



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO – UFOP
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA



JOYCE LOHRAINNY PIMENTA CLEMENTE

**IMPACTO DOS INDICADORES DE MANUTENÇÃO NO INDICADOR
DISPONIBILIDADE FÍSICA DE EQUIPAMENTOS DE MINA**

OURO PRETO - MG
2018

JOYCE LOHRAINNY PIMENTA CLEMENTE

joycelohrainny@yahoo.com.br

**IMPACTO DOS INDICADORES DE MANUTENÇÃO NO INDICADOR
DISPONIBILIDADE FÍSICA DE EQUIPAMENTOS DE MINA**

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: Washington Luis Vieira Da Silva

**OURO PRETO – MG
2018**

C626i Clemente, Joyce Lohrainny Pimenta.
Impacto dos indicadores de manutenção no indicador disponibilidade física de equipamentos de mina [manuscrito] / Joyce Lohrainny Pimenta Clemente. - 2018.

51f.: il.: color; grafs; tabs.

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

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

1. Indicadores de manutenção. 2. Manutenção. 3. Disponibilidade Física. 4. Mineração. I. Silva, Washington Luis Vieira Da. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU: 621



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

ATA DA DEFESA

Aos 29 dias do mês de Novembro de 2018, às 19h 00min, na sala 15, localizada na Escola de Minas – Campus - UFOP, foi realizada a defesa de Monografia da aluna Joyce Lohrainny Pimenta Clemente, sendo a comissão examinadora constituída pelos professores: Prof. DSc. Washington Luís Vieira da Silva, Profª DSc. Zirlene Alves da Silva Santos e Prof. MSc. Sávio Sade Tayer. A candidata apresentou o trabalho intitulado: **“Impacto dos Indicadores de Manutenção no Indicador de Disponibilidade Física de Equipamentos de Mina”**, sob orientação do Prof. DSc Washington Luís Vieira da Silva. Após as observações dos avaliadores, em comum acordo os presentes consideram o(a) aluno(a) APROVADO.

Ouro Preto, 29 de Novembro de 2018.

Prof. DSc. Washington Luís Vieira da Silva
Professor Orientador

Prof. MSc. Sávio Sade Tayer
Professor Avaliador

Profª. DSc. Zirlene Alves da Silva Santos
Professor Avaliador

Joyce Lohrainny Pimenta Clemente

Aluno(a)

Dedico aos meus avós pelo apoio e dedicação e minha mãe por sempre ter me ajudado quando precisei. A todos os colegas e professores que me ajudaram em mais esta etapa vendida.

AGRADECIMENTO

Ao meu orientador Washington Luis Vieira Da Silva, pelo incentivo e orientação neste trabalho.
Aos professores do curso de engenharia mecânica por suas importantes contribuições para o aprimoramento do trabalho.
A minha família pelo apoio.

“Se queres progredir não deves repetir a história, mas fazer uma história nova. Para construir uma nova história é preciso trilhar novos caminhos”.

Gandhi

RESUMO

A manutenção de equipamentos que lidam diretamente com lavra ou movimentação do minério, conhecidos como equipamentos de mina são grandes desafios para empresas do ramo da mineração. Nesse sentido, uma boa gestão da manutenção, avaliada principalmente pelos indicadores de performance da manutenção, faz toda a diferença na competitividade de empresas do ramo. Os principais indicadores de performance, ou indicadores chaves são o MTBF – Tempo Médio entre Falhas, o MTTR – Tempo Médio para Reparo, a Disponibilidade Física, dentre outros que podem ser adotados por diferentes empresas de acordo com seus objetivos estratégicos. Observa-se, porém, que geralmente não é possível identificar o estado geral da manutenção com apenas um indicador quantitativo, já que diversos fatores podem influenciar o processo de forma a mostrar erroneamente a qualidade final da manutenção. Deste modo torna-se um diferencial analisar como os indicadores de manutenção influenciam o indicador disponibilidade física dos equipamentos de mina. Essa avaliação pode trazer resultados como auxílio na identificação das causas raiz que fazem com que haja perdas na disponibilidade física, identificação do real problema do processo de manutenção, avaliação da importância de se medir outros indicadores de manutenção e melhorar o planejamento e o processo da manutenção. Para essa avaliação, foi realizado uma análise tanto qualitativa, quanto quantitativa do problema, elaborando-se equações que demonstraram quantitativamente os impactos dos indicadores na disponibilidade e possibilitaram, assim, uma visão mais correta da situação da gestão da manutenção. Assim foi realizada uma simulação de 4 diferentes cenários aos quais a gestão da manutenção poderia lidar, podendo-se verificar a real influência dos indicadores de manutenção na disponibilidade física e assim avaliar as possíveis causas, bem como as possíveis soluções para cada cenário. Neste sentido a utilização das equações de impacto dos indicadores na disponibilidade física se mostra uma importante ferramenta de auxílio na avaliação da real situação da gestão da manutenção de equipamentos de mina, sendo possível, através delas identificar que o cenário 4 é o cenário ideal, já que não há impacto significativo dos indicadores no indicador disponibilidade física, apresentando tempo médio entre falhas, tempo médio para reparo, índice de corretiva e utilização física em linha com a meta esperada.

Palavras-chave: manutenção, indicadores de manutenção, disponibilidade física, mineração.

ABSTRACT

Maintenance of equipment that deals directly with mining or ore handling, known as mine equipment, is a major challenge for mining companies. In this sense, a good management of the maintenance, evaluated mainly by the maintenance performance indicators, makes all the difference in the competitiveness of companies of the branch. The main performance indicators, or key indicators, are MTBF - Mean Time Between Failures, MTTR - Mean Time to Repair, Physical Availability, among others that can be adopted by different companies according to their strategic objectives. It is observed, however, that it is generally not possible to identify the general state of maintenance with only one quantitative indicator, since several factors can influence the process in order to misrepresent the final quality of the maintenance. In this way it becomes a differential to analyze how maintenance indicators influence the indicator physical availability of mine equipment. This evaluation can bring results as an aid in identifying the root causes that cause losses in the physical availability, identification of the real problem of the maintenance process, evaluation of the importance of measuring other maintenance indicators and improve maintenance planning and process. For this evaluation, a qualitative and quantitative analysis of the problem was carried out, elaborating equations that quantitatively demonstrated the impacts of the indicators on the availability and thus, enabled a more correct view of the maintenance management situation. Thus, a simulation of 4 different scenarios was carried out, which the maintenance management could handle, being able to verify the real influence of the maintenance indicators on the physical availability and thus to evaluate the possible causes, as well as the possible solutions for each scenario. In this sense, the use of the impact equations of the indicators in the physical availability is an important aid tool in the evaluation of the real situation of the mine equipment maintenance management, through which it is possible to identify that scenario 4 is the ideal scenario. as there is no significant impact of indicators on physical availability, presenting mean time between failures, mean time to repair, corrective index and physical use in line with the expected goal.

Key-words: maintenance, maintenance indicators, physical availability, mining.

LISTA DE SÍMBOLOS

HC – Horas calendário
HH – Homem hora
HM – Horas de manutenção
HMC – Horas de manutenção corretiva
HT – Horas trabalhadas
NIC – Número de intervenções corretivas
DF – Disponibilidade Física
MTBF – Tempo médio entre falhas
MTTR – Tempo médio para reparo
UF – Utilização física
IC – Índice de corretiva
CPMV – Custo de manutenção por valor de reposição

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cálculos dos principais indicadores de performance na indústria	11
Figura 2 – Curvas de Backlog	15
Figura 3 - Fluxograma das etapas necessárias para realização da pesquisa	19
Figura 4 - Fluxograma de geração de horas de manutenção.....	22
Figura 5 - Impactos DF: Cenário 1	30
Figura 6 - Impactos DF: Cenário 2	31
Figura 7 - Impactos DF: Cenário 3	32
Figura 8 - Impactos DF: Cenário 4	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais Indicadores de Manutenção	2
Tabela 2 - Eras da Manutenção e da Qualidade	5
Tabela 3 – Recursos necessários à manutenção	6
Tabela 4 - Variáveis e Indicadores	20
Tabela 5 - Principais características dos cenários analisados	24
Tabela 6 - Disponibilidade física dos cenários	27
Tabela 7 - Indicadores de performance: Cenário 1	28
Tabela 8 - Indicadores de performance: Cenário 2.....	28
Tabela 9 - Indicadores de performance: Cenário 3.....	29
Tabela 10 - Indicadores de performance: Cenário 4.....	29

SUMÁRIO

1.	Introdução	1
1.1.	Formulação do problema	1
1.2.	Justificativa	2
1.3.	Objetivos	3
1.3.1.	Objetivo Geral	3
1.3.2.	Objetivos Específicos	3
1.4.	Estrutura do trabalho	3
2.	Fundamentação Teórica	5
2.1.	Breve Histórico da Manutenção	5
2.2.	Conceitos	6
2.3.	Recursos necessários para a manutenção	6
2.4.	Tipos de manutenção	7
2.5.	Qualidade da manutenção	7
2.6.	Planejamento e Controle da Manutenção	9
2.7.	Capacitação e treinamento	9
2.8.	Indicadores de manutenção	10
2.8.1.	MTBF – Tempo médio entre falhas	12
2.8.2.	MTTR – Tempo Médio de Reparo	12
2.8.3.	DF – Disponibilidade Física	13
2.8.4.	Custo de Manutenção por Faturamento	13
2.8.5.	CPMV - Custo de Manutenção por Valor De Reposição	14
2.8.6.	Backlog	14
2.8.7.	Índice de Retrabalho	15
2.8.8.	Índice de Corretiva	16
2.8.9.	Índice de Preventiva	16
2.8.10.	Treinamento na Manutenção	16
2.8.11.	Taxa de Frequência de Acidentes	17
2.9.	Contribuição dos softwares para os Indicadores de Manutenção	17
3.	Metodologia	18
3.1.	Tipo de pesquisa	18

3.2. Materiais e Métodos.....	19
3.3. Variáveis e Indicadores.....	19
3.4. Instrumento de coleta de dados.....	20
3.5. Tabulação dos dados.....	20
3.6. Considerações Finais.....	20
4. Resultados e Discussões.....	22
4.1. Características do setor.....	22
4.2. Análise dos cenários.....	23
4.3. Resultados.....	27
4.3.1. Análise Disponibilidade Física.....	27
4.3.2. Indicadores de performance da manutenção.....	28
4.3.3. Análise dos impactos dos indicadores de performance na disponibilidade física.....	29
5. Conclusões e Recomendações.....	36
5.1. Conclusões.....	36
5.2. Recomendações.....	37
Referência bibliográfica.....	38

1. INTRODUÇÃO

1.1. Formulação do problema

As empresas que atuam no ramo de mineração possuem grandes desafios no que se diz respeito à manutenção de equipamentos que lidam diretamente com lavra ou movimentação do minério, conhecidos como equipamentos de mina. Esses equipamentos, em sua maioria de grande e médio porte, devem lidar diariamente com as inconstâncias da lavra do minério como a poeira, pistas inadequadas, má utilização e diversos outros fatores que podem levar a falha desses equipamentos. Nesse contexto a manutenção se destaca como importante parte do processo, garantindo que se possa ter o máximo de disponibilidade possível dos equipamentos.

A manutenção, então, pode ser formalmente definida, segundo Xenos (1998, p. 18), como “a combinação de ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida (NBR 5492-1994)”.

Para garantir a qualidade da manutenção é possível medir seu desempenho de diferentes formas e com diferentes visões e objetivos através dos Indicadores de Manutenção, que permitem gerenciar a manutenção de modo eficaz, sintonizados com os objetivos estratégicos da empresa (XAVIER, 2018).

