



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO

Curso de Engenharia Mecânica

PAULO DE MELO SILVA

**Análise de Confiabilidade da Manutenção e dos Principais Modos de Falhas
em Transportadores de Correia: Estudo de Caso no Terminal Portuário
Ponta da Madeira**

SÃO LUÍS/MA

2018

PAULO DE MELO SILVA

**Análise de Confiabilidade da Manutenção e dos Principais Modos de Falhas
em Transportadores de Correia: Estudo de Caso no Terminal Portuário
Ponta da Madeira**

Monografia de graduação apresentada ao Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual do Maranhão como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Ms. Francismar Rodrigues de Sousa

SÃO LUÍS/MA

2018

Silva, Paulo de Melo.

Análise de confiabilidade da manutenção e dos principais modos de falhas em transportadores de correia: estudo de caso no Terminal Portuário Ponta da Madeira / Paulo de Melo Silva. – São Luís, 2019.
58 pag.

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual do Maranhão, 2019.

Orientador: Prof. Me. Francismar Rodrigues de Sousa.

1. Manutenção industrial. 2. Confiabilidade.
3. Transportadores de correia. I. Título.

CDU 621:658.58(812.1)

PAULO DE MELO SILVA

**Análise de Confiabilidade da Manutenção e dos Principais Modos de Falhas
em Transportadores de Correia: Estudo de Caso no Terminal Portuário
Ponta da Madeira**

Monografia de graduação apresentada ao Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual do Maranhão como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título Bacharel em Engenharia Mecânica.

Aprovado em: ___/___/2018

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Francismar Rodrigues de Sousa (Orientador)

Mestre em Engenharia Mecânica

Universidade Estadual do Maranhão

Prof. José de Ribamar Ferreira Barros Júnior (1º Examinador)

Membro da Banca Examinadora

Universidade Estadual do Maranhão

Prof. Diógenes Leite Souza (2º Examinador)

Membro da Banca Examinadora

Universidade Estadual do Maranhão

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me dar força perseverança para não desistir e por colocar tantas pessoas especiais em meu caminho para ajudar nessa jornada.

Aos meus pais, pelo incentivo e apoio durante todo o curso, servindo como inspiração e fonte de coragem para vencer os desafios da vida.

Ao meu orientador Francismar Rodrigues de Sousa, um exemplo de chefia e liderança que me proporcionou a grande parcela do conhecimento profissional adquirido em função da confiança e respeito mútuo durante quase todo o período da graduação orientando e direcionando no treinamento de um gestor alinhado com as diretrizes do mercado.

A todos os professores que com paciência, compreensão e boa vontade entenderam as dificuldades de um aluno/profissional durante todo o curso, estando sempre disponíveis para sanar dúvidas e encontrar soluções.

Agradeço também aos colegas de curso com os quais eu tive a oportunidade de aprender cotidianamente sobre o verdadeiro sentido de ser engenheiro e os conceitos sobre amizade e companheirismo.

Finalmente, a todos aqueles que ajudaram de alguma forma no desenvolvimento desse trabalho e que, infelizmente, eu não pude escrever seus nomes.

Resumo

O presente trabalho tem como finalidade a análise de confiabilidade e dos principais modos de falhas em transportadores de correia, para isso foi realizado um estudo de caso no Terminal Portuário de Ponta da Madeira. Foi considerada a área de transporte de minério de ferro e pelotas do pátio de estocagem até os Píeres para embarque de navios de carga. Primeiramente apresenta-se uma descrição geral do processo e dos transportadores de correia utilizados, bem como suas estratégias de inspeção e manutenção. Em seguida, são descritos as principais falhas, através dos dados obtidos em campo nos meses de julho; agosto e setembro, e as análises das causas e ações corretivas e preventivas. Posteriormente, apresentam-se os perfis de perdas contendo os principais modos de falhas de acordo com a quantidade de ocorrências nos meses em questão. Também foram detalhadas as investigações das falhas mais graves e descritas as ações para correção e prevenção das maiores falhas. Por fim, foram abordados os indicadores utilizados no controle e gestão da manutenção dos equipamentos, e a análise do trabalho da equipe de confiabilidade.

Palavras Chave: Manutenção industrial; Confiabilidade; transportadores de correia.

Abstract

The present work has the purpose of the reliability analysis and the main failure modes in belt conveyors, for which a case study was carried out in the Port Terminal of Ponta da Madeira. It was considered the area of transport of iron ore and pellets from the storage yard to the Píeres for shipment of cargo ships. Firstly, it presents an overview of the process and belt conveyors used, as well as their inspection and maintenance strategies. Next, the main failures are described, through data obtained in the field in the months of trials; August and September, and the analysis of the causes and preventive actions. Subsequently, the profiles of losses containing the main failure modes are presented according to the number of occurrences in the months in question. Also detailed were the investigations of the most serious failures and described the actions for treatment and prevention of major failures. Finally, the indicators used in the control and management of equipment maintenance were analyzed, as well as the work of the reliability team.

Keywords: Industrial maintenance; Reliability; conveyors.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	iii
Resumo	v
Abstract.....	vii
Lista de Ilustrações	xv
Lista de quadros.....	xvii
1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Considerações iniciais.....	13
1.2 Objetivos	14
1.2.1 Objetivo geral.....	14
1.2.2 Objetivos específicos.....	14
1.3 Justificativa	14
1.4 Estrutura do trabalho.....	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 Fundamentos sobre manutenção	16
2.2 Tipos de manutenção	17
2.2.1 Manutenção corretiva.....	17
2.2.2 Manutenção preventiva	17
2.2.3 Implantação da Manutenção Produtiva Total (TPM).....	18
2.2.4 Manutenção planejada.....	20
2.2.5 Manutenção por inspeção	21
2.2.6 Manutenção preventiva	21
2.2.7 Manutenção preditiva.....	21
2.3 Indicadores da manutenção.....	21

2.3.1 Confiabilidade na manutenção	22
2.3.2 Manutenibilidade.....	22
2.3.3 Disponibilidade	22
2.3.4 Disponibilidade física (DF).....	22
2.3.5 Disponibilidade intrínseca (DI).....	23
2.3.6 Defeito.....	23
2.3.7 Quebra ou falha	23
2.3.8 Procedimento operacional – PRO	24
2.3.9 Priorização de atividades de manutenção.....	24
2.3.10 Metas de manutenção	25
2.3.11 Nota e ordens de manutenção e serviços.....	25
2.4 Gestão estratégica da manutenção	25
2.5 Homens da manutenção	26
2.6 Manutenção centrada em confiabilidade – MCC	27
2.7 Transportadores de correia.....	27
3 METODOLOGIA.....	29
3.1 Descrição geral do processo	29
3.2 Transportadores de correia utilizados nas linhas do embarque	29
3.3 Principais componentes inspecionados nos transportadores de correia.....	32
3.4 Inspeção mecânica dos componentes dos transportadores	35
3.5 Histórico das falhas que resultaram em manutenção corretiva não programada.....	37
3.6 Histórico de falhas coletado no mês de julho	38
3.6.1 Gráfico das principais falhas identificadas no mês de julho	39
3.6.2 Plano de ação para tratamento das falhas mês de julho	39
3.7 Histórico de falhas coletado no mês de agosto	41
3.7.1 Gráfico das principais falhas identificadas do mês de agosto.....	42

3.7.2 Plano de ação para tratamento das falhas mês de agosto	42
3.8 Histórico de falhas coletado no mês de setembro	43
3.8.1 Gráfico das principais falhas do mês de setembro	45
3.8.2 Plano de ação para tratamento das falhas mês de setembro	45
3.9 Principais modos de falhas nos meses de julho, agosto e setembro	47
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	48
4.1 Investigações das maiores falhas que causaram maiores impactos na disponibilidade dos equipamentos	48
4.1.1 Falha no tensionamento da correia do TRCO-10	49
4.1.2 Sobrecarga no do acionamento 02 do TRCO-04	50
4.1.3 Investigação da falha do redutor do alimentador da amostragem 3	52
4.2 Análise dos resultados dos indicadores	53
4.2.1 Cálculo das disponibilidades física e intrínseca	53
4.2.2 Exemplo de calculo de DI e DF, mês de julho:	54
5. CONCLUSÃO	56
5.1 Considerações finais	56
5.2 Sugestões para trabalhos futuros	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

Lista de Ilustrações

Figura 2.1 - Oito Pilares da Manutenção Produtiva Total.....	20
Figura 2.2 - Fases que representam o processo de quebra de um equipamento.....	24
Figura 3.1 - Layout de transportadores e píeres representativo para efeito de estudo de caso.....	31
Figura 3.2 - Correia transportadora.....	32
Figura 3.3 - Rolos de carga e rolos de impacto.....	33
Figura 3.4 - Tambores de acionamento.....	34
Figura 3.5 - Tambor de esticamento.....	34
Figura 3.6 - Conjunto de acionamento.....	35
Figura 3.7 - Transportador de correia em operação.....	35
Figura 3.8 - Inspeção mecânica sensitiva no transportador de correia.....	37
Figura 4.1 - Análise de campo da falha no tensionamento da correia do TRCO-10.....	49
Figura 4.2 – Analise de campo da falha no acionamento do TRCO-04.....	51
Figura 4.3 – Análise de campo da falha do redutor do alimentador da amostragem 3.....	52

Lista de quadros

Quadro 3.1 - Representação de linhas e TAG's dos transportadores de correia para efeito de estudo de caso.....	30
Quadro 3.2 - Histórico de falhas do mês de julho	38
Quadro 3.3 - Plano de ação para tratamento das falhas mês de julho	40
Quadro 3.4 - Histórico das falhas de agosto.....	41
Quadro 3.5 - Plano de ação para tratamento das falhas mês de agosto.	43
Quadro 3.6 - Histórico das falhas de setembro.....	44
Quadro 3.7 - Plano de ação de setembro.	46
Quadro 4.1 - Plano de ação final da investigação da falha de tensionamento da correia do TRCO-10.	50
Quadro 4.2 - Plano de ação final da falha no acionamento do TRCO-04.	51
Quadro 4.3 - Plano de ação final da falha do redutor do alimentador da amostragem.....	53
Quadro 4.4 – Indicadores do meses em análise.....	55

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais

O Terminal Marítimo de Ponta da Madeira realiza a logística de armazenamento e transporte de minério de ferro e pelotas para embarcar os navios atracados em seus píeres. Para realizar as operações a empresa utiliza empilhadeiras, recuperadoras, transportadores de correias e carregadores de navios. O objeto em análise nessa indústria é o processo de gestão da manutenção dos transportadores de correia.

O setor do embarque 01 e 03, onde foi realizada a análise de confiabilidade da manutenção é composto por de trinta transportadores de correia, quatro carregadores de navios e três berços de atracação. Os transportadores de correia (TRCO) são distribuídos em quatro linhas de transporte, que transportam o minério de ferro do pátio de estocagem até as máquinas carregadores de navios.

A finalidade do processo de gestão da manutenção é aumentar a confiabilidade, e conseqüentemente a disponibilidade dos equipamentos. Para isso a empresa tem a supervisão responsável pela confiabilidade e pelo controle e prevenção de falhas. Essa supervisão define as metas de disponibilidade e realiza reuniões estratégicas para investigar e tratar as falhas e defeitos ocorridos nos equipamentos. Contudo, também são realizadas análises dos perfis de perdas e dos indicadores definir as estratégias para melhorar o processo.

Um dos aspectos relevantes na gestão da manutenção na empresa é a adoção da manutenção centrada na confiabilidade, que estabelece a melhor estratégia de manutenção para os equipamentos. A metodologia consiste na identificação dos principais modos de falhas para, então, detalhar as causas e elaborar os planos de ações a serem aplicados para bloquear e eliminar essas causas. O resultado a ser alcançado é aumento da disponibilidade e conseqüentemente o aumento de produção.

Quando falamos em manutenção industrial, imediatamente pensamos em qualidade e confiabilidade da função manutenção nas indústrias. Com o objetivo de garantir a confiabilidade dos equipamentos, a empresa define suas metas de disponibilidade, de horas de manutenção corretiva (HMC) e preventiva (HMP) dos equipamentos. Também são realizadas

as análises dos históricos de manutenções preventivas e corretivas. Dessa forma, é possível elaborar os perfis de perdas e os planos de ações para tratar e prevenir as falhas e/ou defeitos nos equipamentos.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral é realizar uma análise de confiabilidade da manutenção e descrever os principais modos de falhas em transportadores de correia em uma empresa de logística portuária.

1.2.2 Objetivos específicos

- Fazer um levantamento dos equipamentos envolvidos no processo como um todo;
- Entender como funciona o processo de manutenção;
- Realizar levantamento do histórico de falhas nos transportadores de correia que resultaram em manutenção corretiva não programada;
- Descrever os principais modos de falhas identificados no estudo de caso;
- Investigar as causas e soluções das principais falhas que causaram maiores impactos para produção e manutenção;
- Realizar uma análise da confiabilidade da manutenção nos meses de julho, agosto e setembro;
- Elaborar os planos de ações para tratar e prevenir as falhas que impactaram nos índices de disponibilidade dos equipamentos.

1.3 Justificativa

Em uma economia cada vez mais globalizada, os processos industriais são muito exigentes, os equipamentos costumam ser usados exaustivamente até chegarem ao limite de sua vida-útil e serem substituídos e repostos. Isso faz com que a função manutenção nas indústrias seja mais confiável, pois os equipamentos envolvidos no processo de produção

devem estar disponíveis para não comprometer a produção e não gerar custos com manutenção inesperada.

Dentre os segmentos encontrados no mercado que utilizam transportadores de correia, está à mineração, que sem dúvidas é um dos ambientes que mais exige das máquinas que fazem parte do processo produtivo.

O desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso teve como finalidade a melhoria nos processos de manutenção de transportadores de correia, a partir da análise dados estatísticos dos modos de falhas levantados. Além disso, destaca-se a contribuição para melhoria da confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos na empresa.

