



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO – UFOP

ESCOLA DE MINAS

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA



JOÃO VICTOR FERNANDES ASSIS

**ESTUDO DA APLICAÇÃO DA FERRAMENTA *KAIZEN* NO
PROCESSO DA TROCA DA CORREIA TRANSPORTADORA DE UMA
MINERADORA**

**OURO PRETO - MG
2023**

JOÃO VICTOR FERNANDES ASSIS
joaofviictor@gmail.com

**ESTUDO DA APLICAÇÃO DA FERRAMENTA *KAIZEN* NO
PROCESSO DA TROCA DA CORREIA TRANSPORTADORA DE UMA
MINERADORA**

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
2023

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

A848e Assis, Joao Victor Fernandes.

Estudo da aplicação da ferramenta kaizen no processo da troca da correia transportadora de uma mineradora. [manuscrito] / Joao Victor Fernandes Assis. - 2023.

54 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. Correias transportadoras. 2. Manutenção. 3. Produtividade. 4. Avaliação de riscos. 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

João Victor Fernandes Assis

Estudo da aplicação da ferramenta *kaizen* no processo da troca da correia transportadora de uma mineradora

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 13 de Julho de 2023

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 29/07/2023



Documento assinado eletronicamente por **Washington Luis Vieira da Silva, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 14/08/2023, às 10:52, 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 **0572879** e o código CRC **0CCC5973**.

À Deus, minha família e amigos que sempre me apoiaram e torceram pelo meu sucesso dedico mais esta etapa vencida.

AGRADECIMENTO

Agradeço à minha família por todo apoio e carinho durante minha jornada. Em especial, minha mãe, Jucilaine, pelo amor, carinho, companheirismo, por sempre acreditar em mim e me dá forças para prosseguir. Meu pai, Evaldo, por contribuir com essa conquista e pelo apoio. Meus primos, Vinicius, Amanda e Jéssica por sempre permanecerem ao meu lado e acreditarem no meu sucesso.

Aos professores e à UFOP pelo ensino de qualidade. Ao meu orientador, Washington, por todo companheirismo, pelo acolhimento, incentivo e amizade.

À Diferencial EJ e a INCOP por me proporcionarem experiências engrandecedoras durante a minha jornada.

Aos companheiros republicanos. Em especial à república Arte e Manha por me acolher, pela amizade, companheirismo e pela força que me deram para vencer dia após dia agregando um amor fraterno que vou carregar para o resto da vida.

Toda luta é capaz de ser vencida. Acredite!

“Tudo o que um sonho precisa para ser realizado é alguém que acredite que ele possa ser realizado”.

Roberto Shinyashik

RESUMO

O estudo tem como objetivo aplicar a ferramenta kaizen no processo da troca da correia transportadora em uma mineradora, implementando um enrolador na execução da atividade. A ferramenta *kaizen* aborda a melhoria contínua e ausência de desperdícios. Sendo assim, realizou-se uma pesquisa bibliográfica abordando conceitos da manutenção, métodos de manutenção, planejamento e controle da manutenção, plano de manutenção e *kaizen*. A metodologia aplicada foi de natureza qualitativa, exploratória, bibliográfica, documental e estudo de caso. Foi demonstrado os materiais e métodos aplicados, a variável e os indicadores, instrumento de coleta de dados e a forma de tabulação dos dados. Foi-se relatado no estudo, as características e o setor da empresa estudada, descrição das correias transportadoras, forma de acionamento, como é realizado a inspeção sensitiva/visual e preditiva, como é feita a junção das correias e do processo sem e com a utilização do enrolador. Com a utilização do enrolador a partir da aplicação da ferramenta *Kaizen*, verificou-se com a melhoria no processo, a redução no tempo de execução da atividade em aproximadamente 3 horas, redução de procedimentos e eliminação de equipamentos auxiliares, contribuindo possivelmente com o aumento da produtividade, reduzindo exposição à riscos e geração de resíduos na área.

Palavras-chave: *Kaizen*. Correia transportadora. Enrolador. Manutenção. Produtividade. Tempo de execução. Riscos. Resíduos.

ABSTRACT

The study aims to apply the kaizen tool in the process of changing the conveyor belt in a mining company, implementing a winder in the execution of the activity. The kaizen tool addresses continuous improvement and absence of waste. Thus, a literature search was conducted addressing maintenance concepts, maintenance methods, maintenance planning and control, maintenance plan and kaizen. The methodology applied was qualitative, exploratory, bibliographic, documentary and case study. It was demonstrated the materials and methods applied, the variable and the indicators, data collection instrument and the form of data tabulation. It was reported in the study, the characteristics and the sector of the company studied, description of the conveyor belts, form of drive, how the sensitive/visual and predictive inspection is performed, how the joining of the belts and the process is done without and with the use of the reel. With the use of the reel from the application of the Kaizen tool, it is verified with the improvement in the process, the reduction in the execution time of the activity in approximately 3 hours, reduction of procedures and elimination of auxiliary equipment, possibly contributing to the increase in productivity, reducing exposure to risks and generation of waste in the area.

.Keywords: *Kaizen. Conveyor belt. Registrar. Maintenance. Productivity. Runtime. Scratches. Waste.*

LISTA DE SIMBOLOS

NBR: Norma Técnica Brasileira

TPM: Manutenção Produtiva Total

5W1H: O que, quando, quem, onde, por que e como

5W2H: Quem, o que, quando, onde, como e quanto

PDCA: Planejar, Executar, Verificar e Agir

SDCA: Padronizar, Executar, Verificar e Agir

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: 8 Pilares da Manutenção Produtiva Total.....	10
Figura 2: Tipos de padrões técnicos da manutenção e seu conteúdo.....	14
Figura 3: Plano de manutenção da substituição de uma bomba de água.....	17
Figura 4: Giro PDCA.....	19
Figura 5: Complexidade do giro PDCA de acordo com o tempo.....	20
Figura 6: Melhoramento Contínuo na Manutenção dos Equipamentos.....	22
Figura 7: Método PDCA de manutenção e de melhoria.....	23
Figura 8: Dois tipos de <i>kaizen</i>	24
Figura 9: Fluxograma da Metodologia.....	29
Figura 10: Cadeia de negócios.....	33
Figura 11: Organograma da empresa.....	34
Figura 12: Componentes do transportador.....	36
Figura 13: Transportador.....	36
Figura 14: Conjunto de acionamento do transportador.....	37
Figura 15: Troca da correia com carregadeira.....	38
Figura 16: Resíduos gerados pela substituição da correia.....	39
Figura 17: Grampeamento da correia nova com a desgastada.....	40
Figura 18: Enrolador.....	41
Figura 19: Enrolador em operação.....	42
Figura 20: Enrolador em operação.....	42
Figura 21: Representação do processo com a aplicação do <i>kaizen</i>	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Método da ferramenta 5W2H.....	13
Tabela 2: Plano de manutenção em uma máquina de solda.....	16
Tabela 3: Etapas do ciclo PDCA.....	20
Tabela 4: Hierarquia de Envolvimento no <i>Kaizen</i>	26
Tabela 5: Variável e Indicadores.....	30
Tabela 6: Análise de risco sem utilização do enrolador.....	44
Tabela 7: Análise de risco com utilização do enrolador.....	45

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	4
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1	Manutenção	5
2.2	Métodos de Manutenção.....	5
2.2.1	Manutenção Corretiva	6
2.2.2	Manutenção Preventiva	7
2.2.3	Manutenção Preditiva	7
2.2.4	Manutenção Produtiva Total (TPM)	8
2.2.5	Melhoria dos Equipamentos	11
2.3	Planejamento e Controle de Produção.....	11
2.4	Plano de Manutenção.....	14
2.5	<i>Kaizen</i>	
3	METODOLOGIA.....	27
4	RESULTADOS	32
5	CONCLUSÃO.....	48
	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	50

1 INTRODUÇÃO

1.1 Formulação do Problema

A indústria passou por diversas modificações perante a história, após a Segunda Guerra Mundial, foi essencial para as organizações se reorganizar para atender as demandas do mercado. Anteriormente, prevalecia a mão de obra e a produção em massa, sem planejamento e estruturação para os processos, ocasionando falhas em equipamentos gerando paradas de produção sem planejamento influenciando diretamente na produção final (NOGUEIRA *et al*, 2012).

Portanto, devido a necessidade da confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos para a produção, o planejamento da manutenção é essencial nas organizações, sendo um quesito de competitividade, onde a sobrevivência das indústrias depende das habilidades, rapidez de inovar e realizar melhorias contínuas mantendo o funcionamento dos ativos com custo baixo e segurança (XENOS, 1998).

De acordo com a norma NBR 5462 (1994, p.6) a manutenção é “a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as da supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida”.

Ela é dividida em três principais tipos, a manutenção, a corretiva, preventiva e preditiva. A corretiva é realizada com a ocorrência das falhas, gerando custo alto e paradas de produção. A preventiva tem o intuito de diminuir o aparecimento das falhas de forma planejada e periódica através de atividades de inspeções, reformas e trocas de peças reduzindo a necessidade de realizar ações corretivas nas máquinas. Já a manutenção preditiva utiliza o monitoramento do sistema através de instrumentos de medição a fim de planejar e gerar planos de ações para evitar surgimento de paradas e falhas, auxiliando com precisão na disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos (KARDEC e NASCIF, 2010).

Devido as demandas do mercado, competitividade, qualidade dos serviços e produtos alinhado com a manutenção salientam Araujo e Rentes (2006) o surgimento da metodologia *kaizen* alinhada à melhoria contínua referindo-se à mudança de patamar de qualquer situação ou processo agregando valor e reduzindo desperdícios. Segundo eles, a metodologia traz diversos benefícios, entre eles, a simplicidade, execução e resultados à curto prazo e agilidade na comunicação dos resultados, com isso, o *kaizen* pode ser aplicado em vários setores da indústria, como é o caso da mineração.

A mineração é uma atividade econômica e industrial que integra pesquisa, extração, exploração e beneficiamento de minérios. Dentro das indústrias, existe amplas áreas específicas, umas delas, é a de transportadores, com disposição de componentes mecânicos, elétricos e estruturas metálicas que consiste no transporte do minério em conjunto com diversos dispositivos, como por exemplo, as correias transportadoras, tambores, mesas de deslizamento e roletes para gerar o mecanismo de transporte.

Logo, as correias transportadoras fornece uma produção mais eficiente trabalhando sem interrupções, sendo assim, é essencial atentar-se a sua durabilidade, agilidade e capacidade de trabalho pois ela aparece em todo processo produtivo, contudo, a manutenção realizada nas correias necessita de agilidade pois pode comprometer todo o processo produtivo gerando grandes paradas, atingindo significativamente a produção.

Uma atividade realizada nos transportadores é a troca da correia devido o desgaste que desenvolve em função do tempo. O procedimento para realizar a substituição inicia-se com a junção da correia que vai ser retirada com a nova que vai ser implementada no processo através de uma emenda mecânica com grampos, em seguida, a correia nova vai ser inserida ao mesmo instante em que a correia danificada for retirada com auxílio de máquina, guindaste, trator, caminhão guindauto ou carregadeira para realizar o puxamento e efetuar a troca. A atividade gera resíduos na área e precisa ser realizada com respeito as normas de segurança, comunicação efetiva e com restrição de acesso de pessoas não autorizadas no raio de operação.

Portanto, a proposta do estudo é aplicar a metodologia da melhoria contínua, *kaizen*, na execução da substituição de correias transportadora em uma mineradora.

Diante do contexto tem-se a seguinte problemática:

Como aplicar a ferramenta *kaizen* no processo da troca da correia transportadora em uma mineradora?

1.2 Justificativa

O processo da troca da correia transportadora utilizando guindaste, trator, caminhão guindauto ou carregadeira não é mecanismo contínuo, gerando resíduos de correias e riscos aos colaboradores ao executar a atividade, devido a isso, a implementação da metodologia *kaizen* pode contribuir com o desenvolvimento da atividade em alguns aspectos.

A metodologia *kaizen* segundo Araujo e Rentes (2006, p. 127) “ significa a melhoria contínua de um fluxo completo de valor ou de um processo individual, a fim de se agregar mais valor com menos desperdício”, sendo assim, aplicado em correias transportadoras a ferramenta é importante para agregar melhoria no processo da troca da correia com redução no tempo da movimentação da atividade, aumento da segurança e produtividade. Diante ao mercado a metodologia agrega valor na competitividade e sustentabilidade, Ionak (2017, p. 19) indaga que “ a ferramenta *kaizen* influência diretamente em uma empresa que anseia competir de forma sustentável no mercado atual ”.

A importância do *kaizen* está diretamente relacionada com a ausência de desperdícios beneficiando o aumento da produtividade e a redução no tempo da manutenção, trazendo vantagens com a facilidade de demonstrar os resultados através de comparações diretas com representações da situação anterior com a atual (FONSECA *et al*, 2016).

Devido ao tempo de execução e os riscos expostos para realizar a troca da correia transportadora com a utilização do guindaste, trator, caminhão guindauto ou carregadeira, ao substituir o enrolador no processo, gera redução no tempo e procedimentos, contribuindo com o aumento da produtividade reduzindo exposição à riscos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

Aplicar a ferramenta *kaizen* no processo da troca da correia transportadora em uma mineradora por um enrolador.

1.3.2 Específicos

- Realizar um estudo teórico sobre: manutenção, métodos de manutenção, Planejamento e Controle da Manutenção, Plano de manutenção e *Kaizen*;
- Elaborar um procedimento metodológico para propor o processo de troca do componente;
- Aplicar o procedimento metodológico e a ferramenta *Kaizen* para viabilizar a melhoria do processo de troca da correia transportadora;

- Comparar os dados obtidos com a base teórica para analisar como a ferramenta *kaizen* pode contribuir no processo da troca da correia transportadora em uma mineradora por um enrolador.

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 geral e específicos.

O segundo capítulo trata da fundamentação teórica dos conceitos à respeito da manutenção. Também são relatados os diferentes tipos de manutenção, planejamento e controle da produção, planos de manutenção e *kaizen*.