Logo, indicadores podem ser entendidos como dados ou informações numéricas em sua essência, que representam fenômenos e acontecimentos utilizados para medir um processo ou seus resultados (SILVEIRA; 2018). Os principais indicadores de performance, ou indicadores chaves são o MTBF – Tempo Médio entre Falhas, o MTTR – Tempo Médio para Reparo, a Disponibilidade Física, dentre outros que podem ser adotados por diferentes empresas de acordo com seus objetivos estratégicos. Alguns dos indicadores podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1 - Principais Indicadores de Manutenção

Indicador de performance de manutenção	Conceito
Disponibilidade Física	Tempo em que o equipamento esteve disponível para operação
Tempo médio entre falhas	Tempo médio para que ocorra uma falha
Tempo médio para reparo	Tempo médio para reparo de uma falha
Produtividade	Movimentação de minério pelo tempo
Total horas paradas por intervenção da Preventiva	Proporção entre as horas gastas em manutenções preventivas pelas horas gastas em manutenção corretiva
Quantidade de equipamentos utilizados pela operação	Quantidade de equipamentos que estavam em operação ou manutenção com condições de retorno a sua atividade fim
Movimentação	Quantidade de minério movimentado
Utilização Física	Tempo disponível efetivamente utilizado pela operação

Fonte: Pesquisa direta (2018)

É possível observar que existem diferentes indicadores que podem mostrar diferentes aspectos da manutenção com diferentes objetivos, mas para que esses indicadores sejam utilizados de forma correta é necessário possuir uma clara visão da análise a ser feita, de forma a criar ou utilizar novos indicadores não listados na Tabela 1, mas que podem fazer diferença na análise.

Na maioria das vezes, é impossível identificar o estado geral da manutenção com apenas um indicador quantitativo, diversos fatores podem influenciar o processo de forma a mostrar erroneamente a qualidade final da manutenção. Para analisar se a manutenção está sendo realmente eficiente é necessária uma análise profunda de indicadores interligados. Na mineração, a Disponibilidade Física pode ser citada como um dos grandes objetivos da manutenção. Deste modo podemos identificar como alguns indicadores podem interferir na Disponibilidade Física, chegando a nossa questão problema:

Como analisar os impactos dos indicadores de manutenção no indicador Disponibilidade Física para os equipamentos de mina?

1.2. Justificativa

Para que haja um controle adequado da manutenção são necessárias a criação e a gestão de indicadores, que, segundo Teles (2018) poderão basear a tomada de decisões e desenho de estratégias. Como em qualquer outra área, sem os indicadores de manutenção é difícil mensurar

os impactos das decisões tomadas na manutenção, não sendo assim possível verificar qual teria sido a melhor decisão (TELES, 2018).

Com os indicadores de manutenção escolhidos de forma correta é possível mensurar a qualidade dos processos de manutenção, tendo como vantagens a quantificação da eficiência, eficácia, efetividade, produtividade e qualidade das ações da manutenção principalmente do ponto de vista do planejamento estratégico da empresa (SIQUEIRA, 2018).

A partir do item 1.1 é possível obter ganhos, tais como:

- Melhora da avaliação da qualidade da manutenção;
- Identificação das causas raiz que fazem com que haja perdas na Disponibilidade Física;
- Identificação do real problema do processo de manutenção;
- Avaliação da importância de se medir outros indicadores de manutenção.
- Melhorar o planejamento da manutenção
- Melhorar o processo de manutenção.

1.3.Objetivos

1.3.1. Objetivo Geral

Analisar os impactos dos principais indicadores de manutenção no indicador Disponibilidade Física para os equipamentos de mina.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Realizar um estudo teórico sobre: manutenção, métodos de manutenção, qualidade da manutenção, indicadores de manutenção;
- Elaborar um procedimento metodológico para analisar os impactos dos indicadores de manutenção no indicador Disponibilidade Física para os equipamentos de mina;
- Aplicar o procedimento metodológico para analisar os impactos dos indicadores de manutenção no indicador Disponibilidade Física para os equipamentos de mina;
- Comparar os resultados obtidos com a base teórica aplicada para analisar os indicadores de manutenção e seus impactos.

1.4.Estrutura do trabalho

No Capítulo 1 é realizado a formulação do problema, identificando de forma objetiva o problema a ser tratado no trabalho, em seguida é elaborado a justificativa, que de forma clara

validará o problema, de modo que a solução deste possa trará benefícios as empresas. Após é apresentado os objetivos geral e específicos.

No Capítulo 2 é apresentado a fundamentação teórica, tendo como principais pontos a manutenção, os métodos de manutenção, a qualidade da manutenção e os indicadores de manutenção.

O Capítulo 3 trata a metodologia a ser utilizada para a resolução do problema apresentado no Capítulo 1, detalhando os processos metodológicos que serão utilizados.

No Capítulo 4 é tratado os resultados obtidos a partir dos processos metodológicos seguidos.

O Capítulo 5 apresenta as conclusões do trabalho e recomendações para futuras pesquisas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Breve Histórico da Manutenção

A manutenção surgiu de forma despercebida. Quando o homem começou a manusear instrumentos já se tinha uma ideia da manutenção, palavra derivada do latim *manus tenere*, ou manter o que se tem, mas a partir da Revolução Industrial no final do século XVIII houve um crescente aumento de população junto com os bens de consumo, surgindo também a necessidade de manter os equipamentos sempre disponíveis e em bom estado (VIANA, 2002).

Porém, foi a partir de 1900, com a introdução de técnicas de administração de serviços de Taylor, Fayol, gráfico de Gantt, e o Toyotismo que a manutenção deu seus grandes passos. Durante a Segunda Guerra Mundial surgiu a grande necessidade da manutenção devido ao aumento exponencial do desenvolvimento de técnicas para tomada de decisões.

Com a globalização econômica dos últimos anos intensificando a concorrência os prazos e a qualidade total dos serviços, produtos se tornou objetivo de diversas empresas, de modo a tornar a prevenção de falhas em equipamentos uma meta das empresas, dando assim os passos para o planejamento da manutenção (AURAS, 2007). Segundo Lemos *et al.* (2011) a evolução da manutenção pode ser sintetizada segundo a Tabela 2

Tabela 2 - Eras da Manutenção e da Qualidade

	antes 1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000
Manutenção	1 Geração			2 Geração			3 Geração			
Qualidade	Inspeção	Controle Estatístico de Processo			Garantia da Qualidade			Gestão da Qualidade		

Fonte: Lemos *et al.*, 2011

Na Tabela 2 é possível observar as gerações pelas quais a manutenção passou. A primeira geração foi marcada pelo manutenção corretiva, isto é o reparo do equipamento somente após a falha, já na segunda geração houve um anseio pelo aumento da disponibilidade e vida útil do equipamento, a terceira geração foca na confiabilidade, custo-benefício, qualidade dos produtos e preservação do meio ambiente, de forma a tornar as empresas mais competitivas no mercado de trabalho.

2.2. Conceitos

A manutenção, segundo Xenos (1998, p. 18), pode ser formalmente definida, como “a combinação de ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida (NBR 5492-1994)”.

Para melhor compreender a manutenção é necessário conhecer alguns dos seus conceitos, que, segundo Viana (2002), podem ser:

- Falha: Momento em que o item perde a capacidade de desempenhar a função a qual se destina;
- Defeito: Desvio dos requisitos do componente para a função requerida;
- Componente: Parte integrante do equipamento;
- Manutenção Planejada: Manutenção realizada segundo planejamento e controle das variáveis;
- Manutenção Programada: Manutenção realizada de acordo com o programa que foi estabelecido;
- Ordem de Manutenção (OM): Instrução feita via sistema ou escrita que orienta e determina o trabalho que será executado;
- Reparo: Retornar um item a condições de operação através da substituição ou conserto das partes danificadas

2.3. Recursos necessários para a manutenção

Segundo Moro (2007), a manutenção precisa de recursos que estejam a disposição para uso da manutenção, estes recursos estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Recursos necessários à manutenção

Recursos materiais	Equipamentos para medição, teste, ferramentas necessárias para o reparo, oficina com espaço adequado, entre outros.
Recursos de mão de obra	Equipe qualificada para realização do serviço.
Recursos financeiros	Permite liberdade para a realização dos trabalhos
Recursos de informação	Permite o acompanhamento da manutenção, bem como o aprimoramento dos planos de manutenção com os dados coletados.

Fonte: Pesquisa direta (2018)

Como mostrado na Tabela 3, é possível observar que a manutenção necessita de diversos parâmetros para que possa funcionar corretamente, se algum dos recursos citados não está

disponível a qualidade da manutenção fica prejudicada, chegando a manutenção a ser até mesmo inviável.

2.4. Tipos de manutenção

Existem diversos tipos de manutenção abordados por diferentes autores, mas de forma geral é possível observar quatro tipos relevantes:

- **Manutenção Corretiva:** ocorre sempre após a falha. Consiste em, basicamente, realizar a troca, substituição ou outros procedimentos depois que a falha ocorre no equipamento. Apesar de em curto prazo ser mais econômica que a manutenção preventiva, devido ao seu caráter mais aleatório é possível que haja paradas na produção não planejadas e que acarretam em prejuízo elevado.
- **Manutenção Preventiva:** consiste em prevenir a falha antes que ela aconteça, através do planejamento de reparos feitos sistematicamente, com paradas programadas do equipamento. Quando a manutenção preventiva está bem estabelecida em uma empresa é possível notar que a disponibilidade aumenta, a ocorrência de falhas diminui juntamente com as interrupções inesperadas na produção (XENOS, 1998).
- **Manutenção Preditiva:** consiste em monitorar as variáveis do equipamento de forma a prever a falha, deste modo é possível otimizar a troca de peças e estender o intervalo entre as manutenções. Em outras palavras somente é realizada a intervenção quando o equipamento apresenta uma mudança na sua condição de operação (MORO, 2007).

2.5. Qualidade da manutenção

Para Xenos (1998, p. 40) a qualidade pode ser definida como “a forma pela qual os produtos e serviços são julgados pelos seus usuários”, deste modo há três diferentes percepções básicas da qualidade, sendo a qualidade intrínseca, o custo e a entrega. A combinação desses três fatores são o que os clientes identificam como valor. De forma geral o valor aumentará com a qualidade intrínseca e a entrega rápida, e de forma inversa aumentará com a diminuição do custo.

Desta forma Xenos (1998) identifica a equação empírica observada na Equação 1.

$$Valor = \frac{Qualidade \acute{I}ntr\acute{I}sica \times Entrega}{Custo} \quad (1)$$

De forma geral, o custo e a entrega serão importantes somente na aquisição do equipamento, após esta aquisição o cliente avaliará o valor apenas considerando a qualidade intrínseca, sendo a segurança também considerada uma importante dimensão em para alguns clientes.

Para LEMOS *et al.* (2011) a satisfação do cliente se associa ao produto da manutenção. A falta de qualidade na manutenção faz com que os serviços de manutenção aumentem, diminuindo a disponibilidade, aumentando o custo, deixando, portanto, os clientes insatisfeitos.

Deste modo, Xenos (1998, p. 43) define a Gestão pela Qualidade Total como “método de gestão para garantir a sobrevivência das empresas através da produção de bens e serviços de boa qualidade que satisfaçam às necessidades das pessoas”. A manutenção participa ativamente para desenvolver a Gestão pela Qualidade Total.