1.4 Estrutura do trabalho

O capítulo 2 se concentra numa exposição das ideias e pensamentos dos autores consultados sobre conceitos e tipos de manutenção, planejamento e programas gerenciais, responsabilidades de cada indivíduo no processo e indicadores de qualidade e confiabilidade da manutenção. Também mostra o conceito de transportadores de correia e um pouco das suas aplicações.

O capítulo 3 refere-se ao processo de embarque no qual os transportadores estão inseridos e os seus principais componentes. Após a identificação foram realizadas inspeções nos dos transportadores de correia (TRCO's), seguindo os planos de inspeção mecânica. Também mostra os históricos de falhas dos meses de julho, agosto e setembro e os seus respectivos planos de ações para tratamento e prevenção das causas.

O capítulo 4 se deteve em descrever os resultados e análises das investigações das falhas ou quebras que causaram maiores impactos na disponibilidade dos equipamentos. Com isso, foram mostrados os planos de ações originados das investigações. Logo após, foi realizada a análise dos principais indicadores e os resultados dos meses em questão.

O capítulo 5 trata das conclusões e resultados da análise dos modos de falhas e indicadores além das sugestões para novos trabalhos. Por fim, as referências bibliográficas constam os livros e artigos pesquisados para a elaboração deste trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Fundamentos sobre manutenção

A Manutenção tem como função o controle gerencial constante da organização. Deste modo a manutenção é o conjunto de serviços de reparo e revisões necessárias para garantir o funcionamento regular e o bom estado de conservação das instalações produtivas, serviços e instrumentação dos estabelecimentos (SOUZA, 2008).

De acordo com Slack et al. (2008) manutenção trata-se do termo que cria uma forma pelas quais as organizações tentam evitar as falhas, cuidando de suas instalações físicas.

Para Nunes (2001) a manutenção engloba conceitos de prevenção e correção no caso de ocorrência de falhas nas organizações. A gestão da manutenção pode-se ser avaliada como um processo sistemático, planejado, gerenciado e executado, envolvendo e comprometendo todos os gerentes e colaboradores da empresa.

Portanto, é um conjunto de tarefas em equipe que tem como objetivo garantir o progresso de seu nível tecnológico e administrativo, a continuidade na sua gestão assegurando a eficiência de suas tarefas e serviços, via adequação contínua de sua estratégia, de sua capacitação e de sua estrutura, ou seja, englobando a gestão estratégica da Manutenção com as metas e objetivos da Produção (SOUZA, 2008).

Vale ressaltar que a capacidade de operação, a quantidade e disponibilidade de recursos, conhecimentos e tecnologia necessários e a integração com outros níveis organizacionais da empresa, sistema de planejamento, recrutamento e capacitação de pessoal, devem ser atendidos na elaboração da estratégia da manutenção pelos gestores.

Souza (2008) relata ainda que a definição dos objetivos do plano de manutenção vai refletir no que as organizações iram esperar desta função, para alcançar os propósitos do negócio. As atividades da gestão manutenção não finalizam na definição dos objetivos, só é a primeira fase do processo.

Entretanto, a empresa necessita de um sistema de gestão da manutenção que engloba, em sua estrutura, um conjunto de atividades estrategicamente desenvolvidas e integradas para direcionar a atuação da equipe, seguindo uma lógica pró-ativa, ou seja, visando atuar na causa

dos problemas, antecipando-se às quebras. Estabelece e garante um fluxo lógico das informações desde a sua origem até a finalização da execução do serviço. Objetiva a satisfação dos clientes através de um padrão ótimo de prestação de serviços dentro dos recursos existentes (GUIMARÃES, 1999).

2.2 Tipos de manutenção

Os vários tipos de manutenção existente são caracterizados pela maneira de intervenção que é feita nos equipamentos. Existe uma variedade muito grande de denominações para classificar a atuação da manutenção, por isso é importante uma caracterização mais específica dos tipos de manutenção.

2.2.1 Manutenção corretiva

É a atuação para correção de falha ou do desempenho menor que o esperado. É oriundo da palavra “corrigir”. Pode ser dividida em dois tipos, são eles: a manutenção corretiva não planejada que consiste na correção da falha de maneira aleatória, ou seja, é a correção da falha ou desempenho menor que o esperado após a ocorrência do fato. Esse tipo de manutenção implica em altos custos, pois, causa perdas de produção e, em consequência, os danos aos equipamentos é maior. O outro tipo é a manutenção corretiva planejada que consiste na correção que se faz em função de um acompanhamento preditivo, detectivo ou até mesmo pela decisão gerencial de se operar até ocorrer à falha. “Pelo seu próprio nome planejado”, indica que tudo o que é planejado, tende a ficar mais barato, mais seguro e mais rápido (OTANI; MACHADO, 2008).

2.2.2 Manutenção preventiva

É a atuação realizada para reduzir falhas ou queda no desempenho, obedecendo a um planejamento baseado em períodos estabelecidos de tempo (OTANI; MACHADO, 2008). Diante do exposto o uso da manutenção preventiva está relacionado na programação da manutenção, focalizando as periodicidades de cada manutenção, objetivando o melhor aproveitamento do valor imobilizado em maquinários, ou seja, usar ao máximo a vida útil de cada equipamento e deixar sempre o mesmo em perfeito estado produtivo (FRANCO, 2006).

2.2.3 Implantação da Manutenção Produtiva Total (TPM)

Por muito tempo as organizações trabalharam com o sistema de manutenção corretiva. Observando que estes tipos de sistema aconteciam desperdícios, retrabalhos, perda de tempo e de esforços humanos, além de prejuízos financeiros, passou-se a dar ênfase na manutenção preventiva. Enfocando este tipo de manutenção, foi organizado o conceito de manutenção produtiva total (TPM - total productive maintenance).

Pallerosi (2007) ressalta que a TPM é planejada para elevar ao máximo a efetividade total do equipamento mediante o estabelecimento de um sistema produção-manutenção detalhando, que envolve o ciclo de vida dos equipamentos.

Sua implantação é uma tarefa não só da responsabilidade do departamento de manutenção, como também dos departamentos de produção e de engenharia quebrando a tradicional “rivalidade” entre os setores de uma mesma empresa (TAVARES, 2005).

A TPM apresenta oito pilares que norteiam sua metodologia, sendo elas (TAVARES, 2005, p.60):

- Seiri = organização; implica eliminar o supérfluo;
- Seiton = arrumação; implica identificar e colocar tudo em ordem;
- Seiso = limpeza; implica limpar sempre e não sujar;
- Seiketsu = padronização; implica manter a arrumação, limpeza e ordem em tudo;
- Shitsuki=disciplina; implica a autodisciplina para fazer tudo espontaneamente;
- Shido= treinar; implica a busca constante de capacitação pessoal;
- Seison= eliminar as perdas;
- Shikaro yaro= realizar com determinação e união.

Souza (2008, p. 84) ressalta ainda que para o TPM alcançar suas metas tem como prioridade principal a “Falha Zero” e, para atingi-la, os objetivos específicos devem ser perseguidos, tais como:

- Eliminação das seis grandes perdas: Perdas por quebra; Perdas por demora na troca de ferramentas e regulação; Perdas por operação em vazio (espera); Perdas por redução da velocidade em relação ao padrão normal; Perdas por defeitos de produção; Perdas por queda de rendimento;
- Manutenção Autônoma;
- Manutenção Planejada;
- Educação e Treinamento;

Na Manutenção Produtiva Total na sua implantação usualmente é consolidada os oito pilares básicos, conforme mostra a Figura 2.1.

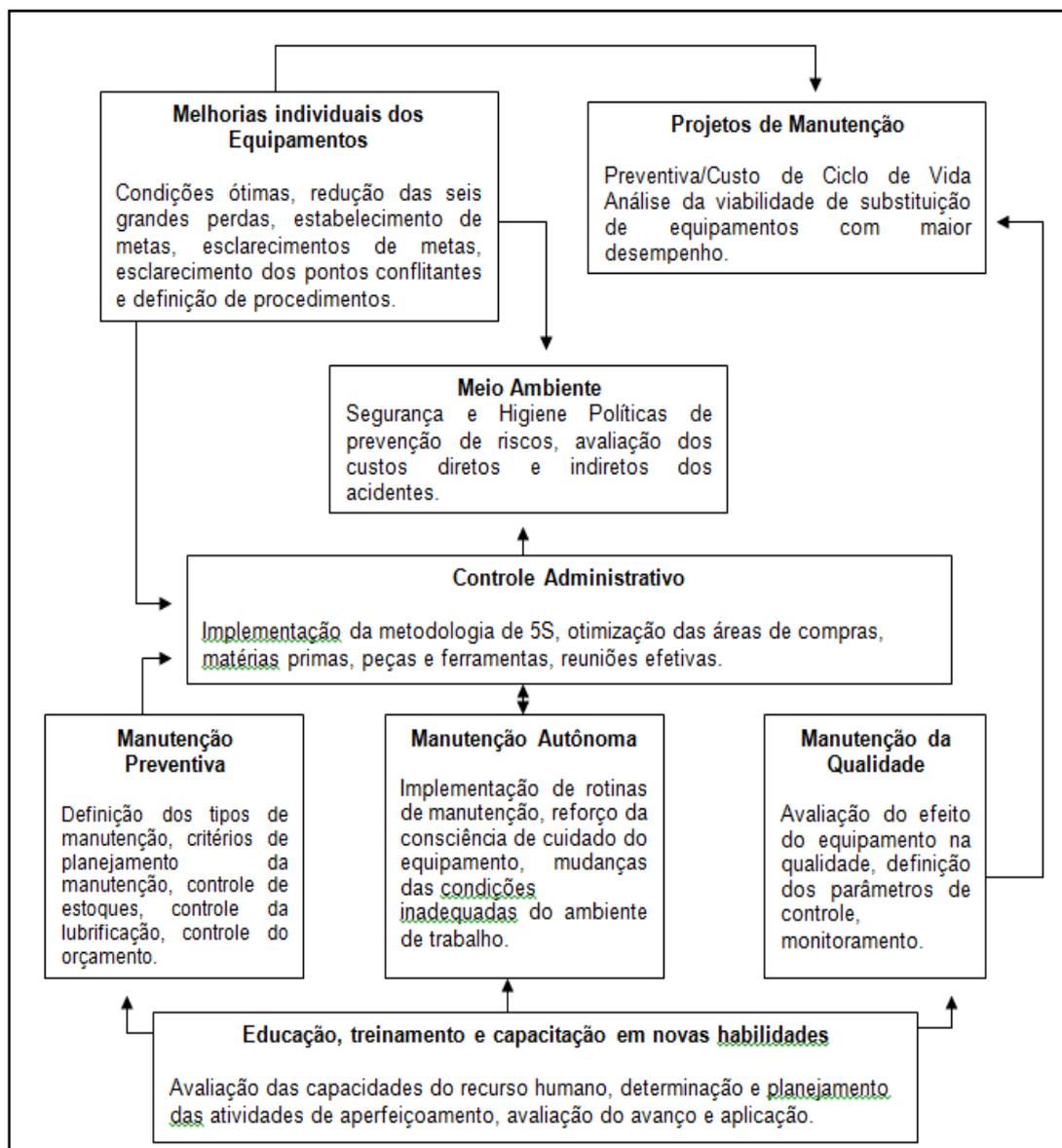


Figura 2.1 - Oito Pilares da Manutenção Produtiva Total (SOUZA, 2008).

2.2.4 Manutenção planejada

É um tipo de manutenção desejada, realizado de forma sistemática e pode englobar as manutenções corretivas, preditiva, preventiva e também por inspeção. Nas quais as atividades a serem realizadas periodicamente são definidas e desenvolvidas de acordo com o nível de criticidade de cada equipamento ou sistema (KARDEC e NASCIF, 2001). Na logística portuária, o planejamento é realizado através de um mapa mensal que define os tempos e as datas de acordo com a necessidade do ativo e do cronograma de navios.

2.2.5 Manutenção por inspeção

A manutenção por inspeção faz parte da manutenção preventiva, pois tem como função identificar anomalias através dos sentidos humanos e alguns instrumentos de medição, seguindo os planos de inspeção, antes que a mesma venha a tornar-se uma falha ou uma quebra do equipamento. Após a identificação de uma anomalia o inspetor aciona a equipe de manutenção corretiva ou, se for o caso, programa uma manutenção preventiva (GUIMARÃES, 1999).

2.2.6 Manutenção preventiva

A manutenção preventiva tem como função prevenir uma falha ou quebra do equipamento. Através dos planos é possível definir os prazos de substituição de peças e componentes, ou orientar a atuação de serviços de prevenção, em função de sua vida útil do ativo (KARDEC e NASCIF, 2001).

2.2.7 Manutenção preditiva

De acordo com Takahashi (1993, p.198) significa simplesmente sentir, avaliar ou controlar as mudanças físicas das instalações, prevendo e antecipando falhas e tomando as medidas reparadoras apropriadas. As técnicas de manutenção preditiva oferecem a possibilidade de máxima vida útil, combinada com a máxima utilização sem quebra de equipamento com a previsão de parada através da monitoração dos parâmetros. Algumas das técnicas utilizadas são: análise de vibrações, de óleo, de temperatura e ultrassom.

2.3 Indicadores da manutenção

A área de manutenção não pode ter um relacionamento de adversário com outras áreas, ela deve ter credibilidade e confiança, como base de um relacionamento interdepartamental, o que é um elemento fundamental para o sucesso do sistema de gerenciamento da empresa.

