cortinas ou da falta de conhecimento da criticidade de uma ação como esta.

Em seguida, foi discutida a falta de uma especificação de limpeza adequada nos desenhos das peças. De modo a tentar sanar estes problemas os responsáveis entraram em contato com os fornecedores, sejam eles internos ou externos, para que este ponto seja resolvido.

Próximo à falta de especificação foi levantado a falta de atendimento das especificações por parte de alguns fornecedores, neste caso a peça possui uma especificação adequada, porém esta não está sendo seguida.

Outro ponto importante que foi identificado é a falta de identificação dos itens que possuem controle de contaminação, são estas peças e componentes que são mais críticos quanto à contaminação. Foi observado que não existe nenhum auxílio visual para identificar tal criticidade.

Passando para o meio ambiente foram identificados 3 pontos críticos para a contaminação, sendo estes o trânsito de empilhadeiras nos locais de armazenamento das peças, a porta de acesso à fábrica que fica aberta próxima à linha de montagem, contrariando as especificações para linhas de transmissões e também os contaminantes gerais no ambiente fabril, este um ponto bastante complicado por ser muito difícil controlar o ar de uma fábrica inteira devido a um processo de montagem.

Seguindo para o material foram listados alguns pontos importantes. Algumas peças e componentes, sejam eles críticos ou não, estavam sendo armazenados sem nenhuma proteção, desta maneira ficavam totalmente susceptíveis aos contaminantes que poderiam estar no ar, desta maneira foi necessária uma revisão das especificações das embalagens das peças.

Alguns componentes já chegavam dos fornecedores com contaminantes, desta maneira via-se necessário uma reestruturação das especificações e uma pedida de ação por parte dos fornecedores para que estes entregassem os componentes adequadamente.

4.6.2 5W1H

Após a confecção do diagrama de Ishikawa, é necessário um plano de ação(5W1H) para assegurar que as possíveis causas do problema sejam tratadas, a ferramenta do 5W1H auxilia a equipe na distribuição de responsabilidade assim como no planejamento e execução das medidas cabíveis. Nas Tabelas 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11 está o plano de ação desenvolvido para o problema da contaminação.

Tabela 5 5W1H Parte 1

	Ação número 1	Ação número 2
O QUE (What)	Verificar especificação de limpeza nos desenhos dos componentes críticos	Portas próximo a linha de produção da transmissão ficam constantemente abertas
Por que (Why)	Desenho dos componentes do circuito hidráulico do Pá-carregadeira não possui especificação de limpeza	possibilidade de entrada de contaminantes
Onde (Where)	ENGENHARIA	LOGÍSTICA / OPERAÇÕES
Quando (When)	até 11 de abril	até 11 de abril
Quem (Who)	Engenheiro de produto	Analista de Logística
Como (How)	Engenheiro enviar solicitação para adicionar especificação no desenho ao Design Control	Verificar a possibilidade de manter a porta laranja fechada, e utilizar o sensor automático da porta azul

Fonte: Pesquisa Direta (2022)

Tabela 6 5W1H Parte 2

	Ação número 3	Ação número 4
O QUE (What)	Trânsito das empilhadeiras próximo a linha de montagem das transmissões	Método de embalagens dos componentes críticos das transmissões
Por que (Why)	Atualmente existe trânsito empilhadeiras muito próximo a linha de montagem, fazendo com que aumente partículas de contaminantes no ar	Atualmente existem componentes mal acondicionados e embalagens inadequadas
Onde (Where)	PLANEJAMENTO LOGÍSTICO	PLANEJAMENTO LOGÍSTICO / ENG DE PRODUTO / INTERPLANT
Quando (When)	até 25 de abril	até 25 de abril
Quem (Who)	Analista de Operações e Planejamento Logístico	Analista de Operações e Planejamento Logístico
Como (How)	Verificar a possibilidade de evitar o trânsito das empilhadeiras próximo a linha de montagem das transmissões	Revisar método de embalagens dos itens críticos das transmissões

Fonte: Pesquisa Direta (2022)

Tabela 7 5W1H Parte 3

	Ação número 5	Ação número 6
O QUE (What)	Carrinhos de Kit: manutenção	Carrinhos Kit: processo de limpeza
Por que (Why)	Alguns carrinhos encontram-se fora do método planejado, faltando proteções dos componentes	Muitos carrinhos do Kit com componentes críticos da transmissão encontravam-se com sujeiras visíveis no seu interior
Onde (Where)	Manutenção	Manutenção
Quando (When)	quinzenalmente	Mensalmente
Quem (Who)	Técnico de Manutenção	Lavador
Como (How)	Realizar periodicamente manutenção nos carrinhos de Kit	Realizar um processo de limpeza nos carrinhos Kit