O terceiro capítulo é sobre os procedimentos metodológicos utilizados para realizar o estudo. Os tópicos abordados foram: tipos de pesquisas, materiais e métodos, variáveis e indicadores, instrumento de coleta de dados, tubulação de dados e considerações finais do capítulo.

O quarto capítulo destaca os resultados do estudo retratando as características da empresa/setor, descrição do equipamento, descrição do problema e aplicação do *kaizen*. E o quinto capítulo a conclusão e recomendações.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Manutenção

A implementação da manutenção em uma organização, pode-se manter a disponibilidade e a confiabilidade dos equipamentos envolvendo todas as pessoas e o processo produtivo.

A manutenção segundo Almeida (2014, p.15) é definido “como o conjunto de cuidados e procedimentos técnicos necessários ao bom funcionamento e também ao reparo de máquinas, equipamentos, peças, moldes e ferramentas”. Segundo ele enfatiza a atenção ao bom funcionamento das máquinas e equipamentos, principalmente nos sistemas de produção.

Já para Kardec e Nascif (2010, p.23) a manutenção industrial é definida como assegurar a “disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção e a preservação do meio ambiente, com confiabilidade, segurança e custos adequados”.

Para Fogliatto e Ribeiro (2009) o objetivo básico da manutenção é manter e melhorar a regularidade da operação do sistema produtivo, o que afeta diretamente a disponibilidade e segurança dos equipamentos. Partindo do pressuposto de que é impraticável ter equipamentos com zero falhas na prática, devido a isso, é necessário entender o comportamento das falhas dos equipamentos para planejar e gerenciar cronogramas de manutenção adaptados às circunstâncias específicas de cada empresa.

Os principais objetivos da manutenção para Neto e Lima (2002) é prever uma margem de falhas ou quebras durante o processo de produção, manter os equipamentos em condição segura, os equipamentos operarem com máxima eficácia, reduzir paradas devido ao aparecimento de falhas, diminuir o custo da manutenção e manter alto nível técnico na execução das atividades.

2.2 Métodos de Manutenção

Os métodos de manutenção auxiliam no processo a ser efetuado e no tratamento das falhas, com intuito de elimina-las.

Conforme Viana *et al apud* Nogueira (2012, p.177) “os tipos de manutenção são as formas de encaminhar as intervenções nos instrumentos de produção, ou seja, nos equipamentos que compõem uma determinada planta”.

Já para Sellitto e Fachini (2014, p.53) “ os métodos de manutenção indicam de que maneira a intervenção nos equipamentos é realizada”.

Xenos (1998, p. 22) indaga que “ podem existir diferentes maneiras de classificar os vários métodos de manutenção”. Sendo assim, as principais categorizações da manutenção apresentadas por ele, é a manutenção corretiva, manutenção preventiva, manutenção preditiva, prevenção de manutenção, manutenção produtiva e melhoria dos equipamentos.

Segundo Costa *apud* Pereira (2018, p.5) “ a manutenção de máquinas e equipamentos está dividida em três tipos: manutenção corretiva (planejada e não planejada), manutenção preventiva e manutenção preditiva”.

Conforme Kardec e Nascif (2010) existem várias denominações para classificar o desempenho da manutenção. Sendo elas a manutenção corretiva não planejada, manutenção corretiva planejada, manutenção preventiva, manutenção preditiva, manutenção detectiva e engenharia de manutenção. De acordo com ele várias ferramentas novas envolvem a junção dos tipos de manutenção, como, a manutenção produtiva total.

2.2.1 Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva é direcionada nos processos a partir do surgimento das falhas impactando nos custos, planejamentos e na produção.

Slack *et al* (2008) aborda que a manutenção corretiva equivale em deixar o equipamento em operação até que ele falhe e não seja mais capaz de realizar sua função, ou seja, a manutenção somente é realizada após a falha.

Para Xenos (1998) a manutenção corretiva é realizada somente depois do aparecimento das falhas. Para ele no ponto de vista da manutenção, a corretiva é mais barata do que prevenir as falhas nos equipamentos, mas em contrapartida pode gerar grandes perdas por interrupção de produção, com isso, é preciso observar se é possível adotar ações preventivas pois grandes paradas podem gerar prejuízos significativos para a empresa. Devido a necessidade de agir rapidamente na presença de falhas, é preciso ter disponível peças de reposição, mão de obra e ferramental necessário para executar a correção.

A manutenção corretiva como opção na política de uma empresa pode ser cara. Substituindo peças somente na presença de paradas e quebras, podendo danificar outros itens aumentando o tempo de indisponibilidade dos equipamentos (MACÊDO, 2015).

De acordo com Marcorin e Lima (2003) o problema dessa política não é fazer intervenções corretivas, mas sim que sua aplicação isolada requer um grande estoque de peças para sustentar falhas contínuas, fazendo o trabalho funcionar de forma inesperada não havendo um planejamento para executar a atividade podendo gerar altos custos.

2.2.2 Manutenção Preventiva

A fim de introduzir o planejamento da execução das atividades e monitoramento da mesma tem-se a manutenção preventiva.

Almeida (2014) indaga que a manutenção preventiva é a manutenção planejada, controlada e realizada em datas predeterminadas com intuito de manter corretas condições e funcionamento dos equipamentos a fim de evitar paradas de produção não programadas, com isso, o planejamento é realizado através dos registros de documentações de ações corretivas realizadas e de informações sobre a vida útil dos equipamentos fornecido pelos fabricantes.

A manutenção preventiva segundo a NBR 5462 (1994) é realizada em intervalos predeterminados ou de acordo com padrões prescritos e é projetada para reduzir a probabilidade de falha ou degradação de algum item.

Assim Xenos (1998) define a manutenção preventiva como o coração das atividades de manutenção onde envolve tarefas sistemáticas, como inspeções, reformas e trocas de peça. De acordo com ele, com a implementação, a frequência das falhas diminui e a disponibilidade dos equipamentos aumenta diminuindo interrupções da produção, sendo assim, é preciso adotar padrões e procedimento de manutenção com conhecimento técnico e habilidades operacionais.

2.2.3 Manutenção Preditiva

Um método importante para a sofisticação da manutenção com aplicação de técnicas e ferramentas para auxiliar e melhorar o processo de manutenção, tem-se a manutenção preditiva.

Xenos (1998, p. 25) conceitua que “ a manutenção preditiva permite otimizar a troca de 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”.

Já para a norma NBR 5462 (1994, p. 7):

Manutenção que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva.

De acordo com Marques e Brito (2019) a manutenção preditiva é realizada para o monitoramento dos equipamentos em operação, onde as intervenções são efetuadas quando o responsável pela manutenção identifica possíveis alterações que podem influenciar na vida útil da máquina evitando o aparecimento de falhas.

As principais vantagens da aplicação da manutenção preditiva segundo Souza (2008) é a redução do custo e produção em função às interrupções periódicas, além de reduzir a possibilidade de introdução de novos defeitos no funcionamento do sistema de montagem e desmontagem. Outros benefícios compreendidos por ele é que o tempo médio entre cada revisão aumenta, corte de estoque, diminuição do custo nas intervenções necessárias, redução de substituição de peças por imprevistos durante a operação minimizando paradas não programadas.

Mirshawka *et al apud* Bristot (2012, p. 30) aponta que os maiores benefícios da manutenção preditiva são:

Previsão de falhas com antecedência suficiente para que os equipamentos sejam desativados em segurança, reduzindo os riscos de acidentes e interrupções do sistema produtivo; redução dos prazos e custos de manutenção pelo conhecimento antecipado das falhas a serem reparadas; melhoria nas condições de operação dos equipamentos no sentido de obter menor desgaste, maior rendimento e produtividade.

2.2.4 Manutenção Produtiva Total (TPM)

Com a intenção de envolver toda hierarquia da organização, prezando por zero falhas, melhoria contínua e segurança obtém-se a manutenção produtiva total.

Hutchins *apud* Tondato (2004, p.32) aborda:

O TPM – Total Productive Maintenance, ou Manutenção Produtiva Total, é um programa criado há duas décadas para diminuir custos de produção. O objetivo do TPM é engajar um senso de união e responsabilidades entre os supervisores, operadores e técnicos da manutenção. A ideia é não se limitar a simplesmente manter o equipamento funcionando, mas também estender e otimizar o seu desempenho global.

Já para Jipm *apud* Moraes (2004, p. 33) a manutenção produtiva total é definida como:

Esforço elevado na implementação de uma cultura corporativa que busca a melhoria da eficiência dos sistemas produtivos, por meio da prevenção de

todos os tipos de perdas, atingindo assim o zero acidente, zero defeito e zero falhas durante todo o ciclo de vida dos equipamentos, cobrindo todos os departamentos da empresa incluindo Produção, Desenvolvimento, Marketing e Administração, requerendo o completo envolvimento desde a alta administração até a frente de operação com as atividades de pequenos grupos.

E Hamrick *apud* Wyrelski (1997, p. 25) afirma:

O TPM significa uma manutenção autônoma da produção que tenta otimizar a habilidade do operador e o conhecimento do seu próprio equipamento para aumentar ao máximo a sua eficiência de operação. Ele estabelece um esquema de limpeza e manutenção preventiva para prolongar a vida útil do equipamento. Procura, também, envolver todos os funcionários, desde a alta administração até membros das equipes individuais que participam do sistema.

Segundo Netto (2008) o objetivo da manutenção produtiva total é aumentar a disponibilidade das máquinas, vinculando a manutenção planejada do operador com a manutenção planejada realizada por seus equipamentos e pela indústria.

Os principais objetivos da manutenção produtiva total de acordo com Mirshawka e Olmedo *apud* Souza (2001) são: garantir a eficiência geral da instalação, implementar programas de manutenção para otimizar o ciclo de vida dos equipamentos, solicitar suporte de outros departamentos participantes do programa para aumentar a capacidade instalada, solicitar dados e informações de cada funcionário da empresa, incentivar as equipes e o princípio da cooperação para fundamentar as ações de melhoria contínua.

Para Ribeiro (2003) o TPM é uma estratégia de gestão do trabalho que visa maximizar a eficiência dos sistemas de produção, eliminando as perdas e desenvolvendo as pessoas e sua relação com os equipamentos. Para conseguir isso segundo ele existe uma abordagem ao TPM baseada em oito princípios, conhecidos como os oito pilares do TPM.

Na figura 1 pode-se verificar os 8 pilares da manutenção produtiva total.

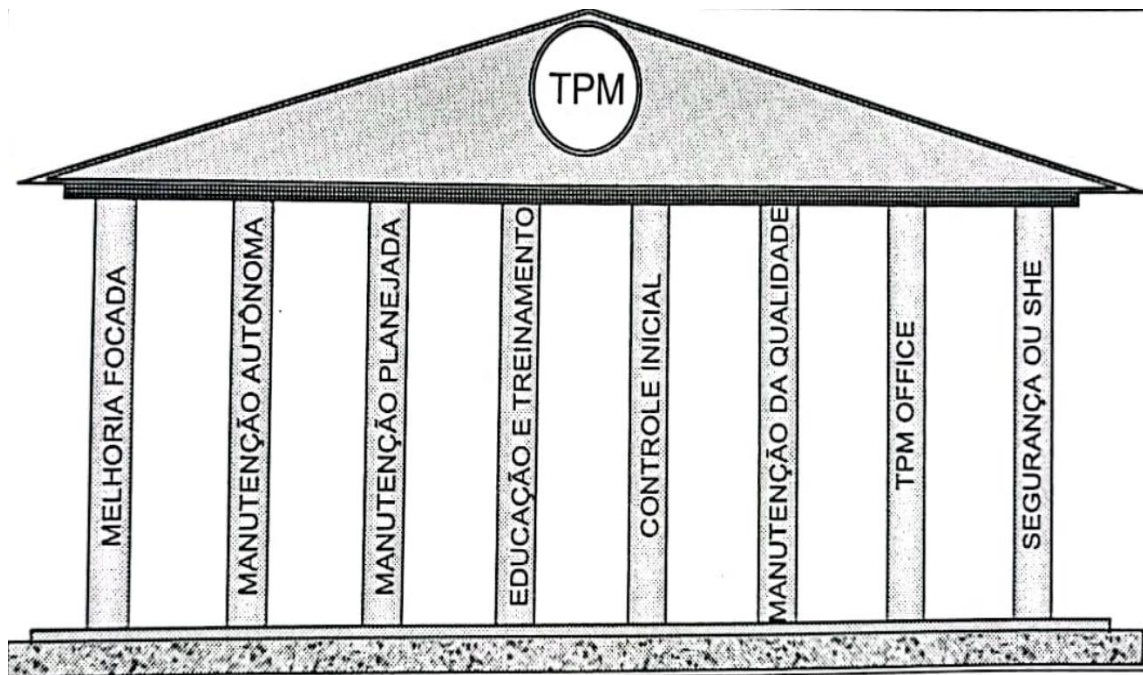


Figura 1 – 8 Pilares da Manutenção Produtiva Total
Fonte: Kardec e Nascif (2010)

Observa-se na figura 1, de acordo com Kardec e Nascif (2010) a explicação de cada pilar, onde a melhoria focada é projetada no intuito de reduzir problemas para melhorar o desempenho. A manutenção autônoma é o autogerenciamento e controle, liberdade de movimento, definição e adesão a padrões e conscientização de TPM. A manutenção planejada é o planejamento e controle da manutenção, incluindo técnicas de treinamento, paradas planejadas e programação de rotina. Educação e treinamento é uma extensão do treinamento técnico, administrativo e comportamental do pessoal de manutenção e operação.

Prosseguindo com a explicação dos pilares, de acordo com Kardec e Nascif (2010) o controle inicial é o foco na eliminação de falhas e implementação de sistemas de monitoramento. Manutenção da qualidade construir um programa de zero defeito. TPM *office* é o estabelecimento do programa TPM nas áreas administrativas. Já a segurança estabelecer sistemas de saúde, segurança e meio ambiente.

2.2.5 Melhoria dos Equipamentos

O método melhoria contínua dos equipamentos ou *kaizen* pode gerar grandes benefícios para um processo produtivo contribuindo com excelentes resultados.