A Gestão pela Qualidade Total tem, para Xenos (1998), três princípios principais:

- Enfoque prioritário no cliente: O cliente deve estar satisfeito, deste modo é necessário a centralização do mercado e a investigação da fonte dos problemas;
- Importância da aplicação de métodos estatísticos: O gerenciamento deve ser baseado nos dados e fatos, priorizando as ações entre as de maior e menor importância, de forma que o gerenciamento tenda a diminuir a variabilidade.
- Importância do todo: A qualidade deve ser disseminada por toda a empresa, buscando o envolvimento de todos os setores e incorporando a qualidade no processo.

O sistema de manutenção é o ponto fraco de muitas empresas na Gestão pela Qualidade Total, já que o objetivo da manutenção é fazer com que os equipamentos possam ser sempre operados em suas melhores condições, mas para isso ele deve satisfazer diversas necessidades da produção, tanto no desempenho quanto na capacidade dos equipamentos, garantindo qualidade, economia, eficiência, conforto, segurança, entre outros.

Para que a manutenção atenda a esses objetivos, Xenos (1998) indica alguns passos:

- Classificar os equipamentos quanto a sua importância;
- Definir os procedimentos e frequência da manutenção para cada equipamento;
- Executar a manutenção conforme planejado;
- Verificar a eficácia do sistema de manutenção;
- Tomar ações corretivas necessárias.

Nesse aspecto os indicadores de manutenção (ou indicadores de performance da manutenção) permitem gerenciar a manutenção de modo eficaz, sintonizados com os objetivos estratégicos da empresa (XAVIER, 2018).

2.6.Planejamento e Controle da Manutenção

O Planejamento e Controle da Manutenção, segundo Dorigo (2013), engloba as atividades da manutenção voltadas para o atingimento das metas, sendo o planejamento, provisionamento de materiais e sobressalentes, programação e controle dos serviços as principais delas. Dorigo (2013) diz que a participação na garantia da de confiabilidade e disponibilidade dos ativos, bem como a otimização dos recursos da manutenção é a razão de ser do Planejamento e Controle da Manutenção. Viana (2002, p. 20) informa que “o PCM é um órgão staff, de suporte a manutenção, sendo ligada diretamente à gerência de departamento”.

O principal documento do Planejamento e Controle da Manutenção é a Ordem de Serviço (OS), já que, para Dorigo (2013) as Ordem de Serviço devem definir os serviços e seus detalhes, indicar os recursos necessários, indicar os custos envolvidos, gerar histórico de manutenção adequado, dentre outros. O detalhamento envolvido na elaboração das Ordens de Serviço possibilita uma visão global das atividades de manutenção, como a previsão de consumo de matérias, o dimensionamento da mão de obra necessária, o tempo previsto de parada do equipamento, dentre outras previsões.

2.7.Capacitação e treinamento

A capacitação das pessoas está diretamente ligada a qualidade e a produtividade da manutenção. A educação profissional compreende três etapas interdependentes (BASUALDO, 2018):

- Formação profissional: Têm objetivos de longo prazo, é uma etapa de preparo para uma profissão que acontece dentro de escolas e universidades em cursos de formação profissional ou outros tipos de cursos de qualificação.
- Desenvolvimento profissional: Tem objetivos de médio prazo, sendo uma etapa de aperfeiçoamento para a carreira.
- Treinamento: tem objetivos específicos de curto prazo, de modo a garantir a adaptação para um cargo.

Neste sentido, espera-se como resultado da capacitação uma diminuição das perdas associadas a manutenção, tais como disponibilidade, confiabilidade e manutenabilidade, bem como os custos da manutenção e outros fatores. Porém é importante enfatizar que

frequentemente outros diversos parâmetros influenciam nos resultados do negócio, tais como mudanças no mercado, tecnologia, inovações e requisitos dos clientes, entre outros. (BASUALDO, 2018).

Basuldo (2018) diz que para quantificar os resultados do treinamento e capacitação de pessoas é recomendado uma meta de melhoria de desempenho, como por exemplo reduzir o tempo de reparo do equipamento de 7 para 3 horas.

2.8. Indicadores de manutenção

Indicadores podem ser entendidos como dados ou informações numéricas em sua essência, que representam fenômenos e acontecimentos utilizados para medir um processo ou seus resultados. Desta forma, os Indicadores de manutenção podem mensurar diferentes performances, desde o tempo de parada até o processo produtivo (SILVEIRA, 2018).

Viana (2002, p. 139) diz que se definida a real situação da manutenção “se propõe desafios para a melhoria, se escolhe os meios, e se começa a acompanhar a evolução da ação mantenedora, através dos índices de manutenção”.

Os aspectos importantes do processo devem ser avaliados nos indicadores de manutenção, isto é, os indicadores devem refletir a situação dos principais pontos no processo da planta. Os indicadores escolhidos devem ser aqueles que agregam valor, de modo a não desperdiçar recursos com indicadores que não dizem nada ou de importância mínima (VIANA, 2002).

Para Xenos (1998), os principais indicadores de manutenção utilizados na indústria são a disponibilidade física, a taxa de falha e taxa de utilização. Empresas podem adotar nomes diferentes para os indicadores, mas o conceito permanece o mesmo. Esses indicadores podem ser observados na Figura 1.

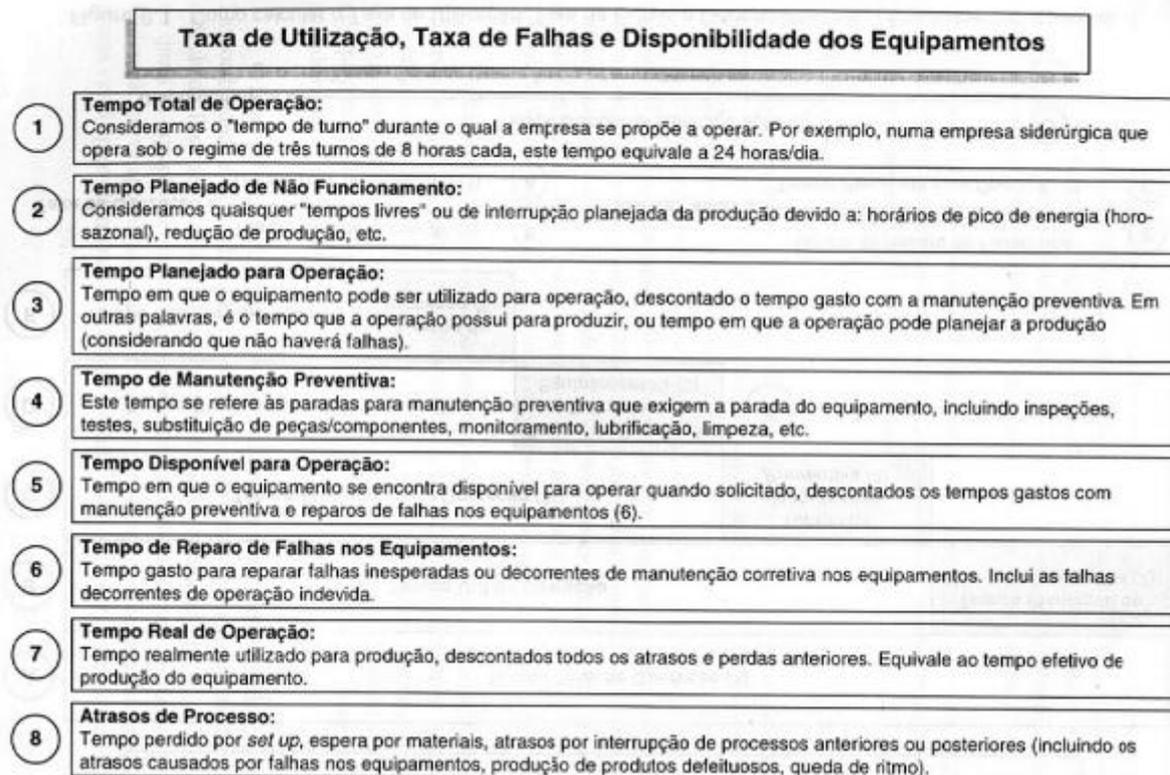
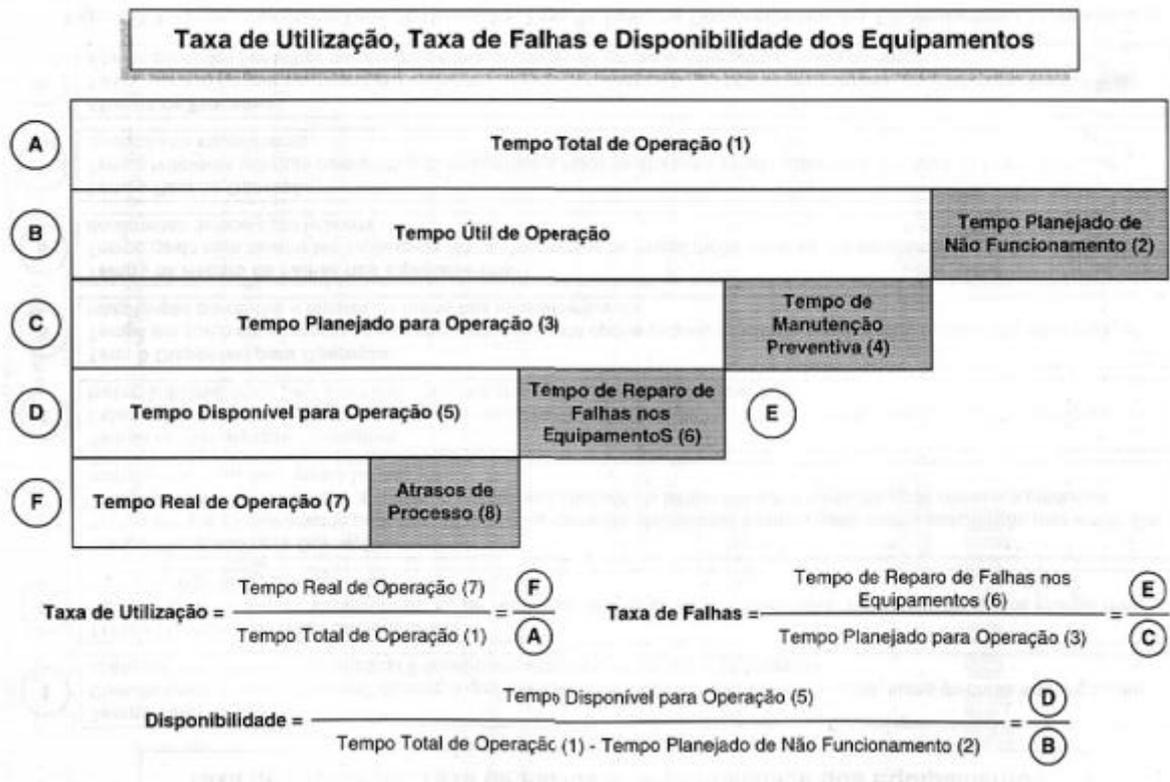


Figura 1 - Cálculos dos principais indicadores de performance na indústria

Fonte: Xenos, 1998

A Figura 1 apresenta o cálculo utilizado por Xenos (1998) para esses indicadores. É importante observar que nem todos os indicadores de performance são ligados a manutenção, a Taxa de Utilização por exemplo depende tanto da manutenção quanto da operação.

Segundo Viana (2002) há seis indicadores utilizado na maioria dos países do ocidente conhecidos como “Indicadores de Classe Mundial”, sendo:

- MTBF – Tempo Médio Entre Falhas;
- MTTR – Tempo Médio de Reparo;
- Disponibilidade Física;
- Custo de Manutenção por Faturamento;
- Custo da Manutenção por Valor de Reposição.

Além dos Indicadores de Classe Mundial, Viana (2002) ainda destaca mais oito indicadores que também são considerados importantes na indústria, sendo:

- Backlog;
- Retrabalho;
- Índice de Corretiva;
- Índice de Preventiva;
- Treinamento na Manutenção;
- Taxa de Frequência em Acidentes;
- Taxa de Gravidade de Acidentes.