Fonte: Pesquisa Direta (2022)

Tabela 8 5W1H Parte 4

	Ação número 7	Ação número 8
O QUE (What)	Carrinhos Kit: agrupamento e armazenagem	Conhecimento e treinamento
Por que (Why)	Identificou-se sujeira visíveis nos carrinhos, falta de manutenção e armazenagem inadequada dos componentes	Falta de conhecimento da criticidade da contaminação Logística Kit / Funcionários novos
Onde (Where)	LOGÍSTICA	TREINAMENTO / CONSCIENTIZAÇÃO
Quando (When)	Até 25 de Abril	conforme necessidade
Quem (Who)	Analista de Operações e Planejamento Logístico	Supervisor de Treinamentos
Como (How)	Desenvolver um melhor processo de agrupamento e armazenagem nos carrinhos Kit	Reforçar conhecimento / treinamento relacionado a criticidade da contaminação

Fonte: Pesquisa Direta (2022)

Tabela 9 5W1H Parte 5

	Ação número 9	Ação número 10
O QUE (What)	Inspeção qualidade	Etiquetas embalagens
Por que (Why)	Método de Inspeção IQA (Inbound Quality Audit) / Plano de controle da área	Falta de identificação para itens com controle de contaminação (etiquetas)
Onde (Where)	QUALIDADE	PLANEJAMENTO LOGÍSTICO / ENG DE PRODUTO
Quando (When)	Semestralmente	Até 25 de abril
Quem (Who)	Engenheiro de Qualidade	Analista de Operações e Planejamento Logístico
Como (How)	Desenvolver um plano de auditoria diferenciado para os componentes de transmissão	Rever os itens e a necessidade de embalagem especial e adicionar especificação nas etiquetas

Fonte: Pesquisa Direta (2022)

Tabela 10 5W1H Parte 6

	Ação número 11	Ação número 12
O QUE (What)	Área Fabril	Auditoria Interna
Por que (Why)	Linha da transmissão inserida dentro do ambiente de fábrica, sem atender alguns requisitos como um ambiente de pressão positiva	criar diretrizes que norteiam as melhores práticas para evitar/reduzir contaminações
Onde (Where)	ENGENHARIA DE MANUFATURA	QUALIDADE
Quando (When)	Semestralmente	Trimestral
Quem (Who)	Laboratório	Engenheiro de Manufatura
Como (How)	Condição atual da estrutura da fábrica, fazer periodicamente análise de contaminantes no ar.	Criar um processo de auditoria diferenciado para a linha da transmissão.

Fonte: Pesquisa Direta (2022)

Tabela 11 5W1H Parte 7

	Ação número 13
O QUE (What)	5S Produção
Por que (Why)	Evitar contaminantes na área
Onde (Where)	PRODUÇÃO
Quando (When)	Trimestral
Quem (Who)	Supervisor da linha da transmissão
Como (How)	Aplicar o conceito 5S

Fonte: Pesquisa Direta (2022)

Assim como demonstrado nas Tabelas 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11 foram apresentadas diversas atividades de modo a tentar mitigar futuras contaminações. Para cada atividade foram envolvidas as áreas necessárias assim como o responsável por fazer a execução, ao fim do tempo estabelecido (para tarefas sem recorrência) analisou-se os resultados gerados pelas ações e estes resultados serão discutidos em capítulos posteriores.

4.6.3 Análise laboratório

Com o intuito de poder mensurar a quantidade de contaminantes presentes nas transmissões fez-se análises laboratoriais em algumas das peças críticas da transmissão. Foram selecionadas as peças quais fazem parte do circuito hidráulico da transmissão dos 3 modelos de máquinas. Ao todo foram selecionados 37 componentes para análise.

Para esta análise laboratorial foram feitas as seguintes etapas:

- Lavagem dos locais determinados com solvente. (Os locais foram selecionados com base na criticidade da contaminação, ou seja, aqueles que fazem parte do circuito hidráulico da transmissão);
- Após a lavagem todo o líquido é recolhido;
- O líquido recolhido passa por uma membrana de celulose com tamanho de poro de 5 micron;
- A membrana foi levada à uma estufa para secagem por 1 hora;
- Após o tempo de estufa a membrana foi levada ao dessecador por 4 horas;
- Seguinte a secagem fora feita as pesagens para quantificar a massa de contaminante presente em cada uma das partes analisadas;
- Dimensionamento do tamanho das partículas pelo estereoscópio;

Após análises dos 37 componentes, 13 foram rejeitados e 24 aprovados, representando um total 36% de não conformidade para a população analisada. Alguns pontos importantes são que todos os componentes analisados possuíam especificação de limpeza, alguns dos componentes rejeitados estavam embalados em condições que atendem as especificações para este tipo de componente. É importante frisar que estes componentes foram analisados de acordo com as condições de recebimento e estocagem padrão da empresa, os mesmos foram retirados no ponto de uso de modo que mitigasse ao máximo quaisquer influências que poderiam mascarar os resultados dos testes.