2.3.1 Confiabilidade na manutenção

De acordo com Guimarães (1999) a confiabilidade é a probabilidade do equipamento submetido a determinadas condições, desempenhar as suas funções sem falhas durante um período de tempo especificado. Representada na manutenção pelo tempo médio entre falha – MTBF. A mesma está associada à operação bem-sucedida de um produto ou sistema, na ausência de quebras ou falhas. Em análises de engenharia, todavia, é necessária uma definição quantitativa de confiabilidade, em termos de probabilidade, a Equação (2.1) serve como calcular o MTBF.

$$MTBF = \left[\frac{\text{Somados tempos entre falhas}}{N^{\circ} \text{ de falhas}} \right] \quad (2.1)$$

2.3.2 Manutenibilidade

Segundo Guimarães (1999) é a probabilidade do retorno do equipamento a uma condição especificada em um determinado período de tempo, com o uso de recursos também definidos. Este indicador é representado na manutenção pelo tempo médio para reparar – MTTR e está relacionado diretamente com as manutenções corretivas não programadas, a Equação (2.2) serve para calcular o MTTR.

$$MTTR = \left[\frac{\text{Somados tempos de recuperação das falhas}}{N^{\circ} \text{ de falhas}} \right] \quad (2.2)$$

2.3.3 Disponibilidade

Capacidade de um item estar em condições de executar uma certa função em um dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado, levando-se em conta os aspectos combinados de sua confiabilidade, manutenibilidade e suporte de manutenção, supondo que os recursos internos requeridos estejam assegurados (NBR 5462).

2.3.4 Disponibilidade física (DF)

Representa a relação entre a diferença do número total de horas calendário e o número total de horas de manutenção (preventiva, corretiva, oportunidade, outras) com o número

total de horas calendário. Esse indicador é utilizado para medir e acompanhar as horas disponíveis dos equipamentos em uso, possibilitando a garantia das metas de produção, a Equação (2.3) serve para calcular a porcentagem de DF.

$$DF = \left[\frac{(\text{Tempo calendário} - \text{Tempo de manutenção Total})}{\text{Tempo calendário}} \right] \times 100 \quad (2.3)$$

2.3.5 Disponibilidade intrínseca (DI)

Corresponde à relação entre o tempo operado mais o somatório desse tempo com o de manutenção corretiva, a Equação (2.4) serve para calcular a porcentagem de DI.

$$DI = \left[\frac{(\text{Tempo operando})}{\text{Tempo operando} + \text{tempo de manutenção corretiva}} \right] \times 100 \quad (2.4)$$

2.3.6 Defeito

Dentro de um contexto industrial os defeitos geram diminuição de produção ou perda de qualidade do produto final. De acordo com Pereira (2008) o defeito é a diminuição parcial da capacidade de desempenho de um componente, equipamento ou sistema em exercer as suas determinadas funções.

2.3.7 Quebra ou falha

De acordo com Guimarães (1999) as quebras ou falhas são ocorrências no equipamento que impedem seu funcionamento e resultam na parada total de um equipamento ou componente. As mesmas, quando não são detectadas com antecedência através de técnicas, geram perdas de produção e influenciam nos orçamentos.

Convém nesse momento conceituar o processo de quebra de um equipamento. Um equipamento atravessa três fases distintas, são elas: anomalia, falha e quebra. Essas fases estão representadas na Figura 2.2. A fase de anomalia compreende os primeiros sintomas que já podem ser observados, como por exemplo, o início de uma trinca no cabeçote de um motor. A origem do processo de quebra pode ser identificada por manutenções planejadas como a preditiva e por inspeção. A fase seguinte, de falha, já resulta numa perda de

produção. Caso não haja a intervenção, desencadeará a quebra. Essas duas últimas fases geram uma manutenção corretiva.

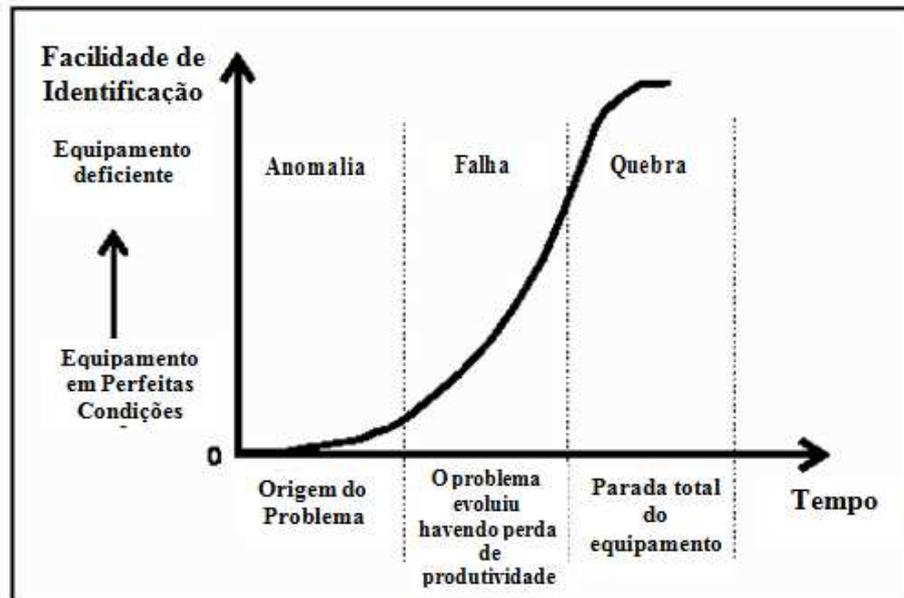


Figura 2.2 - Fases que representam o processo de quebra de um equipamento (GUIMARÃES, 1999).

2.3.8 Procedimento operacional – PRO

O procedimento operacional é um documento que demonstra como as atividades devem ser desenvolvidas numa tarefa específica do processo. As atividades executadas pelos mantenedores e inspetores têm suas normas e padrões, os PRO's servem como manuais de execução que contém as recomendações de segurança e o passo a passo da tarefa.

2.3.9 Priorização de atividades de manutenção

Pereira (2008) diz que priorização se refere ao tempo que deve decorrer entre a constatação da necessidade de manutenção e o início dessa atividade, essa classificação é destinada aos equipamentos conforme o grau de importância desempenhado por ele no processo de produção. Dentro de um contexto industrial existem várias atividades de manutenção, cada uma com seu nível criticidade, por isso são necessárias às priorizações das atividades, de acordo com a complexidade e riscos a saúde, segurança e meio ambiente.

2.3.10 Metas de manutenção

Existem dois tipos de metas: metas para manter e metas para melhorar (CAMPOS, 1994, p.194). A primeira é utilizada para manter os resultados num certo nível desejado que já foi atingido. É basicamente aplicada pelo nível operacional. A segunda busca atingir novos patamares, ou novos resultados, havendo uma reformulação dos procedimentos atuais; é conduzida pelas funções gerenciais. As mesmas são importantes para garantir a produção desejada e também para garantir a realização dos serviços de manutenção programados, além de garantir a confiabilidade dos equipamentos.

2.3.11 Nota e ordens de manutenção e serviços

O início do processo de manutenção se dá com a geração de Notas de manutenção. Ao encontrar uma avaria, o inspetor de manutenção, ou a própria equipe de manutenção, abrirá uma Nota com a finalidade de registra e solicitar a realização de um serviço de manutenção. Após a aprovação da Nota, uma Ordem de manutenção (OM) é criada para ser posteriormente programada e executada. Dentro da OM deve conter os custos, os material, os serviços, a mão-de-obra, a operação passo a passo e os meios auxiliares do serviço, ou seja, o planejamento completo de atividade de manutenção.

Entretanto, também temos a ordem de serviço (OS) que é um documento padrão que contém informações sobre o serviço de Manutenção Preventiva, Corretiva e de Inspeção a ser prestado, gerado pelos mantenedores e inspetores com numeração controlada e sequencial, para garantir sua rastreabilidade.

2.4 Gestão estratégica da manutenção

De acordo com KARDEC e NASCIF (2001, p. 11) a manutenção, para ser estratégica precisa estar voltada para os resultados empresariais da organização. É preciso, sobre tudo, deixar de ser apenas eficiente para se tornar eficaz; ou seja, não basta, apenas, reparar o equipamento ou instalação tão rápido quanto possível, mas é preciso, principalmente, manter a função do equipamento disponível para a operação reduzindo a probabilidade de uma parada de produção não planejada. Este trecho expressa a necessidade de quem está

envolvido no processo de manutenção em se deter em disponibilizar o equipamento funcionando da melhor maneira possível, e não somente se deter em corrigir os defeitos ou quebras.

Esta nova postura é fruto dos novos desafios que se apresentam para as empresas neste novo cenário de uma economia globalizada e altamente competitiva, onde as mudanças se sucedem em alta velocidade e a manutenção, como uma das atividades fundamentais do processo produtivo, precisa ser um agente proativo.

O processo é, de maneira básica, composto pelas atividades de operação, inspeção, manutenção e engenharia. Ainda existem outras atividades que dão suporte a produção, como por exemplo, setor suprimentos e aprovisionamento, equipes de limpeza de equipamentos, segurança industrial, entre outras.

2.5 Homens da manutenção

Segundo GRADIM (2008) a manutenção em si é responsável pela frequência e nível de manutenção, orçamento, controle do orçamento, estado, funcionamento e pelos custos dos equipamentos para atingir os níveis requeridos de desempenho. Isto não quer dizer que os operadores não são responsáveis pelos equipamentos quando em operação, e que pequenos serviços, tais como limpeza, reabertos, inspeções e lubrificações não possam ser feitos por eles.

O planejador tem a responsabilidade de elaborar e providenciar planos e procedimentos de trabalhos, planos de manutenção preventiva e também de inspeção e lubrificação, além de estimativa de mão-de-obra, desenhos técnicos, especificações, manuais, informações de fornecedores, materiais, ferramentas especiais, negociações com operação.

O Engenheiro de manutenção tem a função de elaborar, executar e dirigir estudos e projetos de engenharia aplicados às diversas áreas da empresa de acordo com sua natureza e qualificação observando as diretrizes estabelecidas e os respectivos planos de ações, proporcionando as melhores condições operacionais em busca da produtividade, qualidade, confiabilidade, dos equipamentos. Além, claro, de orientar tecnicamente os gerentes operacionais, planejadores e executantes. Também tem como função atuar nas atividades de

soluções de problemas, análises de falhas e elaboração do orçamento da manutenção (Viana, 2002).

O executante da manutenção tem a função de executar a manutenção preventiva e corretiva de máquinas e/ou equipamentos com segurança e qualidade, reparando ou substituindo peças e componentes fazendo os ajustes, regulagens e lubrificações convenientes, utilizando instrumentos e ferramentas adequados para assegurar a essas máquinas e/ou equipamentos o funcionamento regular e eficiente. Também tem como função relatar nas ordens de serviço toda e qualquer anomalia detectada nos equipamentos.

2.6 Manutenção centrada em confiabilidade – MCC

A Manutenção Centrada na Confiabilidade é um método estruturado para estabelecer a melhor estratégia de manutenção, com o objetivo de definir um processo sistemático de análise que garanta a confiabilidade e segurança da operação do equipamento com o menor custo possível. Essa metodologia reúne, de maneira equilibrada, as melhores técnicas de manutenções corretiva, preventiva e preditiva (SIQUEIRA, 2009).

Ao garantir a confiabilidade e disponibilidade de itens considerados críticos para a produção de uma empresa, a MCC surge como uma excelente estratégia de gestão de ativos dentro de uma companhia. Sendo assim, essa técnica gera ganhos significativos em outras áreas da companhia, como por exemplo, maior confiabilidade e segurança, melhoria na qualidade dos produtos, entre outros.

Uma das técnicas mais utilizadas nas indústrias para aumentar a confiabilidade de equipamentos é a MCC (manutenção centrada na confiabilidade), que consiste em um processo utilizado para determinar os requisitos de manutenção de qualquer item físico no seu contexto operacional.

2.7 Transportadores de correia

A correia transportadora consiste em uma longa forma de borracha capaz de receber cargas e se modelar à passarela que gira constantemente. A correia é uma das partes fundamentais do mercado como um todo. No exemplo da mineração, sua ausência faria com que trabalhadores precisassem içar cargas inúmeras vezes para colocar no transporte de

transferência. Por outro lado, a correia transportadora economiza uma inestimável quantia de tempo e de esforço físico, desse modo, ela também é comum em indústrias que fabricam produtos em larga escala (Castriotto, 2015).

Nos processos industriais os transportadores de correia são usados exaustivamente até chegarem ao fim de sua vida-útil e serem substituídos, isso gera custo e demanda planejamento, pois economiza uma inestimável quantia de tempo e de esforço físico.

3 METODOLOGIA

3.1 Descrição geral do processo

A empresa em análise tem seu regulamento interno de manutenções e operações, a partir desses regulamentos são elaborados os procedimentos de execução e gestão da manutenção. Essa gestão é realizada com foco primeiramente na segurança de todos os envolvidos e foco também na confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos para realizar as operações de transporte de minério.

A empresa em análise realiza o transporte do minério de ferro e pelotas do pátio de estocagem até as máquinas carregadoras de navios nos Píeres do Porto de Ponta da Madeira, localizado em São Luís/MA. Esse transporte é realizado através de máquinas recuperadoras, transportadores de correia e máquinas carregadoras de navios. Nessa análise, foi considerada a área de embarque e os equipamentos em estudo foram os transportadores.

A garantia do embarque eficiente, no tempo certo, é a principal função do setor de gerenciamento da manutenção. Em busca de excelência é preciso reduzir a quantidade de horas de manutenção corretiva não programada nos equipamentos e aumentar os índices de confiabilidade. Portanto, foi necessário compreender a necessidade de aplicação dos planos de manutenção para garantir os índices de confiabilidade previstos e eliminar os principais modos de falha.

Nesse caso específico de carregamento de navios para exportação, as quebras e falhas nos equipamento geram atrasos nos tempos de entrega de navios embarcados e conseqüentemente prejudica a chegada do produto em tempo hábil. Portanto, é preciso manter os transportadores disponíveis para operação, em pleno funcionamento, para evitar prejuízos á empresa e garantir sua sobrevivência no mercado.

3.2 Transportadores de correia utilizados nas linhas do embarque

Nesse trabalho foram considerados trinta transportadores de correia divididos em quatro linhas de transporte do minério até os píeres de atracação de navios. Para efeito de estudo foi criado TAG's (TAG em inglês significa etiqueta, rótulo; usado para orientar)

ficícios para representar os transportadores de correia, estes serão representados por TRCO. O Quadro 3.1 mostra os equipamentos e suas respectivas posições nas linhas transportadoras.