2.8.1. MTBF – Tempo médio entre falhas

Para Viana (2002, p. 142) o tempo médio entre falhas “é definido como a divisão da soma das horas disponíveis do equipamento para operação (HD), pelo número de intervenções corretivas neste equipamento no período. A Equação 2 apresenta a equação que pode ser utilizada para cálculo.

$$MTBF = \frac{HT}{NIC} \quad (2)$$

Se o valor do MTBF com o tempo aumentar, será um sinal positivo, pois indica que o número de intervenções corretivas vem diminuindo, e conseqüentemente o total de horas disponíveis para a operação, aumentando (VIANA, 2002).

2.8.2. MTTR – Tempo Médio de Reparo

O Tempo médio de reparo é a divisão entre a soma das horas de manutenção pelo número de intervenções corretivas no período (VIANA, 2002).

A Equação 3 apresenta a equação que pode ser utilizada para cálculo.

$$MTTR = \frac{HMC}{NIC} \quad (3)$$

Pode-se observar que quanto menor o MTTR no passar do tempo, melhor o andamento da manutenção, pois os reparos corretivos demonstram ser cada vez menos impactantes na produção (VIANA, 2002).

2.8.3. DF – Disponibilidade Física

A Disponibilidade Física pode ser entendida, de forma simples, como o quanto o item estava em condições de ser operado e executar uma determinada função, durante um intervalo de tempo determinado. Isto é, o tempo em que o item não estava em manutenção, ou seja, estava pronto para operar. A fórmula do cálculo da disponibilidade pode variar de acordo com a empresa e o setor produtivo (VIANA, 2002).

Um dos possíveis cálculos de DF pode ser observado na Equação 4.

$$DF = \frac{HC - HM}{HC} \quad (4)$$

Para Viana (2002) a DF é um dos índices mais importantes, já que este é o principal produto da manutenção. Além disso a Disponibilidade pode ser utilizada para identificar os equipamentos que são problemas, aqueles que diminuem a DF da planta.

2.8.4. Custo de Manutenção por Faturamento

A manutenção tinha seus custos divididos até 1993 em pessoal, material e contratação de serviços externos, porém com o crescimento da manutenção, a depreciação e a perda de faturamento também começaram a entrar no cálculo (VIANA, 2002).

- Pessoal: Gastos com salários, encargos sociais, prêmios e outros benefícios concedidos;
- Materiais: Custo para reposição de itens, setor de compras, energia elétrica, água, insumos diversos, entre outros;
- Contratação de serviços externos: Contratos com outras empresas para realização de serviços constantes ou esporádicos;
- Depreciação: Custos com reposição direta o investimentos de equipamentos e ferramenta, custos com o setor contábil da empresa, entre outros;
- Perda de faturamento: Custos com as perdas de produção e matéria-prima.

2.8.5. CPMV - Custo de Manutenção por Valor De Reposição

Segundo Viana (2002) Custo de Manutenção por Valor De Reposição é a relação entre o custo total de manutenção de um determinado equipamento com o seu valor de compra. Este indicador deve ser utilizado para equipamentos de alta criticidade.

A Equação 5 apresenta a equação que pode ser utilizada para o cálculo.

$$\text{CPMV} = \frac{\text{Custo total de manutenção}}{\text{Valor de compra do equip.}} \times 100\% \quad (5)$$

Para Viana (2002, p. 149) “um valor aceitável deste indicador seria um CPMV < 6% no período de um ano”, porém este valor pode depender de uma análise do equipamento.

2.8.6. Backlog

O backlog pode ser entendido como o tempo de mão de obra necessário para realizar todos os serviços pendentes atuais, isto é, sem eventuais novas pendências. Em outras palavras, Viana (2002, p.150) descreve o Backlog como a “relação entre a demanda de serviços e a capacidade de atendê-los”.

A Equação 6 apresenta a equação que pode ser utilizada para cálculo.

$$\text{Backlog} = \frac{\sum \text{HH em carteira}}{\sum \text{HH em instalado}} \quad (6)$$

Para o cálculo deve-se levar em consideração a perda de HH devido ao fato de que nenhum profissional se dedica o tempo todo aos serviços de manutenção. Viana (2002) considera que este valor de perda pode ser estimado em 20%.

O gráfico de backlog é de grande importância para decisões gerenciais, Viana (2002) informa que há basicamente seis tipos de curvas. Essas curvas podem ser observadas na Figura 2.

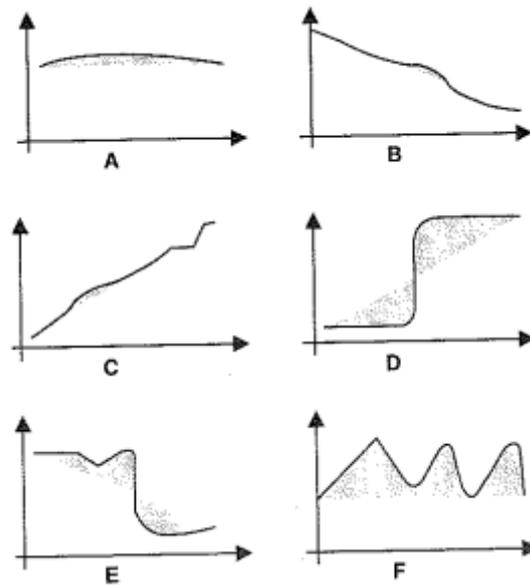


Figura 2 – Curvas de Backlog

Fonte: Viana, 2002

Segundo Viana (2002) considerando o eixo vertical como sendo valores de Backlog e o eixo horizontal como os meses do ano, podemos chegar a seguintes conclusões:

- Curva A: Estável, necessário análise se está em um valor aceitável para tomada de decisão;
- Curva B: Decréscimo da demanda de serviço, pode gerar pessoal ocioso devido à queda de serviços;
- Curva C: Backlog com tendência de alta constante, o que pode gerar problemas como baixa qualidade da manutenção;
- Curva D: Subida brusca. Pode ocorrer quando há corretiva com tempo de execução muito alto.
- Curva E: Queda brusca. Neste caso pode ter ocorrido contração de serviços externos, mobilização interna para redução, entre outros.

2.8.7. Índice de Retrabalho

O índice de retrabalho pode ser entendido como a soma das Ordens de Manutenção reabertas num período pelo total de Ordens de Manutenção no mesmo período (VIANA, 2002).

A Equação 7 apresenta a equação que pode ser utilizada para cálculo.

$$\text{Índice de Retrabalho} = \frac{\sum \text{HH em OM reabertas}}{\sum \text{HH total no período}} \times 100\% \quad (7)$$

Com este indicador é possível verificar a qualidade da manutenção, se os trabalhos realizados estão sendo feitos apenas de forma paliativa, o que pode acarretar em falhas subsequentes do mesmo componente (VIANA, 2002).

2.8.8. Índice de Corretiva

O índice de corretiva indica o percentual de horas de manutenção corretiva em relação ao total de horas de manutenção. Com este índice pode-se observar a situação real do planejamento e programação da empresa.

A Equação 8 apresenta a equação que pode ser utilizada para cálculo.

$$\text{Índice de Corretiva} = \frac{\Sigma \text{HMC}}{\Sigma \text{HMC} + \Sigma \text{HMP}} \times 100\% \quad (8)$$

Na Equação 8 temos HMC como as Horas de manutenção corretiva e HMP como as horas de manutenção preventiva. Segundo Viana (2002, p. 154) “um patamar aceitável de corretivas deve estar abaixo de 25% do total de horas de manutenção na planta”.

2.8.9. Índice de Preventiva

O índice de preventiva é o contrário do índice de corretiva, isto é, o percentual de horas de manutenção Preventiva em relação ao total de horas de manutenção (VIANA, 2002).

A Equação 9 apresenta a equação que pode ser utilizada para cálculo.

$$\text{Índice de Preventiva} = \frac{\Sigma \text{HMP}}{\Sigma \text{HMC} + \Sigma \text{HMP}} \times 100\% \quad (9)$$

Um índice de preventiva relativamente alto pode trazer diversos benefícios, como aumento da disponibilidade, diminuição do MTBF, entre outros.

2.8.10. Treinamento na Manutenção

Este indicador se refere ao tempo dos colaboradores dedicado a treinamentos para aperfeiçoamento em relação ao tempo total disponível na empresa (VIANA, 2002).

A Equação 10 apresenta a equação que pode ser utilizada para cálculo.

$$\text{Treinamento na Manutenção} = \frac{\Sigma \text{HH dedicado a treinamentos}}{\Sigma \text{HH instalado no período}} \times 100\% \quad (10)$$

Este indicador, aliado a outros como os índices de retrabalho, corretiva, entre outros, pode indicar o quanto os treinamentos influenciam na melhora dos indicadores de manutenção (VIANA, 2002).

2.8.11. Taxa de Frequência de Acidentes

A Taxa de Frequência de Acidentes representa o número de acidentes por milhão de Homem Hora (HH) trabalhado (VIANA, 2002).

A Equação 11 apresenta a equação que pode ser utilizada para cálculo.

$$\text{Taxa de Frequência} = \frac{\text{Número de Acidentes}}{\text{Homens Horas Trabalhado}} \times 10^6 \quad (11)$$

2.9. Contribuição dos softwares para os Indicadores de Manutenção

As empresas hoje possuem uma abrangência muito grande com relação a geração e gestão das informações. Grande volume de dados, obtidos por telemetria e outros sistemas de forma rápida, são uma exigência da maioria das empresas de modo a garantir decisões rápidas e assertivas. Para isso a padronização dos dados é uma boa maneira de garantir a transparência e rapidez (SILVEIRA, 2018).

Nesse sentido o *software* tem a função de fornecer agilidade na geração de relatórios, podendo ser também automatizados. Para Silveira (2018) o trabalho de digitação e perdas de informações pode ser evitado com a possibilidade de automação.

Este capítulo apresentou a base teórica utilizada para a elaboração desta pesquisa, expondo os principais conceitos e equações utilizadas.

Baseado nas informações apresentadas o capítulo seguinte abordará a metodologia utilizada para a concretização desta pesquisa.

3. METODOLOGIA

Segundo Assis (2018, p.24) a metodologia “consiste na explicação minuciosa, detalhada, rigorosa e exata de toda a ação desenvolvida e de tudo aquilo que se utilizou no trabalho de pesquisa”. Deste modo este capítulo visa expor a metodologia utilizada na elaboração desta pesquisa.

3.1. Tipo de pesquisa

Segundo Assis (2018), a pesquisa pode ser dividida em dois métodos importantes da investigação científica segundo sua natureza, o método qualitativo e o método quantitativo. O método quantitativo tem como características o tratamento e coleta de dados, além de métodos estatísticos para melhor aproveitamento dos dados.

Devido à natureza desta pesquisa, que envolverá coleta e análise de dados, o tipo de método utilizado será quantitativo e qualitativo, podendo desta forma garantir tanto resultados numéricos através da análise das amostras de dados, quanto demonstrar a situação da manutenção podendo gerar melhorias.

A pesquisa científica pode ser classificada ainda segundo seu objetivo, Gil (2002) apresenta três possibilidades para essa classificação: pesquisas exploratórias, pesquisas descritivas e pesquisas explicativas.

Para Lakatos *et al* (2003) as pesquisas exploratórias objetivam a formulação de problemas de modo a expô-lo para que se torne familiar e possa ser desenvolvido hipóteses, além de deixar os conceitos mais claros. Por essa definição a presente pesquisa pode ser classificada como exploratória, já que explora uma questão problema através de um estudo de caso analisado.