Através dos resultados foram delegadas aos responsáveis o acompanhamento junto aos fornecedores para tomar ações que reduzam este tipo de falha.

4.6.4 Análise de embalagens no estoque

Posteriormente à análise dos componentes em laboratório foi feita uma análise das embalagens dos componentes e do armazenamento das mesmas nos estoques da empresa. Foi possível analisar alguns pontos passíveis de melhoria, a seguir são listados alguns tipos de componentes e quais foram as condições encontradas versus as condições ideais.

Começando pelos retentores e juntas, estes possuem recomendação corporativa de serem embalados em sacos plásticos e armazenados em ambientes livres de sujeiras, sujeiras nestes componentes podem gerar, além da contaminação do óleo da transmissão, vazamentos. Em desconformidade com as recomendações foram encontrados retentores guardados em prateleiras sem nenhuma proteção.

Outras peças analisadas foram as engrenagens e os eixos, estes possuem a recomendação de que sejam embalados individualmente de forma que uma peça jamais entre em contato com a superfície da outra e também não tenha contato com o ambiente da fábrica antes do momento. Além do fato das peças ficarem desprotegidas quando estas estão em contato umas com as outras a depender dos esforços aplicados elas podem gerar danos umas nas outras, podendo assim danificar o funcionamento e produzir partículas contaminantes.

Sendo assim como oportunidade da análise das embalagens no estoque são listadas:

- Embalagem não apropriada com o tipo de componente.
- Alguns componentes estavam sem a proteção adequada e expostos à contaminação
- Alguns componentes devem ser acondicionados individualmente
- Desagrupamento de peças críticas
- Etiquetas logísticas com classificação de peças críticas para contaminação.

4.6.5 Análise armazenagem kits

Após a realização de análise da armazenagem dos componentes da transmissão foi analisado a armazenagem nos carrinhos de kits, que são os locais onde as peças são levadas dos estoques para o ponto de uso.

Para as peças que estão nos carrinhos de kit as recomendações pontuadas para as peças no estoque também são todas validas e são adicionadas as seguintes oportunidades:

- Suportes para apoio das peças nos carrinhos de kits para que as peças não fiquem soltas
- Manutenção das cortinas que cobrem as peças nos carrinhos de kit
- Limpeza da superfície onde as peças ficam apoiadas.

4.6.6 Análise do controle de contaminante no Ar

Com o intuito de validar qual a influência do ar sob a contaminação dos componentes, foram feitas algumas análises da quantidade das partículas contaminantes encontradas no ar. Para esta etapa foi adotado o seguinte procedimento.

Com a utilização de 10 membranas de papel embebidas em água, para melhor fixação das partículas na membrada, foram feitas as coletas em 5 pontos diferentes e durante dois períodos diferentes.

Foi decidido que os tempos ideais de exposição das membranas era de 4 e 8 horas, desta forma 5 membranas permaneceram no local de coleta por 4 horas e 5 membranas permaneceram no local de coleta por 8 horas.

Os pontos de coletas foram escolhidos de acordo com os locais onde as peças se encontram estocadas, locais onde são manuseadas e transportadas. Desta maneira os locais escolhidos para a coleta foram: linha de montagem; área de estoque; local de passagem de empilhadeiras; local próximo à porta de entrada do prédio e um local próximo a uma reforma que estava acontecendo no momento de execução do estudo.

4.6.7 Análise linha de produção

Após análise de diversos fatores que envolvem a montagem da transmissão será analisada neste estudo a linha de produção propriamente dita. Nestes momentos a equipe realizou um *Gemba Walk* para identificar algumas possíveis causas para contaminação da transmissão.

No ponto de uso identificou-se oportunidades de melhoria como componentes que aguardavam para a montagem sem proteção, expostos ao tempo, alguns até com contaminantes visíveis ao olho nu. Outra oportunidade já mencionada neste trabalho e que foi vista na linha de produção foram os carros de kit com contaminantes e por muita das vezes sendo utilizados sem as proteções adequadas.

Outro quesito crítico foram as posições dos ventiladores. Nos guias corporativos todos os circuladores de ar existentes na linha de montagem da transmissão devem estar direcionados para cima, nunca devem ser direcionados diretamente para a linha de montagem, montador etc. Este tipo de comportamento foi identificado por diversas vezes durante às visitas à linha de montagem da transmissão.