Quadro 3.1 - Representação de linhas e TAG's dos transportadores de correia para efeito de estudo de caso. (Autor)

LINHA 1	LINHA 2	LINHA 3	LINHA 4
TRCO-01	TRCO-07	TRCO-16	TRCO-25
TRCO-02	TRCO-08	TRCO-17	TRCO-26
TRCO-03	TRCO-09	TRCO-18	TRCO-27
TRCO-04	TRCO-10	TRCO-19	TRCO-28
TRCO-05	TRCO-11	TRCO-20	TRCO-29
TRCO-06	TRCO-12	TRCO-21	TRCO-30
AMOSTRADOR 1	TRCO-13	TRCO-22	AMOSTRADOR 4
	TRCO-14	TRCO-23	
	TRCO-15	TRCO-24	
	AMOSTRADOR	AMOSTRADOR 3	

Os transportadores estão distribuídos e organizados da melhor forma, para uma melhor compreensão da disposição dos transportadores foi criado um layout representativo para exemplificar, conforme mostra Figura 3.1.

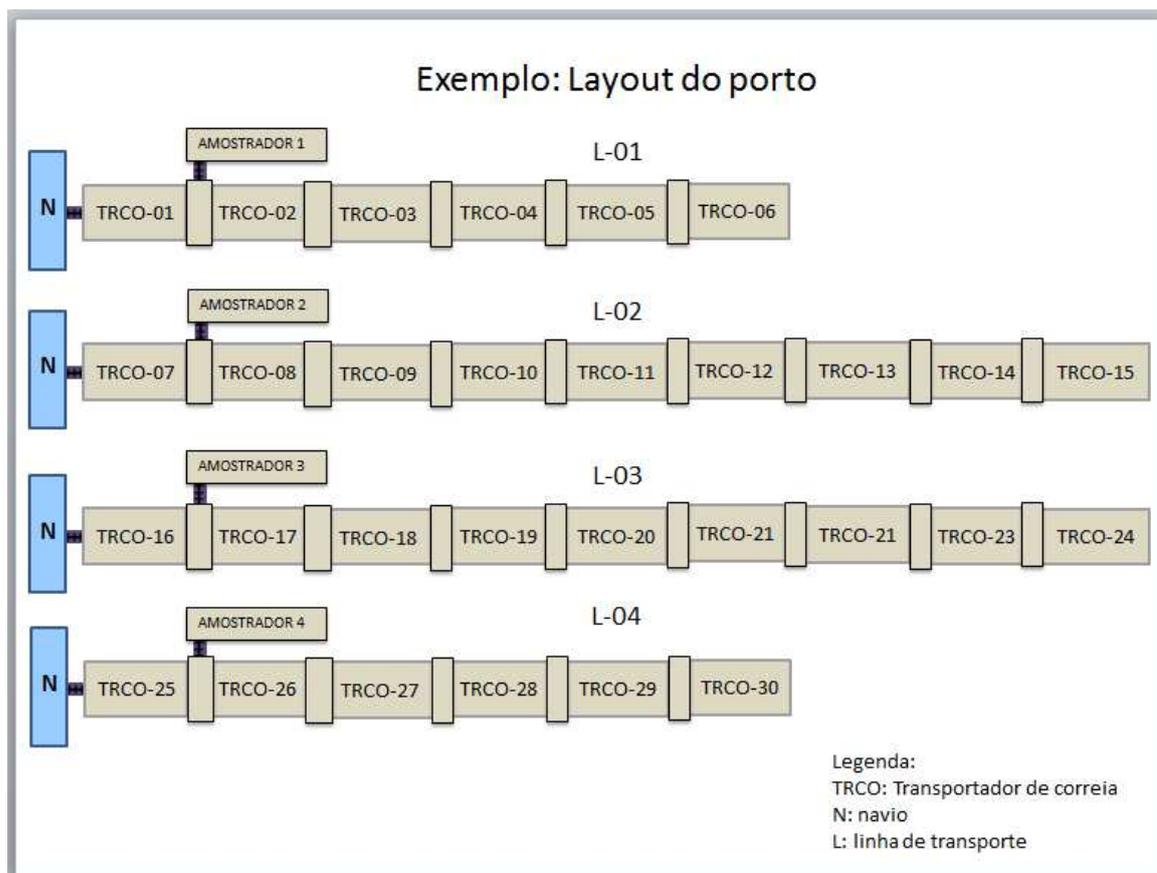


Figura 3.1 - Layout de transportadores e píeres representativo para efeito de estudo de caso. (Autor)

Diante dessa configuração de transportadores, a estratégia mais adequada para redução das paradas não programadas das operações é a análise fundamental das falhas para eliminar os principais modos de falhas. Dessa forma, possibilita-se aplicação de um plano de ação efetivo, com revisões adequadas, tendo como base os causas das falhas e os responsáveis pela execução das tratativas.

As ocorrências de manutenções corretivas não programadas representam um fator negativo que contribui para a elevação dos custos de manutenções e perdas de produção. Além disso, causa insatisfação do cliente, contrariando assim, os preceitos da política de qualidade da empresa. Portanto, é preciso uma estratégia adequada para eliminar as causas principais das falhas e garantir a confiabilidade dos equipamentos, proporcionando qualidade e produtividade para o processo.

3.3 Principais componentes inspecionados nos transportadores de correia

Os principais componentes dos transportadores são: correia, roletes, tambores, conjunto de acionamento e estrutura metálicas. Além desses componentes temos sistema de esticamento da correia, casa de transferência, dispositivos de segurança, entre outros.

As correias transportadoras são compostas por cobertura, carcaça, borda e emenda. A carcaça é o elemento de força e resistência para suportar a carga, tensões e outros desafios na movimentação dos materiais transportados. Geralmente têm em sua composição as fibras têxteis, mas também podem ser instaladas por cabos de aço. As coberturas das correias transportadoras têm a função de proteção da carcaça contra a agressão do material que é transportado. (DESSAUNE, 2000). A Figura 3.2 mostra uma correia em operação e a identificação de componentes.

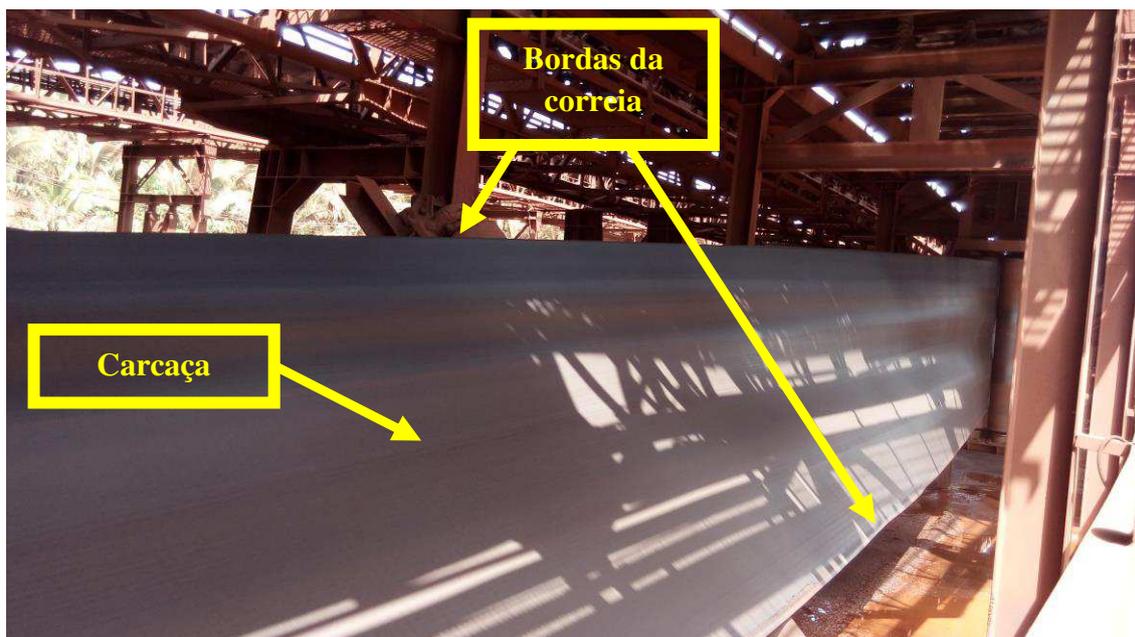


Figura 3.2 - Correia transportadora. (Autor)

Os roletes precisam estar aptos para o trabalho e serem adequados para o tipo de transportador. Trata-se de um conjunto de rolos com livre rotação que é utilizada para guiar e também suportar as correias transportadoras e as cargas a serem transportadas. Os roletes de retorno são aqueles que apoiam o trecho de retorno das correias, os roletes de impacto são os que ficam estrategicamente em pontos de carregamento para amenizar o choque de impacto

dos materiais com a correia, os roletes auto alinhadores são rolos com estrutura giratória, que trabalham para manter o controle do deslocamento lateral. Eles são usados em trechos da carga e também no retorno. (GAVI, 2000). A Figura 3.3 mostra tipos de rolos de carga e de impacto instalados no TRCO que foram inspecionados.

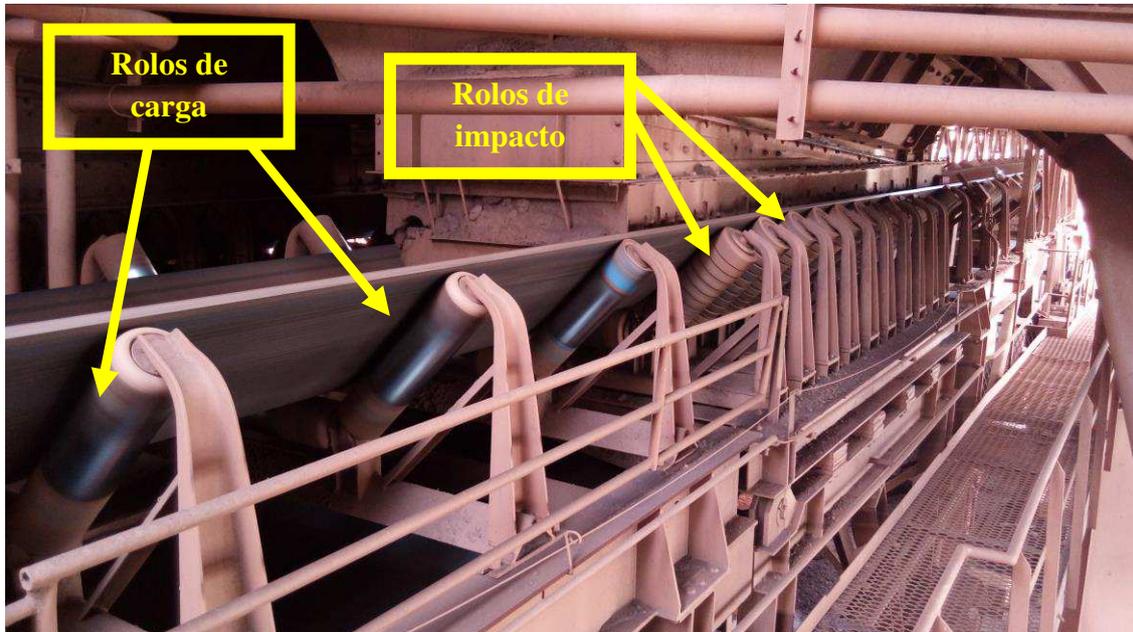


Figura 3.3 - Rolos de carga e rolos de impacto. (Autor)

Os Tambores são utilizados como elementos de tração, retorno e mudar a direção de uma correia. Dependendo da localização os Tambores apresentam características diferentes, espessuras de eixos e carcaças diferentes e eixos diferentes. Os principais tipos são os tambores de acionamento, retorno, encosto, descarga, desvio, esticamento e desvio do esticamento. As Figuras 3.4 e 3.5 mostram um tambor acionado e um tambor de esticamento instalados nos TRCO's que foram inspecionados.

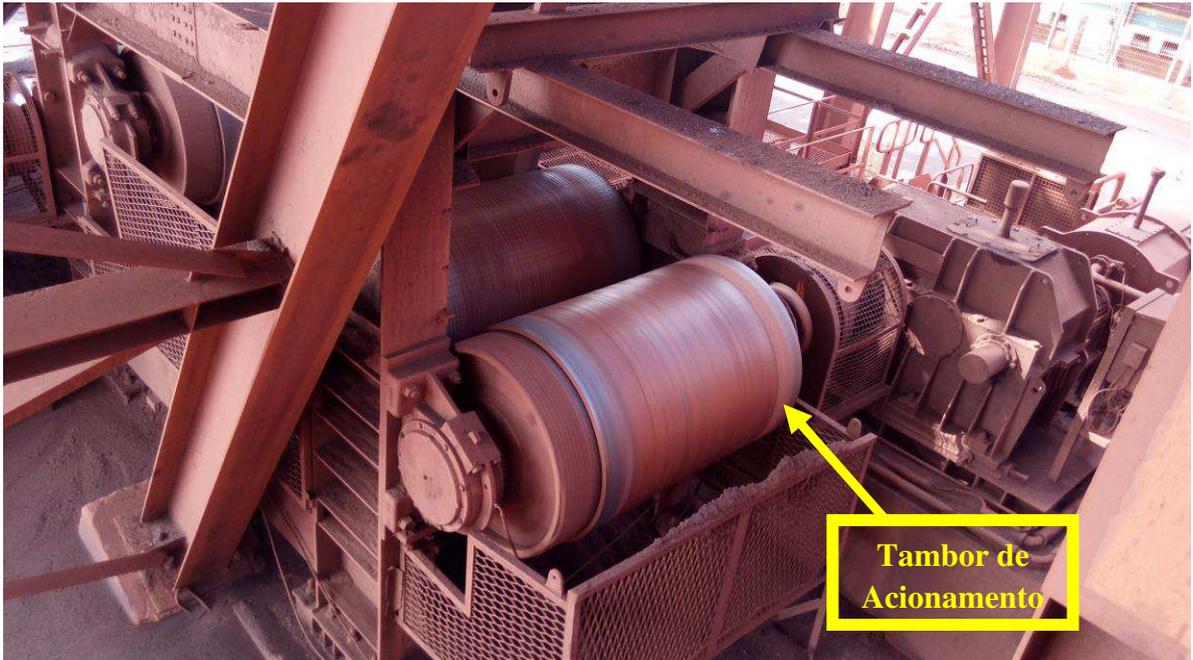


Figura 3.4 - Tambores de acionamento. (Autor)