Segundo Gil (2002) as pesquisas também podem ser classificadas com base nos procedimentos técnicos utilizados, estes sendo: pesquisa bibliográfica, pesquisa documental, pesquisa experimental, pesquisa *ex-post facto*, estudo de campo, estudo de caso, pesquisa ação, entre outros.

A pesquisa bibliográfica é definida por Gil (2002, p.44) como uma pesquisa “desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos.” Como esta pesquisa envolve estudos em livros, artigos e outros para sua elaboração, essa classificação pode ser dada a ele.

O estudo de caso, segundo Gil (2002), é um estudo profundo com um ou mais objetivos específicos, de modo a garantir um grande detalhamento que não pode ser obtido em outros

tipos de pesquisa com mais variáveis. Como o objetivo desta pesquisa é específico e tende a detalhar de maneira profunda o problema, essa classificação também pode ser dada a ela.

Deste modo esta pesquisa será realizada pelo método quantitativo, com objetivo exploratório através de pesquisas bibliográficas e estudo de caso.

3.2. Materiais e Métodos

Para Gil (2002) para um bom desempenho na realização de uma pesquisa ou projeto é necessário a identificação das etapas necessárias ao seu desenvolvimento. Para isso a Figura 3 apresenta o fluxograma das etapas a serem seguidas na elaboração desta pesquisa.

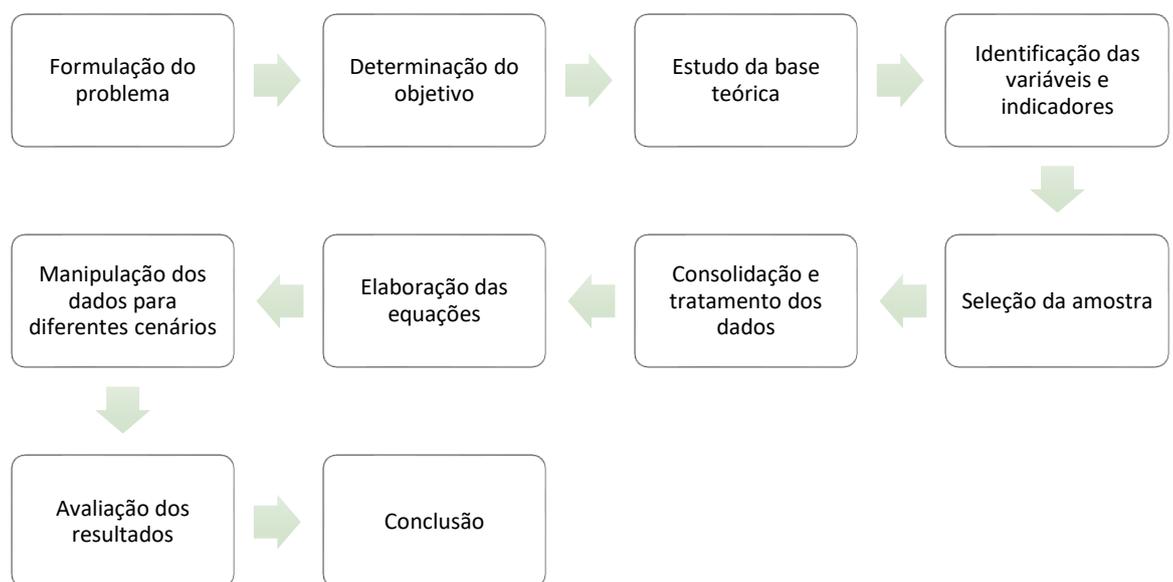


Figura 3 - Fluxograma das etapas necessárias para realização da pesquisa

Fonte: Pesquisa direta (2018)

As equações elaboradas tomaram como base o referencial teórico, utilizando equações já explicitadas por autores como Xenos (1998) e Viana (2002) para chegar deduzir uma nova fórmula para a disponibilidade física que levasse em consideração os outros indicadores escolhidos. Para que as etapas expostas na Figura 3 possam ser realizadas foi necessário *softwares*, como o Excel e o Power BI. Com esses *softwares* foi possível a manipulação rápida e fácil das equações utilizadas, além de garantir precisão nos resultados.

3.3. Variáveis e Indicadores

Segundo Gil (2002, p.32) variável “refere-se a tudo aquilo que pode assumir diferentes valores ou diferentes aspectos, segundo os casos particulares ou as circunstâncias.”. Já os indicadores são os elementos que, de maneira prática, permitem identificar as dimensões e conceitos da variável. Deste modo a Tabela 4 apresenta as variáveis e indicadores utilizados.

Tabela 4 - Variáveis e Indicadores

Variáveis	Indicadores
Indicadores de manutenção de equipamentos de mina	DF - Disponibilidade Física
	MTBF - Tempo Médio entre Falhas
	MTTR - Tempo médio para Reparo
	FMP - Fator de Manutenção Preventiva
	UF - Utilização Física

Fonte: Pesquisa direta (2018)

Com as informações da Tabela 4 é possível identificar os tipos de dados necessários para a realização da pesquisa, sendo o principal foco os indicadores de manutenção de equipamentos de mina, sendo, portanto, a variável. A DF, o MTBF, o MTTR a UF e o FMP são os principais responsáveis pelas mudanças nos indicadores de manutenção de mina, sendo então os indicadores do problema.

3.4. Instrumento de coleta de dados

Para a Gil (2002, p.100) a “coleta de dados na pesquisa experimental é feita mediante a manipulação de certas condições e a observação dos efeitos produzidos.”

Assis (2018) diz que os instrumentos consistem nos recursos utilizados para a coleta de dados, sendo que, dentre esses instrumentos os mais comuns são: questionário, entrevista e observação.

Os dados necessários para esta pesquisa são coletados, no meio empresarial, através de instrumentos de telemetria, apontamentos manuais, dentre outros. Deste modo os dados foram observados, dentro do sigilo necessário, e manipulados para diferentes cenários simulando diferentes situações em que as empresas podem se encontrar.

3.5. Tabulação dos dados

Para esta pesquisa serão utilizados o Excel e o software Power Bi para a consolidação, manipulação e apresentação dos resultados.

O Excel será utilizado como banco de dados e o Power BI para a elaboração do relatório primário dos resultados.

3.6. Considerações Finais

Neste capítulo foram apresentados os métodos e procedimentos utilizados para a elaboração desta pesquisa, sendo os instrumentos escolhidos correspondentes aos objetivos desta.

No capítulo seguinte, os resultados analisados serão apresentados, relativos a questão problema que diz respeito aos impactos dos indicadores de manutenção na Disponibilidade Física para os equipamentos de mina

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Características do setor

A empresa cujas características foram consideradas é de grande porte, com setor de manutenção bem desenvolvido. O setor da empresa analisado é a manutenção de equipamentos de grande porte utilizados para transporte na mineração. Esses equipamentos são caminhões, conhecidos como “caminhão fora-de-estrada”, cuja carga útil pode variar entre 50 a 300 toneladas.

Para isso são considerados 22 equipamentos em operação cuja manutenção é de responsabilidade do setor analisado.

A manutenção desses equipamentos é realizada por diferentes métodos, são eles: manutenção preventiva, manutenção preditiva e manutenção corretiva. Logo, a manutenção preventiva, por meio do plano de manutenção do equipamento, gera ordens de serviço de manutenção a cada ciclo determinado. Já a manutenção preditiva faz uso da inspeção e métodos que podem prever a falha e identifica a necessidade de manutenção antes que a falha ocorra, gerando ordens de serviço, enquanto que na manutenção corretiva, a ordem é gerada quando a falha do equipamento já ocorreu.

A Figura 4 apresenta o fluxograma básico de como ocorre o processo de geração de horas de manutenção na empresa.

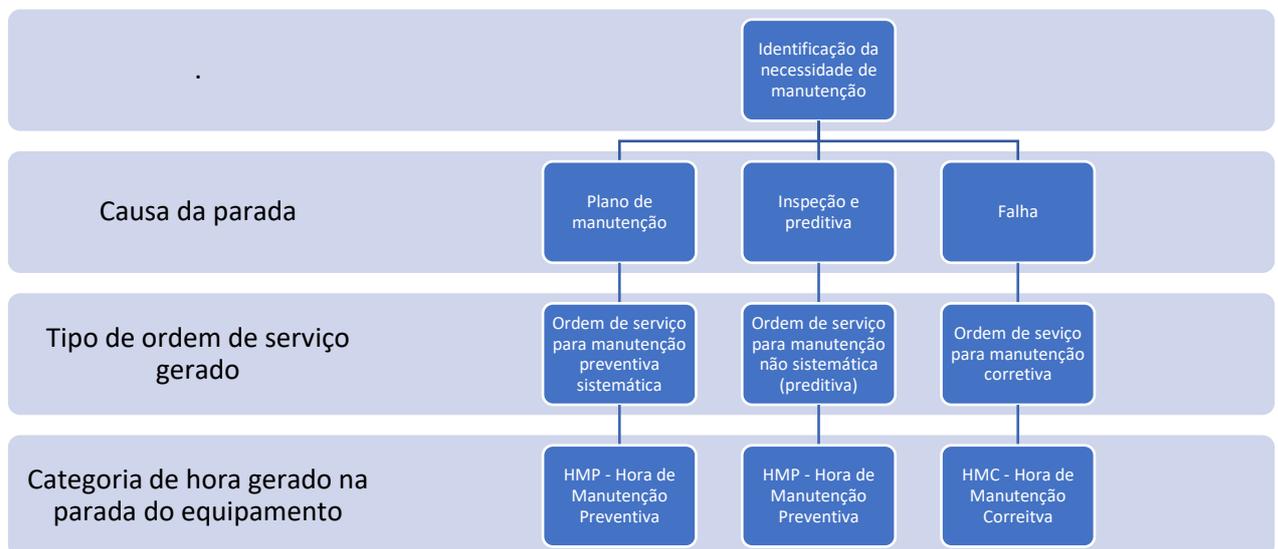


Figura 4 - Fluxograma de geração de horas de manutenção

Fonte: Pesquisa direta (2018)

Observa-se na Figura 4 as fases para geração de horas de manutenção, são elas: causa da parada, tipo de ordem de serviço gerado e categoria de hora gerado na parada do equipamento. Para uma melhor compreensão da Figura 4, pode-se exemplificar que a causa da

parada pode ser originada a partir do plano de manutenção, inspeção e preditiva e falhas, onde as duas primeiras geram horas de manutenção preventiva e a última hora de manutenção corretiva.

Nas empresas, as Ordens de Serviços são geradas por um sistema de controle ou pelos próprios colaboradores, enquanto as horas podem ser contabilizadas através de um sistema onde o próprio operador pode indicar a categoria de horas do equipamento a cada momento. Os dados geralmente são coletados a partir de telemetria, que os consolida em um banco de dados. Os dados utilizados neste trabalho foram coletados a partir da observação direta da frota e dos diferentes cenários que poderiam ser gerados.