Xenos (1998) retrata que a prática de melhoria dos equipamentos significa aprimorar de forma gradual e contínua as especificações originais dos equipamentos. Ele diz que as máquinas devem ser continuamente aprimoradas, alterando seus padrões de projeto, operação e manutenção conforme necessário, por isso é importante investigar minuciosamente a causa raiz das falhas.

Segundo Fonseca *et al* (2016, p. 6):

Melhoria contínua está inserida na organização por meio de metodologias que identificam problemas crônicos que afetam de alguma forma os resultados, detectam suas causas raízes e desenvolvem planos de ação para a solução.

O processo de melhoria contínua deve fazer parte da cultura da empresa, sendo incorporado por todos os envolvidos no processo, da alta administração ao chão de fábrica.

Já Araujo *et al* (2006, p. 128) afirma que “ *kaizen* são esforços de melhoria contínua, executados por todos, sendo que o seu foco central é a busca pela eliminação dos desperdícios”.

2.3 Planejamento e Controle de Produção

O planejamento e controle da produção é essencial para as organizações aprimorar e executar suas atividades controlando seus processos acompanhando o desempenho.

Definido por Rodrigues e Inácio (2010, p. 73):

O PCP têm como função a coordenação e o apoio do sistema produtivo. Esse sistema caracteriza-se pelo processo de transformação de entradas (inputs) em saídas (outputs), e estará envolvido com diversas áreas ligadas direta ou indiretamente com a produção para buscar informações e outros recursos necessários à elaboração e execução dos planos de produção.

De acordo com Ackoff *apud* Moreira e Silva (2001) o planejamento pode ser pensado como definir um futuro ideal e uma forma eficiente de alcançá-lo. De acordo com eles a tomada de decisão parece estar intrinsecamente ligada ao planejamento, pois os objetivos identificados no planejamento só podem ser alcançados por meio do processo decisório.

Já para Mesquita e Castro (2008, p.35) o planejamento e controle da produção é um “sistema de planejamento e controle da produção eficaz, que permita à empresa gerenciar a demanda, os materiais, a capacidade produtiva e a produção”.

Uma forma de controlar a manutenção é através dos padrões de manutenção segundo Falconi *apud* Xenos (1998, p.185) “o termo padrão tem sido amplamente utilizado no dia a dia das empresas para definir, de forma genérica, tanto os procedimentos operacionais (padrões técnicos) quanto os padrões de sistema ou padrões gerenciais”.

Para Xenos (1998, p.185) o padrão de sistema é expresso da seguinte forma:

Os padrões de sistema mostram a “maneira de trabalhar lateralmente”, ou seja, tratam de situações interfuncionais. A elaboração dos padrões não é um exercício individual. Eles devem ser elaborados com a participação e o consenso das pessoas das diversas áreas envolvidas. Estes padrões mostram a cada indivíduo, seção ou departamento da empresa o que precisa ser feito, onde, porque, quando e como (5W1H).

Segundo Candeloro *et al apud* Avila (2016, p.19) “a ferramenta 5W2H é uma espécie de *checklist* utilizada para garantir que a operação seja conduzida sem nenhuma dúvida por parte dos gestores e dos colaboradores”.

De acordo com Meira *apud* Avila (2016) ao definir a ação que deve ser executada, desenvolve-se uma tabela simples aplicando o 5W2H onde deve expor as perguntas e o que se espera de cada uma delas. A tabela 1 exemplifica a aplicação da metodologia.

Tabela 1 – Método da ferramenta 5W2H

MÉTODO DA FERRAMENTA 5W2H			
5W	<i>What?</i>	O que?	Que ação será executada?
	<i>Who?</i>	Quem?	Quem irá executar/participar da ação?
	<i>Where?</i>	Onde?	Onde será executada a ação?
	<i>When?</i>	Quando?	Quando a ação será executada?
	<i>Why?</i>	Por quê?	Por que a ação será executada?
2H	<i>How?</i>	Como?	Como será executada a ação?
	<i>How much?</i>	Quanto custa?	Quanto custa para executar a ação?

Fonte: Meira *apud* Avila (2016)

Observa-se na tabela 1 como deve ser implementada a ferramenta de acordo com Avila (2016) onde os conhecimentos das respostas destas perguntas são cruciais no desenvolvimento da execução da ação pretendida inclusa na empresa, podendo ser utilizadas de acordo com as necessidades internas através de um roteiro.

Os padrões técnicos são definidos por Xenos (1998, p. 188) como:

Os padrões técnicos da manutenção são um conjunto de documentos que tratam das diversas tarefas operacionais de manutenção, executadas diretamente no chão de fábrica. Este conjunto de documentos é também conhecido como “Manual de Manutenção” e deve conter todas as informações técnicas necessárias para que as equipes de manutenção executem suas tarefas com confiabilidade e de maneira uniforme.

Xenos (1998) aborda que existe diversos tipos de padrões técnicos usuais na manutenção dos equipamentos eles podem ser classificados por padrões de inspeção, reforma, troca de peça e manutenção autônoma. Na figura 2 mostra-se a estrutura básica desses padrões de manutenção.

TIPOS DE PADRÕES TÉCNICOS	CONTEÚDO	RECOMENDAÇÕES
<p style="text-align: center;">Padrões Técnicos da Manutenção</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p style="text-align: center;">Denominação genérica do conjunto de requisitos de manutenção e respectivos procedimentos operacionais</p>	<p>Padrões de Inspeção</p> <ul style="list-style-type: none"> • O que inspecionar, em que pontos e com que frequência. • Métodos de inspeção aplicáveis. • Instrumentos e aparelhos necessários. • Critérios de avaliação do resultado da inspeção e limites de atuação (troca ou reforma). • Contramedidas em caso de anomalia. • Precauções de segurança aplicáveis. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Registrar os resultados das inspeções e fazer análise de tendência. 2. Incluir fotos ou desenhos para facilitar a execução das inspeções. 3. Transferir as inspeções sensíveis para os Padrões de Manutenção Autônoma.
	<p>Padrões de Troca</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificação das peças sujeitas à troca periódica. • Frequência de troca. • Procedimentos de remoção/instalação. • Procedimentos de teste funcional. • Ferramentas, instrumentos e aparelhos. • Precauções de segurança aplicáveis. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Incluir fotos ou desenhos para facilitar a identificação das peças a serem trocadas. 2. Padronizar a identificação e disposição das peças trocadas para evitar sua reutilização. 3. Incluir cuidados durante manuseio e instalação para evitar danos às peças durante a troca.
	<p>Padrões de Reforma</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificação dos componentes sujeitos à reforma periódica. • Frequência de reforma. • Procedimentos de remoção/instalação do componente. • Procedimentos de reforma na oficina ou na área. (desmontagem, limpeza, inspeção, troca de peças, montagem e testes funcionais). • Critérios de avaliação das condições das partes. • Precauções de segurança aplicáveis. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Registrar os resultados da restauração, incluindo a identificação das peças trocadas, resultados das medições e testes funcionais realizados. 2. Incluir fotos ou desenhos para facilitar a execução das tarefas.
	<p>Padrões de Manutenção Autônoma</p> <p>(Ver Capítulo 8)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificação dos pontos de limpeza, lubrificação, inspeção, reabastecimento. • Identificação dos ajustes e testes. • Frequência das tarefas. • Procedimentos de execução das tarefas. • Critérios de avaliação quantitativos e qualitativos. • Contramedidas em caso de anomalia. • Precauções de segurança aplicáveis. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Incluir fotos ou desenhos para facilitar a execução das tarefas. 2. Utilizar a gestão à vista nos equipamentos para as tarefas rotineiras de limpeza, lubrificação e inspeção.

Figura 2 - Tipos de padrões técnicos da manutenção e seu conteúdo.
Fonte: Xenos (1998)

Observa-se na Figura 2 os tipos de padrões técnicos com as devidas recomendações para executar os padrões colaborando com o controle da produção.

2.4 Plano de Manutenção

O plano de manutenção é a base para o gerenciamento da manutenção trazendo informações necessárias para manter a disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos e operações, além de ser essencial para determinar a periodicidade da manutenção.

Leite *apud* Ribeiro (2016, p.19) indaga:

O plano de manutenção tem como principal objetivo planejar as operações de manutenção, habitualmente designadas por “*big-five*”: inspeção, limpeza, pró-ação, correção e substituição. Este plano deve considerar os aspectos técnicos, econômicos e funcionais e contemplar a periodicidade das intervenções e os procedimentos de manutenção a realizar.

Já para Beilke *apud* Faria (2018, p.28) :

A base do gerenciamento do departamento de manutenção é elaborar um plano de manutenção. Esse plano define as atividades de manutenção, assim

como as periodicidades, que devem ser executadas no equipamento. As atividades são elaboradas segundo as informações do: manual do fabricante do equipamento e conhecimentos adquiridos na empresa nas operações e processos do equipamento.

E para Seleme *apud* Néó (2018, p.17) :

Documento no qual são descritos a gestão e o procedimento técnico a ser empregado para manter um item; geralmente descreve instalações, ferramentas, cronogramas e recursos estipulando práticas específicas, recursos e atividades necessárias para garantir que um item atenderá aos requisitos exigidos por determinado projeto ou contrato.

Segundo Oliveira (2013) para efetuar um plano de manutenção é necessário o prévio conhecimento do padrão da degradação e comportamento dos equipamentos ou sistema.

De acordo com Márquez *apud* Faria (2018) para desenvolver um plano de manutenção, é necessário identificar a funcionalidade do equipamento ou sistema e as possíveis falhas desse equipamento, para então, apontar um conjunto de atividades de manutenção aplicáveis e eficazes, sempre levando em consideração a segurança e economia do sistema. Para eles melhorar a eficácia do planejamento de manutenção, o planejamento e a programação de manutenção precisam ser otimizados.

Observa-se na figura 4 um exemplo de um plano de manutenção em um equipamento de solda.

Tabela 2 – Plano de manutenção em uma máquina de solda.

Equipamento de solda MIG/MAG CEA Digitech Vision 3300 e 5000	
Operador	Mecânico
Diariamente	
<ul style="list-style-type: none"> • Verificar se não há cabos desgastados ou descascados • Efetuar limpeza do bico e porta bico da tocha sempre que necessário • Verificar se não há vazamento de gás • Verificar os isolamentos e conexões, que devem estar em boas condições mecânicas e elétricas; • Verificar e regular a vazão de gás • Remover excesso de pó metálico da região da roldana de tração • Remover sujeira e poeira de dentro do condute utilizando ar comprimido 	
Semanalmente	
<ul style="list-style-type: none"> • Limpar externamente o equipamento e o setor • Verificar nível de água no equipamento. 	

Fonte: Vega e Rodrigues (2017)

Observa-se na tabela 2 elaborado por Vega e Rodrigues (2017) pode-se verificar o plano de manutenção que deve ser executado diariamente e semanalmente juntamente com as ações que devem ser tomadas.

Na figura 3 mostra-se uma representação utilizada por Xenos (1998) de um plano de manutenção elaborado para a substituição de uma bomba de água que será sujeitado a uma reforma e deve-se seguir procedimentos específicos.

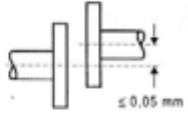

Empresa	Especificação de Serviço	Máquina	Código
XXX	Substituição da bomba de água radial centrífuga modelo 2029F (na área)	Bomba de água modelo 2029F	M-XXX-003-A Folha: 1/1
Nº	Discriminação do Serviço	Métodos e itens importantes	Observações
1	Interdição do equipamento	Comunicar aos setores relacionados Operação corta energia da rede e painel Colocar sinalização adequada (placas)	Verificação do alinhamento bomba/motor
2	Fechamento e interdição das válvulas	Fechar válvulas de entrada e saída Colocar sinalização adequada (placas) interditando o manuseio das válvulas	
3	Equipamento para levantamento da bomba e de seus acessórios	Preparar cavalete com roldanas ou talha Preparar eslingas para levantamento da bomba e caibros de madeira para apoio Preparar flanges cegos para armazenamento da bomba	 $a - b \leq 0,05 \text{ mm}$
4	Desconexão da bomba	Desconectar o acoplamento bomba/motor Retirar parafusos de fixação dos carretéis	Utilizar relógio comparador e micrômetro
5	Retirada dos carretéis	Utilizar o cavalete ou talha, retirar um de cada vez Apoiá-los sobre caibros de madeira	
⋮	⋮	⋮	
8	Colocação da bomba nova	Colocar os calços (se existentes) nas posições Utilizar o cavalete ou talha, para colocação Posicionar parafusos de ancoragem s/ apertá-los Retirar os flanges cegos de proteção	Condições de Trabalho: Pressão = 2,0 kgf/cm ² Vazão = 20 m ³ /h  Faixa de Trabalho: ±10% da Condição de Trabalho
9	Colocação dos carretéis	Limpar os flanges e trocar as juntas Utilizar o cavalete ou talha, colocar um por vez	
10	Ajuste da posição da bomba e motor	Apertar as porcas da base em forma de X Verificar alinhamento bomba Reapertar os	
11		Abrir válvula de saída da rede Abrir o aerador da bomba e preenchê-lo	
12	Inspeção da bomba	Ligar, verificar ruídos, vibração e vazamentos Se não houver vazamentos, ler o manômetro e medidor de vazão da linha	Verificar o padrão de inspeção M-XXX-002-A
	Elaboração	Revisões	Padrões e Procedimentos Relacionados
Data	01/01/1997		M-XXX-001-A => Desmontagem
Responsável	XX		M-XXX-002-A => Inspeção
Aprovação	XX		

Figura 3 – Plano de manutenção da substituição de uma bomba de água.
Fonte: Xenos (1998)

Observa-se na figura 3 os procedimentos necessários para realizar a troca da bomba de água juntamente com as observações necessárias que devem ser tomadas e com um espaço para registro da atividade.

Conforme Xenos (1998, p. 173) em função do cumprimento do plano de manutenção:

Uma vez elaborados, os planos de manutenção se tornam o “Plan” do ciclo PDCA, no qual a meta é cumprir as ações preventivas

necessárias. Os gerentes precisam entender que o aspecto mais importante na utilização de qualquer plano de manutenção é a sua revisão contínua através do giro sistemático do ciclo PDCA.