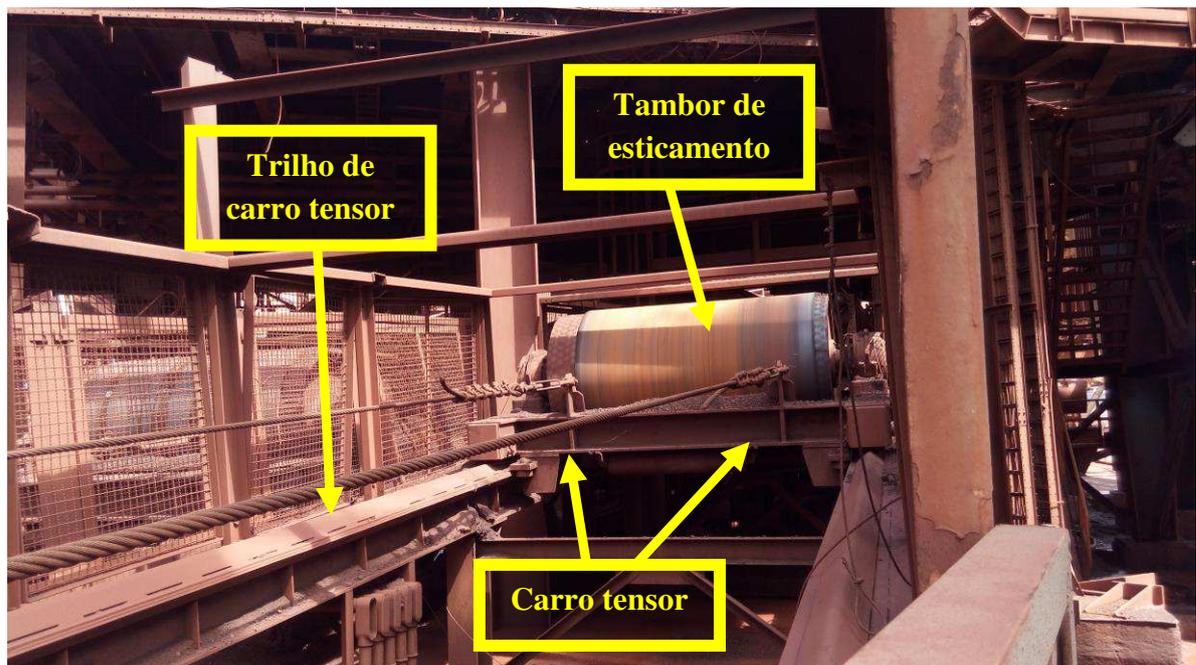


Figura 3.5 - Tambor de esticamento. (Autor)

O conjunto de acionamento utilizado nesses transportadores de minério de ferro tem a configuração básica composta por motor elétrico, redutor de velocidade, acoplamento de alta, acoplamento de baixa e variador hidráulico. A Figura 3.6 mostra sistema de acionamento instalado em um TRCO que foi inspecionado durante o estudo e a Figura 3.7 mostra um TRCO em operação.

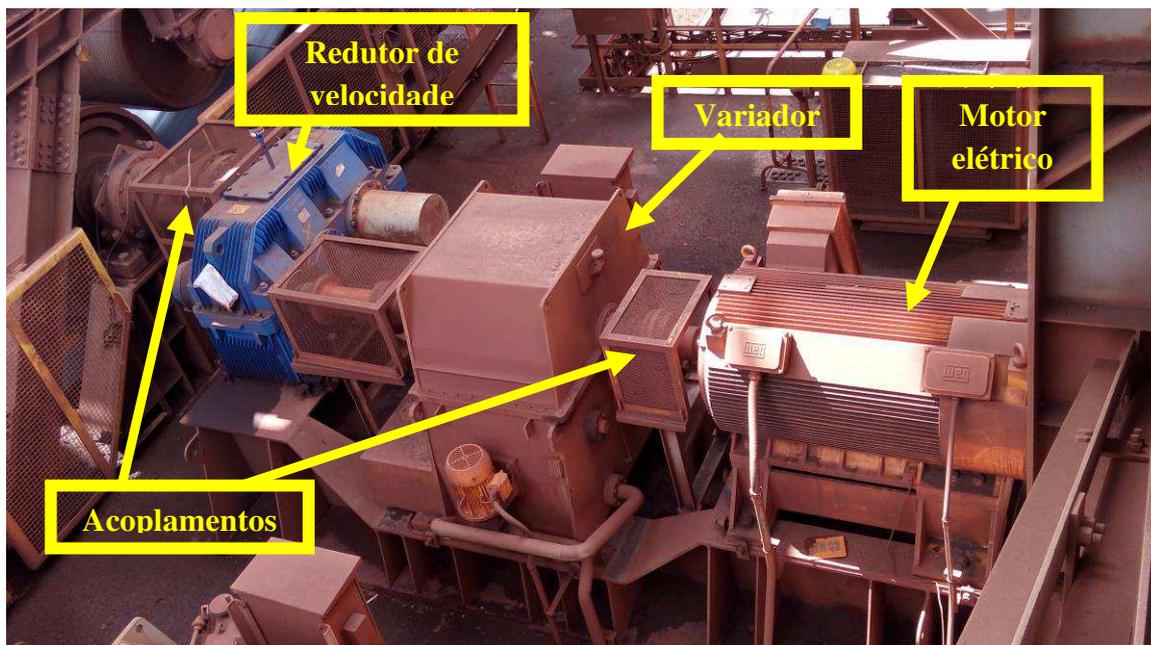


Figura 3.6 - Conjunto de acionamento. (Autor)



Figura 3.7 - Transportador de correia em operação. (Autor)

3.4 Inspeção mecânica dos componentes dos transportadores

O processo de manutenção da empresa em análise é iniciado pelas inspeções sensitivas nos TRCO's que dão origem as demandas de manutenções corretivas programadas e

manutenções preventivas. Todo o processo de inspeção, execução e gestão da manutenção é registrado no software SAP (Sistemas, Aplicativos e Produtos para Processamento de Dados) que gera um histórico de manutenção online.

As inspeções mecânicas em transportadores de correia são realizadas para identificação de demandas de manutenção e programação de manutenções corretivas e preventivas. Além disso, é importante para garantir o controle da manutenção e a disponibilidade dos equipamentos. Antes de iniciar a inspeção é obrigatório compreender o princípio de funcionamento do sistema. Estudar e conhecer o desenho esquemático da instalação, identificando os pontos de inspeção e seus acessos e riscos envolvidos na execução do trabalho.

A inspeção mecânica sensitiva é realizada seguindo os planos de manutenção da empresa que contemplam todos os componentes mecânicos dos transportadores de correia. Durante as inspeções sensitivas realizadas em campo foram verificados os itens e realizadas as medições de temperatura de componentes rotativos.

O plano de inspeção contempla os motores elétricos, variadores hidrodinâmicos, os motoredutores, os tambores, o sistema de esticamento, as estruturas metálicas, os freios, os roletes, a correia, os cavaletes, as casas de transferência de material, os mancais, as unidades hidráulicas, os elementos de fixação. Em todos esses itens são analisados as condições de limpeza, vibração, ruído, temperatura, lubrificação, parafusos, arruelas, porcas, desgaste, tipos corrosão, todos devem estar em condições normais de funcionamento. A Figura 3.8 mostra um inspetor realizando inspeção mecânica em um transportador.



Figura 3.8 - Inspeção mecânica sensitiva no transportador de correia. (Autor)

3.5 Histórico das falhas que resultaram em manutenção corretiva não programada

Todos os meses são avaliados os históricos de falhas que resultaram em manutenção corretiva não programada, essa categoria de falhas impacta diretamente na disponibilidade dos equipamentos. Foi realizado o levantamento dos meses de julho, agosto e setembro do ano de 2018 e traçado o perfil de perdas. Após a consolidação desses dados foram realizadas reuniões para tratar das causas e soluções para tratar prevenir as falhas, com o objetivo de garantir a disponibilidade dos equipamentos e garantir a capacidade produtiva dos transportadores e a redução dos custos ao longo do tempo.

Contudo, foram feitas uma série de reuniões junto às áreas de manutenção corretiva e preventiva, operações, preventiva elétrica, automação e com os engenheiros da confiabilidade os quais são responsáveis de alguma forma pelas metas de produção e de manutenção dos equipamentos. Essas reuniões têm como objetivo discutir as causas e elaboração os planos de ações para tratar e prevenir as falhas nos equipamentos e nos processos de manutenção. Essas falhas incluem quebras prematuras de componentes, falhas nos reparos e montagens, falhas nas inspeções, falhas elétricas, falhas de hidráulica e lubrificação, falhas no sistema de automação, entre outras.

3.6 Histórico de falhas coletado no mês de julho

O Quadro 2 mostra as falhas que foram acompanhadas e analisadas no mês de julho, junto aos tempos gastos para solucionar o problema. O foco em análise são as falhas mecânicas e hidráulicas, não foram consideradas as elétricas, de automação e vulcanização.

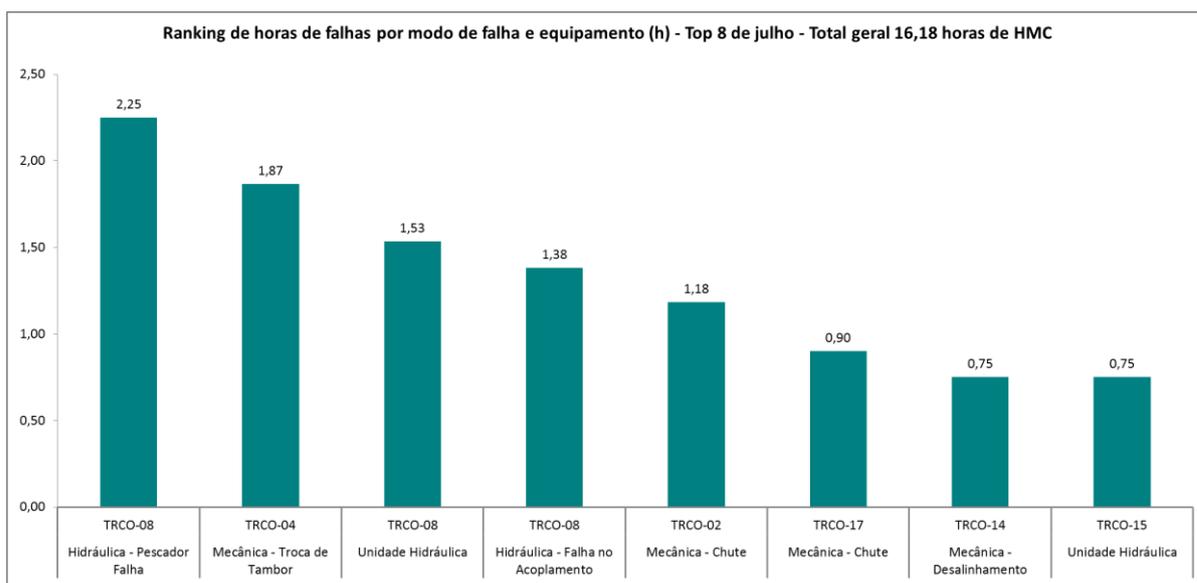
Quadro 3.2 - Histórico de falhas do mês de julho. (Autor)

Histórico das falhas do mês de julho		
Modo de falha	Equipamento	Tempo (h)
Hidráulica - Falha no Acoplamento	TRCO-08	1,05
Mecânica - Troca de Rolete	TRCO-21	0,63
Mecânica - Chute	TRCO-02	1,18
Unidade Hidráulica	TRCO-11	0,73
Mecânica - Troca de Rolete	TRCO-04	0,22
Hidráulica - Falha no Acoplamento	TRCO-06	0,27
Mecânica - Chute	TRCO-17	0,35
Mecânica - Desalinhamento	TRCO-14	0,75
Mecânica - Troca de Tambor	TRCO-04	1,87
Unidade Hidráulica	TRCO-01	0,23
Unidade Hidráulica	TRCO-15	0,58
Unidade Hidráulica	TRCO-15	0,17
Hidráulica - Falha no Acoplamento	TRCO-08	0,33
Mecânica - Troca de Rolete	TRCO-04	0,23
Unidade Hidráulica	TRCO-08	0,47
Mecânica - Redutor	TRCO-14	0,38
Hidráulica - Pescador Falha	TRCO-08	0,78
Hidráulica - Lubrificação	TRCO-01	0,12
Hidráulica - Lubrificação	TRCO-01	0,03
Hidráulica - Pescador Falha	TRCO-08	0,70
Hidráulica - Pescador Falha	TRCO-08	0,25
Unidade Hidráulica	TRCO-08	1,03
Unidade Hidráulica	TRCO-08	0,03
Mecânica - Chute	TRCO-16	0,22
Mecânica - Chute	TRCO-17	0,55
Mecânica - Guia De Material	TRCO-06	0,70
Hidráulica - Pescador Falha	TRCO-08	0,37
Hidráulica - Pescador Falha	TRCO-08	0,15
Mecânica - Troca de Rolete	TRCO-04	0,20
Mecânica - Desalinhamento	TRCO-15	0,37
Hidráulica - Redutor	TRCO-11	0,23
Mecânica - Troca de Rolete	TRCO-11	0,73
Unidade Hidráulica	TRCO-01	0,13
Unidade Hidráulica	TRCO-01	0,13
Tempo total		16,18

A análise de desempenho dos equipamentos é realizada com base no banco de dados em determinado período. A partir do histórico do mês de julho foi traçado o perfil de perdas das principais falhas do mês. Além disso, as falhas com maior tempo para resolução são tratadas nas reuniões de tratamento e prevenção de falhas.