4.2. Análise dos cenários

As análises feitas levam em consideração quatro diferentes cenários a qual a frota pode estar passando. Nesses cenários é importante observar que a quantidade de tempo que o equipamento é utilizado pela operação também afeta a disponibilidade física. Esse tempo de utilização será chamado de Utilização física (UF). A Utilização física representa a porcentagem de tempo em que o equipamento foi realmente utilizado pelo tempo em que ele estava disponível. A equação 12 apresenta a forma de cálculo da utilização física e a Tabela 5 apresenta as principais características dos cenários analisados.

$$UF = \frac{HT}{HC - HM} \quad (11)$$

Tabela 5 - Principais características dos cenários analisados

Cenários	Características
Cenário 1	<ul style="list-style-type: none"> • Número de paradas corretivas acima do esperado, com número de horas de manutenção corretiva também acima do esperado; • Horas de manutenção preventiva acima da meta; • DF, MTBF, UF e IC abaixo da meta. • MTTR próximo da meta.
Cenário 2	<ul style="list-style-type: none"> • Número de paradas corretivas abaixo do esperado, com número de horas de manutenção corretiva acima do esperado; • Horas de manutenção preventiva acima da meta (geradas principalmente por inspeções e preditivas); • DF, UF e MTTR abaixo da meta. • MTBF e IC em linha com a meta.
Cenário 3	<ul style="list-style-type: none"> • Número de paradas corretivas acima do esperado, com número de horas de manutenção corretiva abaixo do esperado; • Horas de manutenção preventiva abaixo da meta; • DF em linha com a meta; • MTTR, UF e MTBF abaixo da meta. • IC acima da meta.
Cenário 4	<ul style="list-style-type: none"> • Número de paradas corretivas e número de horas de manutenção corretiva em linha com a meta; • Horas de manutenção preventiva em linha com da meta; • DF, MTTR, MTBF, UF e IC em linha com a meta;

Fonte: Pesquisa direta (2018)

Pode-se observar que os cenários 1 e 2 apresentam disponibilidade física abaixo da meta, de alguns indicadores estarem próximos a meta estabelecida pela empresa. Nos cenários 3 e 4 a disponibilidade física está alinhada com a meta, mas o cenário 3 apresenta alguns indicadores que estão abaixo da meta esperada.

Para a análise do impacto dos indicadores de manutenção na disponibilidade física foram escolhidos o tempo médio entre falhas, o tempo médio de reparo, o índice de corretiva e a utilização física como indicadores de referência.

- MTBF – Tempo médio entre falhas: quando o equipamento entra em manutenção corretiva um tempo é gasto no reparo, diminuindo suas horas disponíveis, logo quanto mais paradas para intervenções corretivas o

equipamento sofrer maior será o tempo gasto em manutenção, fazendo com que, consequentemente a DF diminua.

- MTTR – Tempo médio de Reparo: quando o equipamento já está em manutenção corretiva é necessário que o reparo seja feito no menor tempo possível, já que quanto maior o tempo gasto no reparo menos tempo disponível, logo, menor disponibilidade.
- IC- índice de corretivas: existe um tempo ideal na relação entre as horas gastas em manutenção corretiva e as horas gastas em manutenções geral (Corretivas + Preventiva). A manutenção preventiva, além de prevenir a falha, que causa horas de manutenção não planejadas e diminuição da DF, ainda é dimensionada nas metas da empresa, isto é, as horas gastas são planejadas. Então o ideal é que sempre haja uma maior proporção de manutenção preventiva, logo, o IC deve ser um número relativamente baixo, de acordo com as metas da empresa.
- UF – Utilização Física: a UF é um indicador operacional, isto é, não mede a manutenção em si. A UF é a proporção de horas trabalhadas do equipamento em relação ao tempo disponível do equipamento. Ela se relaciona com a DF no sentido que, quanto maior a utilização do equipamento, mantendo-se a mesma proporção de falhas (MTBF), haverá um maior número de falhas, consequentemente uma diminuição na DF.

A partir desses indicadores, considerando as equações apresentadas no capítulo 2, foi deduzida uma equação para a disponibilidade física, de modo que se pudesse obter uma análise quantitativa do impacto desses indicadores na disponibilidade física. A Equação 12 apresenta a equação elaborada.

$$DF = \frac{\frac{MTBF \ IC}{MTTR \ UF}}{\frac{MTBF \ IC}{MTTR \ UF} + 1} \quad (12)$$

Na Equação 13 pode ser observado a equação ao substituir os indicadores pelas suas respectivas equações, apresentadas no capítulo 2 e utilizadas para a elaboração da Equação 12, sendo o resultado de sua simplificação exatamente a equação de disponibilidade física apresentada no Capítulo 2, que pode ser observada na equação 14.

$$DF = \frac{\frac{HT \ NIC \ (HC - HM) \ HMC}{NIC \ HMC} \frac{HT}{HT} \frac{HM}{HM}}{\frac{HT \ NIC \ (HC - HM) \ HMC}{NIC \ HMC} \frac{HT}{HT} \frac{HM}{HM} + 1} \quad (13)$$

$$DF = \frac{HC - HM}{HC} \quad (14)$$

Considerando que a empresa possui uma meta para cada um desses indicadores, de forma a garantir os resultados de produção estabelecidos, já que a disponibilidade dos equipamentos afeta diretamente a movimentação de produto. Deste modo foram considerados:

- DF_{meta} – Meta da empresa para a disponibilidade física o período;
- $MTBF_{meta}$ – Meta da empresa para o tempo médio entre falhas no período;
- $MTTR_{meta}$ – Meta da empresa para o tempo médio para reparo no período;
- UF_{meta} – Meta da empresa para utilização física no período;
- IC_{meta} – Meta da empresa para o índice de corretiva no período.

Para análise quantitativa do impacto dos indicadores individualmente utiliza-se a equação 15, onde se calcula a diferença entre a meta e o realizado considerando-se que apenas o indicador a qual se quer quantificar o impacto, no caso MTBF, tenha sido diferente da meta.

$$DF = \frac{\frac{MTBF}{MTTR_{meta}} \frac{IC_{meta}}{UF_{meta}}}{\frac{MTBF}{MTTR_{meta}} \frac{IC_{meta}}{UF_{meta}} + 1} - DF_{meta} \quad (15)$$

É importante observar o fator cumulativo desse impacto, isto é, considerando-se a ordem dos impactos, definido pelas prioridades da empresa, como MTBF, MTTR, IC e UF respectivamente, o impacto do MTTR não poderá ser calculado considerando-se apenas este indicador como o realizado, ele deve ser calculado em cima do resultado anterior.

Assim a equação 16 apresenta o cálculo para o impacto do MTBF.

$$DF = \frac{\frac{MTBF}{MTTR_{meta}} \frac{IC_{meta}}{UF_{meta}}}{\frac{MTBF}{MTTR_{meta}} \frac{IC_{meta}}{UF_{meta}} + 1} - \frac{\frac{MTBF_{meta}}{MTTR_{meta}} \frac{IC_{meta}}{UF_{meta}}}{\frac{MTBF_{meta}}{MTTR_{meta}} \frac{IC_{meta}}{UF_{meta}} + 1} \quad (16)$$

A equação 17 apresenta o cálculo para o impacto do MTTR.

$$DF = \frac{\frac{MTBF}{MTTR} \frac{IC_{meta}}{UF_{meta}}}{\frac{MTBF}{MTTR} \frac{IC_{meta}}{UF_{meta}} + 1} - \frac{\frac{MTBF}{MTTR_{meta}} \frac{IC_{meta}}{UF_{meta}}}{\frac{MTBF}{MTTR_{meta}} \frac{IC_{meta}}{UF_{meta}} + 1} \quad (17)$$

A equação 18 apresenta o cálculo para o impacto do IC.

$$DF = \frac{\frac{MTBF}{MTTR} \frac{IC}{UF_{meta}}}{\frac{MTBF}{MTTR} \frac{IC}{UF_{meta}} + 1} - \frac{\frac{MTBF}{MTTR} \frac{IC_{meta}}{UF_{meta}}}{\frac{MTBF}{MTTR} \frac{IC_{meta}}{UF_{meta}} + 1} \quad (18)$$

A equação 19 apresenta o cálculo para o impacto da UF.

$$DF = \frac{\frac{MTBF}{MTTR} \frac{IC}{UF}}{\frac{MTBF}{MTTR} \frac{IC}{UF} + 1} - \frac{\frac{MTBF}{MTTR} \frac{IC}{UF_{meta}}}{\frac{MTBF}{MTTR} \frac{IC}{UF_{meta}} + 1} \quad (19)$$

Observa-se que as equações seguem uma sequência cumulativa de impacto, relacionado as prioridades da empresa, que fazem com que impacto após impacto o primeiro termo se torne a disponibilidade física realizada e o segundo termo fique apenas com o ultimo indicador a ser calculado o impacto como meta, sendo os outros o realizado.

4.3.Resultados

Para cada cenário foi feita uma avaliação segundo as equações propostas, bem como uma análise de melhorias que podem ser feitas na frota de acordo com cada situação. Todos os cenários apresentam a mesma meta.

4.3.1. Análise Disponibilidade Física

A Tabela 6 apresenta a disponibilidade física e sua meta para cada um dos cenários analisados.

Tabela 6 - Disponibilidade física dos cenários

Frota		Frota		Frota		Frota	
Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3		Cenário 4	
DF	51,34%	DF	51,34%	DF	80,18%	DF	80,18%
Meta DF	79,87%	Meta DF	79,87%	Meta DF	79,87%	Meta DF	79,87%
DF- Meta DF	-28,53%	DF- Meta DF	-28,53%	DF- Meta DF	0,31%	DF- Meta DF	0,31%

Fonte: Pesquisa direta (2018)

Através da Tabela 6 é possível perceber que os cenários 1 e 2 apresentam o mesmo valor com resultados muito abaixo do esperado, com disponibilidade 28,53% abaixo da meta (79,87%). Já os cenários 3 e 4 apresentam resultados iguais e em linha com a meta. Apesar da disponibilidade dos cenários 1 e 2 e dos cenários 3 e 4 serem iguais, verifica-se através dos indicadores de performance e das equações elaboradas no capítulo 4.2 que a situação da manutenção em todos os quatro cenários é completamente diferente.

4.3.2. Indicadores de performance da manutenção

Para uma análise completa da gestão da manutenção, a disponibilidade física não pode ser o único indicador a ser considerado. Deste modo foram observados o tempo médio entre falhas, o tempo médio para reparo, o índice de corretiva e a utilização física para avaliação de seus impactos na disponibilidade. Assim os dados coletados para cada cenário são:

- Cenário 1: Apenas o tempo médio para reparo e o índice de corretiva atingiu a meta para o período, visto que quanto menor o MTTR resulta em um menor tempo de manutenção total, e os demais indicadores ficaram abaixo do esperado. A Tabela 7 apresenta um resumo desses indicadores.

Tabela 7 - Indicadores de performance: Cenário 1

Frota		Frota		Frota		Frota		Frota	
Cenário 1		Cenário 1		Cenário 1		Cenário 1		Cenário 1	
DF	51,34%	MTBF	10,91	MTTR	9,06	IC	46,79%	UF	53,39%
Meta DF	79,87%	Meta MTBF	70,52	Meta MTTR	9,30	Meta IC	47,10%	Meta UF	90,00%
DF- Meta DF	-28,53%	MTBF- Meta MTBF	-59,61	MTTR- Meta MTTR	-0,24	IC- Meta IC	-0,31%	UF- Meta UF	-36,61%

Fonte: Pesquisa direta (2018)

- Cenário 2: Apenas o tempo médio entre falhas e o índice de corretiva atingiu a meta para o período, pois quanto maior o MTBF menor o número de falhas e conseqüentemente o tempo total de manutenção, enquanto que os outros indicadores ficaram abaixo do esperado. A Tabela 8 apresenta um resumo desses indicadores.

Tabela 8 - Indicadores de performance: Cenário 2

Frota		Frota		Frota		Frota		Frota	
Cenário 2		Cenário 2		Cenário 2		Cenário 2		Cenário 2	
DF	51,34%	MTBF	71,53	MTTR	59,40	IC	46,79%	UF	53,39%
Meta DF	79,87%	Meta MTBF	70,52	Meta MTTR	9,30	Meta IC	47,10%	Meta UF	90,00%
DF- Meta DF	-28,53%	MTBF- Meta MTBF	1,01	MTTR- Meta MTTR	50,10	IC- Meta IC	-0,31%	UF- Meta UF	-36,61%

Fonte: Pesquisa direta (2018)

- Cenário 3: Apesar da disponibilidade está de acordo com o esperado, os resultados de tempo médio entre falhas e utilização física ficaram muito abaixo da meta, juntamente com o índice de corretiva. A Tabela 9 apresenta um resumo desses indicadores.

