



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO – UFOP

ESCOLA DE MINAS

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA



MARIA CAROLINE DE FREITAS RAMOS

**A INFLUÊNCIA DO PERFIL DE PERDAS NA MELHORIA DA
CONFIABILIDADE DOS COMBOIOS MISTO E DIESEL NO SETOR
DE EQUIPAMENTOS CONVENCIONAIS E EMPILHADEIRAS EM
UMA EMPRESA MINERADORA**

**OURO PRETO - MG
2020**

MARIA CAROLINE DE FREITAS RAMOS

maria.caroline@aluno.ufop.edu.br

**A INFLUÊNCIA DO PERFIL DE PERDAS NA MELHORIA DA
CONFIABILIDADE DOS COMBOIOS MISTO E DIESEL NO SETOR
DE EQUIPAMENTOS CONVENCIONAIS E EMPILHADEIRAS EM
UMA EMPRESA 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 Luis Vieira da Silva

**OURO PRETO – MG
2020**

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

R175a Ramos, Maria Caroline de Freitas .

A influência do perfil de perdas na melhoria da confiabilidade dos comboios misto e diesel no setor de equipamentos convencionais e empilhadeiras em uma empresa mineradora. [manuscrito] / Maria Caroline de Freitas Ramos. - 2020.

52 f.: il.: color., gráf., tab..

Orientador: Prof. Dr. Washington Luis Vieira da Silva.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia Mecânica .

1. Empilhadeiras - Manutenção. 2. Confiabilidade (Engenharia). 3. Padrões de desempenho. 4. Empilhadeiras - Motores a diesel . 5. Engenharia mecânica. I. Silva, Washington Luis Vieira da. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 624.13

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



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECANICA

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

Maria Caroline de Freitas Ramos

A INFLUÊNCIA DO PERFIL DE PERDAS NA MELHORIA DA CONFIABILIDADE DOS COMBOIOS MISTO E DIESEL NO SETOR DE EQUIPAMENTOS CONVENCIONAIS E
EMPILHADEIRAS EM UMA EMPRESA MINERADORA

Membros da banca

Washington Luis Vieira da Silva- DSc. - Universidade Federal de Ouro Preto
Luís Antônio Bortolaia - DSc. - Universidade Federal de Ouro Preto
Sávio Sade Tayer- MSC. - Universidade Federal de Ouro Preto

Versão final

Aprovado em 21 de Agosto de 2020

De acordo

Professor Orientador Washington Luis Vieira da Silva



Documento assinado eletronicamente por **Washington Luis Vieira da Silva, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 01/09/2020, às 15:45, 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 **0079104** e o código CRC **99EB6A52**.

Referência: Caso responda este documento, indicar expressamente o Processo nº 23109.006179/2020-58

SEI nº 0079104

R. Diogo de Vasconcelos, 122, - Bairro Pilar Ouro Preto/MG, CEP 35400-000
Telefone: (31)3559-1533 - www.ufop.br

À Deus dedico mais esta etapa vencida,
meus pais, pelo apoio.

Aos meus pais, minhas irmãs, toda
minha família, namorado e amigos pelo
carinho e pelo amor.

À minha casa República Lua Azul.

AGRADECIMENTO

À toda minha família, em especial, meus pais, minhas irmãs e meu namorado por todo amor, companheirismo e por me proporcionar esta oportunidade.

Ao meu orientador Washington Luis, pelo incentivo, orientação neste trabalho e por estar sempre solícito a ajudar.

Aos professores do curso de engenharia mecânica por todo os ensinamentos e conhecimentos compartilhado.

Ao professor Sávio e ao professor Bortolaia pela contribuição e aceitarem ser examinadores deste trabalho.

À vida republicana de Ouro Preto, em especial, a minha casa República Lua Azul e todas as lunáticas que estiveram presentes.

Aos meus irmãos republicanos, aos amigos da mecânica e todos aqueles que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

“As únicas limitações são aquelas que estabelecemos em nossa mente”.

Napoleon Hill

RESUMO

Este estudo teve como objetivo analisar a influência do perfil de perdas para o aumento da confiabilidade dos comboios misto e diesel no setor de equipamentos auxiliares e empilhadeiras em uma empresa mineradora. Para isso, o estudo teve como base teórica a manutenção e seus tipos, confiabilidade e os conceitos associados a ela, sistema de tratamento de falhas e perfil de perdas. A metodologia aplicada foi um estudo de caso, em que foi feita a comparação da disponibilidade física dos ativos antes da aplicação do perfil de perdas e depois da aplicação. Além disso, foi evidenciado que a coleta de dados foi feita por meio de um checklist de parada e liberação, em que a classe de falha da manutenção corretiva é preenchida. A classe de falha foi registrada em uma planilha base de um relatório do *software Microsoft Power BI*. O relatório conta com cinco gráficos (tempo por equipamento, categoria, item, conjunto e sistema) que facilita a interpretação do perfil de perdas e a elaboração de um plano de ação para a tratativa das falhas recorrentes. Foram analisados os impactos da aplicação do perfil de perdas e do plano de ação na disponibilidade física dos comboios, em que houve o aumento da disponibilidade física dos ativos, de 80,7% no ano de 2018 para 80,8% no ano de 2019. Além disso, houve a diminuição do número de paradas em manutenção corretiva, de 22 falhas no mês de julho de 2019 para 16 falhas em dezembro do mesmo ano. Consequentemente, com a maior disponibilidade física dos equipamentos, houve maior aderência às manutenções preventivas e uma melhoria na relação Operação/Manutenção. Assim, o estudo permitiu concluir que a análise do perfil de perdas impacta positivamente na disponibilidade física dos ativos e na otimização da manutenção por permitir a redução do número de paradas em manutenção corretiva.

Palavras-chave: Manutenção, perfil de perdas, confiabilidade, disponibilidade física, comboio misto, comboio diesel.

ABSTRACT

This study aimed to analyze the influence of the losses profile to increase the reliability of the mixed and diesel trucks in the auxiliary equipment and forklift sector in a mining company. For this, the study was based on maintenance and its types, reliability and the concepts associated with it, failure treatment system and losses profile. The applied methodology was a case study, in which the physical availability of the assets was compared before applying the losses profile and after the application. In addition, it was evidenced that the data collection was done through a checklist of stop and release, in which the corrective maintenance failure class is filled. The failure class was recorded in a base spreadsheet in a Microsoft Power BI software report. The report has five graphs (time by equipment, category, item, set and system) that facilitates the losses profile interpretation and the elaboration of an action plan for dealing with recurring failures. The impacts of applying the losses profile and the action plan on the trucks physical availability were analyzed, in which there was an increase in the physical availability of assets, from 80.7% in 2018 to 80.8% in 2019. In addition, there was a decrease in the number of stops in corrective maintenance, from 22 failures in July 2019 to 16 failures in December of the same year. Consequently, with the greater physical availability of the equipments, there was greater adherence to preventive maintenance and an improvement in the Operation/ Maintenance ratio. Thus, the study allowed to conclude that the analysis of the losses profile positively impacts the physical availability of the assets and the optimization of maintenance by allowing the reduction of the number of stops in corrective maintenance.

Key-words: *Maintenance, losses profile, reliability, physical availability, mixed truck, diesel truck.*

LISTA DE SIMBOLOS

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

DF – Disponibilidade Física

FMEA - *Failure Mode and Effect Analysis* (Análise de Modos de Falha e seus Efeitos)

GUT - Gravidade x Urgência x Tendência

MASP - Método de Análise e Soluções de Problemas

MCC – Manutenção Centrada na Confiabilidade

MTBF – Tempo Médio de Falhas

MTTR – Tempo Médio Até Conclusão De Reparos

PCM – Planejamento e Controle da Manutenção

PDCA – Planejar, Fazer, Checar E Agir

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Curva da Banheira.....	11
Figura 2. Equipe Multidisciplinar para MCC.....	14
Figura 3: Círculo Vicioso de Falhas	15
Figura 4: Macrofluxograma do Sistema de Tratamento de Falhas.....	16
Figura 5: Estrutura de Classe de Falhas.....	18
Figura 6: Fluxograma do Procedimento.	21
Figura 7: <i>Checklist</i> Inicial.	23
Figura 8: <i>Checklist</i> de Liberação.....	24
Figura 9: Organograma do setor de Manutenção de Equipamentos Auxiliares	26
Figura 10: Comboio misto.....	29
Figura 11: Comboio misto Hydrapar.....	29
Figura 12: Comboio diesel.	30
Figura 13: Gráfico Número de Equipamentos e Número de Falhas.....	32
Figura 14: Template do Perfil de Perdas no Microsoft Power BI.	34
Figura 15: Tempo por equipamento.	36
Figura 16: Gráfico Categoria.....	37
Figura 17: Gráfico Sistema.....	38
Figura 18: Gráfico Conjunto.	40
Figura 19: Gráfico Item.	42
Figura 20: Recorte do Plano de Ação 2019	44
Figura 21: Gráfico de DF dos comboios.	46
Figura 22: Gráfico de DF geral do setor.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Variáveis e Indicadores	22
Tabela 2: Equipamentos Auxiliares.....	28
Tabela 3: Influências do Perfil de Perdas	48

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.....	4
1.4	Estrutura do Trabalho	4
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1	Manutenção	5
2.1.1	A Importância e Objetivos da Manutenção	5
2.1.2	Vantagens da Manutenção.....	6
2.1.3	Métodos de Manutenção.....	7
2.2	Confiabilidade e Conceitos Associados	8
2.2.1	Conceitos Associados à Confiabilidade	9
2.2.2	Ferramentas para o Aumento da Confiabilidade	12
2.3	Sistema de Tratamento de Falhas	15
2.4	Perfil de Perdas	17
3	METODOLOGIA.....	19
3.1	Tipo de Pesquisa.....	19
3.2	Materiais e Métodos	20
3.3	Variáveis e Indicadores	22
3.4	Instrumentos de Coleta de Dados	22
3.5	Tabulação dos Dados.....	25
3.6	Considerações Finais	25
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	26
4.1	Setor de Engenharia de Manutenção de Equipamentos Auxiliares.....	26
4.2	Comboios Misto e Diesel	28
4.3	Diagnóstico do Sistema de Gestão dos Comboios A Partir do Perfil de Perdas	32
4.4	A Influência do Perfil de Perdas na Confiabilidade dos Ativos	45
5	CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	50
5.1	Conclusão	50

5.2	Recomendações	50
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA		52

1 INTRODUÇÃO

1.1 Formulação do Problema

As funções organizacionais são atividades contidas nas organizações para o seu funcionamento integrado e efetivo. Segundo Rezende (2015), essas funções são divididas em seis, sendo elas, produção ou serviços, comercial ou *marketing*, materiais ou logística, financeira, recursos humanos e jurídico-legal. O autor explicita que as atividades de "produção ou serviços" e de "comercial ou marketing" são consideradas funções primárias e as demais são secundárias, porém todas possuem um papel importante dentro da perspectiva empresarial.

Cada uma das atividades citadas pode ser subdividida em subsistemas ou subfunções que variam de organização para organização. Assim, Rezende (2015) explica que a função "produção e serviços" pode ser dividida em planejamento e controle de produção ou serviços; pesquisa, desenvolvimento e engenharia do produto, serviços ou projetos; sistemas de qualidade e produtividade; custos de produção ou serviços; manutenção de equipamentos, produtos ou serviços.

Assim, a manutenção, segundo o dicionário Aurélio *apud* Xenos (1998, p.18) é conceituada como:

As medidas necessárias para a conservação ou a permanência de alguma coisa ou de uma situação ou ainda como os cuidados técnicos indispensáveis ao funcionamento regular e permanente de motores e máquinas.

Já segundo a NBR 5462 (1994, p.06), manutenção é "a combinação de ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida". Por meio dessas definições, Xenos (1998, p.18) conclui que "as atividades de manutenção existem para evitar a degradação dos equipamentos e instalações, causada pelo seu desgaste natural e pelo uso".

A manutenção, além de ser utilizada para manter os equipamentos em seu estado operante, também pode ser utilizada para a prevenção de falhas e restauração dos equipamentos quando há a ocorrência de uma falha. Desse modo, para promover melhorias na disponibilidade e segurança de equipamentos, pode-se utilizar a confiabilidade para redução de custos e otimização da atividade manutenção dentro da empresa.

Leemis *apud* Fogliatto *et al* (2011, p.02) propõe que "a confiabilidade de um item corresponde à sua probabilidade de desempenhar adequadamente o seu

propósito especificado, por um determinado período e sob condições ambientais predeterminadas".

Existem várias maneiras para controlar, melhorar e garantir que os equipamentos possuam um nível de confiabilidade alto. Uma dessas formas é por meio do perfil de perdas. Segundo Almeida *apud* Bravim *et al* (2007), perfil de perdas consiste na estratificação das perdas do processo produtivo por meio de gráficos de Pareto, de modo a identificar quais são as maiores oportunidades de ganho. Para elaborar o perfil de perdas, inicialmente, define-se natureza da perda a ser tratada.

Neste trabalho é analisado o perfil de perdas da frota de equipamentos convencionais no setor de mineração. A mineração é uma atividade econômica que visa pesquisar, explorar, extrair e beneficiar minérios presentes no solo e subsolo. Para a realização desta atividade são necessários equipamentos de mina para fazer a exploração e para o auxílio na operação e manutenção destes ativos de grande porte são utilizados os rodoviários de apoio e as empilhadeiras.

Dentre os principais equipamentos estão os comboios diesel e comboios misto, os quais são equipamentos que representam uma quantidade significativa na frota e apresentam um grande número de falhas. A partir do perfil de perdas é possível identificar qual o ativo tem apresentado o maior número de falhas, em qual sistema tem mais ocorrido essas falhas e quantas horas o veículo ficou parado, para que assim, possa-se criar ações e evitar que as falhas ocorram novamente. Logo, o estudo se propõe a analisar a influência do perfil de perdas na melhoria da confiabilidade dos comboios.

Diante deste cenário, tem-se a seguinte questão problema:

Qual a influência do perfil de perdas na melhoria da confiabilidade dos comboios misto e diesel no setor de equipamentos convencionais e empilhadeiras em uma empresa mineradora?

1.2 Justificativa

Segundo Xenos (1998), a manutenção é importante para as empresas, pois a falta dela gera uma degradação nos equipamentos que se manifesta por meio da aparência externa do ativo, perdas de desempenho, paradas da produção, fabricação de produtos defeituosos e poluição ambiental. Todas essas formas de manifestação da ausência de uma manutenção correta acarreta a diminuição da produtividade das companhias e, por isso ela é fundamental para a sobrevivência delas.

Para otimização da manutenção, Rausand & Hoyland *apud* Fogliatto *et al* (2011) ressaltam que muitas indústrias têm percebido a conexão entre a atividade em questão e a confiabilidade, por meio da adoção de programas de confiabilidade. Tais programas têm por objetivo, além de otimizar a manutenção, reduzir custos. Assim, promove-se melhorias na disponibilidade e segurança dos equipamentos.

Dessa forma, Lingham *apud* Caiado *et al* (2015) aponta os benefícios da aplicação da confiabilidade, como, o fato de poder ser um programa de manutenção mais eficiente; os custos são mais baixos, eliminando a manutenção desnecessária ou revisão; minimiza a frequência de revisões; reduz a probabilidade de falhas de equipamentos súbita; é capaz de concentrar as atividades de manutenção em componentes críticos; aumenta a confiabilidade dos componentes; e incorpora a análise da causa raiz.

Diante disso, a análise de falhas e tratamento de perdas, por meio do perfil de perdas, segundo Bravim *et al* (2007), reflete em ganhos de disponibilidade física (DF) para as indústrias, e conseqüentemente, em ganhos de produtividade e aumento do faturamento nas empresas.