Para Quinquilo *et al apud* Pacheco (2012, p.3) a definição do ciclo PDCA:

O Ciclo PDCA, também conhecido como Ciclo de Shewhart, Ciclo da Qualidade ou Ciclo de Deming, é uma metodologia que tem como função básica o auxílio no diagnóstico, análise e prognóstico de problemas organizacionais, sendo extremamente útil para a solução de problemas. Poucos instrumentos se mostram tão efetivos para a busca do aperfeiçoamento quanto este método de melhoria contínua, tendo em vista que ele conduz a ações sistemáticas que agilizam a obtenção de melhores resultados com a finalidade de garantir a sobrevivência e o crescimento das organizações.

Segundo Andrade (2003, p.12) sobre a utilização e o objetivo do PDCA:

A utilização do Ciclo PDCA envolve várias possibilidades, podendo ser utilizado para o estabelecimento de metas de melhoria provindas da alta administração, ou também de pessoas ligadas diretamente ao setor operacional, com o objetivo de coordenar esforços de melhoria contínua, enfatizando que cada programa de melhoria deve começar com um planejamento cuidadoso (definir uma meta), resultar em ações efetivas, em comprovação da eficácia das ações, para enfim, obter os resultados da melhoria, podendo ser reutilizado a cada melhoria vislumbrada.

Xenos (1998, p.53) retrata que para atingir as metas é necessário fazer o giro PDCA nos planos de manutenção, ele define a ferramenta PDCA como um ciclo “composto de quatro etapas distintas: Planejamento (*PLAN*), Execução (*DO*), Verificação (*CHECK*) e Atuação (*ACTION*)”. Na figura 4 abaixo é possível verificar o giro PDCA.

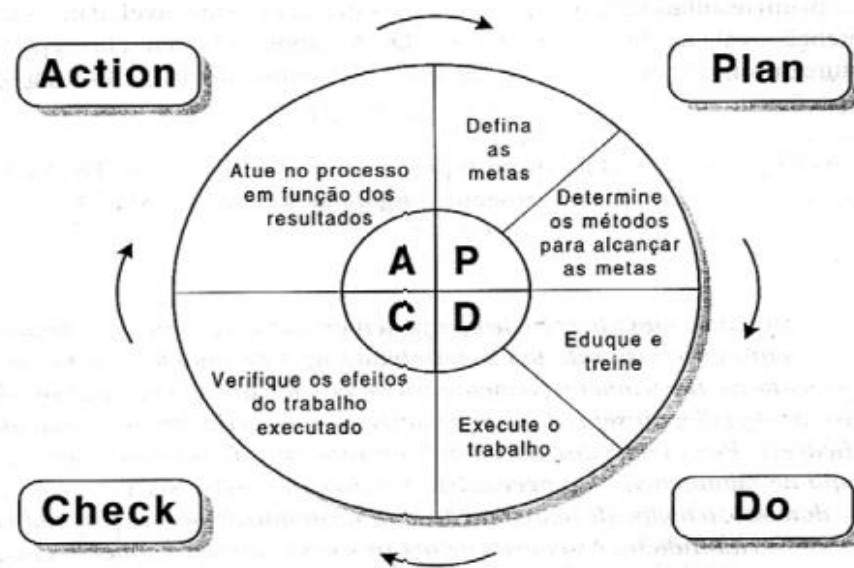


Figura 4 – Giro PDCA
Fonte: Xenos (1998)

Observa-se na figura 4 o giro do ciclo PDCA representando as 4 etapas da ferramenta. De acordo com Xenos (1998) na fase de planejamento é estabelecido as metas e como alcança-las. Na fase da execução é para realizar o treinamento e educar os colaboradores envolvidos no processo. Já na verificação é necessário observar se os resultados estão progredindo com a meta estabelecida. E na fase da ação caso o processo não esteja progredindo com a meta definida, é necessário atuar no processo com os resultados obtidos.

Para Lima *et al apud* Corrêa (2007) o ciclo PDCA evita erros lógicos nas análises e padroniza as informações do controle da qualidade tornando as informações mais fáceis de se entender. A ferramenta pode ser utilizada também direcionada para melhoria contínua.

Conforme Costa *et al apud* Silva (2017) o conceito da abordagem PDCA reside não apenas na implementação da mudança estratégica, mas também na melhoria contínua do ciclo organizacional, composto por quatro fases representado na tabela 3.

Tabela 3 – Etapas do ciclo PDCA

P	Planejar (<i>Plan</i>) – esta fase parte da preexistência de descrição e entendimento básico do que se pretende com todo processo. Consiste em definir as ações necessárias, dimensionar os recursos e condições, identificar as dependências e as implicações, atribuir às responsabilidades e especificar o processo de medição do desempenho e dos resultados esperados. Esta fase é considerada concluída quando um plano suficientemente detalhado para suportar a execução está propondo e aprovando para implantação. É nesta fase que se elegem os itens prioritários para implantação.
D	Executar – (<i>Do</i>) – execução das ações determinadas no plano, desde a obtenção de recursos e condições até a implantação do processo de medição e controle. Seu resultado é um conjunto de sistemas, processos, equipamentos ou que mais tenha sido objetivado no plano, devidamente implementado e em condições de ser operado e de produzir os efeitos desejados.
C	Verificar ou controlar (<i>Control/Check</i>) – mais do que se medir, implica assegurar que o processo tenha sido executado mediante observação cuidadosa de seu desempenho planejado na fase P. para isso, usam-se relatórios de acompanhamento e de desvios, mostrando o atendimento ou não dos parâmetros de controle estabelecidos.
A	Atuar (<i>Act</i>) – na verdade, mais apropriadamente, deveríamos denominar esta fase por “como aprender com erros e acertos”, pois ela é a utilização prática dos resultados do processo, bons ou maus, para serem introjetados na cultura e nos métodos e sistemas da organização. Assim, a fase anterior (verificar ou controlar) duas conclusões básicas podem decorrer: ou tudo correu bem, ou houve problemas. Na primeira hipótese, mais favorável o processo delineado experimentalmente no planejamento e que foi bem-sucedido deve ser institucionalizado e transformado em padrão para o futuro. As pessoas precisam ser treinadas ou educadas para agir daquela maneira que deu certo, seguindo-se, em um novo ciclo, as fases de planejar, executar, verificar e atuar. Isso implica que a organização aprende com o que deu certo.

Fonte: Costa *et al apud* Silva (2017)

Observa-se na tabela 3 a explicação e que deve ser executado em cada etapa do ciclo PDCA.

Segundo Fundação de Estudos Sociais do Paraná *et al apud* Corrêa (2007) cada vez que se repete o ciclo PDCA para resolução de um problema ele fica mais complexo, como pode-se observar na figura 5.

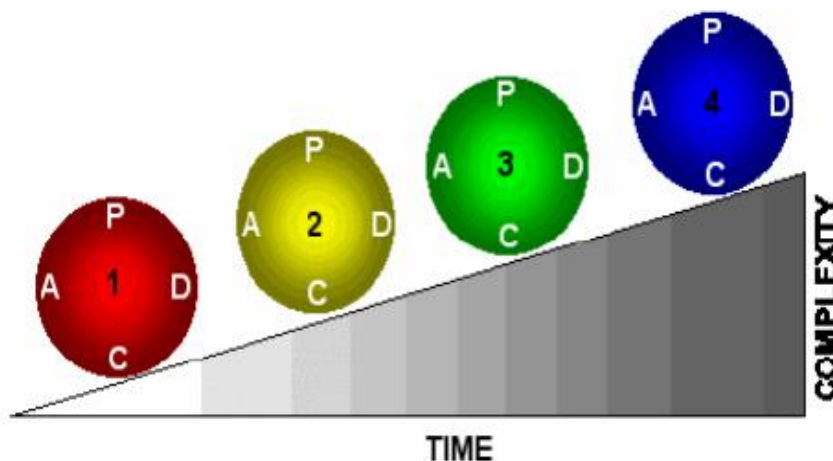


Figura 5 – Complexidade do giro PDCA de acordo com o tempo.

Fonte: Fundação de Estudos Sociais do Paraná *et al apud* Corrêa (2007)

Observa-se na figura 5 de acordo com Fundação de Estudos Sociais do Paraná *et al apud* Corrêa (2007) que toda vez que o ciclo PDCA é repetido para solução de problemas, melhoria contínua ou padronização de processos, a complexidade de resolver todo o ciclo aumenta, pois, os planos tornaram-se mais ousados, mais difíceis de implementar, metas mais difíceis de alcançar, requisitos de treinamento e qualificação mais altos, dentre outros.

Campos *apud* Andrade (2003, p. 12) aborda sobre o gerenciamento de rotina:

O Gerenciamento da Rotina pelo enfoque de gerenciamento dos processos voltado à qualidade de conformidade, em uma atitude gerencial de executar de acordo com padrões previamente estabelecidos. Os esforços do Gerenciamento da Rotina são orientados no sentido de eliminar não conformidades provindas da variação nos processos, e eventualmente eliminá-las, no intuito de promover uma melhoria do processo produtivo. Nesse caso, recomenda-se a utilização do Ciclo SDCA, que segue a mesma sistemática do Ciclo PDCA, sendo, no entanto, utilizado para manter o padrão dos processos em andamento.

Conforme Moreira *et al apud* Sardinha (2008, p.3) a aplicação do ciclo PDCA juntamente com a implantação do giro SDCA:

A utilização do ciclo do PDCA de acordo com Moreira (2003) é a primeira parte a ser aplicada sendo caracterizada por melhoria do processo, e para se manter a melhoria conseguida no PDCA, deve-se empregar um novo ciclo chamado por padronização objetivando manter os resultados obtidos pelo SDCA (Standard, Do, Check, Action), isto é:

- S (Standard – padrão): estabelecimento de metas padrão e de procedimentos operacionais padrão;
- D (Do - treinamento e supervisão do trabalho): avaliação para saber se tudo está sendo cumprido na execução das tarefas;
- C (Check - verificação e avaliação): se as metas foram ou não alcançadas;
- A (Action - ação): caso a meta não tenha sido atingida adotar ação corretiva removendo os sintomas, agindo nas causas.

Sardinha *et al* (2008) indaga que o ciclo SDCA ajuda a padronizar as iniciativas propostas, garantindo o alinhamento com metas e objetivos, atingindo assim um dos princípios de uma organização orientada estrategicamente, que deve ser realizado em um processo permanente de monitoramento e avaliação, aliado a ações de melhoria contínua permitindo construir uma cultura estratégica que permeia toda a organização, vinculando a estratégia ao dia a dia da empresa.

Para Xenos (1998) o SDCA faz um giro para manter as metas, enquanto o PDCA faz um giro para atingir as metas de melhoria. O relacionamento entre o PDCA para manter

resultados (SDCA) e o PDCA para melhorar os resultados forma o conceito de melhoramento contínuo, ou seja, *kaizen*. Pode-se verificar na figura 6.

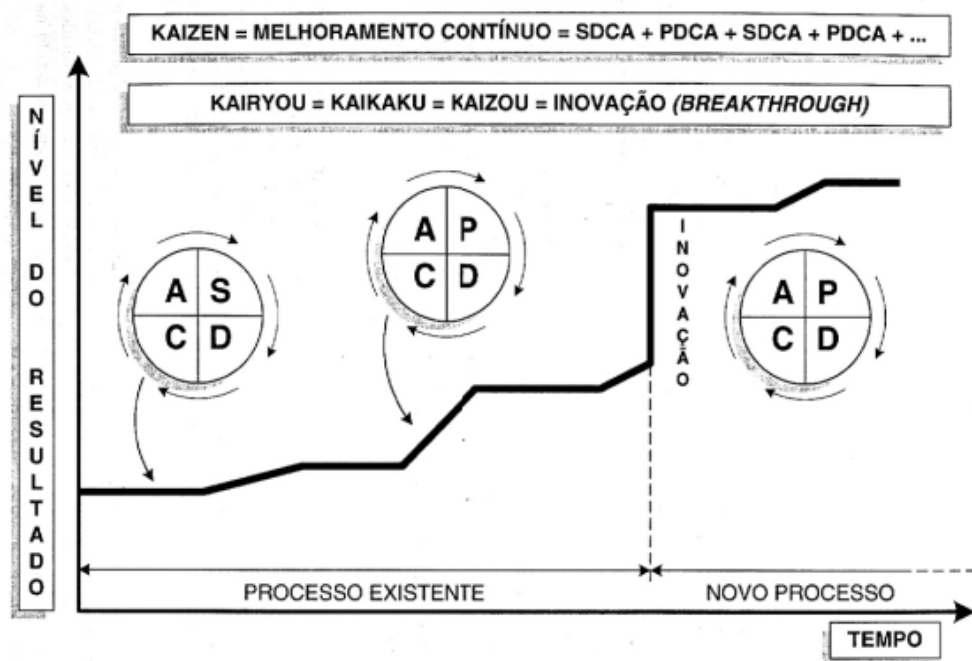


Figura 6 – Melhoramento Contínuo na Manutenção dos Equipamentos.
Fonte: Xenos (1998)

Observa-se na figura 6 que o melhoramento do ciclo SDCA gera uma melhoria para o processo ao aplicar o PDCA.

Conforme Campos *apud* Mariani (2005) o giro PDCA e o SDCA pode buscar o aperfeiçoamento de um processo e padroniza-los, pode-se observar na figura 7.