Tabela 9 - Indicadores de performance: Cenário 3

Frota		Frota		Frota		Frota		Frota	
Cenário 3		Cenário 3		Cenário 3		Cenário 3		Cenário 3	
DF	80,18%	MTBF	14,77	MTTR	4,84	IC	54,36%	UF	40,98%
Meta DF	79,87%	Meta MTBF	70,52	Meta MTTR	9,30	Meta IC	47,10%	Meta UF	90,00%
DF- Meta DF	0,31%	MTBF- Meta MTBF	-55,75	MTTR- Meta MTTR	-4,46	IC- Meta IC	7,26%	UF- Meta UF	-49,02%

Fonte: Pesquisa direta (2018)

- Cenário 4: Todos os indicadores ficaram de acordo com a meta estabelecida no período. A Tabela 10 apresenta um resumo dos indicadores.

Tabela 10 - Indicadores de performance: Cenário 4

Frota		Frota		Frota		Frota		Frota	
Cenário 4		Cenário 4		Cenário 4		Cenário 4		Cenário 4	
DF	80,18%	MTBF	73,21	MTTR	8,79	IC	46,04%	UF	94,83%
Meta DF	79,87%	Meta MTBF	70,52	Meta MTTR	9,30	Meta IC	47,10%	Meta UF	90,00%
DF- Meta DF	0,31%	MTBF- Meta MTBF	2,69	MTTR- Meta MTTR	-0,52	IC- Meta IC	-1,05%	UF- Meta UF	4,83%

Fonte: Pesquisa direta (2018)

4.3.3. Análise dos impactos dos indicadores de performance na disponibilidade física

Para verificação do impacto de cada um dos indicadores selecionados na disponibilidade física foi utilizado as equações elaboradas no item 4.2. Para cada cenário foram obtidos os seguintes resultados:

- Cenário 1

A Figura 5 apresenta os impactos dos indicadores na disponibilidade física para o cenário 1.

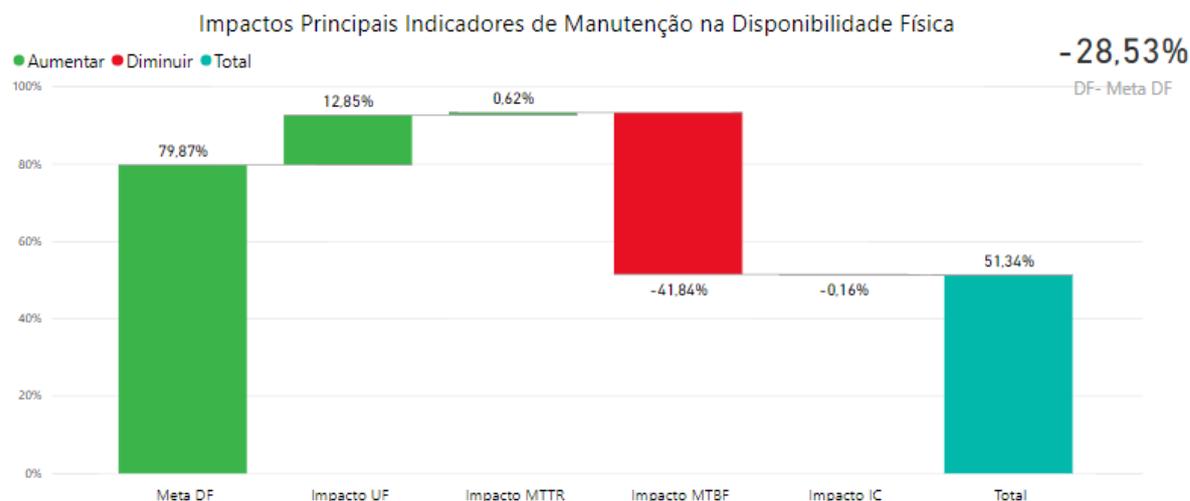


Figura 5 - Impactos DF: Cenário 1

Fonte: Pesquisa direta (2018)

É possível perceber que o maior responsável pelo resultado abaixo da meta para esse cenário é o tempo médio entre falhas, num valor de -41,84%. Observa-se, portanto, que o maior problema da frota é sua confiabilidade.

Outro ponto de observação é o impacto positivo da utilização física. A Figura 5 mostra que a utilização física ficou 36,61% abaixo da meta e acarretou um impacto positivo na disponibilidade de 12,85%. Esse fato é explicado pelo conceito da utilização física e sua relação com o tempo médio entre falhas: quanto mais tempo o equipamento é utilizado, para um mesmo tempo médio entre falhas, maior será o número de falhas e, portanto, o tempo em manutenção corretiva. Deste modo, quanto menor a utilização física maior será a disponibilidade. É importante notar, porém, que a utilização física não depende somente da manutenção. Neste caso, a disponibilidade física poderia ter sido ainda menor se a operação tivesse atingido a meta de horas trabalhadas da frota, ou seja, uma maior utilização física.

O tempo médio de reparo e o índice de corretiva tiveram pouco impacto sobre a disponibilidade, deixando claro que o problema real é a confiabilidade dos equipamentos.

Diversos são os motivos que podem levar a frota a um resultado como o apresentado no cenário, dentre eles podemos destacar:

- Falta de planejamento da equipe de manutenção em relação a inspeção e manutenção preditiva;
- Pouca realização de análises de falha para verificação da causa raiz do problema e posterior adequação;

- Equipamentos operando fora das especificações do fabricante (sobrecarga, desalinhamento de carga, entre outros).

Para fazer com que a disponibilidade física comece a aumentar para alcançar a meta estabelecida deve-se sanear esses problemas. Algumas das medidas que podem ser tomadas são:

- Realização de inspeções e análises preditivas rotineiras para identificação de possíveis falhas que possam ocorrer;
- Análise detalhada de cada falha, garantindo que a causa raiz seja identificada e prevenida nos outros equipamentos;
- Verificar e garantir se todos os equipamentos estão operando segundo as recomendações do fabricante, como condições da pista, distribuição da carga na caçamba, temperatura dos pneus, entre outros.

- Cenário 2

A Figura 6 apresenta os impactos dos indicadores na disponibilidade física para o cenário 2.

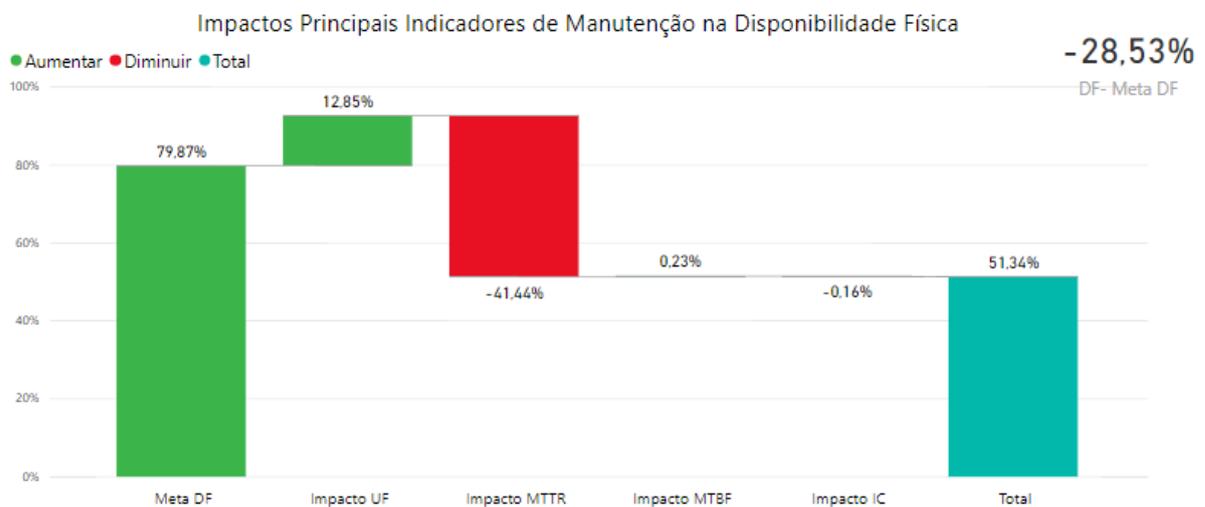


Figura 6 - Impactos DF: Cenário 2

Fonte: Pesquisa direta (2018)

Ao contrário do que ocorre no cenário 1, o problema não está mais na confiabilidade da frota, já que o impacto do tempo médio entre falhas é pequeno, bem como o índice de corretiva.

Do mesmo modo que no cenário 1 a utilização física apresenta um impacto positivo.

Para este cenário o maior impacto se deve ao tempo médio para reparo, com impacto de -41,44%. Logo, pode-se concluir que o principal problema da frota está no procedimento de manutenção corretiva e todos os seus aspectos.

Dentre os motivos que podem levar a frota a um resultado como o apresentado no cenário, destacam-se:

- Falta de procedimentos operacionais padrão que forneçam compreensão rápida do passo a passo a ser realizado para manutenção;
- Atraso na entrega de material pelo fornecedor;
- Ordens de serviço mal elaboradas que podem gerar retrabalho e atrasos na manutenção;
- Falta de qualificação dos colaboradores responsáveis pelo serviço de manutenção.

. Algumas das medidas que podem ser tomadas para melhorar a disponibilidade física são:

- Elaboração e reavaliação dos procedimentos operacionais padrão para adequação ao nível de instrução dos colaboradores;
- Revisão dos contratos com fornecedores e dos procedimentos de compra, bem como estoque, de material para manutenção corretiva;
- Orientação para a criação de Ordens de serviço precisas;
- Treinamento dos colaboradores em todas as competências necessárias para um serviço de manutenção rápido e de qualidade.

- Cenário 3

A Figura 7 apresenta os impactos na disponibilidade física para o cenário 3.

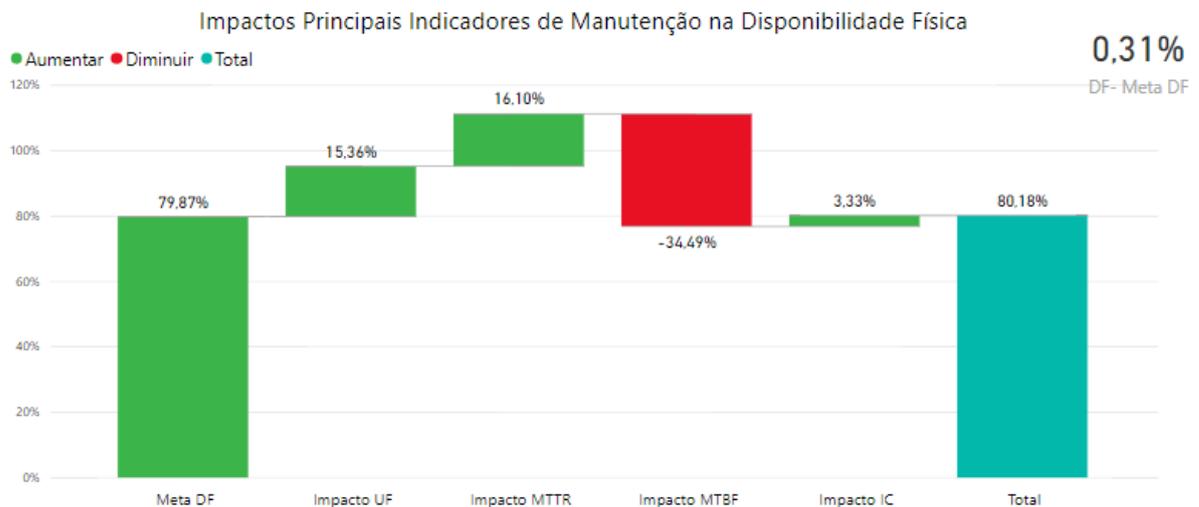


Figura 7 - Impactos DF: Cenário 3

Fonte: Pesquisa direta (2018)

Diferente das situações analisadas nos cenários 1 e 2, o cenário 3 apresenta disponibilidade física acima da meta estabelecida. Porém, ao se analisar a Figura 7 percebe-se que o resultado da disponibilidade física pode não se manter ao longo prazo.