E assim, Neto *et al* (2012, p.13) diz que:

Um dos principais objetivos da sistemática de tratamento de perdas é aumentar a eficiência da manutenção e fazer uma análise de maneira mais aprofundada sobre os problemas da área, gerando ganhos de qualidade, segurança, produtividade e confiabilidade. Além disso, é importante citar que a sistemática busca envolver os funcionários da empresa gerando conhecimento e difundindo a cultura do gerenciamento da manutenção através da melhoria contínua e da busca pela excelência.

Portanto, na área em questão, a aplicação da confiabilidade, por meio do perfil de perdas pode resultar em um ganho de produtividade, pois através do estudo de padronização de tratamento das falhas é possível identificar as perdas recorrentes, os ativos que mais falham e horas que estes ficam parados, além dos itens, conjuntos e sistemas mais atingidos. Assim, é possível planejar e executar ações que acarretam em uma maior disponibilidade física dos ativos e conseqüente, aumentam a confiabilidade.

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

Analisar as influências do perfil de perdas na melhoria da confiabilidade dos comboios mistos e diesel no setor de equipamentos convencionais e empilhadeiras em uma empresa mineradora.

1.3.2 Específicos

- Realizar um estudo teórico sobre: manutenção, confiabilidade, sistema de tratamento de falhas, perfil de perdas;
- Elaborar um procedimento metodológico para determinar as influências do perfil de perdas do caso estudado;
- Analisar os dados obtidos ao comparar com a base teórica.

1.4 Estrutura do Trabalho

O trabalho está dividido em cinco capítulos, em que o primeiro é composto pela introdução, por meio da formulação do problema, justificativa, objetivos geral e específicos e a estrutura do texto.

O segundo capítulo trata da revisão bibliográfica dos conceitos e teorias que giram em torno da manutenção, assim como confiabilidade, sistema de tratamento de falhas e perfil de perdas.

O capítulo terceiro contém a metodologia para elaboração de um procedimento metodológico, composto principalmente, pelos materiais e métodos utilizados para determinar as influências do perfil de perdas no caso estudado.

O quarto capítulo é composto pelos resultados e discussões, ou seja, a análise dos dados obtidos no capítulo terceiro em comparação com a fundamentação teórica do capítulo segundo.

E por último, o capítulo quinto trata das conclusões e recomendações acerca do caso estudado.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para discutir e melhorar a confiabilidade dos equipamentos é importante compreender o que é manutenção, no que ela interfere e quais os tipos que uma empresa pode adotar.

Assim como os conceitos e as variáveis que giram em torno da confiabilidade propriamente dita, o sistema de tratamento de falhas e sobre o perfil de perdas.

2.1 Manutenção

A manutenção é uma função importante no cotidiano das empresas e indústrias, por isso, para realizar um serviço de qualidade é necessário entender no que consiste essa atividade.

Segundo Nunes (2001), a manutenção na literatura especializada tem origem no vocabulário militar e significa manter o efetivo e o material em nível constante nos ambientes de combate.

A NBR 5462 (1994) conceitua a manutenção como a junção de todas as atividades responsáveis por manter ou recolar um determinado item num estado que possa desempenhar a função requerida.

Moro (2007, p. 07) explica que a manutenção:

Pode ser considerada como o conjunto de cuidados técnicos indispensáveis ao funcionamento regular e permanente de máquinas, equipamentos, ferramentas e instalações. Esses cuidados envolvem a conservação, a adequação, a restauração, a substituição e a prevenção.

O autor conclui que a atividade é a atuação feita com o intuito de evitar quebras e paradas na produção, além de garantir a qualidade esperada dos produtos.

Dessa forma, Xenos (2004, p. 18) sintetiza o conceito de manutenção dizendo que: “manter significa fazer de tudo que for preciso para assegurar que um equipamento continue a desempenhar as funções para as quais foram projetados, num nível de desempenho exigido.” E ainda conclui que: “as atividades de manutenção existem para evitar a degradação dos equipamentos e instalações, causada pelo seu desgaste natural e pelo uso”.

2.1.1 A Importância e Objetivos da Manutenção

Como explicitado por Moro (2007), equipamentos parados ou com defeitos geram diversos prejuízos para as empresas, entre estes, a diminuição ou interrupção da produção, atrasos nas entregas, perdas financeiras, aumento dos custos, insatisfação dos clientes e perda de mercado.

Os pontos apresentados evidenciam a importância da manutenção, em que com a globalização da economia, há a busca crescente pela qualidade total em serviços, produtos e gerenciamento ambiental por parte das empresas (MORO, 2007).

Segundo Kardec *et al* (2009, p. 23), a missão da manutenção vista pelas empresas, atualmente, seria de "garantir a confiabilidade e a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção ou de serviço, com segurança, preservação do meio ambiente e custo adequados".

Além disso, Sharma *apud* Baran (2011) relata que a manutenção tem se tornado cada vez mais importante nas indústrias, em que é adotada como ferramenta de negócios para geração de lucros, e desta forma, sustentar a sobrevivência a longo prazo e mantê-las de forma eficiente, eficaz e econômica.

Portanto, a manutenção tem como objetivo manter equipamentos e máquinas em condições de pleno funcionamento para garantir a produção normal e a qualidade dos produtos, e prevenir prováveis falhas ou quebras dos elementos das máquinas (MORO, 2007).

2.1.2 Vantagens da Manutenção

Segundo Kardec *et al* (2009), a manutenção utilizada de maneira estratégica, isto é, voltada para os resultados empresariais da organização, tem reflexo direto nos resultados empresariais. Realizada de maneira assertiva, pode gerar aumento da disponibilidade; aumento do faturamento e do lucro, aumento da segurança pessoal e das instalações, redução da demanda de serviços, redução dos custos, redução dos lucros cessantes e preservação ambiental.

As empresas competitivas buscam qualidade total, e a manutenção pode facilitar a obtenção do resultado esperado, por meio da redução dos custos ao permitir um processo contínuo e uma gestão de estoque satisfatória (BARROS, 2013).

Manter os equipamentos nas especificações desejadas e bom funcionamento também são pontos facilitados pela manutenção bem estruturada. Além de poder aumentar a vida útil dos equipamentos, através de um acompanhamento das quebras recorrentes. Portanto, uma gestão da manutenção nas empresas gera resultados melhores e mais satisfatórios (BARROS, 2013).

2.1.3 Métodos de Manutenção

A atividade manutenção pode ser realizada de maneiras diferentes, cada forma de intervenção nos equipamentos é definida como um método de manutenção. Segundo Xenos (2004), esses métodos de manutenção são classificados de diversas formas, como: manutenção corretiva, preventiva, preditiva, melhoria dos equipamentos e prevenção da manutenção.

Nunes (2001, p. 12) define a manutenção corretiva "como todo trabalho de manutenção realizado após a falha do equipamento, visando restabelecê-lo à sua função requerida, eliminando o estado de falha".

Rocco (2012) completa que o método corretivo é aplicado para correção de uma falha ou do desempenho menor que o esperado. E segundo os autores Araújo e Santos *apud* Rocco (2012), este método, se usado puro e simples, pode conduzir a uma baixa utilização anual dos equipamentos e máquinas, diminuição da vida útil dos equipamentos, máquinas e instalações, paradas de manutenção em momentos aleatórios e inoportunos.

Para utilizar a manutenção corretiva é importante considerar fatores econômicos, avaliar se é mais vantajoso consertar uma falha ou aplicar ações preventivas. Mesmo se for dita como uma boa opção é necessário identificar precisamente as causas fundamentais das falhas, tratá-las e assim, evitar a reincidência (XENOS, 2004).

Para situações em que não houve ocorrências de falha, a forma de manutenção que pode ser utilizada é a preventiva. É realizada em um equipamento com o intuito de promover a redução da probabilidade de ocorrência de falha. Ela é prevista, preparada e programada antes da data esperada para o aparecimento de determinada falha (NUNES, 2001).

Xenos (2004) afirma que a manutenção preventiva é o principal método de manutenção de qualquer empresa e envolve algumas tarefas sistemáticas, como inspeções, reformas e trocas de peças. Se comparar a corretiva e preventiva, percebe-se que a segunda é mais cara, pois as peças são trocadas e componentes reformados antes de atingirem seus limites de vida.

Porém, Xenos (2004) explica que com a aplicação deste método, a ocorrência de falhas diminui, a disponibilidade dos equipamentos aumenta, e por consequência as interrupções inesperadas da produção diminuem. Assim, por meio do custo total, a manutenção preventiva se torna mais barata que a corretiva, devido ao domínio das paradas dos equipamentos.

Moro (2007, p. 21) conceitua a manutenção preditiva como:

O conjunto de atividades de acompanhamento das variáveis ou parâmetros que indicam a performance ou desempenho dos equipamentos, de modo sistemático, visando definir a necessidade ou não de intervenção. Quando a intervenção, fruto do acompanhamento preditivo, é realizada, estamos na verdade realizando uma manutenção corretiva planejada.

Moro (2007) sintetiza como sendo uma ação preventiva baseada nas condições reais de cada componente dos equipamentos, em que deve ser feito um acompanhamento do desgaste de peças vitais das máquinas. Esse acompanhamento é feito por meio de testes periódicos, determinação do tempo certo para efetuar reparos e substituições, como, análise de vibrações e monitoramento de mancais.

Xenos (2004) afirma que a manutenção preventiva é uma forma de otimizar a troca de peças e reforma dos componentes, além de estender o intervalo de manutenção, pois a partir dela é possível prever o limite de vida dos componentes e conclui que este método é mais uma forma de inspecionar as máquinas.

Segundo Xenos (2004), a melhoria ou "kaizen" é um método importante a ser utilizado pelas empresas. O termo "kaizen" é de origem japonesa e significa melhorar gradativamente e continuamente os equipamentos para além de suas especificações originais.

Xenos (2004) explica que um exemplo de melhoria é a melhora dos equipamentos após a ocorrência de uma falha, ao invés de apenas retorná-los as suas condições originais. Para isso é necessário a identificação das causas fundamentais e aplicar melhorias de projeto, padrões de operação e manutenção, de acordo com a necessidade.

A prevenção da manutenção consiste na realização das atividades juntamente aos fabricantes e envolve a fase de projeto do equipamento. Este método tem o intuito de reduzir o número de manutenção ao qual a máquina será submetida durante sua fase de operação (XENOS, 2004).

Xenos (2004) evidencia que o ponto fundamental do método é a retroalimentação de informações aos fabricantes no momento da compra de novos equipamentos para aumentar a manutenibilidade dos equipamentos e atuar no projeto da máquina, momento mais fácil e mais barato de identificar e tratar as causas potenciais de falhas.

2.2 Confiabilidade e Conceitos Associados

Segundo Kardec *et al* (2009), a confiabilidade é a probabilidade de um determinado item executar sua função requerida sob as condições e num determinado tempo definidos previamente. O autor completa que por ser uma probabilidade, a confiabilidade de um

equipamento é uma medida numérica que varia entre 0 e 1 ou de 0 a 100% e corresponde à relação entre o número de casos favoráveis e o número de casos possíveis em um tempo t .

A NBR 5462-1994 *apud* Kardec *et al* (2009, p. 106), explica:

Confiabilidade, do inglês Reliability, é de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um intervalo de tempo. O termo confiabilidade $R(t)$ é usado como uma medida de desempenho de confiabilidade.

Fogliatto *et al* (2011) explica que item deve ser entendido como o objeto em estudo. Em alguns casos, o item é um sistema constituído por um arranjo de componentes. Mas em outros casos, o item em questão pode ser o componente de um sistema. Ainda completa com o exemplo de um monitor de computador, em que o equipamento como um todo ou um apenas componente dele podem ser o item em análise.

Monchy (1989) aborda que é necessário estabelecer um patamar de admissibilidade para definir a função requerida citada no conceito de confiabilidade. Abaixo do patamar estabelecido, a função requerida não está mais sendo satisfeita. Além disso, explica que as condições especificadas são determinadas de acordo com o meio ambiente e suas variações (fatores químicos, físicos, mecânicos e outros devem ser considerados).

Segundo Kardec *et al* (2009), a confiabilidade $R(t)$ de um item pode ser expressa por uma distribuição exponencial. A base do logaritmo neperiano ($e=2,718$) é elevado pela multiplicação entre menos a taxa de falhas (λ) e o tempo previsto de operação. O conceito de taxa de falhas será explorado no item 2.2.1.6.

2.2.1 Conceitos Associados à Confiabilidade

Os principais conceitos associados a confiabilidade são: qualidade, disponibilidade, manutenibilidade, segurança, confiança, desempenho, falhas e taxa de falhas. Estes conceitos serão apresentados a seguir.

- Qualidade

Segundo Fogliatto *et al* (2011, p. 07), "qualidade pode ser definida como a totalidade de características e aspectos de um produto ou serviço que tornam possível a satisfação de necessidades implícitas e explícitas associadas ao produto ou serviço". Assim, seria o cumprimento, com a menor variabilidade possível, das especificações de projeto e manufatura.

Fogliatto *et al* (2011) ainda ressalta que os conceitos de confiabilidade e de qualidade são fáceis de serem confundidos entre si, em que a principal diferença entre eles é que a

confiabilidade incorpora a passagem do tempo e a qualidade é uma descrição estática de um item.

- Disponibilidade Física (DF)

A NBR 5462-1994 (1994, p. 02), define a disponibilidade como:

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 externos requeridos estejam assegurados.

De acordo com a capacidade de reparo de uma unidade, o conceito de disponibilidade pode variar. Para unidades não-reparáveis, disponibilidade e confiabilidade se equivalem. Já em unidades reparáveis, os estados da unidade em um tempo t de análise podem se alternar entre "funcionando" e "em manutenção". Neste último caso, o valor médio de disponibilidade é dado pela divisão entre o MTTF e o somatório de MTTF e MTTR. MTTF seria definido como o tempo médio de falha e o MTTR é o tempo médio até conclusão de reparos feitos na unidade. O somatório de MTTF e MTTR é o definido como o tempo médio entre falhas, MTBF. (FOGLIATTO *et al*, 2011).

- Manutenibilidade

Fogliatto *et al* (2011, p. 23) diz que:

Mantenibilidade é definida como a capacidade de um item ser mantido ou recolocado em condições de executar suas funções requeridas, mediante condições preestabelecidas de uso, quando submetido à manutenção sob condições predeterminadas e usando recursos e procedimentos padrão.

Kardec *et al* (2009) simplifica a manutenibilidade como o grau de facilidade na execução de serviços de manutenção que é permitido por um equipamento ou instalação. Ressalta ainda que ela está associada ao parâmetro MTTR (tempo médio para reparo).

- Segurança

A ausência ou "nível aceitável de risco" de condições que podem causar perda de vida, dano ou doenças ocupacionais, assim como dano ou perda de equipamentos, é chamado de segurança (FOGLIATTO *et al*, 2011).

- Confiança

Confiança é um termo análogo a confiabilidade, porém está associado a uma definição mais ampla, não apenas probabilística como confiabilidade. É usado para constituir um coletivo entre disponibilidade, desempenho da confiabilidade, manutenibilidade e suporte técnico (FOGLIATTO *et al*, 2011).

- Desempenho e Falha

Os equipamentos são projetados de acordo com a função básica que eles irão desempenhar e este desempenho pode ser classificado em desempenho inerente que é o desempenho que o item é capaz de fornecer. E o desempenho requerido que é aquele que se deseja obter do equipamento (KARDEC *et al*, 2009).

A manutenção é capaz de restaurar o desempenho inerente do equipamento, já se o desempenho não está sendo satisfatório, é necessário reduzir a expectativa do desempenho requerido ou introduzir modificações (KARDEC *et al*, 2009).