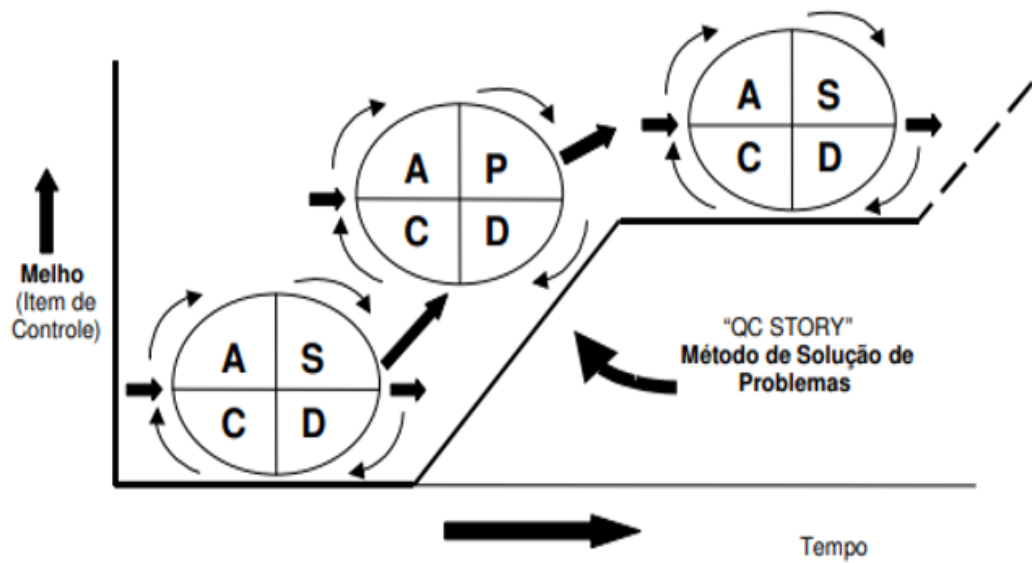


Figura 7 – Método PDCA de manutenção e de melhoria.
Fonte: Campos *apud* Celso (2005)

Observa-se na figura 7 como pode ser executado o aprimoramento de um processo onde após a aplicação do SDCA pode-se aplicar uma melhoria através de uma nova meta girando novamente o PDCA e padronizando o aperfeiçoamento com o ciclo SDCA, onde pode-se repetir novamente o processo trazendo mais melhorias para o processo.

2.5 Kaizen

A aplicação do *kaizen* em processos produtivos pode gerar retornos benéficos para as organizações focalizando em melhorias nos processos e equipamentos.

Conforme Ortiz (2010) *kaizen* é uma palavra japonesa que indica melhoria contínua e mudanças incrementadas. Segundo ele a filosofia da metodologia *kaizen* deve envolver todas as pessoas da organização gerando melhoria global à empresa a fim da eliminação de desperdícios aprimorando a forma que a empresa executa suas atividades respondendo melhor as necessidades dos clientes em função a entregas no prazo, custo competitivo e qualidade elevada.

O *kaizen* para Fonseca *et al* (2016, p.7) é definido da seguinte como:

O *Kaizen* tem sido chamado de “a filosofia mais poderosa da administração” por possuir ferramentas que envolvem todos dentro da empresa, em busca de melhoria dos negócios. Traduz-se *Kaizen* como Kai = melhoria / Zen = contínua, onde não significa somente fazer melhor as coisas, mas procurar também conquistar resultados específicos como eliminação de desperdício,

de tempo, dinheiro, material e esforço; elevando a qualidade de produtos, serviços, relacionamentos, conduta pessoal e desenvolvimento de empregados, reduzindo os custos de projeto, fabricação, estoque e distribuição; transformando o atendimento ao cliente em um processo natural e interminável.

Segundo Rother e Shook (1999) a aplicação do *kaizen* se divide em dois tipos, como na figura 8.

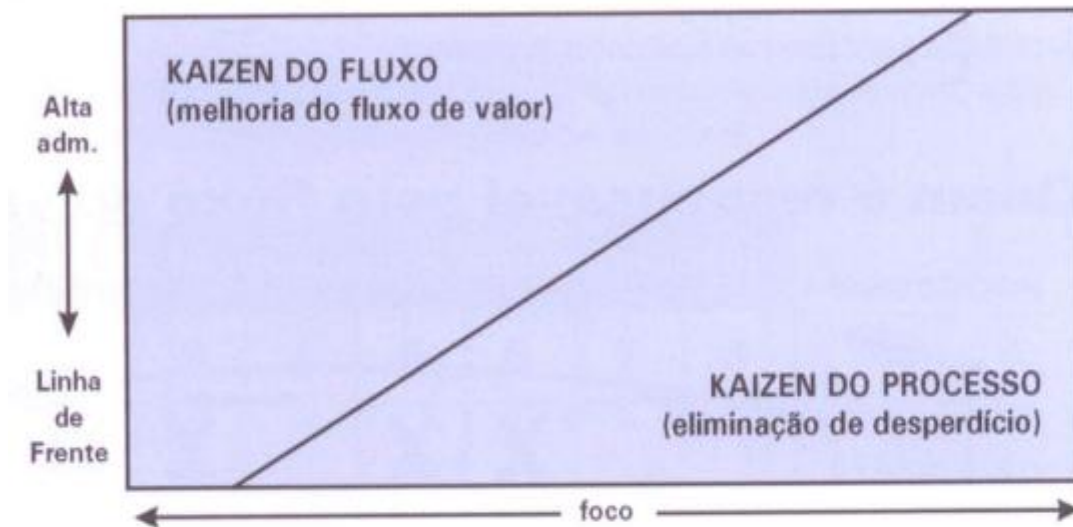


Figura 8 - Dois tipos de *Kaizen*
Fonte: Rother e Shook (1999)

Observa-se na figura 8 de acordo com Rother e Shook (1999) a existência de dois tipos de *kaizen*: o de fluxo relacionado ao gerenciamento e o de processo que envolve o desenvolvimento individual referente às equipes de trabalho e líderes. Para eles, melhorar um método aprimora o outro, onde o *kaizen* de fluxo foca no fluxo de material e informação e o *kaizen* de processo realça as pessoas e o processo.

De acordo com Teian *apud* Singh e Singh (2009) é além de um processo de melhoria pois representa as dificuldades do cotidiano em um ambiente de trabalho e forma de superá-las podendo ser aplicada em qualquer área que necessite de melhorias.

Para Imai (2014) o primeiro passo no processo de melhoria é estabelecer o ciclo PDCA (planejar-executar-verificar-agir) como uma ferramenta para garantir a continuidade da melhoria para alcançar uma política de manutenção e melhoria dos padrões. *Kaizen* é um processo de resolução de problemas, com isso, para entender e resolver adequadamente um problema, ele deve ser identificado e os dados relevantes coletados e analisados.

Ortiz (2010) indaga que em uma organização baseada em *kaizen*, a melhoria do processo envolve todos, desde a liderança executiva até os funcionários iniciantes. Isso inclui a criação de ideias de melhoria, análise de processos, fases de preparação, implementação e treinamento. A filosofia *kaizen* não apenas incentiva os trabalhadores da produção a sugerir melhorias, mas também os encoraja a realiza-lo. Além de expandir a criatividade dos funcionários, as atividades *kaizen* ensinam às pessoas os conceitos de trabalho em equipe, cumprimento de prazos, interação com diferentes personalidades e busca pela excelência. As relações profissionais e pessoais são desenvolvidas durante as atividades *kaizen* e continuam após o término dessas atividades.

Oribe (2022) retrata sobre as ferramentas tecnológicas aplicável ao *kaizen*, incluindo hardware, software e base de dados, basicamente pode ser empregada para: comunicação e interação; coleta de dados, informações e evidências; análise de dados e de informações; simulação de solução; controle do projeto; manutenção de dados, estudos e registros; apresentações e palestras e aprendizado.

Imai (2005, p. 7) aborda que “ o *kaizen* é um processo contínuo e envolve todos na organização, na hierarquia da administração, todos estão envolvidos em aspectos do *kaizen*”. A tabela 4 demonstra as atribuições da hierarquia de envolvimento no *kaizen*.

Tabela 4 – Hierarquia de Envolvimento no *Kaizen*

Alta Gerência	Média Gerência	Supervisores	Operários
Estar determinada a introduzir o KAIZEN como estratégia da corporação	Distribuir e implantar as metas do KAIZEN, orientadas pela alta gerência, através de desdobramento do plano de ação e de administração multifuncional	Usar o KAIZEN nas tarefas funcionais	Participar do KAIZEN através do sistema de sugestões e das atividades em pequenos grupos
Oferecer apoio e direção para o KAIZEN pela distribuição de recursos	Usar o KAIZEN nas capacidades funcionais	Formular planos para o KAIZEN e oferecer orientação aos operários	Praticar a disciplina na área de trabalho
Estabelecer o plano de ação do KAIZEN e as metas multifuncionais	Estabelecer, manter e melhorar os padrões	Melhorar a comunicação com os operários e manter o moral elevado.	Envolver-se no contínuo desenvolvimento próprio para tornar-se melhor solucionador de problemas
Realizar as metas do KAIZEN através de desdobramento do plano de ação e verificações.	Conscientizar os empregados sobre o KAIZEN através de programas intensivos de treinamento	Apoiar as atividades em pequenos grupos (como os círculos de qualidade) e o sistema de sugestões individuais	Ressaltar a habilidade e a experiência no desempenho do serviço, aprendendo várias funções
Criar sistemas, procedimentos e estruturas úteis para o KAIZEN	Ajudar os empregados a desenvolverem habilidades e ferramentas para a solução de problemas	Introduzir a disciplina na área de trabalho	
		Oferecer sugestões de KAIZEN	

Fonte: Imai (2005).

Observa-se na tabela 4 as responsabilidades que deve ser realizada dentro da divisão hierárquica dentro de uma organização referente a implantação e monitoramento dos *kaizens*.

3 METODOLOGIA

3.1 Tipos de pesquisas

Para o desenvolvimento da pesquisa foi-se necessário classificar os tipos de pesquisas desenvolvidas afim de contribuir com as análises do caso e gerar embasamento teórico.

Para a realização do estudo foi-se necessário classificar a pesquisa qualitativa.

Chapoulie *et al apud* Poupart (2008, p. 255) aborda que a pesquisa qualitativa para eles “implica a atividade de um pesquisador que observa pessoalmente e de maneira prolongada situações e comportamentos pelos quais se interessa, sem reduzir-se a conhecê-los somente por meio das categorias utilizadas por aqueles que vivem essas situações”.

Já segundo Godoy (1995, p. 21) para a pesquisa qualitativa, os pesquisadores entram em campo buscando capturar o fenômeno que está sendo estudado a partir da perspectiva dos envolvidos, levando em consideração todas as perspectivas relevantes. De acordo com ele, é necessário coletar e analisar vários tipos de dados para entender a dinâmica do fenômeno.

Para aplicar a metodologia *kaizen* na troca da correia transportadoras foi necessário observar-se a situação em prática e analisar dados para identificar possível melhoria no processo se enquadrando na pesquisa qualitativa.

Uma outra forma de pesquisa utilizada para o estudo foi a pesquisa exploratória.

Severino (2014, p. 107) indaga que a pesquisa exploratória “busca apenas levantar informações sobre um determinado objeto, delimitando assim um campo de trabalho, mapeando as condições de manifestação desse objeto”.

O envolvimento na prática da pesquisa exploratória para Selltiz *apud* Gil (2002, p.41) é que “na maioria dos casos, essas pesquisas envolvem: (a) levantamento bibliográfico; (b) entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado; e (c) análise de exemplos que “estimulem a compreensão””.

Para a realização dessa pesquisa foi-se necessário levantar informações através de entrevistas, acessar documentos padrões e acompanhar a atividade enquadrando-se na pesquisa exploratória.

Para o desenvolvimento do estudo foi necessário realizar a pesquisa bibliográfica.

Segundo Gil (2002, p. 44) “a pesquisa bibliográfica é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos”.

Já para Marconi e Lakatos (2003, p.183) a pesquisa bibliográfica “propicia o exame de um tema sob novo enfoque ou abordagem, chegando a conclusões inovadoras”.

Para gerar um embasamento teórico foi-se necessário realizar a pesquisa bibliográfica utilizando-se materiais como artigos científicos, teses, trabalho de conclusão de cursos e livros.

Uma forma para analisar os processos do desenvolvimento do estudo foi essencial realizar a pesquisa documental.

Severino (2014) retrata que a pesquisa documental é sobre fontes de documentos que são matéria prima onde o pesquisador desenvolve sua investigação e análise.

Para Marconi e Lakatos (2003, p. 174) a caracterização da pesquisa documental é vista como “a fonte de coleta de dados está restrita a documentos, escritos ou não, constituindo o que se denomina de fontes primárias. Estas podem ser feitas no momento em que o fato ou fenômeno ocorre, ou depois”.

No desenvolvimento da pesquisa foi-se aplicado a pesquisa documental havendo averiguação nos documentos padrões de execução da tarefa com a exposição dos riscos pertinente ao realizar a atividade.

Para o acompanhamento do caso da pesquisa e para representar os resultados necessitou-se realizar o estudo de caso.

Segundo Severino (2014, p.105) o estudo de caso é uma “pesquisa que se concentra no estudo de um caso particular, considerado representativo de um conjunto de casos análogos, por ele significativamente representativo”.

Conforme Martins (2008, p.11) o estudo de caso “busca-se apreender a totalidade de uma situação e, criativamente, descrever, compreender e interpretar a complexidade de um caso concreto, mediante um mergulho profundo e exaustivo em um objeto delimitado”.

Para a realização da pesquisa foi-se selecionado um caso de aplicação da metodologia *kaizen* na troca da correia transportadora em uma mineradora sendo necessário conhecer todo procedimento afim de analisar os resultados da metodologia.

3.2 Materiais e métodos

Para prosseguir com o estudo foi-se necessário determinar e aplicar a utilização de métodos e averiguar materiais. Observa-se na figura 9.