3.6.1 Gráfico das principais falhas identificadas no mês de julho

Gráfico 01 – Perfil de perdas principais falhas e tempo mês julho. (Autor)



3.6.2 Plano de ação para tratamento das falhas mês de julho

O plano de ação é elaborado a partir da investigação das causas das falhas, para serem avaliadas e, com isso, propor soluções técnicas de prevenção e tratamento. A investigação é realizada pela equipe de confiabilidade junto às equipes de inspeção, operação, automação, elétrica, hidráulica e lubrificação. O Quadro 3 mostra o plano de ação do mês de julho.

Quadro 3.3 - Plano de ação para tratamento das falhas mês de julho. (Autor)

PLANO DE AÇÃO PARA TRATATIVA E PREVENÇÃO DE FALHAS – JULHO					
EQUIP.	MOTIVO/MODO DE FALHA	CAUSA	SOLUÇÃO	PRAZO	STATUS
TRCO-08	FALHA DE POSIÇÃO DE PESCADOR	AVARIA NO MODULO ELETRÔNICO DO ACOPLAMENTO HIDRAULICO 1 E 2.	FOI TROCADO A PLACA ELETRÔNICA.	25/jul	CONCLUÍDO
TRCO-04	SUPERAQUECIMENTO E EXCESSO DE VIBRAÇÃO DO ROLAMENTO DO TAMBOR 14.	QUEBRA DA TRAVA E FOLGA DA BUCHA DO ROLAMENTO.	REALIZADO MANUTENÇÃO PREVENTIVA E REAPERTADO A BUCHA DO ROLAMENTO.	19/jul	CONCLUÍDO
TRCO-08	NÍVEL ALTO DE ÓLEO NO MOTOREDUTOR.	DEVIDO PROBLEMA NO ABATECIMENTO DE ÓLEO.	FOI DRENADO UMA PARTE DO ÓLEO PARA ELIMINAR O EXCESSO.	13/jul	CONCLUÍDO
TRCO-08	FALHA NO ACOPLAMENTO HIDRAULICO.	AVARIA NO MODULO ELETRÔNICO DO ACOPLAMENTO HIDRAULICO 1 E 2.	FOI TROCADO A PLACA ELETRÔNICA.	22/jul	CONCLUÍDO
TRCO-02	FURO NO CHUTE DE DESCARGA	REVESTIMENTO DESGASTADO NA PARTE TRASEIRA DO CHUTE.	FOI REALIZADO REPARO NO CHUTE E ELIMINADO O FURO.	07/jul	CONCLUÍDO
TRCO-14	ATUAÇÃO DE CHAVE DE DESALINHAMENTO.	DEVIDO CORREIA DESALINHADA PARA O LASO DIREITO.	FOI REALIZADO AJUSTE NO SISTEMA DE ESTICAMENTO DA CORREIA.	18/jul	CONCLUÍDO
TRCO-17	CHUTE COM 2 FURAS NO REVESTIMENTO.	DEVIDO PROBLEMA DE DESGASTE NAS CHAPAS DE REVESTIMENTO DA RAMPA.	FOI TROCADO O REVESTIMENTO DA RAMPA DO CHUTE.	24/jul	CONCLUÍDO

3.7 Histórico de falhas coletado no mês de agosto

O Quadro 4 mostra as falhas acompanhadas e analisadas no mês de agosto, junto aos tempo gastos para solucionar o problema.

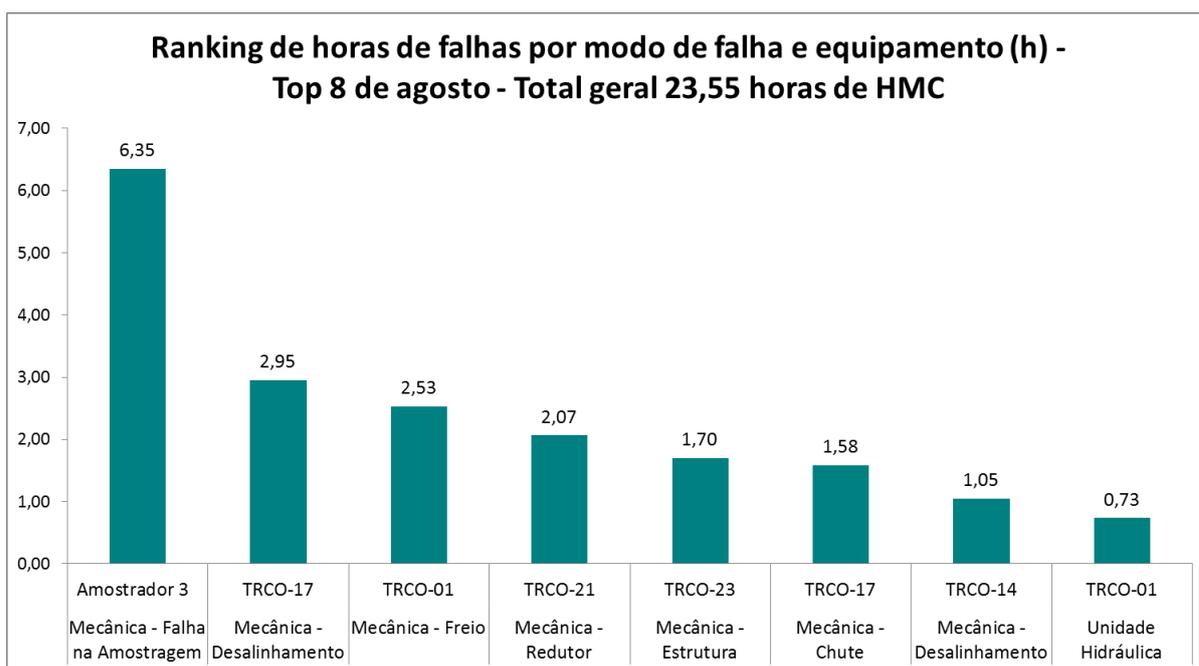
Quadro 3.4 - Histórico das falhas de agosto. (Autor)

Histórico das falhas do mês de agosto		
Modo de falha	Equipameto	Tempo (h)
Hidráulica - Ag. Lubrificação	TRCO-01	0,15
Mecânica - Estrutura	TRCO-03	0,08
Mecânica - Troca de Rolete	TRCO-08	0,22
Hidráulica - Ag. Lubrificação	TRCO-01	0,13
Mecânica - Desalinhamento	TRCO-04	0,20
Mecânica - Desalinhamento	TRCO-12	0,28
Unidade Hidráulica	TRCO-01	0,27
Unidade Hidráulica	TRCO-01	0,22
Mecânica - Troca de Rolete	TRCO-08	0,12
Mecânica - Troca de Rolete	TRCO-17	0,30
Mecânica - Desalinhamento	TRCO-13	0,43
Mecânica - Freio	TRCO-01	1,27
Mecânica - Freio	TRCO-01	1,27
Mecânica - Desalinhamento	TRCO-14	0,30
Mecânica - Desalinhamento	TRCO-14	0,03
Mecânica - Desalinhamento	TRCO-14	0,72
Mecânica - Desalinhamento	TRCO-17	0,37
Mecânica - Guia De Material	TRC0-06	0,60
Mecânica - Troca de Rolete	TRCO-03	0,43
Mecânica - Troca de Rolete	TRCO-03	0,12
Mecânica - Desalinhamento	TRCO-17	0,23
Unidade Hidráulica	TRCO-01	0,25
Mecânica - Troca de Rolete	TRCO-13	0,53
Mecânica - Desalinhamento	TRCO-17	0,30
Mecânica - Desalinhamento	TRCO-17	0,15
Mecânica - Cabeça Móvel	TRCO-12	0,18
Mecânica - Desalinhamento	TRCO-17	0,57
Mecânica - Troca de Tambor	TRCO-04	0,58
Mecânica - Chute	TRCO-17	1,58
Mecânica - Estrutura	TRCO-23	1,70
Mecânica - Redutor	TRCO-21	2,07
Mecânica - Falha na Amostragem	AM3	6,35
Mecânica - Desalinhamento	TRCO-17	1,00
Mecânica - Desalinhamento	TRCO-17	0,17
Mecânica - Desalinhamento	TRCO-17	0,17
Hidráulica - Pescador Falha	TRCO-23	0,22
Tempo total		23,55

3.7.1 Gráfico das principais falhas identificadas do mês de agosto

A partir do histórico do mês de agosto, também foi traçado o perfil de perdas das principais falhas do mês. As falhas com maior tempo para resolução foram tratadas nas reuniões de tratamento e prevenção de falhas. O Gráfico 2 mostra as principais falhas de agosto.

Gráfico 02 – Perfil de perdas principais falhas e tempo mês agosto. (Autor)



3.7.2 Plano de ação para tratamento das falhas mês de agosto

O plano de ação é elaborado a partir da investigação das causas das falhas do mês de agosto. As ações foram todas executadas e os problemas foram solucionados. O Quadro 3.5 mostra o plano de ação do mês de agosto.

Quadro 3.5 - Plano de ação para tratamento das falhas mês de agosto. (Autor)

PLANO DE AÇÃO PARA TRATATIVA E PREVENÇÃO DE FALHAS – AGOSTO					
EQUIP.	MOTIVO/MODO DE FALHA	CAUSA	SOLUÇÃO	PRAZO	STATUS
AMOSTRADOR 03	TORRE DE AMOSTRAGEM DA LINHA 3 COM PROBLEMA NO MOTOR. (QUEBRA DO REDUTOR)	1 - FALTA DE GERAÇÃO DOS PLANOS DE LUBRIFICAÇÃO; 2 - FALTA DE GERAÇÃO DOS PLANOS DE MANUTENÇÃO MECÂNICA; 3 - FALTA DE PREVISIBILIDADE PARA DETECÇÃO DE ANOMALIAS.	FOI TROCADO REDUTOR DA AMOSTRAGEM.	20/ago	CONCLUÍDO
TRCO-17	CORREIA DESALINHADA CAUSANDO FUGA DE MATERIAL.	DEVIDO QUEDA DESCENTRALIZADA DO MATERIAL POR CAUSA DE PROBLEMA NO CHUTE.	FOI REALIZADO MANUTENÇÃO CHUTE, OU SEJA, FOI TROCADO O REVESTIMENTO E AJUSTADO AS GUIAS DE MATERIAL.	10/ago	CONCLUÍDO
TRCO-01	TRANSPORTADOR PAROU DEVIDO SOBRECARGA NO ACIONAMENTO 2.	TRAVAMENTO DO CONTRARECUO DO ACIONAMENTO 1 PROVOCOU SUPERAQUECIMENTO DO ÓLEO DO VARIADOR.	FOI INSTALADO NOVOS CONTRARECUOS NOS ACIONAMENTOS.	04/set	CONCLUÍDO
TRCO-23	CABO DE AÇO DA BORDA DA CORREIA ENROLADOS NO MANCAL.	CABO DE AÇO DA CORREIA SOLTO DEVIDO BORDAS AVARIADAS POR CAUSA DE DESALINHAMENTO DA COREIA.	FOI REALIZADO O CORTE DOS CABOS QUE ESTAVAM ENROLADOS NO MANCAL E CORRIGIDO DESALINHAMENTO DA CORREIA.	28/ago	CONCLUÍDO
TRCO-17	PROBLEMA NO CHUTE DE RECEBIMENTO.	DESGASTE NAS CHAPAS DO REVESTIMENTO INTERNO DO CHUTE CAUSANDO PROBLEMA DE QUEDA DE MATERIAL.	FOI REALIZADO REPARO NO CHUTE DE RECEBIMENTO, OU SEJA, FOI TROCADO AS CHAPAS DE REVESTIMENTO DESGASTADAS.	27/ago	CONCLUÍDO
TRCO-14	ATUAÇÃO DE CHAVE DE DESALINHAMENTO.	DEVIDO FLUXO ALTO DE MATERIAL NA CORREIA.	FOI CORRIGIDO O FLUXO DE MATERIAL.	16/ago	CONCLUÍDO

3.8 Histórico de falhas coletado no mês de setembro

O total do tempo de reparos em setembro de 31,27 horas de manutenção aumentou em relação aos meses de julho e agosto, com tempos de 16,18 e 23,55 respectivamente. O Quadro 3.6 mostra as falhas acompanhadas e analisadas no mês de setembro, junto aos tempos gastos para solucionar o problema.