O termo falha é usado para identificar as situações, em que o item não apresenta o desempenho previsto e pode representar: parada na produção, regime instável da operação, queda na taxa de produção, perda da qualidade do produto ou perda da função de comando ou proteção (KARDEC *et al*, 2009).

O autor completa que quanto maior o número de falhas menor será a confiabilidade de um item, e além disso, quanto maior a confiabilidade menor serão os custos de produção, porém os custos de manutenção aumentam à medida que a confiabilidade tende a 100%.

- Taxa de Falhas

A taxa de falhas (λ) é a relação entre o número de falhas ocorridas e o número de horas de operação de um determinado equipamento (KARDEC *et al*, 2009).

A Figura 1 mostra a curva característica típica da vida de um produto, equipamento ou sistema.

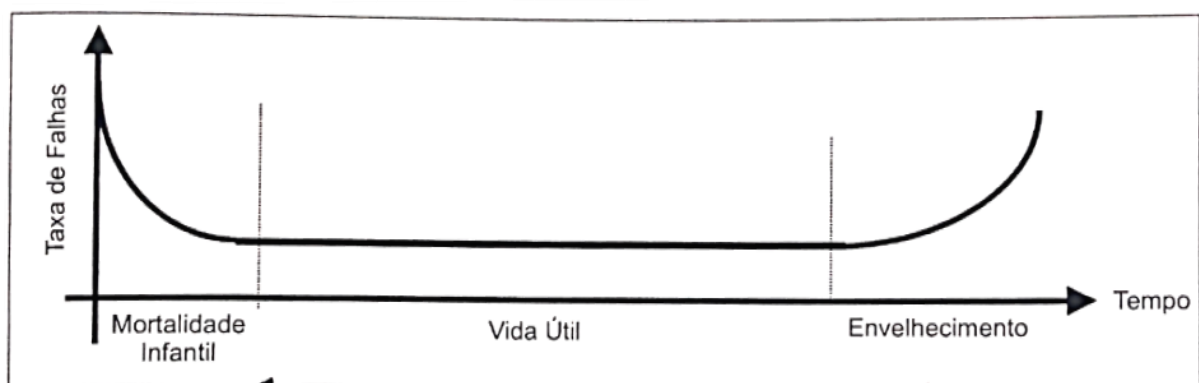


Figura 1: Curva da Banheira
Fonte: Kardec et al (2009)

A curva representada na figura 1, também chamada de curva da banheira, evidencia o número de falhas por unidade de tempo, em função do tempo de vida do equipamento. Pode-se perceber a existência de três períodos distintos. Mortalidade infantil corresponde a um período em que as falhas são inerentes de componentes com defeito de fabricação, deficiências de projeto ou problemas de instalação. Vida útil é o momento em que há uma

menor taxa de falhas e que esta é relativamente constante ao longo do tempo, além disso as falhas nesse período correspondem a fatores menos controláveis, como fadiga, corrosão acelerada e outros. Por último, envelhecimento ou degradação corresponde ao período, em que há um aumento na taxa de falhas, devido ao desgaste natural que aumentará com o passar do tempo (KARDEC *et al*, 2009).

2.2.2 Ferramentas para o Aumento da Confiabilidade

Diversas ferramentas podem ser aplicadas para aumentar a confiabilidade de equipamentos e máquinas, entre elas estão FMEA, Análise da Causa-Raiz da Falha, Análise de Falhas Ocorridas, Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC). Essas ferramentas são explicitadas neste capítulo.

- FMEA

FMEA, análise da causa-raiz da falha, análise de falhas e Manutenção Centrada na Confiabilidade são algumas das ferramentas utilizadas para aumentar a confiabilidade dos itens. Estas serão abordadas neste capítulo, mas é importante ressaltar que existem outras ferramentas para alcançar o objetivo.

Segundo Kardec *et al* (2009), FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) é um processo formal desenvolvido por especialistas em análise de falhas. A ferramenta é um sistema lógico que hierarquiza as falhas potenciais e propõe soluções por meio de ações preventivas.

Ainda segundo o autor, no FMEA, é preciso avaliar a causa para descobrir o efeito. Os especialistas irão analisar esta ferramenta em três níveis. O primeiro é no projeto do equipamento para eliminar as causas de falhas durante o projeto do equipamento, em que todos os aspectos são considerados. No processo, é avaliado como o equipamento é mantido e operado. Por último, no sistema, há a preocupação com as falhas potenciais no processo global, e portanto, é preciso registrar e acompanhar a análise do FMEA, este acompanhamento pode ser feito por meio de formulários.

- Análise da Causa-Raiz da Falha

A análise da causa-raiz é um método ordenado realizado para encontrar as causas de um determinado problema, de modo a determinar ações para evitar a reincidência do mesmo problema. Este método é relativamente fácil se comparado a outros, porém é um exercício rigoroso de investigação. A utilização da ferramenta é baseada no uso do método dos

“Porquês” e em cada etapa é feita a pergunta “Por quê?” até que se chegue à causa-raiz do problema (KARDEC *et al*, 2009).

O autor explica que toda a análise deve ser documentada para servir de apoio à tomada de decisão. No formulário deve conter informações básicas para entender o problema, como: data de início e conclusão da análise, identificação do equipamento, descrição da ocorrência, dados que caracterizam as consequências da falha, identificação das causas-raízes, o diagrama de resposta dos “Porquês”, recomendações para prevenir nova ocorrência e acompanhamento das ações recomendadas.

Segundo Slack *et al* (2002), o Diagrama de Causa e Efeito (também conhecido como “diagrama de Ishikawa” e “diagrama espinha de peixe”) é um outro método efetivo de pesquisar as raízes problema, em que o procedimento consiste na identificação das causas através da categorização e as cinco categorias mais comum são: equipamento, mão-de-obra, materiais, métodos e dinheiro.

- Análise de Falhas Ocorridas

Ainda segundo Kardec *et al* (2009), o MASP (Método de Análise e Soluções de Problemas) é uma ferramenta da Gestão da Qualidade Total que incorpora a Análise de Pareto, em que 20% ou menos dos eventos de falhas, representam 80% das perdas. A análise de falhas já ocorridas representa uma adaptação interessante das duas ferramentas apresentadas nos itens anteriores e apresenta um enorme potencial de ganho.

As etapas do MASP são identificação do problema, observação, análise, plano de ação, ação, verificação, bloqueio efetivo, padronização e conclusão. Assim, quanto melhor o histórico de manutenção, mais consistente o método. É importante a multidisciplinaridade no grupo de MASP, contendo participação de pessoas da Manutenção e da Operação para resgatar dados que nem sempre se encontram no histórico. Além disso, o período de observação varia de acordo com a atividade estudada (KARDEC *et al*, 2009).

- Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC)

Segundo Kardec *et al* (2009, p. 140), a Manutenção Centrada na Confiabilidade é:

Uma metodologia que estuda um equipamento ou um sistema em detalhes, analisa como ele pode falhar e define a melhor forma de fazer manutenção de modo a prevenir a falha ou minimizar as perdas decorrentes das falhas.

O autor explica que este método, assim como os outros é uma ferramenta de suporte à decisão gerencial e inclui: seleção do sistema, definição das funções e padrões de desempenho, determinação das falhas funcionais e de padrões de desempenho, análise dos

modos e efeitos das falhas, histórico de manutenção e revisão da documentação técnica, determinação de ações de manutenção (política, tarefas, frequências).

A figura 2 mostra como deve ser feita a implantação da MCC numa empresa, por meio de uma equipe multidisciplinar.

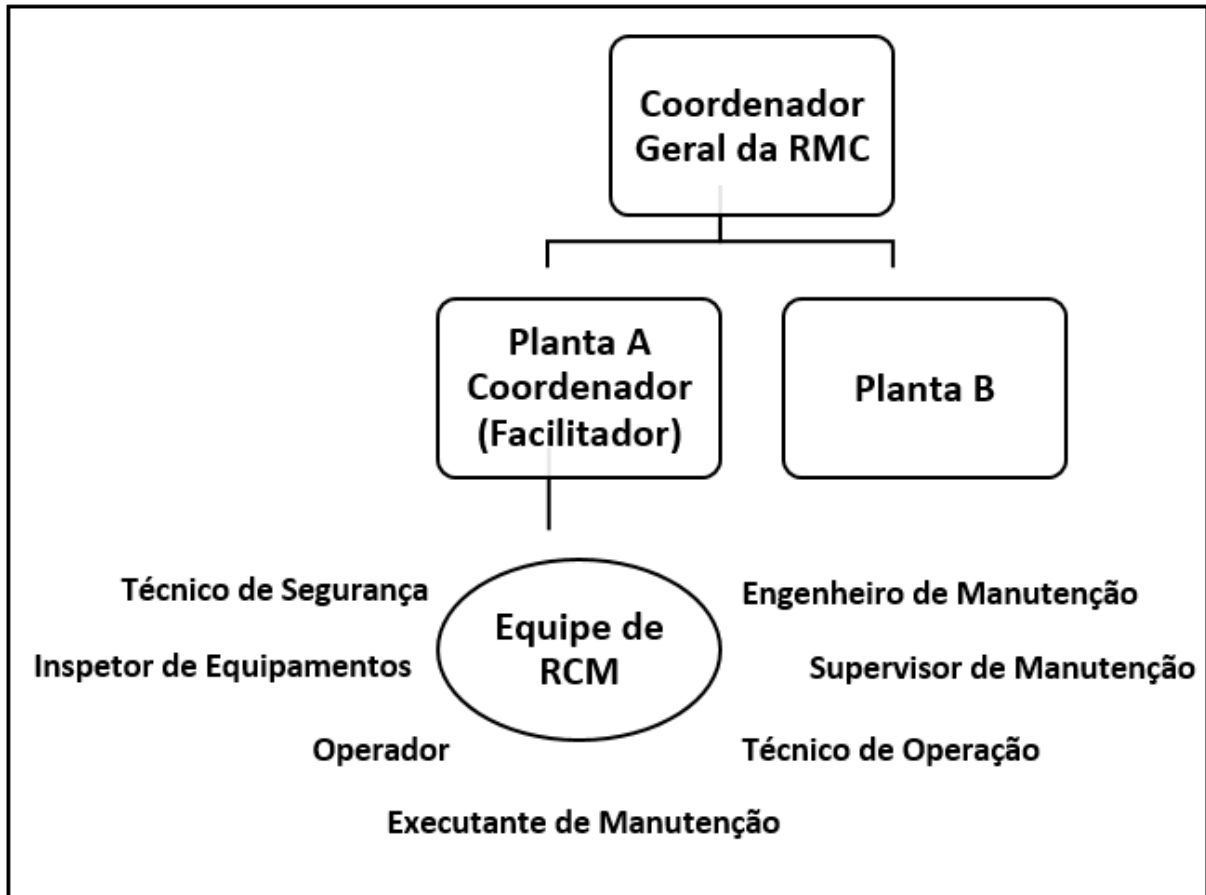


Figura 2. Equipe Multidisciplinar para MCC.

Fonte: Adaptado de Kardec et al (2009)

A partir da figura 2, é possível perceber que a implantação deve ser apoiada pela alta gerência, em que é recomendado que a MCC tenha um coordenador geral ou gestor nas diversas plantas, uma equipe multidisciplinar com pessoas da Operação, Manutenção, Inspeção e Segurança, e eventualmente podem ser convidados fabricantes e especialistas em ensaios, ressalta o autor.

A MCC proporciona às empresas uma série de benefícios, como redução de 40 a 70% nas tarefas rotineiras de manutenção, redução de 10 a 30% de trabalhos de emergências, melhoria das condições ambientais e de segurança, aumento da vida útil dos equipamentos, obtenção de um banco de dados de manutenção, maior motivação do pessoal, maior compartilhamento dos problemas de manutenção e geração de maior senso de equipe (KARDEC *et al*, 2009).

2.3 Sistema de Tratamento de Falhas

Segundo Xenos (2004, p. 84), "um sistema de tratamento de falhas é, essencialmente, uma estrutura formal de gerenciamento de informações sobre falhas e das ações subsequentes". O autor complementa que este sistema é usado para romper um círculo vicioso de falhas que é mostrado na figura 3.

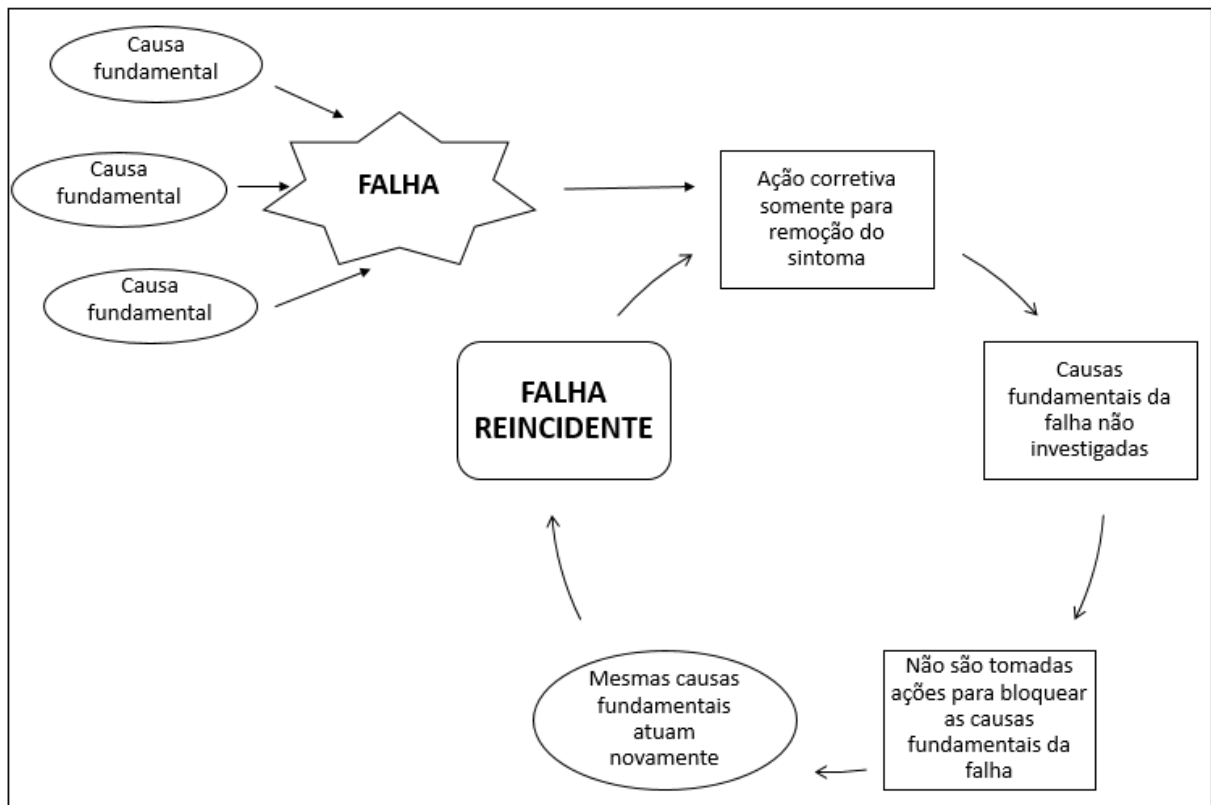


Figura 3: Círculo Vicioso de Falhas
Fonte: Adaptado de Xenos (2004)

A figura 3 mostra que na ocorrência de uma falha é importante que além da aplicação de ações corretivas para eliminá-la, é importante que as causas fundamentais sejam investigadas e tratadas. Sem a eliminação das causas-raízes, a falha reincide e começa o círculo vicioso de falhas.