4.6.8 Causas raiz de contaminação

Considerando a natureza de funcionamento do componente de uma transmissão, componentes estes que trabalham com pequenas folgas e precisam ser lubrificados adequadamente, qualquer pequena ação disforme aplica em mal funcionamento do equipamento, sendo assim não foi encontrada apenas uma causa raiz para o problema e sim uma série de causas que juntas contribuem para a reprovação das peças.

Tendo em vista todo o conteúdo estudado, juntamente com os resultados dos testes laboratoriais, foram atribuídas como principais causas raízes para a contaminação:

- Embalagens inadequadas e peças sem especificação de limpeza para os fornecedores
- Componentes que vinham contaminados dos fornecedores
- Falta de manutenção e limpeza nos carrinhos de kit
- Ambiente fabril com portas abertas e ventiladores direcionados inadequadamente.

Desta maneira, se não sanadas estas causas raízes o problema de contaminação tende a continuar acontecendo, gerando falhas em campo.

4.7 Proposta de Melhoria para redução de contaminação do fluido de transmissão.

Após diversas discussões, a equipe chegou em um sumário com uma proposta para atingir os objetivos do projeto. A Tabela 12 demonstra as ações que serão explicadas em seguida.

Tabela 12 Sumário de propostas

Equipe responsável	Ação proposta
Logística	Conscientização e boas práticas
Logística	Manutenção
Logística	Processo de Limpeza
Produção	5S na linha
Produção	Executar o plano de procedimento operacional padrão
Produção	Conscientização dos funcionários
Auditoria	Garantir continuidade das ações implementadas
Embalagem	Embalagens adequadas
Engenharia	Especificações de limpeza nos desenhos
Treinamento	Reciclagem de antigos funcionários e inclusão dos novos funcionários
Fornecedores	Atendimento às especificações

Fonte: Pesquisa Direta(2022)

Para que o problema da contaminação seja resolvido uma série de ações tratadas anteriormente neste documento devem ser seguidas. Por ser um problema que pode ser afetado por diversas áreas as soluções também veem nestas diversas áreas.

Desta maneira serão destacadas a seguir o que deve ser feito e por quem.

Começando pela área de logística, tem-se diversas atitudes que tratam apenas do cunho comportamental, atitudes como manter os carrinhos de kit com a proteção aberta enquanto não estão sendo utilizadas, assim aumentando as chances de contaminação. Desta maneira foi criado um procedimento operacional padrão, para ser exposto para todos os colaboradores da área de logística, sempre que necessário. O documento servirá, também, de guia de boas práticas aos novos funcionários.

Foi definido um processo de limpeza para os carrinhos de kit, assim como um cronograma de limpeza deles. Estabeleceu-se que os carrinhos de kit devem ser limpos semanalmente ou imediatamente após o uso caso algum contaminante seja identificado sobre as bancadas (manchas de óleo, sujeira visíveis e outras situações que possam prejudicar os itens ali dispostos).

Um cronograma de inspeção foi adicionado à equipe de manutenção dos ativos da empresa para que os carrinhos de kit sejam inspecionados a cada 3 meses de uso, verificando se existem avarias que podem levar à contaminação das peças ali transportadas.

Dentro das células de montagem, na produção propriamente dita, criou-se um plano de implementação para garantir o 5S na linha de montagem, o supervisor de seção ficou responsável pela implementação e acompanhamento deste plano.

Outro ponto importante para atender aos requisitos da transmissão é garantir que os componentes cheguem à empresa dentro das especificações, desta maneira o time de desenvolvimento com fornecedor foi ativado e será responsável por executar esta checagem e possíveis ajustes com os fornecedores, caso necessário. Nesta checagem serão revistas todas as embalagens as quais as peças críticas são embarcadas.

Uma equipe de auditoria interna foi montada de modo a garantir que os pontos indicados como crítico no projeto estejam sendo seguidos pelos responsáveis.

A equipe de engenharia ficou incumbida de revisar todos os desenhos e suas especificações de limpeza para os componentes críticos desta montagem. Dessa maneira, todos os componentes que necessitam de cuidado especial, no que se relaciona à contaminação, serão especificados em desenho.

Por fim a equipe de treinamento ficou responsável por criar um treinamento, mais aprofundado do que a conscientização feita pela área de logística, a ser oferecido para todos os funcionários que têm influência sobre a linha de montagem da transmissão, sendo aplicados aos novos funcionários e também aos antigos funcionários após um ano de conclusão do curso.