O tempo médio entre falhas da frota está muito abaixo da meta, em contrapartida o tempo médio para reparo supera muito a meta, sendo necessário um diagnóstico mais profundo da real situação da frota. Em uma análise superficial pode-se supor que a qualidade da manutenção está baixa, já que esta está sendo realizada muito mais rápida que o normal, o que reflete em uma baixa confiabilidade da frota. Outra suposição seria que a qualidade da manutenção está melhorando, mas ainda não refletiu na confiabilidade da frota. De qualquer forma, é possível identificar que há um problema na manutenção da frota apesar do resultado positivo da disponibilidade física.

Outro ponto de observação é o índice de corretiva, o fato de ele ter um impacto positivo é um sinal de alerta, pois significa que se está realizando menos preventivas do que corretivas, o que pode piorar a gestão da manutenção a longo prazo.

Alguns dos motivos que podem levar a um resultado como esse são:

- Falta de qualidade da manutenção, levando a uma baixa confiabilidade;
- Idade média da frota muito alta, refletido na idade dos componentes, o que leva a um aumento do número de falhas;
- Fatores ambientais e operacionais, como excesso de poeira, pista inadequada, mau alinhamento da carga, que podem levar a uma maior probabilidade de ocorrência de falhas
- Má qualidade dos componentes trocados, ocasionando novas falhas.

Para garantir que o resultado da disponibilidade física seja sustentável é necessário analisar de forma profunda os aspectos já citados, podendo, também, ser tomadas as seguintes medidas:

- Treinamento dos colaboradores, de forma a garantir que o serviço de manutenção esteja sendo realizado não somente rápida, mas com qualidade;
- Compra de novos equipamentos de forma a garantir a renovação da frota;
- Investimento em infraestrutura e treinamento dos operadores de forma a inibir fatores ambientais e operacionais;
- Verificação da qualidade dos componentes de forma a garantir um custo-benefício adequado.

- Cenário 4

A Figura 8 apresenta os impactos dos indicadores na disponibilidade física para o cenário 4.

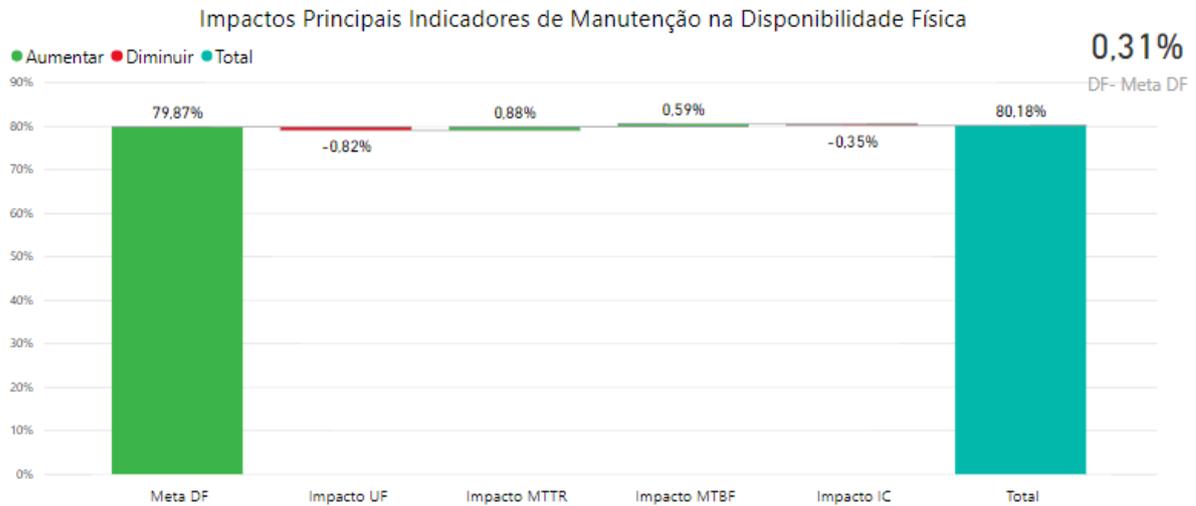


Figura 8 - Impactos DF: Cenário 4

Fonte: Pesquisa direta (2018)

Este cenário apresenta uma situação ideal para a manutenção. Ao se observar a Figura 8 percebe-se que não há nenhum impacto significativo de nenhum dos indicadores, porém, é necessário estar atento a sinais de piora no desempenho da manutenção para garantir a sustentabilidade dos resultados.

Fatores que contribuem para esses resultados são:

- Qualificação e treinamento adequado dos colaboradores;
- Boa qualidade dos componentes trocados, bem como qualidade nos serviços de entrega dos fornecedores;
- Estoque adequado de componentes críticos;
- Boa infraestrutura na operação;
- Orientações do fabricante seguidas adequadamente.

Observa-se a partir da análise dos cenários, que o cenário 4 é o objetivo da manutenção, mas verifica-se que os cenários 1, 2 e 3 estão presentes no sistema de manutenção por apresentarem fatores que influenciam nos indicadores, como: orçamento limitado, plano de manutenção inadequado, falta de treinamento e capacitação dos colaboradores, atraso de entrega de material para manutenção dos equipamentos, entre diversos outros fatores.

Logo, a partir dos cenários apresentados é possível observar que os cálculos dos impactos dos indicadores na disponibilidade física são importantes para realizar diagnóstico da gestão da manutenção, bem como um direcionador dos problemas que podem estar ocorrendo, contribuindo, portanto, para uma manutenção confiável e de qualidade.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1. Conclusões

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou uma análise dos impactos dos principais indicadores de manutenção na disponibilidade física de equipamentos de mina. Para solucionar o problema proposto, foi realizado uma avaliação tanto qualitativa, quanto quantitativa do problema, elaborando-se equações que demonstraram quantitativamente os impactos dos indicadores na disponibilidade e possibilitaram, assim, uma visão mais correta da situação da gestão da manutenção.

Ao se realizar uma simulação de 4 diferentes cenários aos quais a gestão da manutenção poderia lidar, podendo-se verificar a real influência dos indicadores de manutenção na disponibilidade física e assim avaliar as possíveis causas, bem como as possíveis soluções para cada cenário. Deste modo, foi demonstrado que apesar da disponibilidade física ser igual nos cenários 1 e 2, e nos cenários 3 e 4, a real situação da gestão da manutenção, bem como as possíveis causas desses cenários, são completamente diferentes.

O cenário 1 apresenta um resultado abaixo da meta, sendo o maior responsável o tempo médio entre falhas, já que este é o que apresenta maior impacto negativo na disponibilidade física, deste modo pode-se observa-se que o maior problema da frota é sua confiabilidade.

Já o cenário 2, que apresenta o mesmo resultado do cenário 1, é influenciado principalmente pelo tempo médio para reparo, podendo-se concluir que o principal problema da frota está no procedimento de manutenção corretiva e todos os seus aspectos.

O cenário 3 apresenta bom resultado para a disponibilidade física, com valor acima da meta, mas o tempo médio entre falhas da frota tem um impacto negativo grande na disponibilidade física, em contrapartida o tempo médio para reparo tem um impacto positivo considerável, o que leva a disponibilidade ao seu bom resultado. Este cenário, portanto, pode não ser sustentável a longo prazo, sendo necessário um diagnóstico mais profundo da real situação da frota.

Nota-se portanto que o cenário 4 é o ideal, já que este não apresenta impactos significativos dos indicadores de manutenção na disponibilidade física, sendo necessário, portanto, um acompanhamento desses impactos ao longo do tempo para garantir ações rápidas no caso de algum indicador começar a influenciar negativamente a disponibilidade física dos equipamentos, avaliando as causas e melhorias possíveis de forma eficiente.

Dada a importância do assunto vê-se necessário uma avaliação profunda dos reais motivos que levaram aos resultados apresentados, guiados pelos impactos verificados, avaliando as causas propostas e implementando as soluções adequadas.

Neste sentido a utilização das equações de impacto dos indicadores na disponibilidade física se mostra uma importante ferramenta de auxílio na avaliação da real situação da gestão da manutenção de equipamentos de mina.

5.2.Recomendações

A partir do estudo realizado tem-se para trabalhos futuros as seguintes recomendações:

- Análise da estratégia da manutenção visando aumento da confiabilidade da frota;
- Gestão do conhecimento e seu impacto na gestão da manutenção;
- Como a vida útil dos componentes afetam os indicadores de performance da manutenção.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ASSIS, M. C. **Metodologia do Trabalho Científico**. Disponível em: <http://biblioteca.virtual.ufpb.br/files/pub_1291081139.pdf>. Acesso em: 28/06/2018

BASUALDO, E. **Capacitação do Pessoal de Manutenção: Crenças, Conceitos, Processos, Ferramentas E Sua Aplicação**. Disponível em: <<http://www.abraman.org.br/arquivos/107/107.pdf>>. Acesso em: 28/06/2018

DORIGO, L. C. **Planejamento e Controle da Manutenção (PCM)**. Tecém. 2013. Disponível em: <www.tecem.com.br>. Acesso em: 30/11/2018.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4ª edição. São Paulo: Editora atlas, 2002. 175 p.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 5ª edição. São Paulo: Editora atlas, 2003. 311 p.

LEMOS, M. A.; *et al.* **Qualidade da Manutenção**, Belo Horizonte: XXXI Encontro Nacional De Engenharia De Produção, 2011. 11 p.

MORO, N.; AURAS, A. **Introdução a gestão da manutenção**. Florianópolis: CEFET SC, 2007. 32 p.

SILVEIRA, C.B. **Indicadores de performance da manutenção industrial**. Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/indicadores-performance-manutencao-industrial/>>. Acesso em: 26/03/2018

SIQUEIRA, I. P. **Indicadores De Eficiência, Eficácia E Efetividade Da Manutenção**. Jaboatão: Tecnix, 2018. 18 p.

TELES, J. **Indicadores de Performance na Manutenção**. Disponível em: <<https://engeteles.com.br/indicadores-de-performance-na-manutencao/>>. Acesso em: 22/04/2018

VIANA, H. R. G. **PCM - Planejamento e controle de manutenção**. Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, 2002. 167 p.

XAVIER, J. N. **Indicadores de manutenção**. Manter – o portal da manutenção, 2018.

XENOS, G. H. **Gerenciando a manutenção produtiva**. Belo Horizonte: Editora DG; 1998. 302 p.

Certifico que a aluna Joyce Lohrainny Pimenta Clemente, autor do trabalho de conclusão de curso intitulado “**Impacto dos Indicadores de Manutenção no Indicador Disponibilidade Física de Equipamentos de Mina**” efetuou as correções sugeridas pela banca examinadora e que estou de acordo com a versão final do trabalho.

Washington Luis Vieira da Silva

Washington Luis Vieira da Silva

Orientador

Ouro Preto, 06 de dezembro de 2018.