Assim, há três conjuntos de atividades que se relacionam ao tratamento de falhas. O primeiro é a compreensão de quais são elas e porque estão ocorrendo, ou seja, a natureza das falhas. A segunda tarefa é analisar as formas de reduzir a probabilidade de ocorrência ou minimizar as consequências. O terceiro passo é a elaboração de políticas e procedimentos para prevenção (SLACK *et al*, 2002).

Portanto, Afonso *apud* Neto (2009) completa que é importante entender que o objetivo principal do tratamento das falhas é evitar a reincidência, por meio da determinação das

causas fundamentais e utilização das informações para a elaboração de um plano de ação que impede a nova ocorrência do problema.

Dessa forma, Xenos (2004) sintetiza o sistema de tratamento de falhas no macrofluxograma da figura 4.

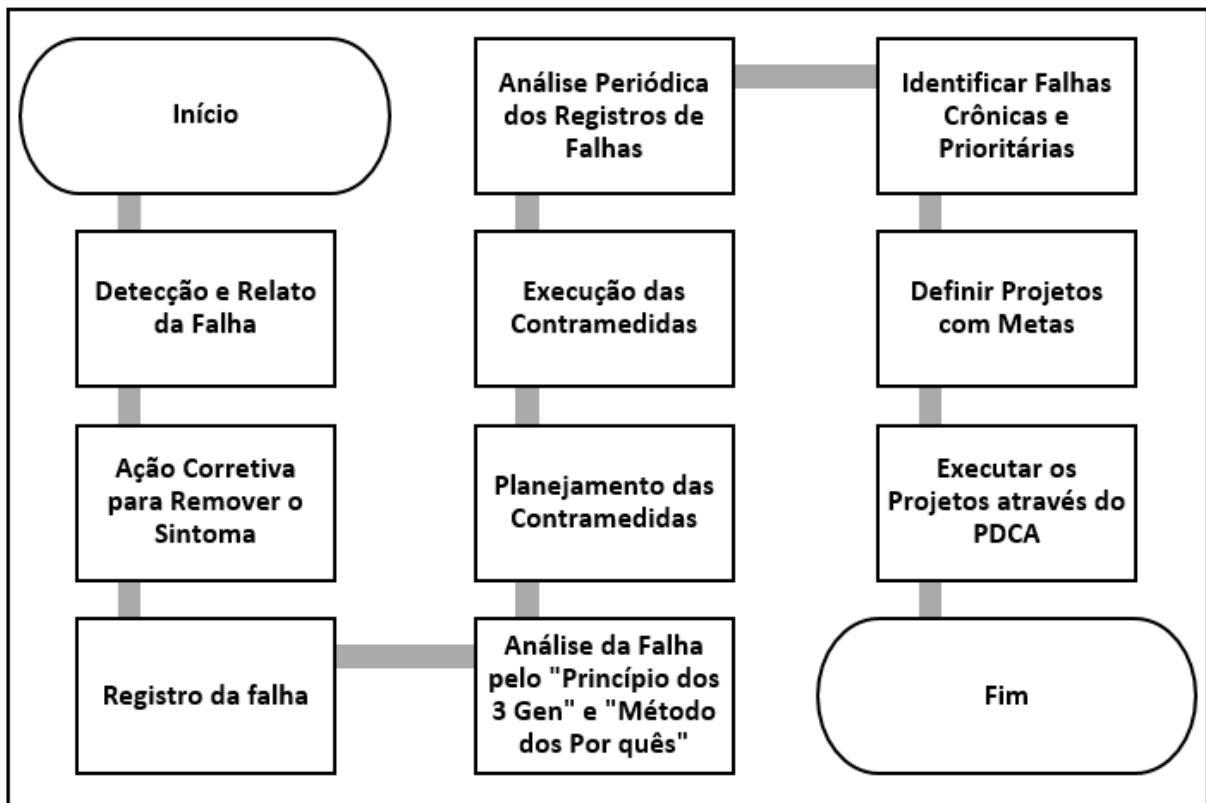


Figura 4: Macrofluxograma do Sistema de Tratamento de Falhas.

Fonte: Adaptado de Xenos (2004)

O macrofluxograma da figura 4 mostra todos os passos que devem ser realizados no tratamento das falhas que inicia na detecção e relato do problema e termina na execução de um projeto para eliminação das falhas crônicas e prioritárias. O autor explica que em cada uma das fases, a empresa deve elaborar um procedimento operacional padrão e detalhar os 5W1H (o que, por que, quem, onde, quando e como).

Portanto, ainda segundo Xenos (2004), quando uma falha é detectada, primeiro é necessário aplicar uma ação corretiva para eliminação do sintoma, seguido da investigação das causas fundamentais, por meio do uso de ferramentas como o "Método dos Por quês", o "Princípio dos 3 Gen" que consiste em ir ao local de instalação, observar o equipamento e o fenômeno. Após a investigação, é elaborado um Relatório de Falha que contenha a descrição da falha, ação corretiva tomada, causa fundamental, ações de bloqueio. As ações de bloqueio são as contramedidas da causa-raiz e evitam a reincidência da falha, utilizar o 5W1H. Então, é recomendado revisar o relatório, fazer sugestões de ações corretivas adicionais (se necessário)

e sugestão de outras causas fundamentais em conjunto com as contramedidas (em caso de investigação inicial incompleta). Após a revisão, é executado o 5W1H e reuniões periódicas são realizadas para avaliação dos 5W1H em andamento, verificar se as causas fundamentais foram corretamente identificadas, planejar novas contramedidas e estender contramedidas para equipamentos auxiliares. O próximo passo é a identificação de falhas recorrentes e prioritárias para definição de projetos e metas. E por último, a execução dos projetos pelo ciclo PDCA (planejar, fazer, checar e agir) de solução de problemas.

2.4 Perfil de Perdas

Com o objetivo de identificar onde devem ser priorizados os recursos de manutenção, é elaborado o Perfil de Perdas. A ferramenta consiste na estratificação das perdas do processo produtivo através do Gráfico de Pareto que é um gráfico de barras verticais com a curva das porcentagens acumuladas. (VILAÇA, 2014).

Almeida *apud* Bravim *et al* (2007) complementa que o perfil de perdas também permite identificar as oportunidades de ganho. Para elaborar o perfil é necessário definir a natureza da perda a ser tratada, como por exemplo, a quantidade de falhas e indisponibilidade física dos ativos. No caso dessas duas naturezas é possível identificar o perfil das paradas ocorridas, identificar os tipos de paradas que mais se repetem e os que são responsáveis pelo maior tempo de parada.

Vilaça (2014) salienta que em falhas que são necessários projetos de melhoria, ou seja, que não puderem ser corrigidas com a execução de manutenção preventiva ou preditiva, por meio da revisão e elaboração de planos de manutenção, o perfil de perdas fornece dados para quantificar as perdas e permite a priorização de ações sobre os ativos e a solução dos modos de falha.

Segundo Bravim (2007), para possuir uma consistência na descrição das falhas é necessário a padronização delas. Uma das formas de padronização é por meio da estrutura de classe de falha que consiste na codificação hierárquica, como mostra a figura 5.

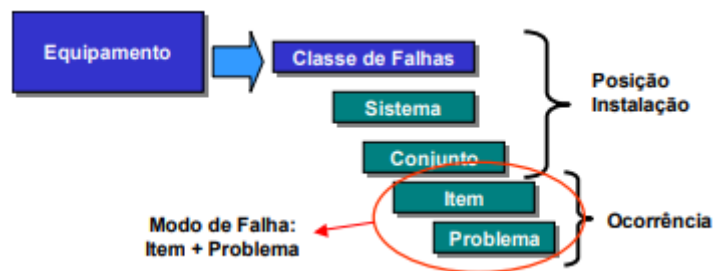


Figura 5: Estrutura de Classe de Falhas.
 Fonte: Almeida apud Bravim (2007)

Na figura 5 são evidenciados os níveis da classe de falhas, estes são: sistema, conjunto, item e problema. Dessa forma, o autor completa, que é possível comparar o desempenho dos equipamentos e identificar quais classes de falha, sistemas, conjuntos, itens e modos de falhas mais afetam o índice de disponibilidade física.

Por fim, Bravim (2007) conclui que por meio do perfil é possível identificar as causas principais das perdas e priorizar o tratamento das falhas mais significantes "que quando bem analisadas e tratadas, podem refletir em ganhos de disponibilidade física das usinas e, consequentemente, em ganhos de produtividade e aumento de faturamento da empresa".

Neste capítulo foram tratados os tópicos e conceitos fundamentais para o desenvolvimento e entendimento do trabalho proposto, em que foram base para a fundamentação teórica do estudo de caso.

3 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta a metodologia que foi utilizada para o desenvolvimento e realização deste estudo. São abordados o tipo de pesquisa, os materiais e métodos utilizados, variáveis e indicadores, instrumentos de coleta de dados, tabulação dos dados e as considerações finais.

3.1 Tipo de Pesquisa

Para iniciar a pesquisa é importante classificá-la de acordo com o problema a ser estudado que são as influências do perfil de perdas na melhoria da confiabilidade dos comboios mistos e diesel no setor de equipamentos convencionais e empilhadeiras em uma empresa mineradora. Dessa forma, a pesquisa é classificada quanto aos objetivos, a forma de abordagem e aos procedimentos técnicos.

Quanto aos objetivos, é uma pesquisa exploratória, em que segundo Gil (2008, p.27) "as pesquisas exploratórias têm como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores". O autor complementa que podem envolver levantamento bibliográfico e documental, entrevistas não padronizadas e estudos de caso. Assim, este trabalho tem como objetivo desenvolver e esclarecer ideias sobre a influência do perfil de perdas na confiabilidade de ativos, por meio de um levantamento bibliográfico e estudo de caso.

É classificada como qualitativa de acordo com a forma de abordagem. Segundo Creswell (2007, p. 35):

Uma técnica qualitativa é aquela em que o investigador sempre faz alegações de conhecimento com base principalmente ou em perspectivas construtivistas (ou seja, significados múltiplos das experiências individuais, significados social e historicamente construídos, com o objetivo de desenvolver uma teoria ou um padrão) ou em perspectivas reivindicatórias/participatórias (ou seja, políticas, orientadas para a questão ou colaborativas, orientadas para a mudança) ou em ambas. Ela também usa estratégias de investigação como narrativas, fenomenologias, etnografias, estudos baseados em teoria ou estudos de teoria embasada na realidade. O pesquisador coleta dados emergentes abertos com o objetivo principal de desenvolver temas a partir dos dados.

Portanto, a pesquisa é considerada qualitativa, pois irá estudar o comportamento da aplicação do perfil de perdas no setor de mineração, em que a opinião do pesquisador pode estar integrada à pesquisa.

De acordo com os procedimentos técnicos, a pesquisa é classificada como pesquisa bibliográfica e como estudo de caso. Segundo Fonseca (2002, p. 32):

A pesquisa bibliográfica é feita a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas, e publicadas por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos, páginas de web sites. Qualquer trabalho científico inicia-se com uma pesquisa bibliográfica, que permite ao pesquisador conhecer o que já se estudou sobre o assunto.

Já o estudo de caso, segundo Stake *apud* Creswell (2007, p.32), é um tipo de pesquisa em que:

O pesquisador explora em profundidade um programa, um fato, uma atividade, um processo ou uma ou mais pessoas. Os casos são agrupados por tempo e atividade, e os pesquisadores coletam informações detalhadas usando uma variedade de procedimentos de coleta de dados durante um período de tempo prolongado.

E assim, a pesquisa é considerada como bibliográfica e como estudo de caso, pois, inicialmente, é feito um levantamento das referências teóricas sobre manutenção, confiabilidade e perfil de perdas. Posteriormente, é feito um estudo de caso para obter os resultados da pergunta problema do trabalho.

3.2 Materiais e Métodos

O fluxograma, figura 6, apresenta o procedimento utilizado para obtenção da resposta à problemática apresentada na pesquisa.

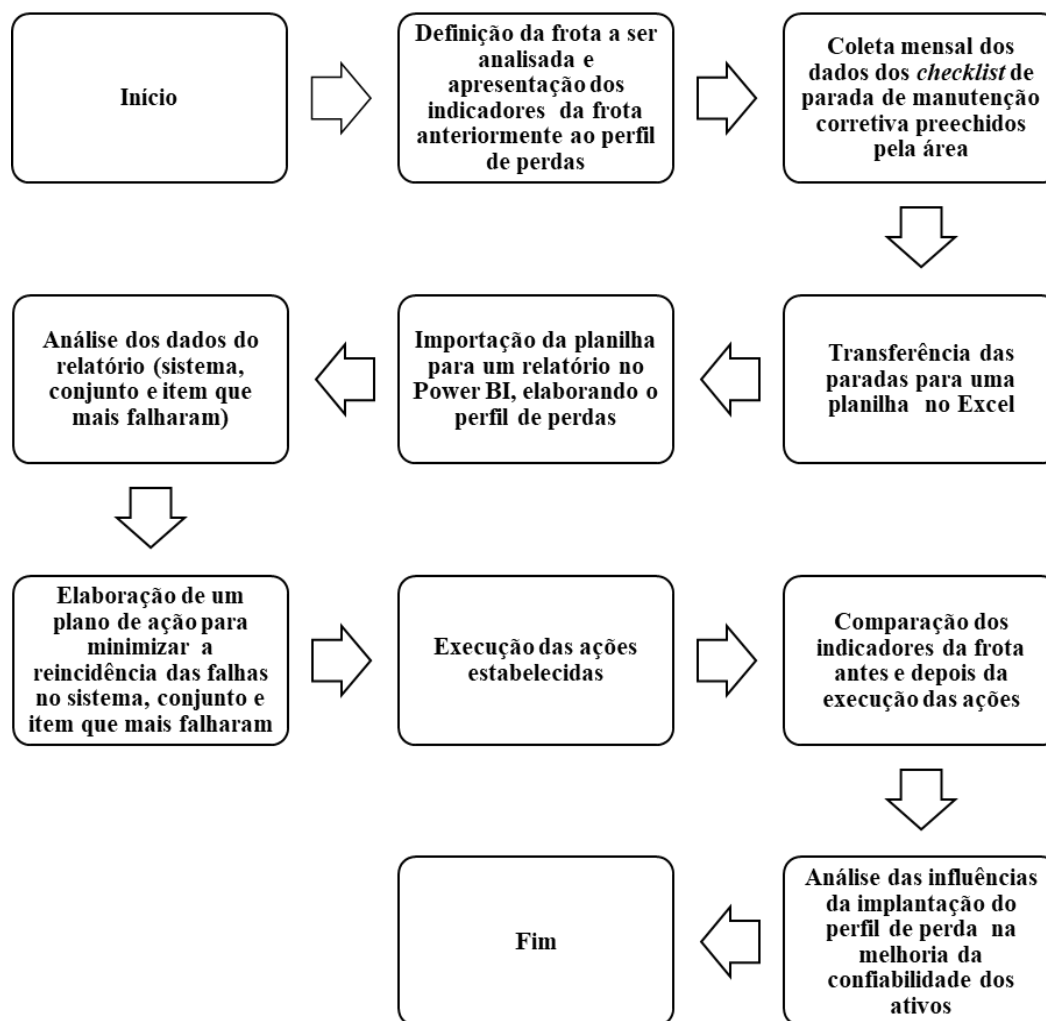


Figura 6: Fluxograma do Procedimento.
 Fonte: Pesquisa Direta (2019)

O primeiro passo para a solução da problemática, como apresentado na figura 6, é a definição da frota a ser analisada, por meio da análise de qual tipo de equipamento costuma apresentar mais falhas. A frota escolhida foi comboios mistos e diesel. Após a escolha da frota, foi necessário apresentar o valor do indicador disponibilidade física.