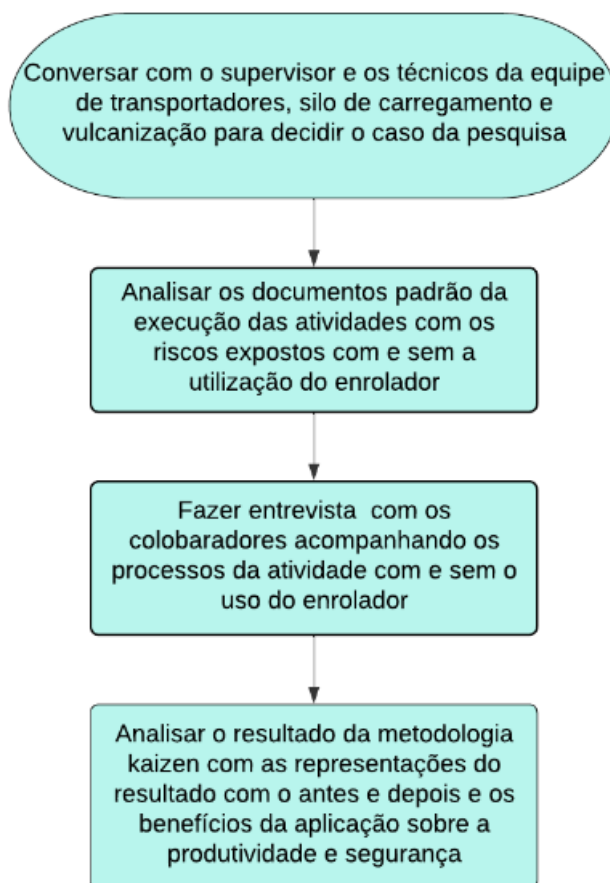


Figura 9 – Fluxograma da Metodologia.
Fonte: Pesquisa direta (2022)

Observa-se na figura 9 o procedimento seguido para realização do estudo, onde, primeiramente, foi-se realizado entrevistas para decidir o caso da pesquisa, em seguida, foi-se analisado os documentos padrões para identificar o como deve ser realizado a atividade e os riscos expostos.

Prosseguido, foi-se necessário acompanhar a atividade em campo com e sem a utilização do enrolador juntamente com a realização de entrevistas com os colaboradores executantes da atividade. Em seguida analisar-se os resultados da metodologia *kaizen* no processo da troca da correia transportadora expondo-se os resultados alcançados em função do tempo da atividade e segurança.

3.3 Variáveis e Indicadores

É importante considerar as variáveis e indicadores para garantir a possibilidade de analisar a aplicação da metodologia *kaizen* na troca da correia transportadora.

Para Marconi e Lakatos (2003, p.137) as variáveis é “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”.

A classificação de indicadores de acordo com Tadachi e Flores *apud* Pereira (2019, p. 30) são “maneiras de representar de forma quantificável as características de produtos e processos, que geralmente são utilizados pelas organizações com o intuito de gerir e melhorar a qualidade e o desempenho dos seus produtos ao longo do tempo”.

Na tabela 4 pode-se verificar a variável e indicadores da pesquisa.

Tabela 5 – Variável e Indicadores

Variável	Indicadores
Metodologia <i>Kaizen</i>	- Análise da atividade - Processo antes da aplicação do <i>kaizen</i> - Resultado após a aplicação do <i>kaizen</i>

Fonte: Pesquisa direta (2022)

Observa-se na tabela 5 os indicadores para representar a resposta da metodologia *kaizen* necessitando-se relatar os resultados obtidos com a representação da atividade antes e após à aplicação da metodologia.

3.4 Instrumento de coleta de dados

Para a realização da pesquisa a coleta de dados foi feita por entrevista com o supervisor, técnicos e executantes da atividade. Além disso, foi feita a observação direta com o acompanhamento da realização da atividade com e sem a utilização do enrolador no processo da troca da correia transportadora.

3.5 Tabulação dos dados

Os dados tabulados foram-se realizados através do *software Microsoft Excel* e o registro dos resultados por meio do *software Microsoft Word*.

3.6 Considerações finais do capítulo

Neste capítulo foram apresentadas as ferramentas utilizadas para a concretização desta pesquisa, cujos instrumentos escolhidos, estão de acordo com o objeto proposto na mesma.

No capítulo seguinte serão apresentadas as análises dos resultados relativos à primeira parte do questionário que diz respeito às características gerais da empresa e sua atuação no mercado de uma forma geral.

4 RESULTADOS

4.1 Características da empresa / setor

O estudo foi realizado em mineradora, onde a sua principal atividade é voltada para a mineração de minério de ferro, pelotas, níquel, manganês, ferroligas, cobre, ouro, prata e cobalto. Além das operações com a mineração também é realizado serviços em logística e energia. Em logística, integra minas, ferrovias, navios e portos afim de garantir eficiência durante o transporte dos materiais. Já em energia, com o intuito da geração própria a captação é realizada através de centrais hidrelétricas e eólicas.

O processo produtivo como um todo inicia-se com a exploração mineral com a descoberta de depósitos minerais com intuito das descobertas de novas jazidas permitindo a implantação de novos projetos a procura de matéria prima. O carregamento é responsável por transportar o material extraído para o beneficiamento.

As correias transportadoras realiza-se a locomoção do material de mina a usina, dos viradores às empilhadeiras, das recuperadoras aos carregadores de navio dentre outras combinações possíveis tornando-se um sistema indispensável de transporte. As pilhas para o processo de descarga, transferência e circulação é disponibilizada através das empilhadeiras e recuperadoras acopladas nas correias.

O beneficiamento do material é realizado através de algumas etapas como a moagem, deslamagem, flotação e concentração magnética. Os processos utilizados para o aproveitamento é a britagem, peneiramento e concentração. Após o beneficiamento o produto é apropriado para o transporte rodoviário, ferroviário e marítimos atravessando oceanos através dos portos a fim de realizar a entrega do material aos clientes. Observa-se a cadeia de negócios na figura 10.



Figura 10 – Cadeia de negócios.
Fonte: Empresa estudada (2023)

Através da figura 10 pode-se verificar toda cadeia produtiva da empresa até o fornecimento do produto final ao cliente e sua utilização onde as etapas são realizadas com segurança prezando pela vida dos empregados.

A empresa apresenta uma estrutura organizacional, como pode-se verificar na figura 11.

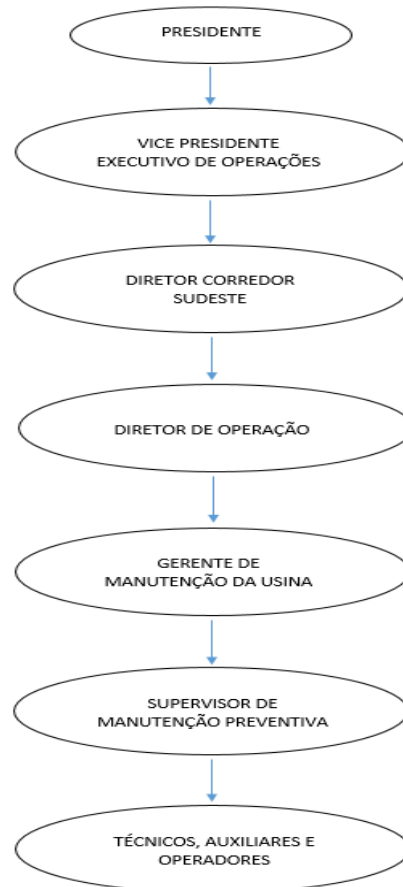


Figura 11 – Organograma da empresa.
Fonte: Pesquisa direta (2023)

Observa-se na figura 11 a divisão hierárquica da empresa do presidente, cargos de liderança até os operadores executantes das atividades. O papel de um gerente de manutenção de usina é garantir a disponibilidade, confiabilidade e eficiência dos equipamentos e sistemas da usina por meio do planejamento, organização e execução das atividades de manutenção. Algumas das principais responsabilidades de um gerente de manutenção incluem planejamento de manutenção, gerenciamento de equipe, gerenciamento de custos, monitoramento de métricas, melhoria contínua e segurança.

O supervisor de manutenção preventiva é responsável por garantir que todas as atividades de manutenção preventiva sejam efetivamente planejadas, programadas e executadas. Além disso, desempenha importante papel na coordenação das equipes de manutenção e no acompanhamento do desempenho das atribuições, acompanhando as atividades com ênfase na segurança dos colaboradores, melhoria contínua e diálogo aberto.

4.2 Descrição do equipamento

As correias transportadoras desempenham um papel vital na indústria de mineração e são amplamente utilizadas para transportar materiais a granel com eficiência em diferentes estágios do processo de mineração. Eles são projetados para suportar condições extremas, como ambientes corrosivos, altas temperaturas, umidade e grandes quantidades de poeira.

A principal função de uma correia transportadora é mover o material de forma contínua e eficiente de um ponto a outro. São alimentados por tambores elétricos cujo funcionamento é controlado por um sistema automatizado para garantir um fluxo constante de material, transportando grandes quantidades de material por longas distâncias e aumentando assim a produtividade.

As correias transportadoras usadas na indústria de mineração são normalmente compostas de várias camadas de material resistente que fornecem a resistência necessária para transportar materiais a granel.

O mais comum é os cavaletes, que é a estrutura principal da correia transportadora, responsável por sustentar e dar rigidez ao conjunto, geralmente feito de aço ou estrutura metálica reforçada. Rolos de carga e retorno montados em suportes em intervalos regulares ao longo do caminho da correia transportadora. Eles são projetados para suportar o peso da correia e do material transportado, minimizando o atrito e permitindo que a correia se mova suavemente. Polias tensoras e contrapesos são componentes importantes que permitem ajustar a tensão na correia. Nas figuras 12 e 13 pode-se verificar os componentes de um transportador.



Figura 12 – Componentes do transportador.
Fonte: Pesquisa direta (2023)



Figura 13 – Transportador.
Fonte: Pesquisa direta (2023)

Nas figuras 12 e 13 é possível verificar a estrutura de um transportador com os cavaletes que suportam a estrutura, os rolos de carga, os rolos de retorno e a correia transportadora que são componentes essenciais para realizar o transporte dos materiais.

O sistema de acionamento consiste em um motor e um mecanismo de transmissão composto por vários componentes que trabalham juntos para garantir a eficiência e o desempenho adequado da correia transportadora. Observa-se na figura 14.



Figura 14 – Conjunto de acionamento do transportador.
Fonte: Pesquisa direta (2023)

A figura 14 demonstra o conjunto de acionamento de um transportador com um motor elétrico, redutor e dois acoplamentos. O motor elétrico é a fonte de energia do sistema de acionamento, amplamente utilizado devido à sua eficiência, confiabilidade e facilidade de controle. Um redutor é necessário para reduzir a velocidade do motor para a velocidade adequada para a correia transportadora, e consiste em um conjunto de engrenagens que reduzem a velocidade do motor e aumentam o torque que aciona o sistema. E o acoplamento é utilizado como a transmissão entre os equipamentos.

Diferentes tipos de correias transportadoras são utilizados na mineração, dependendo das necessidades e condições específicas de cada operação. Alguns exemplos incluem correias transportadoras de cabo de aço, correias transportadoras têxteis e correias transportadoras de malha metálica. Cada tipo possui características e propriedades distintas para atender a diferentes requisitos de carga, resistência e flexibilidade.

No entanto, é importante ressaltar que as correias transportadoras exigem manutenção regular e cuidados adequados para garantir sua operação eficiente e segura. Isso inclui inspeções periódicas, limpeza, lubrificação, ajustes de tensão, substituição de componentes desgastados, trabalhos com reparos, execução de emendas e troca da correia.

É relevante destacar que os materiais e as especificações exatas das correias transportadoras na mineração podem variar dependendo do tipo de minério ou material transportado, das condições de operação e das normas específicas da indústria. Portanto, as composições podem ser adaptadas para atender às necessidades específicas de cada aplicação.

4.3 Descrição do problema

A atividade de troca da correia transportadora é realizada em função do desgaste adquirido com a operação analisando-se através de ultrassom ou por inspeção visual decorrente de alguma anomalia. Para realizar a troca da correia utilizava-se equipamentos de apoio como o guindaste, trator, caminhão guindauto, ou carregadeira para realizar o arraste da correia. Verifica-se na figura 15.



Figura 15 – Troca da correia com carregadeira.
Fonte: Pesquisa direta (2023)

A figura 15 demonstra a realização da troca da correia transportadora utilizando-se a carregadeira como equipamento auxiliar para realizar o arraste da correia transportadora. A utilização da carregadeira, guindaste, trator ou caminhão guindauto aplica-se as mesmas condições.

A realização da substituição da correia com a carregadeira gera uma grande quantidade de mão de obra expondo várias pessoas em situação de risco. O raio para realizar a

atividade é bem grande necessitando-se de comunicação via rádio entre os colaboradores em diversos pontos para manter a comunicação a distância e manter a segurança de todos. O custo é elevado devido a quantidade de mão de obra necessária e pela disponibilidade do equipamento auxiliar incluindo o operador da mesma. Além disso, gera grande quantidade de resíduos na área. Observa-se na figura 16.



Figura 16 – Resíduos gerados pela substituição da correia.
Fonte: Pesquisa direta (2023)

Pode-se analisar na figura 16 a quantidade de resíduos gerados ao executar a troca da correia transportadora, devido a isso, é necessário cortar a correia em formas de tiras para realizar o içamento garantindo o descarte da mesma. O içamento é realizado com equipamentos auxiliares, guindaste ou caminhão guindauto expondo pessoas à risco. Além disso, deve-se disponibilizar um caminhão para inserir o material de descarte para que o mesmo seja direcionado ao local de descarte apropriado. Conclui-se que a troca da correia transportadora com a utilização da carregadeira gera exposição à riscos, elevada mão de obra, alto custo e acúmulo de material na área de operação.

4.4 Aplicação do *kaizen*

Para determinar a troca da correia transportadora na mineradora do estudo é realizado a inspeção sensitiva/visual e a inspeção preditiva. Na inspeção sensitiva é estipulado a troca ao averiguar na superfície da correia após o desgaste da borracha a exposição do cabo de aço

ou da lona, quando acontece rasgos comprometedores ou descolamento da emenda e por rompimento.

Já na inspeção preditiva é realizada periodicamente a medição da espessura da correia em um transportador através de um aparelho de ultrassom trimestralmente onde a correia de lona tem 10 mm de espessura na carga e 6 mm no retorno. Já a correia de cabo de aço que é utilizada em correias de longa distância tem 14 mm na carga e 6 mm no retorno. Quando se utiliza o aparelho de ultrassom e a medida for igual ou menor a 3 mm para chegar no cabo de aço ou lona é definido a necessidade de realizar a troca da correia.

A junção da correia nova com velha para realizar o procedimento de troca é feita por grampeamento ou por emenda de sacrifício, que é uma emenda que vai ser descartada depois da realização da troca onde vai ter que ser realizado posteriormente uma emenda unificando a correia nova. Avista-se na figura 17.