Desta maneira, com todas estas atitudes sendo controladas dentro do ambiente fabril, é esperado uma significativa melhora na porcentagem de falhas da transmissão, e conseqüente diminuição nas falhas ocorridas em campo, diminuindo assim, a manutenção que seria feita precocemente pelo cliente final.

4.8 Improve

A partir deste momento este trabalho irá tratar sobre a implementação das ações estudadas até aqui. Uma vez que o problema foi bem definido e todas as suas variáveis foram analisadas, chega o momento de implementar as ações que foram estudadas e sugeridas no capítulo 4.6 Analyse.

4.8.1 Componentes rejeitados dos fornecedores

Através dos resultados obtidos pelos ensaios descritos no capítulo 4.6.3 Análise laboratório notou-se a necessidade de ações que fizessem com que os fornecedores se adequassem aos padrões de qualidades da empresa, previamente acertados quando o time de

desenvolvimento de fornecedores aprovou tal para fornecer as peças da transmissão da empresa estudada.

O time de qualidade da empresa foi instruído a fazer uma nova rodada de auditoria de qualidade nos fornecedores, inclusive àqueles em que as peças foram aprovadas, frisando a importância de seguir as especificações de limpeza e qualidade das peças.

Com o intuito de garantir a qualidade nos padrões da empresa, e verificar se os processos estão constantes no que tange os fornecedores, a partir deste momento serão feitas análises periódicas nos componentes da transmissão. Foi criando, então, um cronograma o qual o laboratório da empresa irá seguir para análise dos componentes críticos garantindo, assim, uma maior confiabilidade no produto fornecido aos clientes da empresa. É importante ressaltar que tal atitude reflete diretamente no índice de manutenibilidade da máquina em campo, tornando o produto não só mais confiável, como também mais rentável e com um plano de manutenção mais assertivo.

4.8.2 Especificação de limpeza dos fornecedores

Dentre os componentes estudadas, algum deles, mesmo sendo componentes críticos para a contaminação do fluido, não possuíam requisitos nem especificações de limpeza que os fornecedores devessem seguir.

No total 7 peças não possuíam estas especificações, todas elas referente à transmissão da pá carregadeira. Dos 7 componentes, 6 eram carcaças da embreagem e o outro parte da carcaça externa da transmissão.

Desta maneira, o time de engenharia, juntamente com a equipe de desenvolvimento de fornecedores, criou as especificações de limpeza necessárias para os componentes relatados no último parágrafo com o intuito de diminuir o número de peças reprovadas e consequente redução de falhar da transmissão.

Uma vez criada as especificações de limpeza, basta seguir o trabalho de inspeção periódica das peças advindas de tais fornecedores de modo a garantir a integridade da transmissão.

4.8.3 Carros de kit da transmissão

De acordo com o que foi descrito no capítulo 4.6.5 Análise armazenagem kits, notou-se diversos pontos de possíveis melhorias no processo de armazenagem e transporte das peças nos chamados “Carros de kit”. Estes dispositivos são utilizados para agrupar as peças que estão nos estoques, sejam eles externos ou internos, mantendo somente as peças necessárias para montagem de uma transmissão, desta forma estes dispositivos auxiliam na agilidade do processo de montem. Porém, com o passar do tempo estes carros foram ficando sujos e repletos de contaminantes.

Criou-se, então, a necessidade de oficializar a limpeza dos mesmo como um procedimento padrão o qual os líderes da área serão responsáveis de fiscalizar e enviar os carros de kit para a equipe de limpeza. A equipe de operações logísticas também está sob a responsabilidade de fiscalizar e manter higienizados os carros de kit da linha da transmissão.

Para garantir que os carros sejam todos lavados e manter um monitoramento sobre a higienização dos mesmos, criou-se números de identificação para cada um deles, como números de série, e a partir de outubro de 2020 a lavagem dos mesmos é monitorado através de um *dashboard* pela equipe de operações logísticas.

Foram feitas também rodadas de conscientização aos operadores da área que, constantemente, mantinham abertas as cortinas destinadas à melhorar o isolamento das peças para com o ambiente fabril.

Durante as rodadas de conscientização a equipe de manutenção fez uma demonstração de como é feita a abertura de um chamado para solicitar reparo em algum carrinho, caso este esteja com alguma avaria e uma demonstração das condições em que os carrinhos devem se encontrar. Todas estas atitudes tem como objetivo demonstrar para os operadores a importância de manter os carros de kit nas melhores condições de manutenção e limpeza possíveis.

A equipe de manutenção concordou em abrir um novo projeto, como saída deste projeto 6 Sigma, com o intuito de estudar possíveis melhorias para um provável novo modelo de carro de kit, fazendo com que o transporte fosse ainda mais eficiente e livre de contaminações.