Assim, mensalmente, coletou-se os dados de parada de manutenção corretiva da frota, por meio de um *checklist* preenchido pela área de manutenção. No *checklist* é possível encontrar os dados do equipamento que parou em corretiva, o horário de parada e de liberação do ativo, a classe de falha e o problema apresentado. Após a coleta dos dados, foi necessário transcrever os dados para uma planilha do *Microsoft Excel* que posteriormente foi importada para um relatório em gráficos no software Power BI.

No *Microsoft Power BI*, foi gerado o perfil de perdas, ao qual foi feita uma análise do sistema, conjunto e item que mais apresentaram falhas, e assim foi elaborado e executado um plano de ação para minimizar a reincidência das falhas, para o mês em questão.

Após a execução do plano de ação no tempo requerido, foi feita a comparação dos indicadores antes e depois da execução das ações estabelecidas. Por último, analisou-se as influências da implantação do perfil de perda na melhoria da confiabilidade dos comboios misto e diesel.

3.3 Variáveis e Indicadores

Segundo Lakatos et al (2003), variável é uma classificação ou medida, uma quantidade que pode variar, um conceito operacional que contenha valores, aspecto, propriedade ou um fator que seja um objeto de estudo e que seja possível mensurar. E completa que os valores adicionados a algum conceito para transformá-lo em variável são os chamados indicadores.

Assim, Tadachi e Flores (1997, p.19) explicam que “indicadores são formas de representação quantificáveis das características de produtos e processos”. Eles são usados para controlar e melhorar a qualidade de produto e processos ao longo do tempo.

De acordo com as definições apresentadas, pode-se afirmar que há duas variáveis neste estudo, o perfil de perdas e a confiabilidade. E seus indicadores estão descritos na tabela 1.

Tabela 1: Variáveis e Indicadores

Variáveis	Indicadores
Confiabilidade	- DF.
Perfil de Perdas	- Horas paradas para manutenção corretiva; - Equipamento que parou; -Classe de falha da parada (sistema, conjunto e item).

Fonte: Pesquisa Direta (2019)

3.4 Instrumentos de Coleta de Dados

As informações para coletar os dados de parada, bem como a classe de falha foram coletadas pela área de manutenção do setor de equipamentos convencionais e empilhadeiras. A área de manutenção é responsável por preencher um *checklist* inicial, ou seja, quando o equipamento é parado em manutenção corretiva, e no momento da liberação, um *checklist* de liberação deve ser preenchido. As figuras 7 e 8 ilustram os *checklist* inicial e de liberação.

CHECK LIST INICIAL		TAG:		
ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO DE RODoviÁRIOS DE APOIO E EMPILHADERAS				
KM:	HORÍMETRO:	ENCERRANTE (COMBOIO)		
DATA E HORA DA PARADA: ____/____/____ ____:____		ENTRADA:	SAÍDA:	
TIPO DE INTERVENÇÃO:	<input type="checkbox"/> MANUT. PREVENTIVA	<input type="checkbox"/> BACK LOG	<input type="checkbox"/> LUBRIFICAÇÃO	
	<input type="checkbox"/> MANUT. CORRETIVA	<input type="checkbox"/> INSPEÇÃO	<input type="checkbox"/> ACIDENTE	
LOCALIZAÇÃO DO EQUIPAMENTO	<input type="checkbox"/> OFICINA CONVENCIONAL	<input type="checkbox"/> LAVADOR	<input type="checkbox"/> OFICINA DE FÁBRICA NOVA	
	<input type="checkbox"/> OFICINA COMBOIOS	<input type="checkbox"/> OUTROS: _____	<input type="checkbox"/> OFICINA DE FAZENDA	
VISTORIA PRÉVIA DE RECEBIMENTO DO EQUIPAMENTO (VERIFICAÇÃO DE DANOS)				
LIMPEZA INTERNA	GIROFLEX	RÁDIO AM/FM	LAMPADA	EQUIP. DIBREI
OK	OK	OK	OK	OK
NUMI	NT	NT	AVARIA	NT
VIDROS	DANOCIOSA	RÁDIO COMUNC.	IMPLEMENTO	AR CONDIC.
OK	OK	OK	OK	OK
	NT	NT	AVARIA	AVARIA
O check-list foi realizado na presença do usuário?		<input type="checkbox"/> SIM	<input type="checkbox"/> NÃO	
É DE RESPONSABILIDADE DO USUÁRIO EM CASO DE QUALQUER ANORMALIDADE ENCONTRADA PELO NÃO PREENCHIMENTO DESTA				
DESCRIÇÃO DAS NÃO CONFORMIDADES ENCONTRADAS NA VISTORIA PRÉVIA				
RESPONSÁVEL PELA VISTORIA (RA&E)		RESPONSÁVEL PELA ENTREGA (USUÁRIO)		
_____		_____		
NOME:		NOME:		
MATRÍCULA:		MATRÍCULA:		
DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES A SEREM REALIZADAS				
DESCRIÇÃO DOS PROBLEMAS RELATADOS PELO USUÁRIO (NO ATO DA ENTREGA)				
CHECK LIST DE LIBERAÇÃO NO VERSO DA FOLHA				

Figura 7: Checklist Inicial.
Fonte: Pesquisa Direta (2019)

CHECK LIST DE LIBERAÇÃO			
ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO DE RODOVIÁRIOS DE APOIO E EMPILHADERAS			
HH	DESCRIÇÃO DA TAREFA	CONFORME? SIM / NÃO OU N/A (não se aplica)	DESVIOS
00:03	Existem ferramentas/peças soltas dentro da cabine e/ou parte externa do equipamento?		
00:02	O ar condicionado está funcionando?		
00:02	A iluminação dianteira, traseira e de apoio está funcionando?		
00:02	O farol e sirene de ré estão funcionando?		
00:02	O limpador e lavador de para brisa estão funcionando?		
00:02	Os vidros elétricos estão funcionando?		
00:02	A buzina está funcionando?		
00:05	O freio de serviço e de estacionamento estão funcionando? (realizar teste dinâmico)		
00:02	Existe alguma luz de advertência acesa ou código de falha no painel?		
00:02	Os acessórios do implemento estão em perfeitas condições de funcionamento?		
00:05	Os fluidos de freio/embreagem, amolecimento, direção hidráulica e óleo do motor estão dentro do nível?		
00:05	Os pneus estão calibrados?		
00:05	Em caso de manutenção em rodas/pneus. A etiqueta de retorque no parabrisa foi instalada?		
00:05	Os pontos de içamento estão íntegros e bem fixados? (atentar-se a mini carregadeira)		
00:02	Existe alguma outra anomalia?		
00:10	O interior da cabine está limpo?		
NA IDENTIFICAÇÃO DE QUALQUER NÃO CONFORMIDADE ACIMA NÃO LIBERAR O EQUIPAMENTO ATÉ A DEVIDA CORREÇÃO			
RESPONSÁVEL PELO CHECK LIST DE LIBERAÇÃO		OBSERVAÇÕES	

NOME: MATRÍCULA:			
##### APROPRIAÇÃO DE CLASSE DE FALHA #####			
DETALHAR O QUE PROVOCOU A PARADA REAL DO EQUIPAMENTO			
SISTEMA			
CONJUNTO			
ITEM			
PROBLEMA			
DATA E HORA DA LIBERAÇÃO: ____/____/____ ____:____		COMUNICADO À:	
DATA E HORA DA RETIRADA : ____/____/____ ____:____			
RESPONSÁVEL PELA ENTREGA (RA&E)		RESPONSÁVEL PELO RECEBIMENTO (USUÁRIO)	
_____		_____	
NOME: MATRÍCULA:		NOME: MATRÍCULA:	
Sugestões / Reclamação:			

Figura 8: Checklist de Liberação.

Fonte: Pesquisa Direta (2019)

As figuras 7 e 8 representam os *checklist* preenchidos pela área de manutenção que contém todas as informações necessárias para a elaboração do perfil de perdas, em que se a parada for de corretiva deve ser preenchido a classe de falha para a obtenção de um perfil de perdas consistente. Além disso, há os dados de horas de parada, o equipamento que parou, o problema apresentado e as atividades realizadas, principalmente.

Já os dados de confiabilidade serão obtidos por meio de um relatório enviado diariamente pelos responsáveis da área, assim será possível coletar os valores de DF para antes e depois do estudo realizado.

Dessa maneira, pode-se obter os dados dos indicadores das duas variáveis elencadas no item 3.3 deste estudo, e assim analisá-los para que o problema proposto seja solucionado.

3.5 Tabulação dos Dados

Após o recolhimento do *checklist* inicial e de liberação preenchidos pela área de manutenção, os dados serão importados para o *software Microsoft Excel 2016*, em que serão organizados em uma tabela.

Assim, a planilha preenchida será importada para o *software Microsoft Power BI 2.70.5494.761* para analisar em formato de gráficos as falhas ocorridas e elaborar o plano de ação que também será lançado no *Excel e Power BI*.

3.6 Considerações Finais

Neste capítulo foi apresentada toda a metodologia para concretização deste estudo, em que foram apresentadas as ferramentas escolhidas para coletar e analisar a questão problema. No próximo capítulo é abordado o estudo de caso, em que são evidenciados os dados coletados, os equipamentos (objeto de estudo), as falhas ocorridas, o plano de ação elaborado para evitar a reincidência das falhas, e assim obter uma conclusão sobre a influência do perfil de perdas na confiabilidade do objeto de estudo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo conta com uma abordagem a cerca do setor de manutenção de equipamentos convencionais e empilhadeiras e dos equipamentos comboios misto e diesel. Além disso, apresenta o sistema de gestão de perdas e qual a influência do perfil de perdas da melhoria da confiabilidade dos equipamentos do setor em questão.

4.1 Setor de Engenharia de Manutenção de Equipamentos Auxiliares

O setor de engenharia de manutenção de equipamentos auxiliares é responsável por garantir a disponibilidade física, manter e conservar os ativos de apoio às demais áreas do ramo de mineração. As atividades desenvolvidas pelo setor englobam a programação da manutenção, compra de materiais para realizar as atividades de manutenção, melhoria nos equipamentos, manutenção preventiva e corretiva, inspeção e a substituição de ativos.

Para a execução das tarefas as quais a equipe é responsável, é necessário dividir as pessoas em funções organizacionais, exemplificadas na Figura 9.

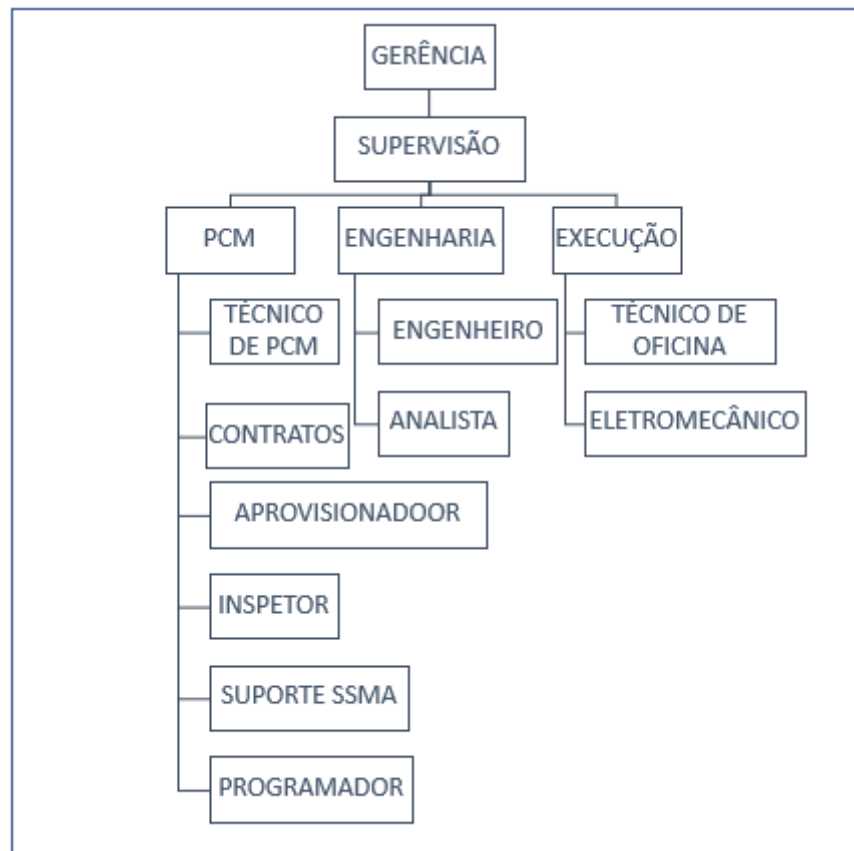


Figura 9: Organograma do setor de Manutenção de Equipamentos Auxiliares
Fonte: Pesquisa Direta (2020)

A figura 9 representa a divisão da função organizacional do pessoal dentro do setor, em que é responsabilidade do gerente realizar a gestão de pessoas para que o serviço seja

entregue no tempo certo e com qualidade. O contato do gerente com a área é feito através do supervisor. O supervisor deve fazer o intermédio de informações dentro da área e gerir o pessoal. Além disso, é responsável pelo PCM - Planejamento e Controle de Manutenção, pela engenharia e pelos executantes.

No PCM, o pessoal é dividido entre técnico, contratos, provisionador, inspetor suporte SSMA e programador. O técnico auxilia em todas as atividades desenvolvidas pelo PCM, além de controlar os indicadores de desempenho. A pessoa responsável por contratos deve estabelecer parceiros de prestação de serviço, compras de materiais e outros para facilitar a execução de tarefas. O provisionador é responsável por realizar compras dentro do setor, sejam estas de materiais requeridos nos planos de manutenção ou insumos. O inspetor deve fazer as inspeções periódicas nos equipamentos e detectar necessidades de manutenção antes do ativo falhar. O suporte de Saúde, Segurança e Meio Ambiente é responsável por auxiliar em todas as questões relacionadas com saúde e segurança do trabalho. E por último, o programador deve programar todas as atividades de manutenção a serem realizadas no escopo semanal dos eletromecânicos.

Por sua vez, a equipe de engenharia é composta por um engenheiro e um analista. Essa é a equipe com o conhecimento técnico do setor, responsável por otimizar, facilitar, inovar e instalar melhorias dentro dos processos de manutenção. São eles que indicam os ativos que devem ser substituídos, que selecionam as ferramentas a serem compradas, análise de falhas e tratamento de falhas recorrentes.

A equipe de execução é a que realiza a manutenção em si, em que os eletromecânicos são coordenados por um técnico de oficina, ao qual é elemento de ligação entre PCM, Engenharia e Execução. Os eletromecânicos são peça chave para a realização de um serviço de qualidade, pois os ativos de apoio são necessários à todas as áreas dentro do sistema produtivo.

Dessa forma, os equipamentos considerados auxiliares são todos aqueles que servem de apoio em alguma atividade realizada no setor de mineração, seja operação de mina, manutenção de equipamentos de grande porte, usina, elétrica. Na tabela 2 pode-se verificar os tipos de equipamentos inclusos.

Tabela 2: Equipamentos Auxiliares

Equipamentos Auxiliares	
Ambulância	Guindastes
Basculante Apoio	Hidrossemeadura
Bau	Caminhão Pipa
Bombeiro	Plataforma
Carroceria	Prancha
Cavalo Mecânico	Reboque
Comboio Diesel/ Comboio Misto	Resgate
Empilhadeira	Tanque Explosivo

Fonte: Pesquisa Direta (2020)

Como verifica-se na tabela 2, há diversos tipos de equipamentos considerados auxiliares e cada um desempenha sua função dentro do sistema produtivo, portanto, é de suma importância que o setor de manutenção de equipamentos auxiliares consiga desempenhar sua função e garantir a disponibilidade física dos ativos citados.