Figura 17 – Grampeamento da correia nova com a desgastada.
Fonte: Pesquisa direta (2023)

A figura 17 mostra como é realizada a junção da correia nova com a velha através do grampeamento para realizar a troca.

A aplicação do *kaizen* constitui-se na implementação do enrolador no processo da troca da correia transportadora, observa-se na figura 18.



Figura 18 – Enrolador.
Fonte: Pesquisa direta (2023)

A figura 18 é o enrolador de correia projetado para facilitar o processo de substituição das correias transportadoras. Ele é acionado por um motor elétrico através de um painel fixo e por controle remoto cabeado a distância que tem botoeiras de acionamento, parada e parada de emergência permitindo-se a operação à distância. Em área, para disponibilizar o enrolador para a operação é fornecido um gerador de eletricidade juntamente com um eletricista para manter a segurança dos colaboradores.

Ao aplicar o enrolador no processo de substituição da correia ele desempenha uma funcionalidade importante no processo pois permite enrolar a correia desgastada à medida que introduz a nova correia no transportador. Verifica-se na figura 19 e 20.



Figura 19 – Enrolador em operação.
Fonte: Pesquisa direta (2023)



Figura 20 – Enrolador em operação.
Fonte: Pesquisa direta (2023)

Nas figuras 19 e 20 é possível verificar o suporte da correia nova alinhada com o enrolador em operação onde ao mesmo instante em que a correia velha está sendo recolhida pelo torque exercido do enrolador a nova correia é inserida acontecendo a substituição da correia.

Com a implementação do enrolador é eliminado e reduzido situações de riscos aos colaboradores. Para executar uma atividade em área é essencial os operadores ter conhecimento dos riscos expostos em área no momento de executar a atividade, com isso, é

obrigatório está em mãos com o documento de análise de risco que aborda todos os passos da tarefa com as situações de riscos e com a classificação dos mesmo que é determinado por risco muito alto, alto, médio e baixo. Além da classificação dos riscos o documento apresenta as causas, consequências e as medidas de controle. Avista-se nas tabelas 6 e 7.

Tabela 6 – Análise de risco sem utilização do enrolador

PASSO DA TAREFA	SITUAÇÃO DE RISCO	CAUSA	CONSEQUÊNCIA	PROBABILIDADE	SEVERIDADE	RISCO RESULTANTE	MEDIDA DE CONTROLE
PASSAGEM DA NOVA CORREIA COM EQUIPAMENTO AUXILIAR (GUINDASTE, GUINDAUTO, CARREGADEIRA, TRATOR, PONTE ROLANTE, REBOBINADOR DE CORREIA, TIFONI). 17 - REALIZAR	PRENSAMENTO DO CORPO OU PARTES DO CORPO	DURANTE O MANUSEIO DOS ACESSÓRIOS DE IQÇAMENTO OU ARRASTE DA CORREIA. IQÇEDA DA CORREIA POR ROMPIMENTO DE ACESSÓRIOS DE IQÇAMENTO.	Efeito irreversível à integridade do físico do portador da comunidade camarelo incapacitante temporária, E/OU lesão incapacitante ou fatalidade do empregador próprio ou terceiro.	POUCO PROVÁVEL	GRAVE	ALTA	UTILIZAR LUVAS ANTI IMPACTO. EFETUAR AMARRAÇÃO CORRETA E SEGURA DA CORREIA. NÃO FICAR/PERMANECER PRÓXIMO A CARGA SUSPensa. UTILIZAR DISPOSITIVO DE IQÇAMENTO COMPATÍVEL COM A CARGA A SER IQÇADA/ARRASTADA. INSPECIONAR CONDIÇÕES ATUAIS DO CABO ANTES DE INICIAR A ATIVIDADE E FAZER CHECK LIST. ISOLAR/SINALIZAR A ÁREA DE TRABALHO COM BARREIRAS FÍSICAS DELIMITANDO O RAIO DA ATIVIDADE
PASSAGEM DA NOVA CORREIA COM EQUIPAMENTO AUXILIAR (GUINDASTE, GUINDAUTO, CARREGADEIRA, TRATOR, PONTE ROLANTE, REBOBINADOR DE CORREIA, TIFONI). 17 - REALIZAR	ATROPELAMENTO - VEÍCULOS OU EQUIPAMENTOS AUTOMOTORES	CIRCULAÇÃO DE PESSOAS NO ENTORNO DO EQUIPAMENTO UTILIZADO PARA O ARRASTE DA CORREIA.	Efeito irreversível à integridade do físico do portador da comunidade camarelo incapacitante temporária, E/OU lesão incapacitante ou fatalidade do empregador próprio ou terceiro.	POUCO PROVÁVEL	GRAVE	ALTA	FAZER O USO DE RÁDIO DE COMUNICAÇÃO PARA CONTATO COM O OPERADOR DURANTE A OPERAÇÃO DE ARRASTE DA CORREIA. O SINALEIRO DEVE PERMANECER NO ÂNGULO DE VISÃO DO OPERADOR. DEMAIS PESSOAS DEVEM ESTAR FORA DA LINHA DE FOGO. MANTER DISTÂNCIA DO RAIO DA ATIVIDADE
PASSAGEM DA NOVA CORREIA COM EQUIPAMENTO AUXILIAR (GUINDASTE, GUINDAUTO, CARREGADEIRA, TRATOR, PONTE ROLANTE, REBOBINADOR DE CORREIA, TIFONI). 17 - REALIZAR	ATINGIDO POR PROJEÇÃO DE MATERIAIS (FERRAMENTAS, PEÇAS, FRAGMENTOS, FAGULHAS)	PROJEÇÃO DE FRAGMENTOS ORIUNDOS DA ESTEIRA DO TRATOR	Efeito irreversível à integridade do físico do portador da comunidade camarelo incapacitante temporária, E/OU lesão incapacitante ou fatalidade do empregador próprio ou terceiro.	POUCO PROVÁVEL	GRAVE	ALTA	NÃO PERMANECER E CIRCULAR PRÓXIMO AS ESTEIRAS DO TRATOR. MANTER DISTÂNCIA DO EQUIPAMENTO SE APROXIMANDO SOMENTE COM AUTORIZAÇÃO VIA RÁDIO E APÓS A PARADA DO EQUIPAMENTO E APOIO DOS IMPLEMENTOS AO SOLO. INSPECIONAR CONDIÇÕES ATUAIS DO CABO ANTES DE INICIAR A ATIVIDADE E FAZER CHECK LIST. ISOLAR/SINALIZAR A ÁREA DE TRABALHO COM BARREIRAS FÍSICAS DELIMITANDO O RAIO DA ATIVIDADE
PASSAGEM DA NOVA CORREIA COM EQUIPAMENTO AUXILIAR (GUINDASTE, GUINDAUTO, CARREGADEIRA, TRATOR, PONTE ROLANTE, REBOBINADOR DE CORREIA, TIFONI). 17 - REALIZAR	ATINGIDO POR ROMPIMENTO DE CABOS/MANGUEIRAS/FLUIDOS SOB PRESSÃO	ROMPIMENTO DE CABOS E ACESSÓRIOS SOB TENSÃO NO MOMENTO DE ARRASTE DA CORREIA.	Efeito irreversível à integridade do físico do portador da comunidade camarelo incapacitante temporária, E/OU lesão incapacitante ou fatalidade do empregador próprio ou terceiro.	POUCO PROVÁVEL	GRAVE	ALTA	UTILIZAR OS PONTOS DE OLHAIS E PINOS ORIGINAIS DE FÁBRICA DO EQUIPAMENTO. INSPECIONAR OS COMPONENTES UTILIZADOS NO ARRASTE DA CORREIA. (COMO POR EXEMPLO MANILHAS, CINTAS, CABO DE AÇOS, OLHAIS, PINOS). NÃO PERMANECER EM TORNO DO CABO DE AÇO TENSIONADO DURANTE O ARRASTE DA CORREIA. INSPECIONAR CONDIÇÕES ATUAIS DO CABO ANTES DE INICIAR A ATIVIDADE E FAZER CHECK LIST. ISOLAR/SINALIZAR A ÁREA DE TRABALHO COM BARREIRAS FÍSICAS DELIMITANDO O RAIO DA ATIVIDADE

Fonte: Empresa estudada (2023)

Tabela 7 – Análise de risco com utilização do enrolador

Realizar o Recolhimento da Correia Pelo Enrolador	CONTATO COM - PARTES MÓVEIS OU ROTATIVAS DE ESTRUTURAS, MÁQUINAS OU EQUIPAMENTOS	Exposição de membros com o enrolador em operação	Efeitos severos reversíveis à integridade de física de pessoa(s) da comunidade ou sequela não incapacitante, E/OU lesão como afastamento de empregados próprios ou terceiros.	MUITO REMOTO	MODERADO	BAIXA	Manter boa comunicação manter distância do raio da atividade não deixar membros expostos durante a operação do enrolador isolar área do raio da atividade com barreiras físicas
Realizar o Recolhimento da Correia Pelo Enrolador	ATINGIDO POR PROJEÇÃO DE MATERIAIS (FERRAMENTAS, PEÇAS, FRAGMENTOS, FAGULHAS)	Enrolador em operação com correia com resíduos de material	Efeitos leves reversíveis à integridade de física de pessoa(s) da comunidade, E/OU restrição ao trabalho de empregados próprios ou terceiros.	MUITO REMOTO	LEVE	BAIXA	Manter boa comunicação manter distância do raio da atividade inspecionar correia antes da atividade para verificar se tem resíduos na mesma
Realizar o Recolhimento da Correia Pelo Enrolador	BATIDA CONTRA - ESTRUTURA E EQUIPAMENTOS	No manuseio do equipamento exposição de membros com o enrolador em operação	Efeitos leves reversíveis à integridade de física de pessoa(s) da comunidade, E/OU restrição ao trabalho de empregados próprios ou terceiros.	MUITO REMOTO	LEVE	BAIXA	Não fazer movimentos bruscos ao acessar o equipamento não deixar membros expostos no raio da atividade manter boa comunicação utilizar luva anti impacto/vaqueta
Realizar o Recolhimento da Correia Pelo Enrolador	CONTATO COM SUPERFÍCIE ENERGIZADA	Ao acionar/desligar o enrolador	Efeitos leves reversíveis à integridade de física de pessoa(s) da comunidade, E/OU restrição ao trabalho de empregados próprios ou terceiros.	MUITO REMOTO	LEVE	BAIXA	Inspecionar o ambiente do trabalho verificando se tem umidade Inspecionar os cabos de conexão manter área seca
Realizar o Recolhimento da Correia Pelo Enrolador	PRENSAMENTO DO CORPO OU PARTES DO CORPO	Exposição de membros com o enrolador em operação	Efeitos severos reversíveis à integridade de física de pessoa(s) da comunidade ou sequela não incapacitante, E/OU lesão como afastamento de empregados próprios ou terceiros.	MUITO REMOTO	MODERADO	BAIXA	Não expor parte do corpo no raio da atividade usar luvas anti impacto/vaqueta manter boa comunicação
Realizar o Recolhimento da Correia Pelo Enrolador	QUEDA/ESCORREGÃO/TROPEÇO (MESMO NÍVEL)	Piso irregular e área desorganizada	Efeitos leves reversíveis à integridade de física de pessoa(s) da comunidade, E/OU restrição ao trabalho de empregados próprios ou terceiros.	MUITO REMOTO	LEVE	BAIXA	Manter área limpa e organizada atenção aos arredores da atividade pois pode ter desnível no piso

Fonte: Empresa estudada (2023)

Na tabela 6 a análise de risco é sem a implementação do enrolador no processo onde é possível verificar a classificação de risco alto onde a exposição do risco é crítica podendo levar à alguma fatalidade caso não seja atendida adequadamente as medidas de controle podendo gerar acidentes de trabalho como prensamento de membros ou parte do corpo, atropelamento, atingido por projeção de materiais e atingido por rompimento de cabos.

Já na tabela 7 com a implementação do enrolador, pode-se verificar todas as classificações de risco em baixa gerando pouca exposição à riscos aos colaboradores ao executar a tarefa pois reduz muito o raio da atividade visto que não vai ser necessário utilizar um equipamento auxiliar para fazer o arraste da correia eliminando o risco por rompimento de cabos, atropelamento e prensamento.

Como o enrolador é acionado por um motor elétrico é introduzido o risco de contato com superfície energizada, mas como o enrolador tem um controle móvel cabeado onde ele pode ser acionado e desligado à distância seu risco permanece baixo. Devido a isso, ao utilizar o enrolador não é necessário permanecer colaboradores no raio da atividade durante a substituição da correia obtendo-se um alto ganho com a segurança durante a atividade.

Com a implementação do enrolador gera algumas reduções operacionais pois elimina a utilização do equipamento auxiliar de arraste e o operador da mesma. Reduz a atividade da substituição da correia em média de 3 horas com a inserção do enrolador no processo em um transportador médio de aproximadamente 1000 metros de comprimento contribuindo com o a disponibilidade do transportador, reduzindo o tempo da atividade da troca e aumentando a produtividade.

Como o raio da atividade diminui, reduz a quantidade de pessoas que deve-se ser alocados com rádio de comunicação em diversos pontos do transportador durante o arraste. Reduz em 30% a quantidade de colaboradores para executar a tarefa devido a diminuição do raio da atividade e eliminação de alguns passos da tarefa como o corte da correia quando o equipamento auxiliar atingi o limite máximo de arraste naquela localidade. Como tem-se correias de lona e de cabo de aço com diferentes dimensões e longitvidade não é possível dizer com exatidão o número exato de pessoas a se reduzir pois vai depender de cada caso específico.

Um outro ganho é a eliminação de resíduos de correia na área pois o enrolador já realiza o recolhimento da correia à ser descartada restringindo o tempo de execução para finalizar atividade por completo e reduz também a operação e tempo da atividade pois não vai

ser necessário realizar o corte da correia em tiras para realizar o içamento e fazer o descarte da correia no local apropriado com a utilização de um equipamento auxiliar como o caminhão guinduto ou guindaste e a disponibilização de um caminhão para depositar as correias após a finalização da substituição da correia, com isso, é eliminado também situações de riscos que envolve atividades de içamento como prensamento de membros, rompimento de cabos e atingido por projeção de materiais.