4.8.4 Contaminantes no Ar

Os resultados da análise dos contaminantes no Ar, feita no capítulo 4.6.6 Análise do controle de contaminante no Ar, mostraram que em toda as áreas analisadas o nível de contaminantes no ar foram superiores aos valores permitidos segundo normal internas. Sendo assim, algumas ações tiveram de ser tomadas.

Primeiramente, para as áreas que permeiam a linha de montagem da transmissão. Foi decidido que os ventiladores, que ficam aos redores da linha da transmissão deveriam permanecer 100% do tempo direcionados para o teto, por diversas vezes durante visitas à área de montagem, foram percebidos que os ventiladores eram direcionados com o fluxo apontando diretamente para os colaboradores e, conseqüentemente, para as peças da transmissão. Com os ventiladores nesta posição diversas partículas são projetadas diretamente para as peças, e para a transmissão que está sendo montada, gerando contaminação deles. Estes motivos foram passados aos operadores nos *Workshops* realizados conforme descrito no capítulo 4.8.3 Carros de kit da transmissão.

Para os contaminantes presentes nos estoques e nos dispositivos em que os componentes são transportados, chegou-se à conclusão que as ações descritas no capítulo 4.8.3 Carros de kit da transmissão somadas aos novos requisitos de embalagens, no qual especifica que a partir de data firmada com os fornecedores todos as peças listadas como críticas devem ser embalados individualmente, seriam o suficiente para mitigar a contaminação dos itens

4.9 Control

Na última fase do projeto, *control*, o plano de controle foi entregue aos responsáveis de cada área com todas as instruções e as ações listadas nos tópicos 4.7 Proposta de Melhoria para redução de contaminação do fluido de transmissão. e 4.8 *Improve*, juntamente com as documentações desenvolvidas pela equipe com o intuito de manter o projeto sustentável para que os mesmos erros não voltem a acontecer.

Como principal indicador dos resultados do projeto, tem-se a planilha de com controle de todos os eventos de qualidade (AQE's) da linha da transmissão, relacionados à contaminação, dados estes que deram origem ao gráfico da Figura 16.

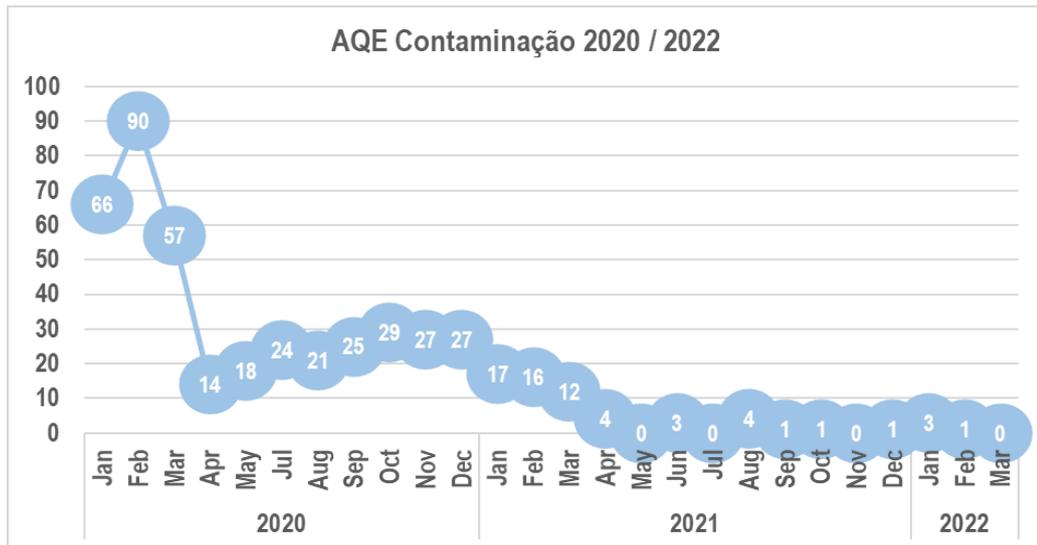


Figura 16 AQE's 2020/2022

Fonte: Pesquisa Direta (2022)

Na Figura 16 é pode-se perceber que as ações tomadas pelo projeto obtiveram expressivas mudanças nos problemas relacionados à qualidade. É notado que entre os meses de janeiro à março houveram números que fogem ao comportamento normal da curva e isto provavelmente foi a principal motivação para abertura de um projeto 6 Sigma pela área, mas logo após o comportamento segue uma tendência e entre os meses de agosto de 2020 até março de 2021 tem-se, em média, 22 ocorrências de contaminação por mês e , para os meses de maio em diante as médias caem para 1,2 ocorrências ao mês, e o mais importante, seguem estabilizadas nos meses subsequentes, mostrando a robustez atribuída ao processo.