4.2 Comboios Misto e Diesel

Dentre os equipamentos considerados auxiliares estão os comboios misto e diesel. Eles são unidades móveis de abastecimento e lubrificação necessários para dar apoio à operação de mina. São distribuídos por toda a área de lavra em posições estratégicas para reduzir os impactos relacionados a descolamento durante os atendimentos em campo, portanto são essenciais à otimização das atividades de mineração.

Os equipamentos podem ser divididos em duas partes, o caminhão propriamente dito e o implemento que são os tanques de armazenamento. No comboio diesel, há apenas um grande tanque que armazena óleo diesel e é utilizado para realizar o abastecimento de outros ativos. Por sua vez, o comboio misto é composto por vários tanques, cada um deles armazena um tipo de fluido, como óleos lubrificantes, graxas, líquido de arrefecimento, diesel e água. Ou seja, além de ser utilizado para realizar abastecimento, também tem a função de ser uma unidade móvel de lubrificação. Além disso, a capacidade dos tanques varia de acordo com o implemento, nos comboios em questão, está compreendida entre 10 metros cúbicos a 20 metros cúbicos.

As figuras 10, 11 e 12 representam exemplos destes equipamentos.



Figura 10: Comboio misto.
Fonte: Empresa Pesquisada (2020)



Figura 11: Comboio misto Hydrapar.
Fonte: Empresa Pesquisada (2020)



Figura 12: Comboio diesel.
Fonte: Empresa Pesquisada (2020)

As figuras 10 e 11 ilustram os comboios misto, em que há a estrutura de um caminhão junto a estrutura do implemento que são os diversos tanques de abastecimento e lubrificação. Já a figura 12 é o exemplo de um comboio diesel que também possui o caminhão, porém o implemento é composto apenas de um grande tanque de abastecimento diesel.

Os implementos são formados pelos componentes:

- Comando Manual;
- Bomba de Engrenagens;
- Motor de Engrenagens;
- Filtro Hidráulico;
- Acoplamento Elástico;
- Filtro de Retorno Hidráulico;
- Filtro Hidráulico Principal;
- Filtro de Ar Triceptor;
- Válvula de Alívio;
- Compressor;
- Bomba de Engrenagens (unidade de força);
- Enroladores;
- Bomba diafragma;
- Bico;
- Medidor de vazão;
- Propulsora de graxa.

Para garantia do funcionamento correto dos comboios é necessário garantir o funcionamento correto de todos os itens citados. Cada um deles desempenha uma função fundamental para a execução da atividade de abastecimento e lubrificação em campo. Dessa forma, é necessário realizar manutenções preventivas, evitar falhas e paradas corretivas.

Dentre as atividades de manutenção básicas a serem realizadas estão:

- Limpeza externa (mensal): limpar toda a instalação hidráulica para corrigir pontos de vazamento e evitar contaminação do sistema;
- Filtro de ar (bimestral): trocar filtro de ar;
- Filtro de óleo: limpar com querosene;
- Nível de óleo: conferir diariamente;
- Temperatura do óleo: conferir diariamente;
- Pressão do sistema: conferir diariamente;
- Ruído e vibração: conferir diariamente;
- Análise do óleo (trimestral): analisar propriedades físico-químicas e grau de contaminação;
- Componentes hidráulicos (bombas, válvulas e atuadores): realizar inspeções para testar e verificar o desempenho dos componentes.

Por meio de um plano de manutenção preventiva bem executado e elaborado, o número de paradas em corretivas é minimizado, porém ainda ocorre. Isso se deve a operação indevida do equipamento, manutenção e inspeção má executadas. Para a análise das paradas corretivas que ainda ocorrem é utilizado o perfil de perdas que é abordado nos próximos itens desse trabalho.

Dentre os equipamentos auxiliares os comboios foram selecionados para estudo, pois entre os ativos mais críticos para o processo, como empilhadeiras, guindastes articulados e comboios, são os que apresentam o maior número de falha de acordo com a quantidade de ativos no ano de 2019. A figura 13 mostra a relação entre o número de equipamentos e o número de falhas para os três tipos de equipamentos citados anteriormente.

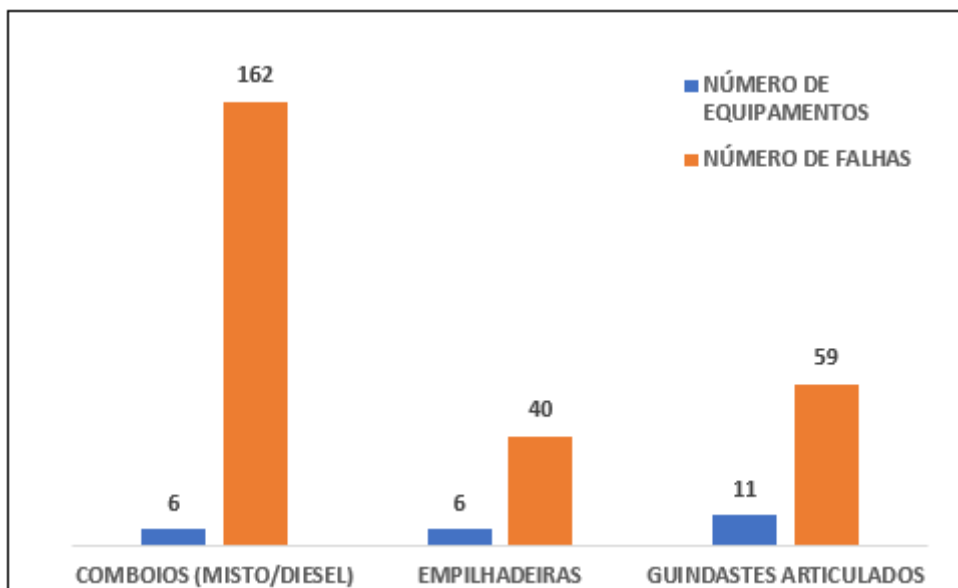


Figura 13: Gráfico Número de Equipamentos e Número de Falhas
Fonte: Pesquisa Direta (2020)

Como evidenciado na figura 13, no ano de 2019, os comboios pararam 162 vezes para manutenção corretiva, que é um número elevado para apenas 6 equipamentos. Enquanto, as empilhadeiras, com 6 ativos, pararam 40 vezes. E os guindastes articulados, por sua vez, em um número de 11 equipamentos pararam 59 vezes. Portanto, o foco deste trabalho são os comboios mistos e diesel, devido ao elevado número de paradas, se comparado a outros equipamentos.

4.3 Diagnóstico do Sistema de Gestão dos Comboios A Partir do Perfil de Perdas

A elaboração do perfil de perdas para os equipamentos auxiliares é baseada na coleta dos dados de parada e liberação do ativo. Essas informações devem ser coletadas pela área de manutenção, ou seja, os eletromecânicos são responsáveis pelo preenchimento do *checklist* de parada e *checklist* de liberação representados no item 3.4 desse trabalho. Portanto, sempre que o equipamento é enviado para manutenção corretiva, o mecânico que recebê-lo na oficina deve se atentar para o preenchimento correto do formulário. E assim, após a execução da corretiva, o mecânico que liberar o comboio para operação deve preencher corretamente o formulário de liberação.

No final de cada mês, o técnico de oficina coleta todos os *checklist* preenchidos e transfere os dados para uma planilha no *Microsoft Excel*. Os dados a serem processados pela planilha são:

- Frota (tipo de equipamento);
- *Site*;

- TAG;
- Tipo de manutenção;
- Descrição do serviço;
- Data e hora de parada;
- Data e hora de liberação;
- Mês/Ano;
- Tempo total da parada;
- Classe de falha: categoria, sistema, conjunto, item.

Essa planilha é enviada para a engenharia que faz as correções da classe de falhas e filtra os dados que serão processados pelo *template* no *Microsoft Power BI* ilustrado na figura 14.

Perfil de Perdas Gerência de Manut. Equip. Aux.

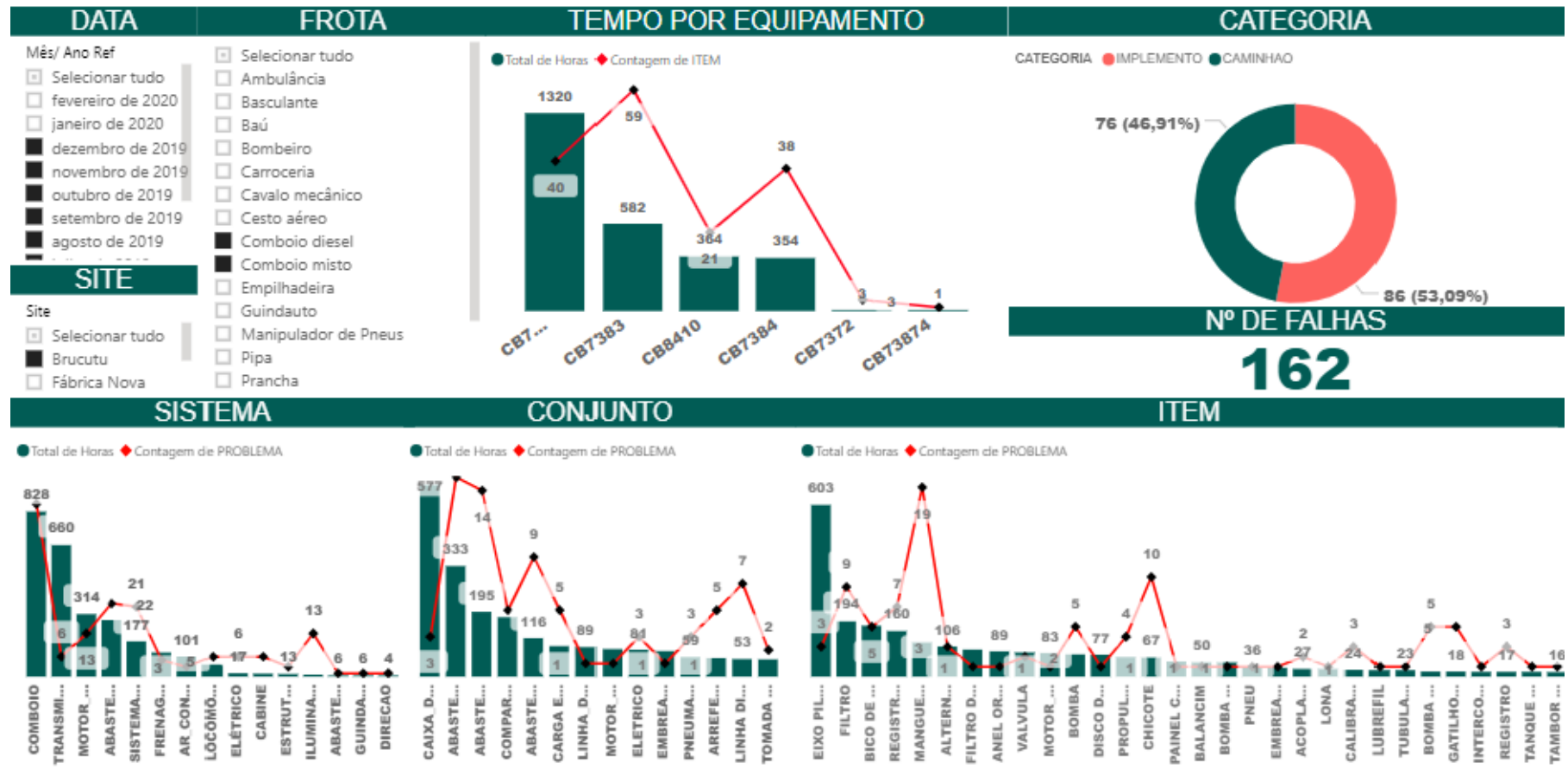


Figura 14: Template do Perfil de Perdas no Microsoft Power BI.
 Fonte: Pesquisa Direta (2020)

A figura 14 representa os gráficos que são gerados a partir dos dados absorvidos pelos checklist de parada e liberação de equipamento quanto à classe de falha da manutenção corretiva executada. É importante que seja preenchido corretamente para que se obter dados precisos no perfil de perdas. Assim, através do *Power BI* são processados cinco diferentes gráficos.

O gráfico “Tempo Por Equipamento” demonstra os TAG’s dos ativos que pararam em manutenção corretiva, o número de falha e o tempo de corretiva que foi demandado, como é mostrado na figura 15.

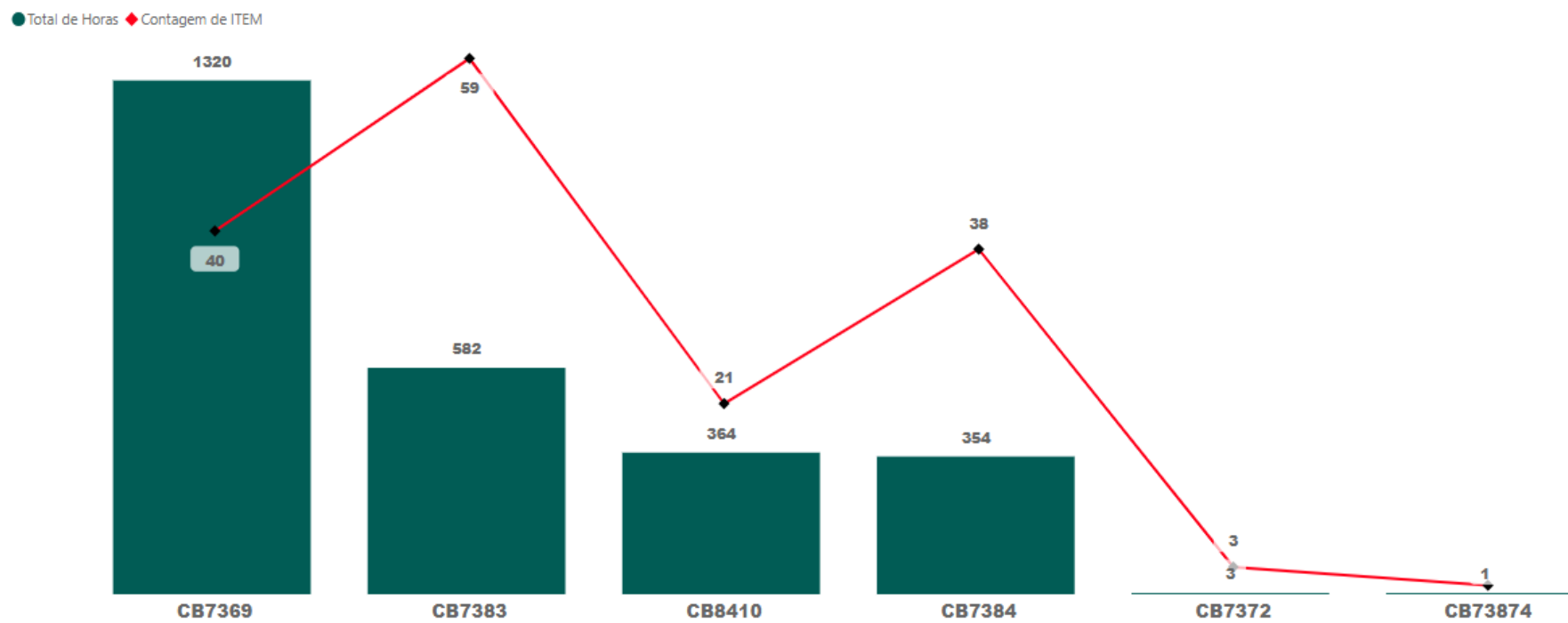


Figura 15: Tempo por equipamento.
Fonte: Pesquisa Direta (2020)

Para analisar o gráfico da figura 15, deve-se entender que os números que acompanham a linha vermelha representam o número de falhas de cada equipamento, já os números que acompanham as colunas representam o número de horas que o ativo ficou parada para realizar a manutenção corretiva. Assim, por meio da análise do gráfico, percebe-se que o ativo que falhou mais vezes no ano de 2019 foi o CB7383 com 59 falhas e 582 horas de corretiva. Já o ativo que demandou mais horas de corretiva foi o CB7369 com 1320 horas com 40 paradas.