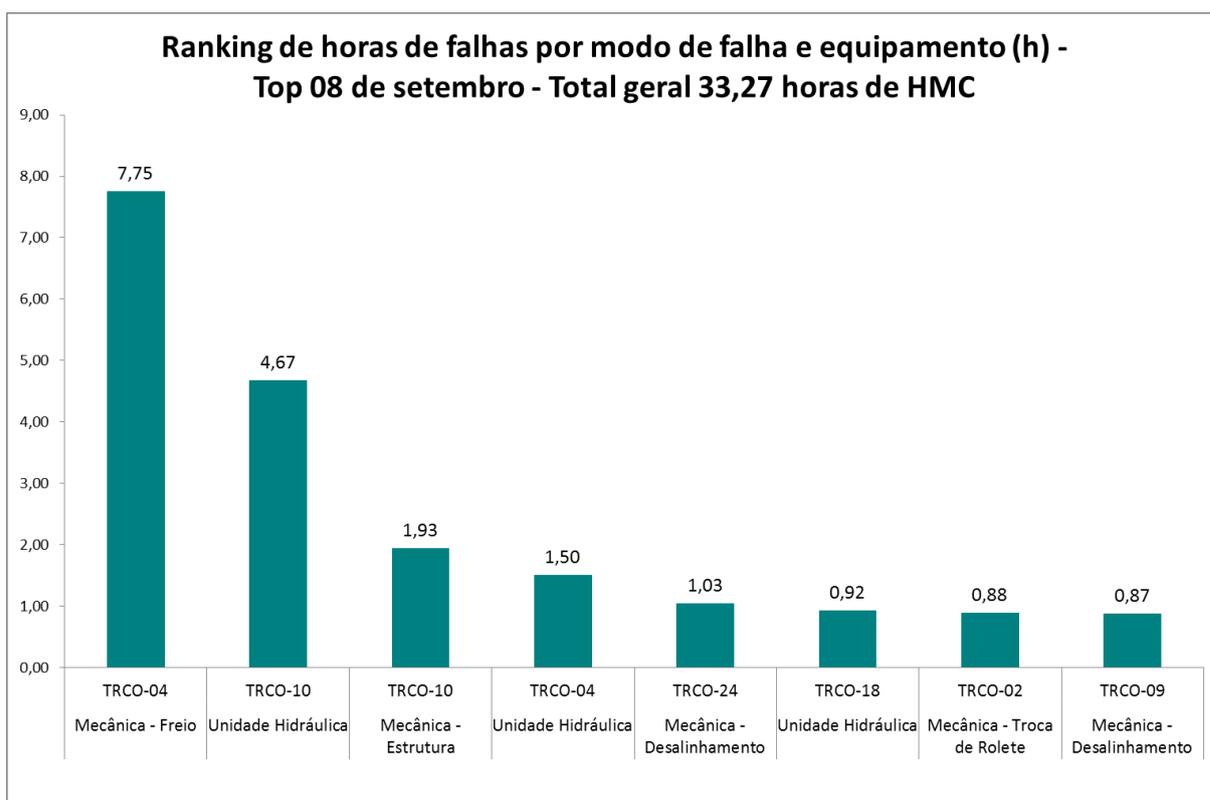
Quadro 3.6 - Histórico das falhas de setembro. (Autor)

Histórico das falhas do mês de setembro		
Modo de falha	Equipamento	Tempo (h)
Unidade Hidráulica	TRCO-09	0,55
Unidade Hidráulica	TRCO-09	0,07
Unidade Hidráulica	TRCO-09	0,13
Mecânica - Desalinhamento	TRCO-24	0,97
Mecânica - Desalinhamento	TRCO-24	0,07
Mecânica - Freio	TRCO-04	4,27
Mecânica - Freio	TRCO-04	3,23
Mecânica - Freio	TRCO-04	0,25
Mecânica - Estrutura	TRCO-06	0,33
Mecânica - Redutor	TRCO-04	0,38
Mecânica - Redutor	TRCO-04	0,20
Hidráulica - Ag. Lubrificação	TRCO-01	0,15
Unidade Hidráulica	TRCO-01	0,22
Unidade Hidráulica	TRCO-10	2,50
Unidade Hidráulica	TRCO-10	2,17
Unidade Hidráulica	TRCO-18	0,92
Mecânica - Estrutura	TRCO-10	0,67
Unidade Hidráulica	TRCO-04	0,23
Unidade Hidráulica	TRCO-04	0,12
Unidade Hidráulica	TRCO-04	0,60
Unidade Hidráulica	TRCO-04	0,55
Mecânica - Desalinhamento	TRCO-23	0,72
Mecânica - Troca de Rolete	TRCO-03	0,42
Mecânica - Contra Peso	TRCO-01	0,25
Mecânica - Desalinhamento	TRCO-16	0,35
Mecânica - Desalinhamento	TRCO-16	0,35
Hidráulica - Ag. Lubrificação	TRCO-28	0,82
Unidade Hidráulica	TRCO-01	0,12
Unidade Hidráulica	TRCO-01	0,12
Unidade Hidráulica	TRCO-01	0,17
Mecânica - Estrutura	TRCO-04	0,33
Mecânica - Desalinhamento	TRCO-15	0,52
Mecânica - Troca de Rolete	TRCO-02	0,88
Hidráulica - Pressostato	TRCO-01	0,17
Hidráulica - Ag. Lubrificação	TRCO-01	0,28
Mecânica - Estrutura	TRCO-16	0,17
Hidráulica - Freio	TRCO-27	0,53
Hidráulica - Freio	TRCO-27	0,08
Mecânica - Desalinhamento	TRCO-08	0,28
Mecânica - Desalinhamento	TRCO-08	0,10
Mecânica - Desalinhamento	TRCO-18	0,23
Mecânica - Desalinhamento	TRCO-18	0,17
Mecânica - Guia De Material	TRCO-17	0,30
Mecânica - Guia De Material	TRCO-26	0,25
Hidráulica - Falha no Acoplamento	TRCO-08	0,50
Mecânica - Desalinhamento	TRCO-13	0,10
Mecânica - Desalinhamento	TRCO-13	0,57
Mecânica - Falha no Acoplamento	TRCO-01	0,50
Mecânica - Troca de Rolete	TRCO-30	0,47
Hidráulica - Pescador Falha	TRCO-09	0,67
Mecânica - Desalinhamento	TRCO-09	0,37
Mecânica - Desalinhamento	TRCO-09	0,50
Hidráulica - Ag. Lubrificação	TRCO-01	0,17
Mecânica - Estrutura	TRCO-10	1,27
Tempo total		31,27

3.8.1 Gráfico das principais falhas do mês de setembro

A partir do histórico do mês de setembro, também foi traçado o perfil de perdas das principais falhas do mês. As falhas com maior tempo para resolução foram tratadas nas reuniões de tratamento e prevenção de falhas. O Gráfico 3 mostra as principais falhas de setembro.

Gráfico 03 – Perfil de perdas principais falhas e tempo mês setembro. (Autor)



3.8.2 Plano de ação para tratamento das falhas mês de setembro

Plano de ação é elaborado a partir da investigação das causas das falhas do mês de agosto. As ações foram todas executadas e os problemas foram solucionados. O quadro 3.7 mostra o plano de ação executado do mês de setembro.

Quadro 3.7 - Plano de ação de setembro.

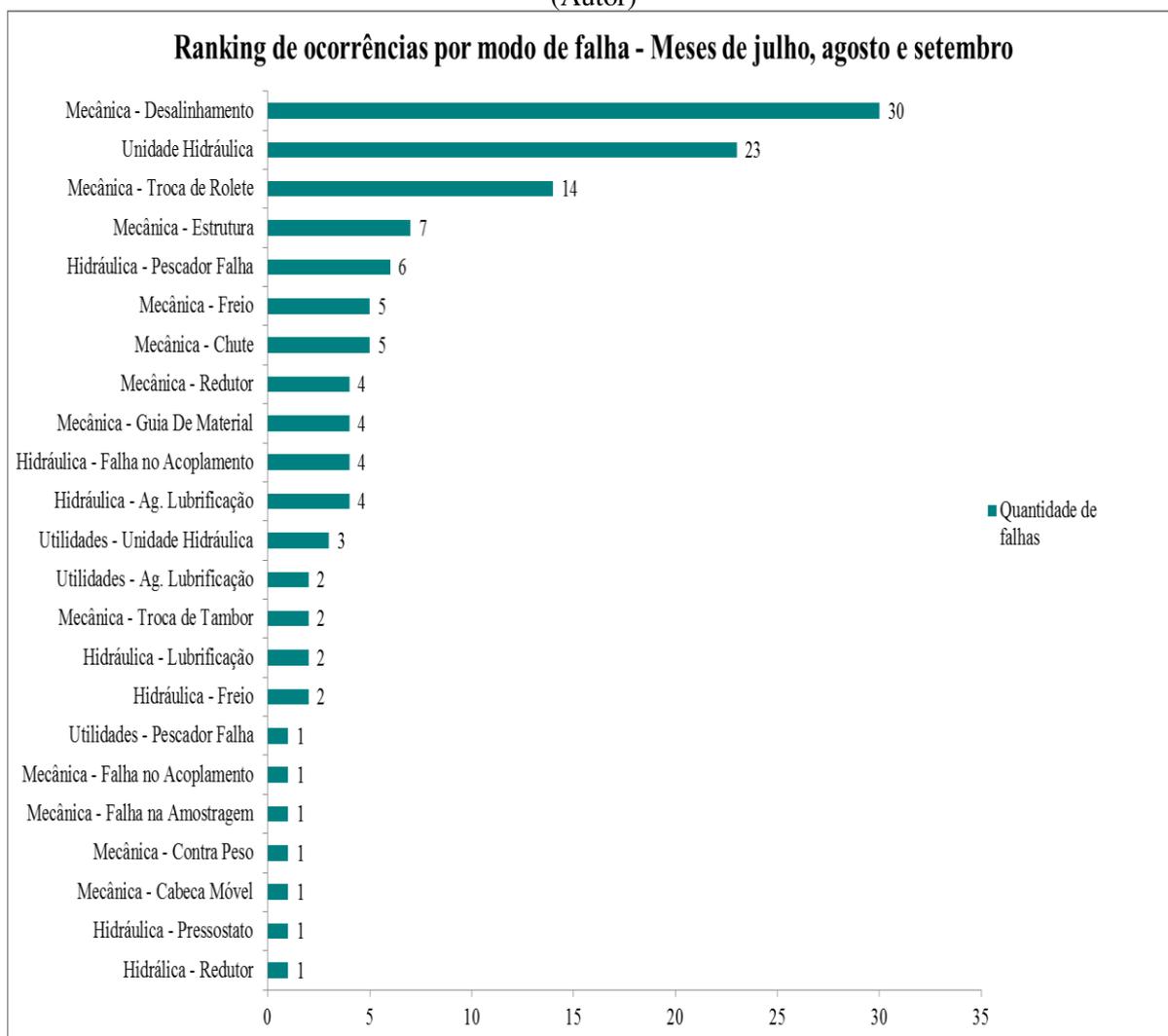
PLANO DE AÇÃO PARA TRATATIVA E PREVENÇÃO DE FALHAS – SETEMBRO					
EQUIP.	MOTIVO/MODO DE FALHA	CAUSA	SOLUÇÃO	PRAZO	STATUS
TRCO-04	TRAVAMENTO DO CONTRA RECUO ACIONAMENTO 1	IDENTIFICADO ESTOURO DO BUJÃO FUSÍVEL DO VARIADOR DO M1 E PROVÁVEL TRAVAMENTO DO CONTRA RECUO DO REDUTOR DO ACIONAMENTO 1.	FOI SUBSTITUÍDO O CONTRA RECUO. FOI CORRIGIDO O SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO QUE ESTAVA COM DEFEITO.	04/set	CONCLUÍDO
TRCO-10	TRCO-10 PARADO PARA AJUSTE NO TIRANTE DO TRANSPORTADOR P/ CORRIGIR O ALINHAMENTO DA CORREIA.	PROBLEMA NO SISTEMA DE TENSIONAMENTO HIDRÁULICO.	FOI CORRIGIDO A FALHA NO SISTEMA DE TENSIONAMENTO E TENSIONADO A CORREIA.	10/set	CONCLUÍDO
TRCO-10	QUEBRA DA ESTRUTURA DA BASE DO CARRO TENSOR	A DEFORMAÇÃO DA VIGA DO CARRO PROVOCADA PELA FRAGILIZAÇÃO DO COMPONENTE DEVIDO A INSTALAÇÃO DE RASPADOR OCASIONANDO CORTE NA ALMA DA VIGA, IMPOSSIBILITANDO O TENSIONAMENTO DA CORREIA APÓS A SUA DILATAÇÃO NATURAL.	FOI RECUPERADO AS VIGAS DO CARRO TENSOR E INSTALADO REFORÇO NA ESTRUTURA.	10/set	CONCLUÍDO
TRCO-04	PROBLEMA NO ACOPLAMENTO HIDRÁULICO DO ACIONAMENTO 2,	FIM DE VIDA ÚTIL DO ACOPLAMENTO HIDRÁULICO CAUSANDO A PARADA DO ACIONAMENTO..	FOI REALIZADO A TROCA DO ACOPLAMENTO HIDRÁULICO E NORMALIZADO O ACIONAMENTO.	11/set	CONCLUÍDO
TRCO-24	CHAVE DE DESALINHAMENTO ATUADA CAUSANDO A PARADA DO TRCO-24	QUEDA DESCENTRALIZADA DO MATERIAL DEVIDO PROBLEMA NO CHUTE, CAUSANDO O DESALINHAMENTO DA CORREIA	FOI REALIZADO MANUTENÇÃO NO CHUTE DE RECEBIMENTO DE MATERIAL. FOI TRACADO ALGUMAS CHAPAS DE REVESTIMNETO DE CHUTE.	04/set	CONCLUÍDO
TRCO-18	FALHA NO SENSOR PRESENÇA DE CAMPO MAGNETICO NA UNIDADE HIDRÁULICA.	DEFEITO NO SENSOR POR FALTA DE CORRENTE ELÉTRICA NA UNIDADE HIDRÁULICA,	FOI SUBSTITUÍDOM O SENSOR E REALIZADO MANUTENÇÃO NO SISTEMA ELÉTRICO DA UNIDADE.	02/set	CONCLUÍDO

3.9 Principais modos de falhas nos meses de julho, agosto e setembro

O gráfico 4 mostra os modos de falhas com maior ocorrência nos meses em análise, ou seja, o ranking das falhas mais recorrentes durante os três meses. Essa análise mostra as falhas que ocorrem com maior frequência para que as equipes possam atuar nas causas para eliminar esses modos de falhas.

Sendo assim, foi possível traçar os perfis de perdas dos equipamentos e gerar os planos de ações para tratar os desvios envolvidos nos processos de manutenção. Depois de realizar esse processo, os engenheiros de manutenção analisam os indicadores, que estão relacionados diretamente com a confiabilidade dos equipamentos e qualidade da manutenção, tudo isso afeta no transporte de minério para carregamento de navios nos Píeres.

Gráfico 4 – Ranking de ocorrência por modo de falha.
(Autor)



4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A gestão da manutenção é realizada com base nos bancos de dados e na análise de indicadores que servem de suporte para a tomada de decisões e definição das melhores estratégias. A equipe de confiabilidade faz um diagnóstico do processo de manutenção e estabelece as metas a serem cumpridas. Outro fator importante nesse processo é o acompanhamento dos indicadores diariamente, pois os indicadores apontam para os problemas a serem corrigidos.

Os indicadores utilizados para diagnosticar o processo, na empresa em análise, são disponibilidade física e intrínseca, horas de manutenção corretiva (HMC), horas de manutenção preventiva (HMC). Os mesmos têm suas metas que servem para garantir a produção e as condições operacionais dos equipamentos.