4.9.1 Resultados do 5W1H

Ao final do projeto, como parte do plano de controle, fora elaborada a Tabela 13 Resultados 5W1H para controle das ações implementadas.

Tabela 13 Resultados 5W1H

Item Ação	Área/Departamento	Ação	DATA	Status
1	ENGENHARIA	Especificação de Limpeza	Ago'22	Completed
2	LOGÍSTICA / OPERAÇÕES	Portas acesso Fábrica	Jul'22	Completed
3	PLANEJAMENTO LOGÍSTICO	Trânsito Empilhadeira	Jul'22	Completed
4	PLANEJAMENTO LOGÍSTICO / ENG DE PRODUTO / INTERPLANT	Método de embalagens	conforme necessidade	Sustentável
6	LOGÍSTICA	Manutenção Carrinhos de Kit	conforme necessidade	Sustentável
7	LOGÍSTICA	Processo de limpeza carrinho Kit	Mensalmente	Sustentável
8	LOGÍSTICA	Carrinhos Kit: agrupamento e armazenagem	conforme necessidade	Sustentável
9	TREINAMENTO / CONSCIÊNCIA	Conhecimento e treinamento	conforme necessidade	Sustentável
10	QUALIDADE	Inspeção qualidade	Trimestral	Sustentável
11	PLANEJAMENTO LOGÍSTICO / ENG DE PRODUTO	Etiquetas embalagens	Mensalmente	Sustentável
12	ENGENHARIA DE MANUFATURA	Contaminantes Ar	Semestral	Sustentável
13	QUALIDADE	Auditoria Interna	TRIMESTRAL	Sustentável
14	PRODUÇÃO	5S Produção	TRIMESTRAL	Sustentável
15	PLANEJAMENTO LOGÍSTICO / ENG DE PRODUTO / INTERPLANT	Método de embalagens	conforme necessidade	Sustentável

Fonte: Pesquisa Direta (2022)

Nota-se na Tabela 13 Resultados 5W1H que todas as ações geradas pelo projeto se mantêm sustentáveis até o momento de conclusão deste trabalho, evidenciando assim, a aplicação do trabalho e comprometimento de toda a equipe.

5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

5.1 Conclusão

Para que uma empresa se mantenha competitiva dentro no mercado é necessário que esta tenha processos robustos, ajudando a entregar um produto livre, ou com a menor taxa possível, de falhas. O 6 Sigma é uma metodologia poderosa e bastante difundida para a resolução de problema e diminuição de variabilidade de processos, que foi o caso do nosso processo. Portanto, foi gerado a seguinte problemática: **Como reduzir a contaminação do fluido de transmissão de um conjunto de ativos móveis de um fabricante de equipamentos a partir de um projeto 6 Sigma?**

Após meses de estudos conclui-se que para diminuir a contaminação do fluido de transmissão levando em conta os processos para a sua fabricação e montagem é necessário atentar às embalagens para as peças críticas, garantindo em todo o seu trajeto, desde a fabricação da peça até o ponto de uso, ela se mantenha contida em embalagem adequada de acordo com a criticidade de sua contaminação.

Outro ponto crítico sobre os componentes que possuem especificações de limpeza mais rígidas se dá no transporte, seja ele entre as fabricas, ou dos estoques até o ponto de uso. Uma vez que na indústria estudada essas peças são transportadas e dispostas próximas à linha de montagem em “carrinhos de kit”, existe a necessidade de fazer manutenções e higienizações periódicas nestes componentes logísticos.

É, também, de suma importância possuir bons fornecedores e deixá-los cientes de quais são os requisitos de limpeza necessários para que a peça não atrapalhe o bom funcionamento do produto a ser fabricado, mantendo assim, o equipamento fabricado e a reputação da empresa livres de problemas.

Diversas atitudes podem ser tomadas sem sucesso se o comportamento do colaborador não for adequado, sendo assim, foi identificado como um dos fatores críticos para a contaminação o comportamento e provável falta de conhecimento da criticidade das peças trabalhadas pelos colaboradores. Algumas atitudes como manter os ventiladores da linha direcionados para a linha de montagem, e não para o teto, podem ter tido influência negativa sobre a contaminação da transmissão. Desta forma, treinamentos foram criados para garantir que todos os colaboradores entendam a criticidade de certas atitudes e, assim, não as cometam.