Outro gráfico é o de “Categoria”, ilustrado na figura 16, ele apresenta o número total de falhas em 2019, assim como, quantas ocorreram no implemento e quantas ocorreram no caminhão propriamente dito.

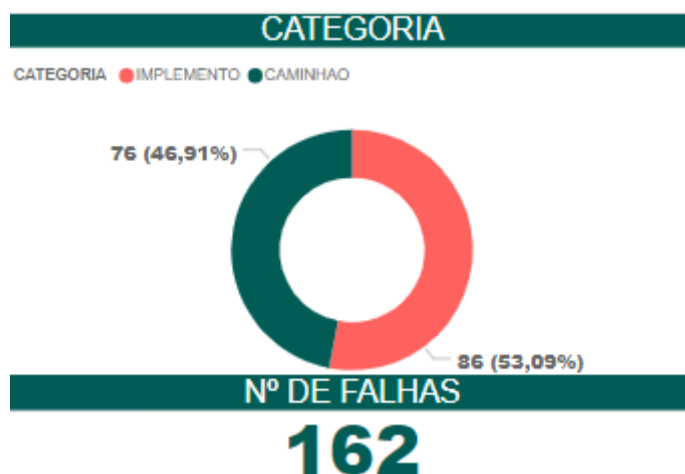


Figura 16: Gráfico Categoria.
Fonte: Pesquisa Direta (2020)

A figura 16 mostra o gráfico de “Categoria”, em que no ano de 2019 ocorreram 162 falhas, sendo que 86 acometeram o implemento, ou seja, o sistema do comboio. E portanto, 76 falhas ocorreram no caminhão.

O gráfico “Sistema”, figura 17, representa os sistemas que falharam nas 162 paradas que ocorreram durante 2019. Ele evidencia quantas vezes cada sistema parou, ou seja, o número de falhas de cada, que é o número acompanhado pela linha vermelha. Além disso, o número que acompanha a coluna mostra quantas horas de corretiva foram demandas para um dos sistemas.

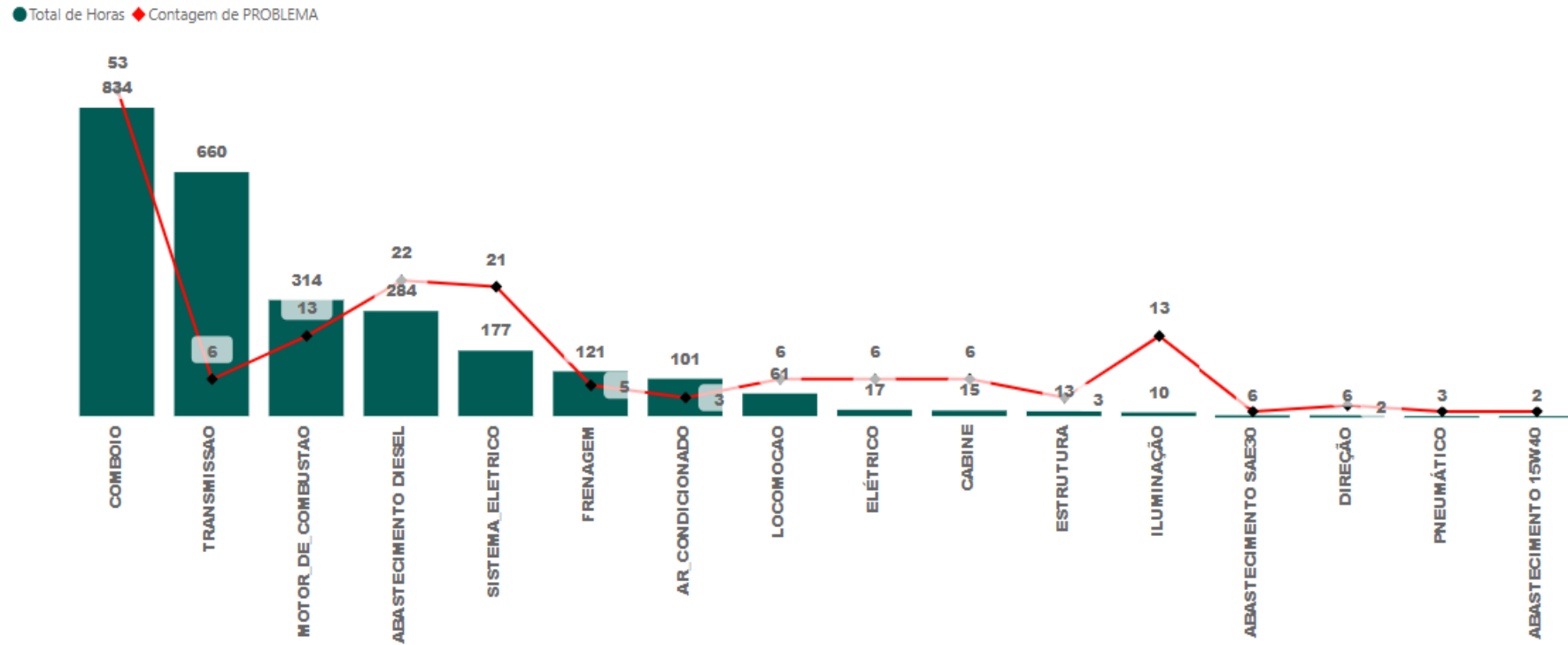


Figura 17: Gráfico Sistema.
 Fonte: Pesquisa Direta (2020)

Por meio da análise da figura 17, pode-se concluir que o sistema que mais falhou é o sistema do comboio com 53 paradas, e ele também é o sistema que consumiu o maior tempo de corretiva com 834 horas gastas. O próximo sistema que mais falhou foi o de abastecimento diesel com 22 falhas e 284 horas de corretiva. E o segundo que mais consumiu horas de manutenção foi o sistema de transmissão com apenas 6 paradas, porém 660 horas foram gastas.

O próximo gráfico é o de “Conjunto” e é representado pela figura 18. Ele, por sua vez, irá representar o número de falhas de cada conjunto no ano de 2019, através do número que acompanha a linha vermelha. E o tempo demandado para manutenção corretiva de cada conjunto, por meio do número de acompanha as colunas.

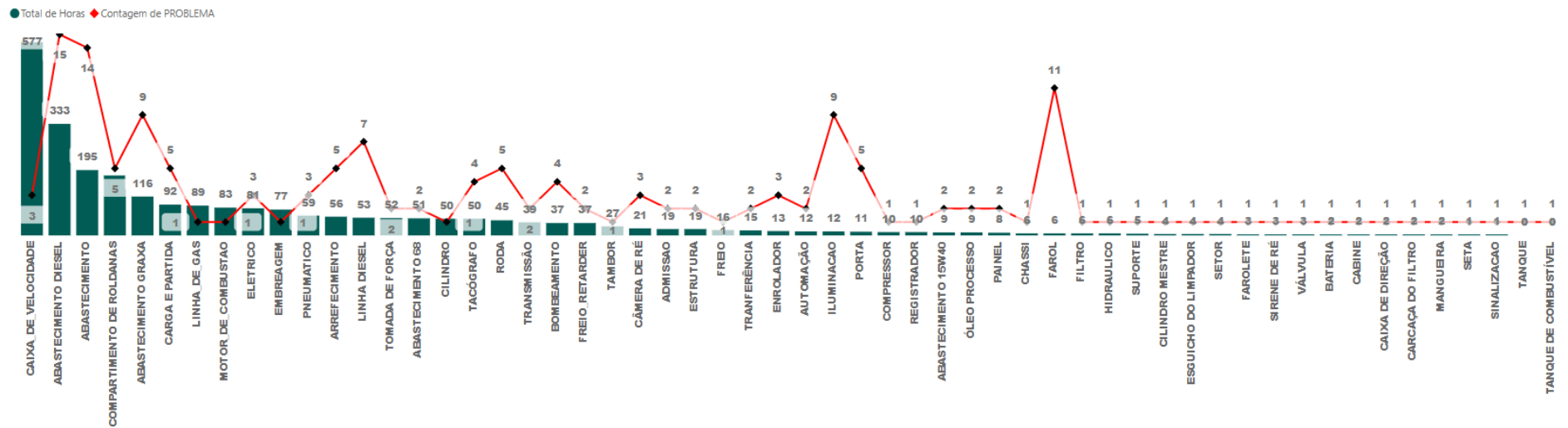


Figura 18: Gráfico Conjunto.
Fonte: Pesquisa Direta (2020)

A figura 18 permite concluir que no ano de 2019, o conjunto que mais apresentou falhas foi o de abastecimento diesel com 15 paradas e 333 horas. Porém, o conjunto que mais consumiu horas foi o da caixa de velocidade com 3 paradas e 577 horas de corretiva.

O último gráfico presente no perfil de perdas é o de “Item”, representado pela figura 19. A partir dele é possível identificar o número de falhas de cada item que compõe os conjuntos e é indicado pelo valor próximo a linha vermelha. Também é possível analisar o tempo em horas demandado por cada item para realizar a manutenção corretiva, ele é indicado através dos números que acompanham as colunas.

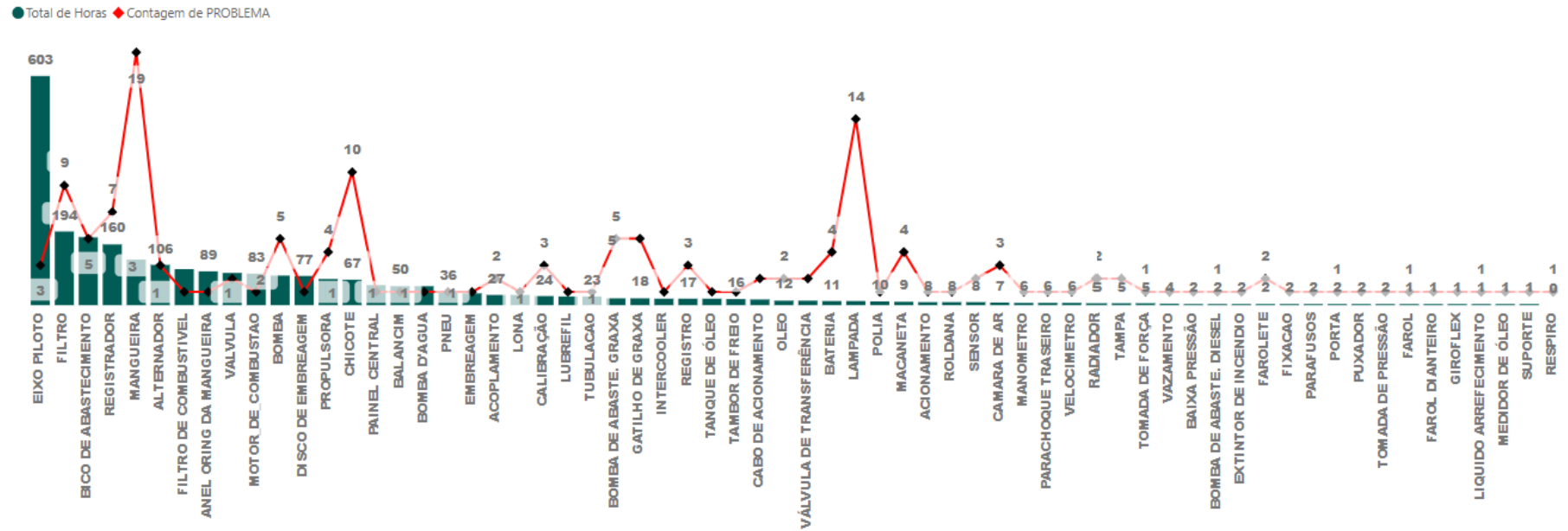


Figura 19: Gráfico Item.
Fonte: Pesquisa Direta (2020)

Através da figura 19 é possível identificar que em 2019, o item que apresentou o maior número de falhas foi a mangueira com 19 paradas e 3 horas. Já, o item que demandou mais horas em parada corretiva foi o eixo piloto com 3 falhas e 603 horas com o ativo parado. Além disso, foi identificado que nos dados coletados e plotados no *Power BI* não constam informações sobre as causas que resultaram nas falhas e paradas em manutenção corretiva.

Após fazer as análises do equipamento, sistema, conjunto e item que mais falharam e demandaram horas de corretiva, são feitas reuniões com a presença dos técnicos, inspetores e a equipe de engenharia para elaboração de um plano de ação com ações que tratam as falhas para que elas não sejam recorrentes. A figura 20 representa um recorte do *layout* do plano de ação no *Power BI*.

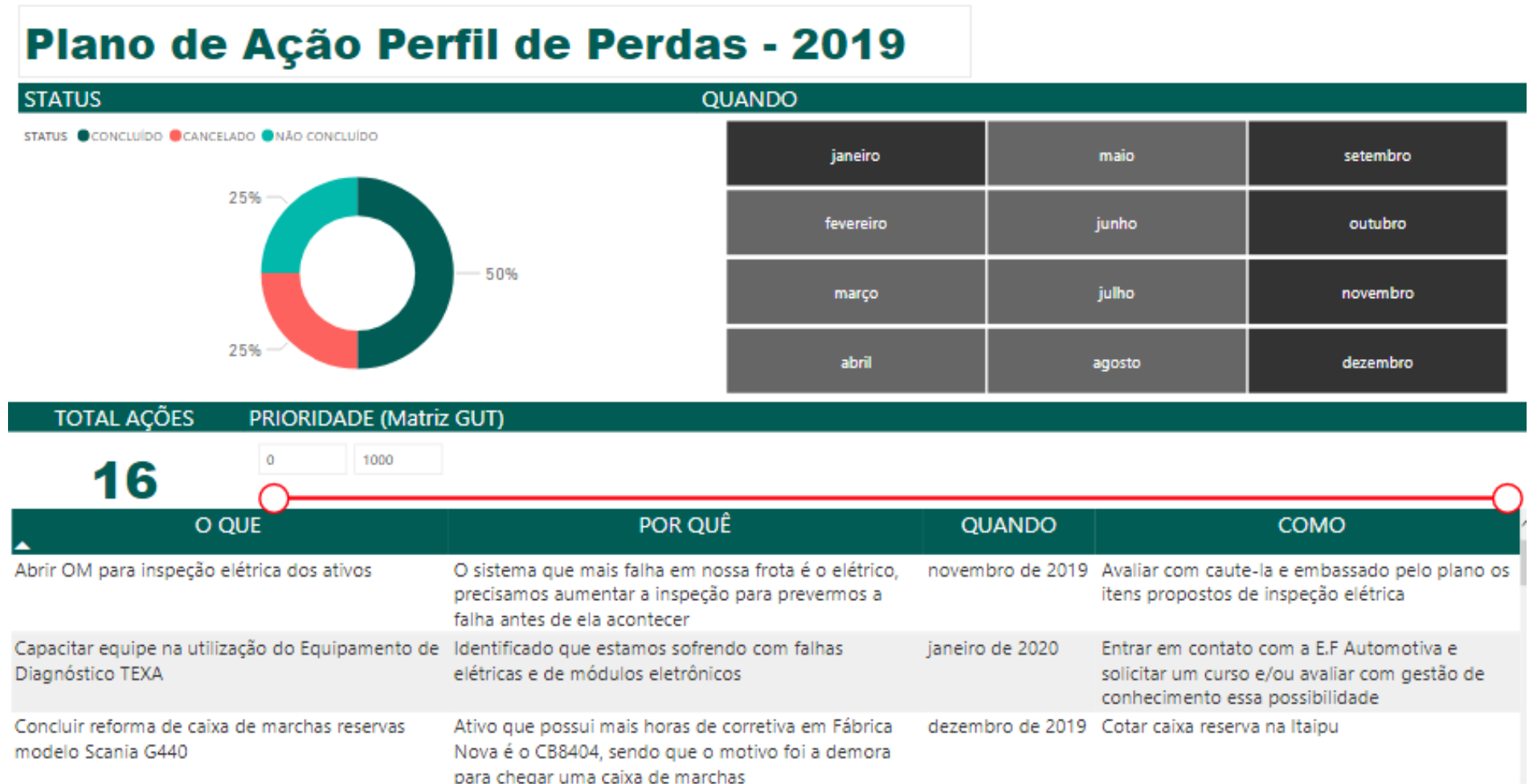


Figura 20: Recorte do Plano de Ação 2019
Fonte: Pesquisa Direta (2020)

O plano de ação, como representado pela figura 20, deve conter informações de o que deve ser feito, por quê, quando, como, onde, quem, quanto custará e os status da ação criada. Além disso, é calculada a prioridade da ação para auxiliar na determinação do prazo a ser cumprido. Porém, a figura 20 é apenas um recorte do plano de ação criado no ano de 2019 para ilustrar como ele é feito.