Para monitorar a eficiência das equipes de manutenção é necessário observar as taxas de repetições das falhas nos equipamentos e as eliminar as causas fundamentais. Dessa forma, periodicamente são emitidos os relatórios de falhas frequentes, bem como uma análise criteriosa, para avaliar uma possível inclusão novas estratégias no plano de inspeção e manutenção.

Com a finalidade de eliminar as grandes falhas e quebras são realizadas investigações das causas propostas a soluções para eliminá-las. Durante o estudo de caso foram realizadas investigações, juntos as equipes de manutenção, em reuniões de tratativa e prevenção de falhas, os resultados são mostrados no item 4.1.

4.1 Investigações das maiores falhas que causaram maiores impactos na disponibilidade dos equipamentos

A equipe da confiabilidade fez investigações detalhadas dos eventos com maiores impactos, com o objetivo de encontrar as causas reais e propor ações de bloqueio. A investigação é realizada a partir da inspeção em campo e das reuniões com os envolvidos no processo de manutenção. Com isso, são foram gerados os planos de ação para tratativa e prevenção das causas e foi proposta as melhoria nos processos e equipamentos.

4.1.1 Falha no tensionamento da correia do TRCO-10

Foi realizada investigação com os envolvidos no processo de manutenção no sistema de tensionamento da correia do TRCO-10. As equipes de manutenção corretiva e hidráulica identificaram que o sistema de tensionamento não estava a funcionar corretamente e que a correia do TRCO-10 estava folgada devido à viga do lado ter sofrido deformação. A correia apresentou alongamento natural que foi compensado em seguida pela equipe da hidráulica que tensionou a correia, porém a unidade hidráulica não estava conseguindo tensionar a correia. A corretiva que atuou em conjunto com a unidade hidráulica, sendo possível assim tensionar a correia e fixar os tirantes. A Figura 4.1 mostra a análise em campo e o Quadro 4.1 mostra o plano de ação elaborado. A equipe que realizou a investigação foi composta pelos engenheiros Paulo Xavier e Jackson Gonzaga além de outros participantes.



Figura 4.1 - Análise de campo da falha no tensionamento da correia do TRCO-10. (Autor)

Quadro 4.1 - Plano de ação final da investigação da falha de tensionamento da correia do TRCO-10.
(Autor)

CAUSA CONTRIBUINTE	AÇÃO
Realização de quatro cortes das vigas do carro tensor durante substituição do tambor de retorno	Recuperar as vigas do carro tensor e Instalar reforços nas vigas do carro tensor para suportar as tensões de esticamento mesmo com os furos para instalação do raspador e ajuste nos parafusos do mancal do tambor
Realização de quatro cortes das vigas do carro tensor durante substituição do tambor de retorno	Modificar o projeto do carro tensor do para possibilitar a instalação e ajuste dos parafusos de fixação do mancal do tambor e possibilitar a instalação de raspadores
Realização de quatro cortes das vigas do carro tensor durante substituição do tambor de retorno	Fabricar e instalar projeto de modificação do carro tensor
Instalação de raspador ocasionando corte na alma da viga	Estudar modelo de raspador primário que possa ser instalado sem necessidade de corte na viga do carro tensor

4.1.2 Sobrecarga no do acionamento 02 do TRCO-04

O transportador TRCO-04 parou devido sobrecarga no acionamento 2. Identificado estouro do bujão fusível do variador 1 e provável travamento do contra recuo do redutor do 1. A equipe de investigação identificou que as principais hipóteses que podem ter causado a falha de sobrecarga no do acionamento do TRCO-04, foram o travamento do contra recuo do acionamento 1 provocou um aquecimento do óleo do variador (acima de 160° e conseqüentemente o estouro dos bujões fusíveis. Assim o acionamento 2 ficou responsável por movimentar sozinho o transportador, ocasionando a sobrecarga. A figura mostra a análise em campo da falha e o quadro 9 mostra o plano de ação final. A equipe que realizou a investigação foi composta pelos engenheiros Paulo Xavier e Jackson Gonzaga, além de outros participantes. A Figura 4.2 mostra a análise em campo e o Quadro 4.2 mostra o plano de ação elaborado.



Figura 4.2 – Análise de campo da falha no acionamento do TRCO-04. (Autor)

Quadro 4.2 - Plano de ação final da falha no acionamento do TRCO-04. (Autor)

CAUSA CONTRIBUINTE	AÇÃO
Contaminação no contra recuo por particulado	Incluir no plano de lubrificação do contra recuo (a graxa funciona como proteção contra contaminação)
Falha na montagem do contra recuo	Especificar contra recuo alternativo para substituir o modelo instalado no acionamento
Falha na montagem do contra recuo	Criar código para contra recuo especificado para substituir o modelo instalado atualmente
Falha na montagem do contra recuo	Aquisição de contra recuo especificado para substituir o modelo instalado atualmente
Falha na montagem do contra recuo	Instalar contra recuo nos acionamentos
Estouro do bujão fusível	Revisar estratégia de itens estocáveis para bujão fusível
Estouro do bujão fusível	Realizar teste nos acionamentos para identificar causa de desbalanceamento de correntes nos motores.
Estouro do bujão fusível	Aquisição emergencial de bujões fusíveis para os acoplamentos
Estouro do bujão fusível	Executar projeto para monitoramento das correntes pelo PIMS

4.1.3 Investigação da falha do redutor do alimentador da amostragem 3

Foi identificado falha do redutor do feeder da amostragem 3. As engrenagens do redutor apresentaram desgaste ocasionando a falha no engrenamento. A equipe de investigação identificou que as principais hipóteses que podem ter causado a quebra do redutor do amostrador foram a falta de geração dos planos de lubrificação, a falta de geração dos planos na manutenção mecânica e a falta de previsibilidade para detecção de anomalias. A Figura 4.3 mostra a análise em campo e o Quadro 4.3 mostra o plano de ação final. A equipe que realizou a investigação contou com os engenheiros Paulo Xavier e Hugo Nunes, além de outros participantes.



Figura 4.3 – Análise de campo da falha do redutor do alimentador da amostragem 3. (Autor)

Quadro 4.3 - Plano de ação final da falha do redutor do alimentador da amostragem (Autor).

CAUSA CONTRIBUINTE	AÇÃO
Falta de geração dos planos de lubrificação	Ativar os planos de lubrificação das torres de amostragem
Falta de geração dos planos na manutenção mecânica	Ativar os planos de manutenção mecânica das torres de amostragem
Falta de previsibilidade para detecção de anomalias	Instalar sensor de subvelocidade no tambor de retorno
Falta de previsibilidade para detecção de anomalias	Elaborar lógica de intertravamento do sensor de subvelocidade do a ser instalado
Falta de previsibilidade para detecção de anomalias	Avaliar os resultados da instalação do ponto remoto de monitoramento no e relatar os ganhos/dificuldades, caso viável tecnicamente, planejar e programar instalação de pontos remotos nos demais equipamentos das torres de amostragem.

4.2 Análise dos resultados dos indicadores

Os indicadores utilizados na gerência de manutenção de empresa em análise para diagnosticar o processo são disponibilidade física (DF), disponibilidade intrínseca (DI), horas de manutenção corretiva (HMC), horas de manutenção preventiva (HMC). Para que se monitore a eficiência dos indicadores é necessário observar a taxa de repetições dos problemas e as suas causas fundamentais. Periodicamente deve ser emitido o relatório de falhas frequentes, bem como fazer reuniões diárias para acompanhamento de indicadores e produtividade.

4.2.1 Cálculo das disponibilidades física e intrínseca

Calcular disponibilidade de equipamentos industriais é uma tarefa fundamental para que o setor de controle da manutenção possa traçar as estratégias corretas no momento de definir qual equipamento merece prioridade dentro do ambiente industrial. O cálculo de disponibilidade de um equipamento ou instalação tem muito a dizer sobre os seus processos

de manutenção e operação. O objetivo principal da equipe de confiabilidade é garantir a disponibilidade dos equipamentos e consequentemente otimizar a produtividade.

Para análise do processo de manutenção foi realizado o cálculo dos indicadores dos meses de julho, agosto e setembro. Os principais indicadores acompanhados pela gerência de manutenção são DF e DI. Para esses indicadores são estabelecidas as metas que são estabelecidas para controle de confiabilidade e também garantir a produção com o menor custo possível. As figuras a seguir mostram os resultados dos indicadores dos meses analisados.

Para cálculo foi utilizado às fórmulas de DF e DI contidas nos itens 2.3.4 e 2.3.5 que estão no capítulo. Os resultados alcançados estão dentro das metas estabelecidas a partir programado de embarque mensal. Essas metas são estipuladas para garantir que os equipamentos estejam disponíveis para operar e atingir a produção orçada no mês, dentro dos limites aceitáveis.

4.2.2 Exemplo de cálculo de DI e DF, mês de julho:

$$DF = \left[\frac{(\text{Tempo calendário} - \text{Tempo de manutenção Total})}{\text{Tempo calendário}} \right] \times 100 \quad (2.3)$$

$$DF_{\text{julho}} = [(3600 - 618,08) / 3600] * 100 = 82,83\%$$

$$DI = \left[\frac{(\text{Tempo operando})}{\text{Tempo operando} + \text{tempo de manutenção corretiva}} \right] \times 100 \quad (2.4)$$

$$DI_{\text{julho}} = 1.787,18 / (1.787,18 - 431,87)] * 100 = 90,56\%$$

O Quadro 4.4 mostra o resumo de dados e resultados de DF e DI dos meses em análise. Os resultados dos indicadores são positivos, ou seja, as metas foram atingidas e isso é resultado de toda a equipe de manutenção, pois todos os envolvidos no processo são importantes. Portanto, isso demonstra a importância da análise e gestão da confiabilidade e

disponibilidade dos equipamentos, porque reduz as perdas e garante a produção desejada, além de ajudar a manter a integridade física dos ativos.

Quadro 4.4 – Indicadores dos meses em análise. (Autor)

Indicadores	Julho	Agosto	Setembro	Metas
Horas de manutenção corretiva	186,22	174,15	157,12	223,30
Horas de operação	1.787,18	1.835,20	1.834,82	Não se aplica
Horas de manutenção preventiva	431,87	431,35	393,02	432,00
Horas de manutenção total	618,08	605,50	550,13	Não se aplica
Horas Calendário	3600	3600	3480	Não se aplica
DI	90,56%	91,33%	92,11%	88,30
DF	82,83%	83,18%	84,19%	82,40

5. CONCLUSÃO

5.1 Considerações finais

Ao analisar os resultados dos indicadores de manutenção é possível comprovar a importância da gestão da confiabilidade de equipamentos dentro da empresa. Esses resultados são os frutos do trabalho de todas as equipes de manutenção, desde o operador até os gerentes de operação e manutenção. Vimos no capítulo 4 que as metas de DF e DI dos meses de julho, agosto e setembro foram atingidas, e isso demonstra a eficiência do processo manutenção como um todo.

Por outro lado, concluímos que as inspeções dos equipamentos são importantes para identificação e tratamento de anomalias. Não somente as inspeções, mas as análises de falhas, a gestão dos indicadores, a investigação de grandes falhas e quebras, a identificação dos principais modos de falhas e os bancos de dados de falhas e inspeções. Todos eles fazem parte de um processo para manter as condições operacionais dos equipamentos e eliminar os principais modos de falhas.

5.2 Sugestões para trabalhos futuros

Entende-se que alguns aspectos podem ser aprofundados, como a inserção de comentários sobre métodos de implantação estratégias da manutenção centrada na confiabilidade. Então, sugere-se que assuntos relacionados a esse tema sejam explorados, proporcionando um maior aprofundamento acerca do mesmo.

Outro aspecto que não foi contemplado pelo presente trabalho refere-se ao aprofundamento de outros métodos de investigação e análise de falhas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPOS, Vicente Falconi. **Qualidade total: padronização de empresas**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1992.

CAMPOS, Vicente Falconi. **Gerenciamento da Rotina do Trabalho do Dia-a-dia**. Rio de Janeiro: QFCO, 1994.

CASTRIOTTO, Thiago. A importância da correia transportadora para a indústria. **Web artigos**. Janeiro de 2015.

DESSAUNE, Márcio Bonfim - **Transportadores de Correia**. Apostila. 3ª ed: Março de 2000.

FRANCO, Luiz Fernando Neves. **Manutenção Preventiva e Corretiva. Administração**. com. 2006. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/informe-se/artigos/manutencao-preventiva-e-corretiva/13048/>> Acesso em: 12 nov. 2015.

GAVI, Jones de Paula. **Manual de Inspeção e Manutenção de Transportadores de Correia**; 3ª Edição: Marco de 2000.

GUIMARÃES, F, Ricardo. **Desenvolvimento do sistema de implantação e gestão da manutenção**. Porto Alegre, 1999.

GRADIM. Luis, **Homens da Manutenção: material avulso**, 2008.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: função estratégica**. 3ª ed. Rev. e Atualizada. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2010.

NUNES, E. L. **Manutenção centrada em confiabilidade (MCC): análise da implantação em uma sistemática de manutenção consolidada**. 88 p. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

OTANI, Mario; MACHADO, Waltair Vieira. **Proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial**. Revista Gestão Industrial Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR Campus Ponta Grossa - Paraná – Brasil, 2008.

PEREIRA, Carlindo. **Gerência de Manutenção: Notas de Aula**. 2008

SLACK, N.; JONHSTON, R.; CHAMBERS, S. **Administração da produção**. 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2008.

SIQUEIRA, Iony Patriota. **Manutenção centrada na Confiabilidade, Manual de Implementação**. 1ª. Reimp. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

SOUZA, José Barrozo de. **Alinhamento das estratégias do planejamento e controle da manutenção (PCM) com as finalidades e funções do Planejamento e controle da produção (PCP): uma abordagem analítica**. Tese (Mestrado) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2008.

TAKAHASHI, Yoshikazu, OSADA, Takashi. **TPM/MTP: manutenção produtiva total**. São Paulo: Instituto IMAM, 1993.

VIANA, Herbet Ricardo Garcia – **PCM, planejamento e controle da manutenção** – Rio de Janeiro; Qualitymark ED., 2002,