Ao final do projeto, notou-se expressiva queda no número de ocorrências de contaminação na linha da transmissão. Nos 5 meses que antecedem o início do projeto, Outubro de 2020 à Fevereiro de 2021, houveram, em média, 23 falhas relacionadas à contaminação na linha da transmissão, este número sofreu uma queda de 95,6% quando comparado à quantidade média de falhas ocorridas nos 5 meses subsequentes à etapa *improve* do projeto, com apenas 1 falha por mês, em média, para os meses de Novembro de 2021 à Março de 2022. Desta maneira fica evidente que o objetivo do projeto “identificar e sanar 80% das causas de falhas ocorridas devido à contaminação na linha da transmissão” foi alcançado.

5.2 Recomendações

Considerando a jornada Lean de melhoria contínua, foram observados alguns outros pontos de possíveis melhorias nos processos adjacentes a este trabalho que fugiam do escopo do mesmo. Sendo assim, sugere-se os seguintes trabalhos futuros:

- Desenvolvimento de um meio de transporte entre o estoque e o ponto de uso livre de contaminações
- Estudo da melhoraria do conforto térmico nas linhas de montagens com peças sensíveis à contaminação.
- Desenvolvimento de um método robusto para validação de requisitos críticos com os fornecedores.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALMEIDA, Paulo Samuel de. **Manutenção Mecânica Industrial: Conceitos Básicos e Tecnologia Aplicada**. 1ª ed. São Paulo: Editora Érica, 2014.

BLAU, Peter J. **Friction Science and Technology: From Concepts to Applications**. 2ª ed. Taylor & Francis Group, 2009.

CHIAVENATO, Idalberto. **Gestão da produção: uma abordagem introdutória**. 3ª ed. Barueri, SP: Editora Manole, 2014.

CRESWELL, John W. **Projeto de Pesquisa: método qualitativo, quantitativo e misto**. 2ª ed. Porto Alegre: Editora Artmed, 2007.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projeto de Pesquisa**. 4ª ed. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2002.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6ª ed. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2008.

GREGÓRIO, G. F. P.; SANTOS, D. F.; PRATA, A. B. **Engenharia de Manutenção**. Porto Alegre: Editora SAGAH, 2018

HUTCHINGS, Ian; SHIPWAY, Philip. **Tribology Friction and Wear of Engineering Materials**. 2ª ed Oxford United Kingdom: Elsevier Ltd, 2017.

KARDEC, Alan; NASCIF, Julio. **Manutenção: função estratégica**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, 2009.

KIMURA, Rogério Katsuharu. **Uso da Técnica de Análise de Óleo Lubrificante em Motores Diesel Estacionários, Utilizando-se Misturas de Biodiesel e Diferentes Níveis de Contaminação do Lubrificante**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) Faculdade de Engenharia – UNESP – Campus Ilha Solteira, 2010.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andreade. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5ª ed. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2003.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andreade. **Metodologia do Trabalho Científico**. 4ª ed. São Paulo: Editora Atlas S.A., 1992.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andreade. **Técnicas de Pesquisa**. 5ª ed. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2002.

MOUTA, Carla Sofia Pereira. **Gestão da Manutenção** Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletromecânica) – Universidade da Beira Interior-Covilhã, 2011.

RUIZ, João Álvaro. **Metodologia Científica: Guia para eficiência nos estudos**. 1ª ed. São Paulo: Editora Atlas S.A., 1982.

SELEME, Robson. **Manutenção Industrial: Mantendo a Fábrica em Funcionamento**. 1ª ed. Curitiba: Editora InterSaberes, 2015.

SOEIRO, M. V. D. A.; OLIVIO, A.; LUCATO, RICCO, A. V. **Gestão da Manutenção**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017.

TOLEDO, J. C. D.; BORRÁS, M. A. A.; MERGULHÃO, R. C.; MENDES, H. S. **Qualidade – Gestão e Métodos**. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2017

VIANA, Herbert. **Manual de Gestão da Manutenção – Volume 1**. 1ª ed. Brasília: ENGETELES Editora, 2020.

VIANA, Herbert. **Manual de Gestão da Manutenção – Volume 2**. 1ª ed. Brasília: ENGETELES Editora, 2021.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM, Planejamento e Controle de Manutenção**. Rio de Janeiro: Editora Qualitymark 2002.

WERKEMA, Cristina. **Criando a Cultura Lean Seis Sigma**. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2012.

WERKEMA, Cristina. **Ferramentas Estatísticas Básicas do Lean Seis Sigma Integradas ao PDCA e DMAIC**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Editora Atlas, 2021.

XENOS, Harilaus Georgius D’Philippos. **Gerenciando a Manutenção Produtiva: O Caminho para Eliminar Falhas nos Equipamentos e Aumentar a Produtividade**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998.

ANEXO