A metodologia *kaizen* aborda em mostrar os resultados de forma clara e objetiva. Observa-se na figura 21.

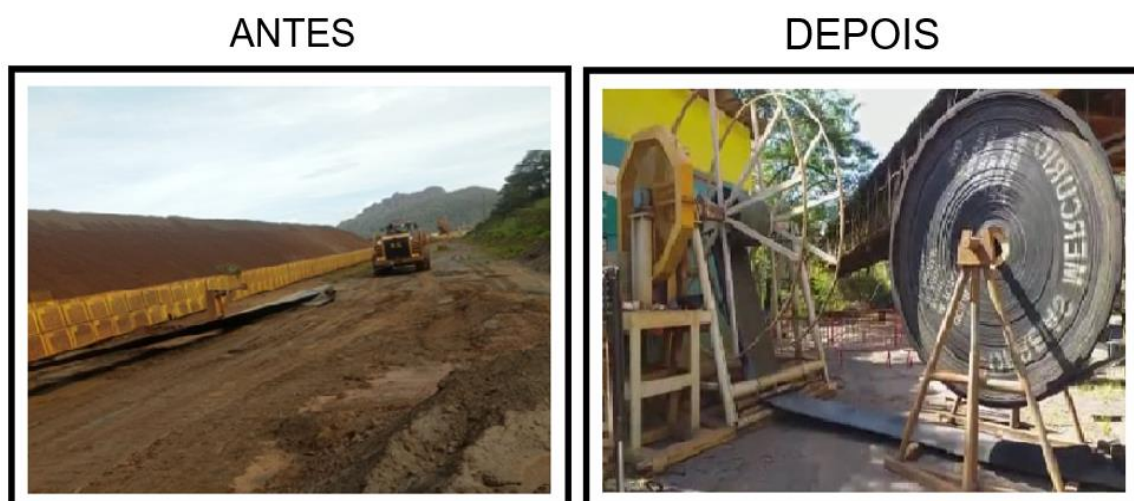


Figura 21 –Representação do processo com a aplicação do *kaizen*.
Fonte: Pesquisa direta (2023)

A figura 21 mostra a relação da condição anterior de operação com a situação depois considerando a implementação do *kaizen* onde fica evidente a redução do raio da atividade e a eliminação dos resíduos da correia na área.

5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

5.1 Conclusão

O objetivo do estudo é a implantação da ferramenta *kaizen*, melhoria contínua, no processo da troca da correia transportadora. A metodologia concentra-se na eliminação de desperdícios, no aumento da eficiência dos processos e importante função de implementar a cultura de melhoria constante no intuito de alcançar a excelência operacional envolvendo todos os colaboradores e fomentando o trabalho em equipe.

Sendo assim, com a aplicação da metodologia *kaizen* aplicado no processo de substituição da correia implementando o enrolador no processo, o trabalho consiste em responder a seguinte pergunta problema: **Como a ferramenta *kaizen* pode contribuir no processo da troca da correia transportadora em uma mineradora?**

Eliminando a utilização de equipamentos auxiliares utilizados anteriormente no processo podendo ser o guindaste, caminhão guindauto, trator ou carregadeira para fazer o arraste na correia transportadora reduzindo a exposição de pessoas durante a atividade devido a elevada redução do raio da atividade, diminuindo a classificação do risco no processo da troca da correia onde a criticidade de risco alto é adequada para baixo.

Outras contribuições é a redução de procedimentos operacionais pois elimina a utilização de operadores e de equipamentos auxiliares eliminando atividades de içamento de carga, redução de colaboradores para execução da atividade e a eliminação de alguns passos da tarefa como o corte da correia durante o processo de arraste e descarte.

Além disso, o processo não gera mais resíduos ao finalizar a substituição da correia pois o enrolador já faz o recolhimento da correia que está sendo retirada no mesmo momento que a nova está sendo inserida reduzindo também o tempo de execução da atividade disponibilizando com mais agilidade o transportador para operação contribuindo com o aumento da produtividade. Elimina a atividade posterior da troca que é o recolhimento da correia onde era necessário solicitar um equipamento auxiliar guindaste ou caminhão guindauto para fazer o descarte adequado da correia.

5.2 Recomendações

A partir do estudo realizado recomendam-se os seguintes trabalhos futuros:

- Implantação de um sistema de monitoramento automático na estrutura da correia transportadora para realizar a inspeção;
- Análise da eficácia e durabilidade da manutenção corretiva dos reparos realizados na correia transportadora;
- Implantação de suporte na estrutura da correia transportadora para realizar a troca da correia.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALMEIDA, Paulo Samuel de. **Manutenção mecânica industrial: conceitos básicos e tecnologia aplicada**. São Paulo : Érica, 2014.

ANDRADE, Fábio Felipe de. **O método de melhorias PDCA**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2003.

ARAÚJO, Cesar Augusto Campos de; RENTES, Antonio Freitas. **A metodologia kaizen na condução de processos de mudança em sistemas de produção enxuta**. Revista Gestão Industrial, v. 2, n. 2, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. NBR 5462: 1994. **Confiabilidade e Manutenibilidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

BERNARDES, Mauricio Moreira et al. **Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para micro e pequenas empresas de construção**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2001.

BRISTOT, V. M.; SCHAEFFER, L.; GRUBER, V. **Manutenção preditiva em indústria de revestimento cerâmicos**. Cerâmica Industrial, v. 17, n. 1, p. 29-35, 2012.

FACCHINI, Silmar José; SELLITTO, Miguel Afonso. **Análise estratégica da gestão da manutenção industrial de uma empresa de metalmeccânica**. Revista E-Tech: Tecnologias para Competitividade Industrial-ISSN-1983-1838, v. 7, n. 1, p. 49-66, 2014.

FARIA, Edália Azevedo de. **Elaboração e implementação de um plano de manutenção em uma indústria farmacêutica do Rio Grande do Norte**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2018.

FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. 1. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

FONSECA, Luciana *et al.* **A ferramenta kaizen nas organizações**. In: Congresso Nacional de Excelência em Gestão. INOVARSE. 2016.

FONSECA, Luciana *et al.* **A ferramenta kaizen nas organizações**. In: Congresso Nacional de Excelência em Gestão. INOVARSE. 2016. p. 29-30.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

- GODOY, Arilda Schmidt. **Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais.** Revista de Administração de empresas, v. 35, p. 20-29, 1995.
- GUIMARÃES, Leonardo Miranda; NOGUEIRA, Cássio Ferreira; SILVA, Margarete Diniz Brás da. **Manutenção industrial: implementação da manutenção produtiva total (TPM).** e-xacta, v. 5, n. 1, 2012.
- IMAI, Masaaki. **Gemba Kaizen: uma abordagem de bom senso à estratégia de melhoria contínua.** Porto Alegre: Bookman Editora LTDA, 2014.
- IMAI, Masaaki. **Kaizen A estratégia para o sucesso competitivo.** São Paulo: Instituto IMAM, 2005.
- IONAK, Raabe Michelle. **O kaizen como sistema de melhoria contínua da padronização da produção: um estudo de caso numa indústria metalúrgica de soluções em armazenagem.** 2017. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017.
- KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: função estratégica.** 3a ed. Rio de Janeiro: Editora Qualitymark. 2010.
- MACÊDO, Jorge Alberto Gomes de. **Planejamento e controle da manutenção preventiva como meios para diminuir a manutenção corretiva.** Universidade Federal da Paraíba, 2015.
- MARCONI, Marina de Andrade. LAKATOS, Eva Maria; **Fundamentos da metodologia científica.** In: Fundamentos da metodologia científica. 2010. p. 320-320.
- MARCORIN, Wilson Roberto; LIMA, Carlos Roberto Camello. **Análise dos Custos de Manutenção e de Não-manutenção de Equipamentos Produtivos.** Revista de ciência & tecnologia, v. 11, n. 22, p. 35-42, 2003.
- MARIANI, Celso Antônio. **Método PDCA e ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos industriais: um estudo de caso.** RAI-Revista de Administração e Inovação, v. 2, n. 2, p. 110-126, 2005.
- MARQUES, Ana Claudia; BRITO, Jorge Nei. **Importância da manutenção preditiva para diminuir o custo em manutenção e aumentar a vida útil dos equipamentos.** Brazilian Journal of Development, v. 5, n. 7, p. 8913-8923, 2019.

- MARTINS, Gilberto Andrade. **Estudo de caso: uma reflexão sobre a aplicabilidade em pesquisa no Brasil.** Revista de Contabilidade e Organizações, v. 2, n. 2, p. 9-18, 2008.
- MESQUITA, Marco Aurélio de; CASTRO, Roberto Lopes de. **Análise das práticas de planejamento e controle da produção em fornecedores da cadeia automotiva brasileira.** Gestão & Produção, v. 15, p. 33-42, 2008.
- MORAES, Paulo Henrique de Almeida. **Manutenção produtiva total: estudo de caso em uma empresa automobilística.** Universidade de Taubaté, 2004.
- NÉO, Lídia Carolina de Moura et al. **Elaboração do plano de manutenção de uma refinaria de sal da cidade de Mossoró/RN.** Universidade Federal Rural do Semi-Árido. 2018.
- NETO, Clovis Antunes de Avila et al. Aplicação do 5W2H para criação do manual interno de segurança do trabalho. **Revista ESPACIOS| Vol. 37 (Nº 20) Año 2016,** 2016.
- NETO, João Cirilo da Silva; LIMA, A. M. Gonçalves de. **Implantação do Controle de Manutenção.** Revista Club de Mantenimiento, n. 10, 2002.
- NETTO, Wady Abrahão Cury; ABRAHÃO, Wady. **A importância e a aplicabilidade da manutenção produtiva total (TPM) nas indústrias.** Universidade Federal de Juiz de Fora, 2008.
- NEVES, Thiago Franca. **Importância da utilização do ciclo PDCA para garantia da qualidade do produto em uma indústria automobilística.** Monografia coordenação de curso de engenharia de produção da Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz De Fora, MG–Brasil, 2007.
- OLIVEIRA, Diogo Pinto de et al. **Implementação de um plano de manutenção preventiva numa empresa de fundição.** Tese de Doutorado, 2013.
- ORIBE, Claudemir Y. **Advanced Kaizen: o método de análise e solução de problemas na manufatura enxuta e em outros contextos.** Rio de Janeiro : Editora Alta Books, 2022.
- ORTIZ, Chris A. **Kaizen e implementação de eventos kaizen.** Porto Alegre: Artmed Editora S.A, 2010.
- PACHECO, Ana Paula Reusing et al. **O ciclo PDCA na gestão do conhecimento: uma abordagem sistêmica.** PPGEGC–Universidade Federal de Santa Catarina–Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento–apostila, v. 2, 2012.

PEREIRA, Antônio Carlos Carvalho; RODRIGUES, Roger Antônio. **Manutenção Industrial: proposta e aplicação de um modelo de Manutenção Autônoma.** Centro Universitário do Sul de Minas, 2018.

PEREIRA, Yan Cunha. **Aplicação da manutenção produtiva total e suas influências na qualidade da manutenção: estudo de múltiplos casos.** Monografia. Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas, 2019.

POUPART, Jean et al. **A pesquisa qualitativa: enfoques epistemológicos e metodológicos.** Editora Vozes. Petrópolis. São Paulo 2012.

RIBEIRO, Celso Ricardo. **Processo de implementação da manutenção produtiva total (TPM) na indústria brasileira.** Taubaté: UNITAU, Departamento de Economia, Contabilidade e Administração, 2003.

RIBEIRO, Inês Queirós Torres. **Plano de Manutenção de Edifícios-Análise de guia orientador.** Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2016.

RODRIGUES, Maurinice Daniela; INÁCIO, Raoni De Oliveira. **Planejamento e Controle da Produção: Um estudo de caso em uma empresa metalúrgica.** Revista de Inovação em Gestão de Produção-(INGEPRO), 2010.

ROTHER, Mike; SHOOK, John. **Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício: manual de trabalho de uma ferramenta enxuta.** Lean Institute Brasil, 2007.

SARDINHA, Júlio César et al. **A contribuição do ciclo PDCA e do SDCA na metodologia Balanced Scorecard no cumprimento de metas estratégicas.** VIII Encontro Latino Americano de Pos-Graduacao, v. 8, 2008.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico.** Cortez editora, 2017.

SILVA, Cleiton Oliveira et al. **A utilização do método PDCA para melhoria dos processos: um estudo de caso no carregamento de navios.** Revista espacios, v. 38, n. 27, p. 9, 2017.

SINGH, Jagdeep; SINGH, Harwinder. **Kaizen philosophy: a review of literature.** IUP journal of operations management, v. 8, n. 2, p. 51, 2009.

SLACK, Nigel; JOHNSTON, Robert; CHAMBERS, Stuart. **Administração da Produção: 4º Ed.** São Paulo: Atlas, 2008.

- SOUZA, José Carlos *et al.* **A manutenção produtiva total na indústria extrativa mineral: a metodologia TPM como suporte de mudanças.** Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.
- SOUZA, Rodrigo de Queiroz. **Metodologia e desenvolvimento de um sistema de manutenção preditiva visando a melhoria da confiabilidade de ativos de usinas hidrelétricas.** Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, 2008.
- TONDATO, Rogério. **Manutenção produtiva total: estudo de caso na indústria gráfica.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Mestrado Profissionalizante em Engenharia. 2004.
- VEGA, Pedro Buckentin de La; RODRIGUES, Anderson Lacerda. **ELABORAÇÃO DE PLANO DE MANUTENÇÃO EM INDÚSTRIA DE CILINDROS HIDRÁULICOS.** Trabalhos de Conclusão de Curso do DEP, v. 13, n. 1, 2018.
- WYRELSKI, Jerzy *et al.* **Manutenção produtiva total-Um modelo adaptado.** Universidade Federal de Santa Catarina, 1997.
- XENOS, Harilaus G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva.** Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998.