Portanto, após elaboração do plano de ação, cada membro da equipe executa as ações destinadas a ele no prazo estabelecido e com qualidade para impactar positivamente na disponibilidade física e a confiabilidade dos ativos que estão na responsabilidade do setor.

4.4 A Influência do Perfil de Perdas na Confiabilidade dos Ativos

A confiabilidade dos comboios mistos e diesel é impactada positivamente pela construção do perfil de perdas e as informações que são obtidas através dele. Essas informações devem ser analisadas de maneira correta e utilizadas na criação de meios para aumentar ou manter a disponibilidade física dos ativos e conseqüentemente, a confiabilidade deles, como está sendo feito pelo setor de Equipamentos Convencionais e Empilhadeira.

É através do perfil de perdas que as falhas recorrentes nos equipamentos são identificadas e tratadas por meio do plano de ação. As ações elaboradas são responsáveis por mitigar as paradas ocasionadas pelos sistemas, conjuntos e itens que mais tem impactado negativamente na DF dos ativos, ou seja, aqueles que apresentam o maior número de paradas ou o maior tempo de horas de manutenção corretiva no perfil de perdas. A figura 21 representa o gráfico de DF dos comboios e a figura 22 representa o gráfico de DF geral do setor de Equipamentos Auxiliares e Empilhadeiras.

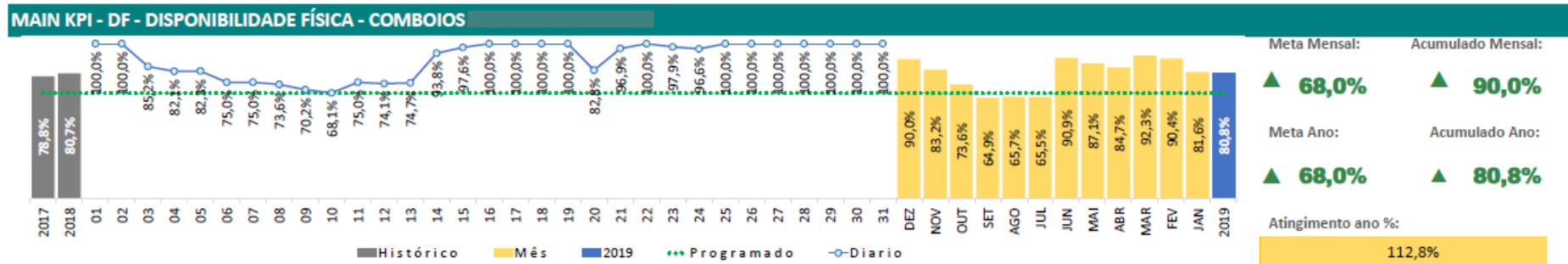


Figura 21: Gráfico de DF dos comboios.
Fonte: Pesquisa Direta (2020)

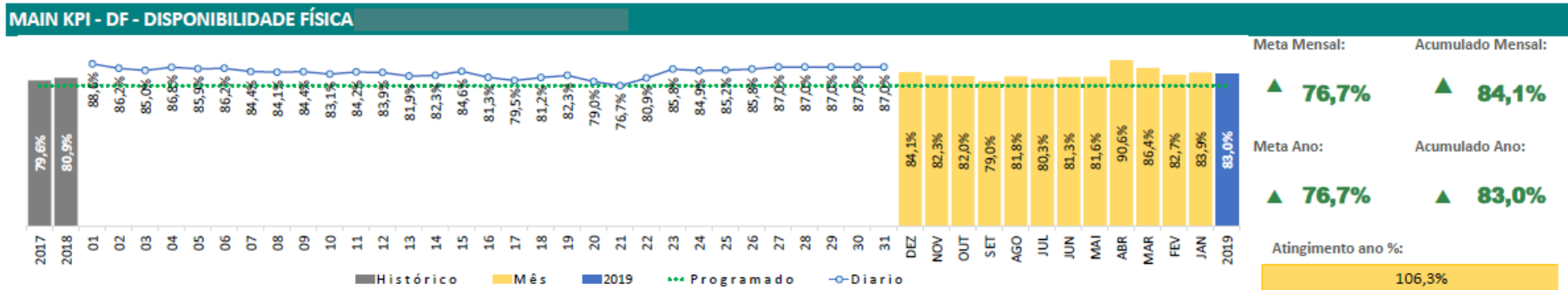


Figura 22: Gráfico de DF geral do setor.
Fonte: Pesquisa Direta (2020)

A figura 21 é o gráfico de DF dos comboios gerado no dia 31 de dezembro de 2019, em que consta as disponibilidades físicas do ano de 2017 e 2018, sendo, respectivamente, 78,8% e 80,7%. Além disso, mostra o valor da DF em cada um dos dias do mês de dezembro de 2019. As barras amarelas representam o valor do indicador nos meses do ano e a barra azul o acumulado de 2019. No gráfico também é indicado a meta mensal e anual de 68%, assim como, o valor acumulado mensal de 90% e anual de 80,8%.

Por meio da análise da figura 21, percebe-se que a meta mensal de 68% foi atingida em praticamente todos os meses do ano de 2019, com exceção dos meses de julho, agosto e setembro. Apesar das exceções, é um resultado satisfatório, em que 75% dos meses a DF foi acima da meta. Além disso, o acumulado de 2019 foi maior que a meta anual e também apresentou crescimento de 0,1% se comparado ao valor acumulado de 2018.

A figura 22 ilustra o gráfico de DF geral do setor de Equipamentos Auxiliares e Empilhadeiras para o mês de dezembro de 2019, em que são contempladas as disponibilidades físicas de todos os tipos de ativos mantidos pelo departamento em um único valor. As barras cinza representam os valores do acumulado do ano de 2017, 79,6%, e do ano de 2018 que é 80,9%. Em seguida, são expostos os valores acumulados do dia primeiro até dia 31 de dezembro. As barras amarelas retratam os valores do acumulado de cada mês do ano de 2019 e a barra azul o acumulado de 2019. Além disso, a meta mensal e anual geral do setor é 76,7%, o valor acumulado mensal de dezembro é 84,1% e o anual de 2019 é 83%.

Através da figura 22 conclui-se que todos os meses de 2019 apresentaram um resultado acima da meta esperada e apenas o mês de setembro apresentou um valor acumulado abaixo de 80%. Ademais, o acumulado de 2019 cresceu 2,1% se comparado com o valor do acumulado de 2018.

Por meio da análise do indicador de disponibilidade física é possível perceber que o perfil de perdas influencia positivamente a confiabilidade dos comboios misto e diesel, assim como, de todos os outros equipamentos mantidos pelo setor. As influências estão listadas na tabela 3.

Tabela 3: Influências do Perfil de Perdas

Influências do Perfil de Perdas
Aumento da disponibilidade física dos ativos, conforme discutido nas figuras 21 e 22
Diminuição na ocorrência de Falhas nos Comboios de 22 falhas para 16 falhas
Maior aderência aos planos de manutenção preventiva
Melhoria da relação Manutenção/Operação
Maior foco da mão-de-obra em inspeções
Histórico das paradas de manutenção corretiva de fácil acesso (relatório no <i>Microsoft Power BI</i>)

Fonte: Pesquisa Direta (2020)

A tabela 3 destaca as influências do perfil de perdas no aumento da confiabilidade dos comboios misto e diesel, em que através dos dados apresentados anteriormente, percebe-se que houve um aumento da disponibilidade física dos ativos, conforme figura 21, em que os comboios em 2018 apresentaram uma DF de 80,7% e em 2019 de 80,8%. Além disso, conforme figura 22, a DF geral do setor aumentou 2,1% do ano de 2018 para 2019, o que equivale a 183,96 horas no período de 365 dias. Conseqüentemente, há a diminuição da ocorrência de falhas, em que junho de 2019 apresentou 22 falhas e o mês de dezembro 16 falhas. Há, também, uma maior aderência aos planos de manutenção preventiva, pois com a diminuição do número de paradas em corretiva, os colaboradores podem dedicar um maior tempo a manutenção preventiva. Desta maneira, a relação entre a Manutenção e Operação melhora, pois o ativo desempenha sua função dentro do tempo sem apresentar paradas de manutenção não programadas. Desta maneira, há uma menor cobrança da Operação na equipe de Manutenção para manter o ativo disponível, o que diminui a indisposição entre as áreas. E assim, com a elaboração do relatório e do plano de ação no *Power BI* tem-se um histórico das paradas de manutenção corretiva de fácil acesso para todos na área.

Apesar das influências positivas que a elaboração do perfil de perdas tem trazido ao setor, pode-se melhorar o processo de tratamento de falhas que já vem sendo aplicado. Um dos meios de melhorar o processo é através de um estudo de confiabilidade pela distribuição de Weibull. Neste estudo obtêm-se a probabilidade de o ativo apresentar falhas em um dado intervalo de tempo, por meio da taxa de falhas do ativo dado pelo tempo até a falha e análise do ciclo de vida do equipamento ou item.

Além da distribuição de Weibull, pode-se melhorar o processo, através de uma análise das causas raízes da falha e aplicar ferramentas como o “Método dos Porquês”, Diagrama de Causa e Efeito, FMEA e Matriz de Priorização de GUT (Gravidade x Urgência x Tendência). O “Método dos Porquês” e o Diagrama de Causa e Efeito irão auxiliar na identificação das causas raiz da falha, o FMEA irá prever todas as possíveis falhas que podem vir a acontecer e apresentar soluções e a Matriz de Priorização GUT irá auxiliar na definição das ações que devem ser prioridades dentro do plano de ação.

5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

5.1 Conclusão

De acordo com a pergunta formulada neste trabalho “**Qual a influência do perfil de perdas na melhoria da confiabilidade dos comboios misto e diesel no setor de equipamentos convencionais e empilhadeiras em uma empresa mineradora?**” conclui-se que a elaboração, análise e tratamento do perfil de perdas:

- Otimizam a análise das falhas ocorridas nos equipamentos, por meio dos gráficos gerados no *Microsoft Power Bi* que facilitam a interpretação das falhas;
- Possibilitam a elaboração do plano de ação para tratamento das falhas a fim de evitar a reincidência;
- Facilitam o acesso ao histórico de paradas de manutenção corretiva para toda área, e assim, aumentam o fluxo de informações dentro do setor;
- Diminuem o número de paradas em manutenção corretiva, em que comparando o mês de julho (22 falhas) e o mês de dezembro (16 falhas) houve diminuição de 6 falhas nos comboios;
- Geram maior disponibilidade física dos ativos, em que o ano de 2018 apresentou um acumulado de 80,9% e o ano de 2019 apresentou 83% de DF geral do setor, resultando na melhora da relação entre Manutenção e Operação e um aumento de 183,96 horas de funcionamento do ativo em um ano;
- Otimizam todo o processo de manutenção, por meio, da diminuição de paradas inesperadas e uma aderência maior aos planos de manutenção preventiva e inspeções.

Portanto, o perfil de perdas gera influências positivas na confiabilidade dos equipamentos e através de melhorias no processo é possível eliminar um maior número de falhas no processo, manter/aumentar a disponibilidade física dos ativos e otimizar o sistema produtivo da função Manutenção, e conseqüentemente de toda a empresa.

5.2 Recomendações

A partir do trabalho realizado, recomenda-se os seguintes trabalhos futuros:

- Estudo da Confiabilidade dos comboios misto e Diesel no setor de equipamentos convencionais e empilhadeiras a partir da aplicação da Distribuição de Weibull;

- Aplicação do FMEA para o Tratamento de Falhas no sistema de abastecimento de diesel de um comboio;
- Ferramentas da Qualidade aplicadas para análise do Perfil de Perdas do Setor de equipamentos convencionais e empilhadeiras.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462: Confiabilidade e Manutenibilidade**. Rio de Janeiro, p. 37. 1994.

BARAN, L.R. **Manutenção Centrada Em Confiabilidade Aplicada Na Redução De Falhas: Um Estudo De Caso**. Dissertação – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2011.

BARROS, Breno Alvim. **A Importância da Manutenção Industrial como Ferramenta Estratégica de Competitividade**. 2013.

BRAVIM, Vinícius Dalapícula ; SOUZA, M. S. **Perfil de Perdas de Produção Relacionado a Falhas Elétricas: Estudo de Caso das Usinas de Pelotização da CVRD do Complexo de Tubarão**. 2007.

CAIADO, R. G. G.; LIMA, G. B. A.; QUELHAS, O. L. G.. **Aspectos da Aplicação da Manutenção Centrada em Confiabilidade**. Congresso Nacional de Excelência em Gestão. 2015.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: método qualitativo, quantitativo e misto**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

FLOGIATTO, F. S.; RIBEIRO J. L. D. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. Ed. Elseiver. Rio de Janeiro. 2011.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: Função Estratégica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009. 361 p.

LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica 1**. 5. ed. - São Paulo: Atlas 2003.

MONCHY, F. **A função manutenção**. São Paulo: EBRAS/DURBAN, 1989.

MORO, Norberto. **Introdução à gestão da manutenção**. Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina – Florianópolis, 2007.

NETO, P. R.; CUTRIM, S. S; ROBLES, L. T.. **Gestão da Manutenção no Tratamento de Perdas do Processo de Descarga de Minérios do Terminal Marítimo ponta da Madeira-Vale**. 2012.

NUNES, Enon Laércio. **Manutenção Centrada em confiabilidade (MCC): análise da implantação em uma sistemática de manutenção preventiva consolidada**. 2001. 146f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2001.

REZENDE, Denis A. **Planejamento estratégico público ou privado**: 3 ed. Atlas, 2015

ROCCO, Mauricio de. **Planejamento Industrial: Um Estudo Sobre Tomada de Decisão na Manutenção**. Monografia - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2012.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 2.d. São Paulo: Atlas, 2002.

TADACHI, N.T., e FLORES, M.C.X. **Indicadores da Qualidade e do Desempenho**. 1ª.ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1997.

VILAÇA, Ana Flávia. **Perfil de Perdas no Processo da Moagem de uma Usina de Pelotização de Minério de Ferro: Estudo de Caso da Vale Tubarão**. Artigo do Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Mecânica - Fundação de Assistência e Educação - FAESA. 2014

XENOS, Harilaus Georgios d'Philippou. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004. 299 p.