



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO – UFOP

ESCOLA DE MINAS

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA



Diego Gusmão Rabelo

**ESTUDO SOBRE MÉTODOS, TÉCNICAS E FERRAMENTAS DA
QUALIDADE QUE POSSUEM MELHOR APLICABILIDADE PARA GARANTIR A
CONFIABILIDADE DOS EQUIPAMENTOS NA INDÚSTRIA DA MINERAÇÃO**

**OURO PRETO - MG
2021**

DIEGO GUSMÃO RABELO

dgrrabelo@gmail.com

**ESTUDO SOBRE MÉTODOS, TÉCNICAS E FERRAMENTAS DA
QUALIDADE QUE POSSUEM MELHOR APLICABILIDADE PARA GARANTIR A
CONFIABILIDADE DOS EQUIPAMENTOS NA INDÚSTRIA DA MINERAÇÃO**

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: Zirlene Alves Da Silva Santos, PhD.

**OURO PRETO – MG
2021**

R114e Rabelo, Diego Gusmao .

Estudo sobre métodos, técnicas e ferramentas da qualidade que possuem melhor aplicabilidade para garantir a confiabilidade dos equipamentos na indústria da mineração. [manuscrito] / Diego Gusmao Rabelo. Diego Gusmão Rabelo. - 2021.

81 f.: il.: color., gráf., tab..

Orientadora: Profa. Dra. Zirlene Alves da Silva Santos.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto.
Escola de Minas. Graduação em Engenharia Mecânica .

1. Confiabilidade (Engenharia) - Manutenção. 2. Confiabilidade (Engenharia). 3. Engenharia mecânica - Controle de qualidade . I. Rabelo, Diego Gusmão. II. Santos, Zirlene Alves da Silva. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.



FOLHA DE APROVAÇÃO

Diego Gusmão Rabelo

ESTUDO SOBRE MÉTODOS, TÉCNICAS E FERRAMENTAS DA QUALIDADE QUE POSSUEM MELHOR APLICABILIDADE PARA GARANTIR A CONFIABILIDADE DOS EQUIPAMENTOS NA INDÚSTRIA DE MINERAÇÃO

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

Aprovada em 10 de Agosto de 2021

Membros da banca

PhD - Zirlene Alves da Silva Santos - Orientador(a) UFOP
DSc - Diogo Antônio de Sousa - UFOP
MSc - Sávio Sade Tayer- UFOP

Zirlene Alves da Silva Santos, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 16/08/2021



Documento assinado eletronicamente por **Zirlene Alves da Silva Santos, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 16/08/2021, às 18:19, 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 **0207493** e o código CRC **E7C27015**.

AGRADECIMENTO

A minha família por ser meu porto seguro e dar sentido a toda essa jornada.

A minha orientadora Zirlene, pelo incentivo, profissionalismo e orientação neste trabalho.

Aos professores do curso de engenharia mecânica por suas importantes contribuições para o aprimoramento do trabalho.

Aos meus colegas do curso de Engenharia Mecânica que participaram dessa etapa da vida ao meu lado.

Grato às empresas que prestei estágio, Fundação Gorceix e Vale, por todo conhecimento adquirido.

“Qual foi o meu progresso? Comecei a ser amigo de mim mesmo”.

Sêneca

RESUMO

Dada a importância da manutenção no cenário industrial, programas são desenvolvidos para o aprimoramento desta atividade. O programa de Manutenção Centrada em Confiabilidade é um desses, e apresenta uma série de recursos que possibilitam o gerenciamento da manutenção. A pesquisa tem o intuito de analisar quais métodos, técnicas e ferramentas da qualidade possuem melhor aplicabilidade para garantir a confiabilidade dos equipamentos da indústria minero-metalúrgica. Possui natureza qualitativa, exploratória, descritiva e utiliza a técnica de estudo de caso. Para alcançar o objetivo do estudo foi necessário utilizar um questionário estruturado, que foi respondido por 26 colaboradores atuantes na área de manutenção e que possuem conhecimento sobre o tema. Os colaboradores pertencem a minas instaladas na região Sudeste do Brasil. Os resultados obtidos através das respostas dos colaboradores demonstram que o método mais bem avaliado foi o FMEA, a técnica mais bem avaliada foi o 5W2H, e as ferramentas da qualidade que apresentaram melhor aplicabilidade foram Árvore de Falha, Diagrama de Causa e Efeito e Diagrama de Pareto.

Palavras-chave: Manutenção. Manutenção Centrada em Confiabilidade. Confiabilidade. Métodos, técnicas e ferramentas da qualidade.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. (a) Sensor eletromagnético e (b) sensor eletrodinâmico.....	10
Figura 2. Curva PF.	11
Figura 3. Oito pilares da TPM.....	14
Figura 4. Etapas do processo da MCC.	22
Figura 5. Diagrama de seleção dos tipos de manutenção a serem aplicados.....	28
Figura 6. Árvore de falha.....	29
Figura 7. Exemplo de Diagrama de Causa e Efeito.....	34
Figura 8. Exemplo de Histograma.	35
Figura 9. Exemplo de Gráfico de Pareto.	36
Figura 10. Exemplo de Carta de controle	37
Figura 11. Exemplo de Fluxograma.	38
Figura 12. Exemplo de Diagrama de dispersão.....	38
Figura 13. Ciclo PDCA.	40
Figura 14. Fluxograma do trabalho.	47
Figura 15. Métodos utilizados na empresa.	51
Figura 16. Técnicas utilizadas na empresa.	51
Figura 17. Ferramentas da qualidade utilizadas na empresa.	52
Figura 18. Eficácia dos métodos utilizados na empresa.....	53
Figura 19. Eficácia das técnicas utilizadas na empresa.	53
Figura 20. Eficácia das ferramentas da qualidade utilizadas na empresa.....	54
Figura 21. Classificação quanto a facilidade ou não da utilização dos métodos na empresa...55	55
Figura 22. Classificação quanto a facilidade ou não da utilização das técnicas na empresa...55	55
Figura 23. Classificação quanto a facilidade ou não da utilização das ferramentas da qualidade na empresa.....	56

- Figura 24. Método que melhor contribui para a Disponibilidade Física dos equipamentos. ...57
- Figura 25. Técnica que melhor contribui para a Disponibilidade Física dos equipamentos. ...57
- Figura 26. Ferramentas da qualidade que melhor contribuem para a DF dos equipamentos...58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. As seis grandes perdas da TPM	16
Tabela 2. Benefícios tangíveis e intangíveis da TPM	19
Tabela 3. Aspecto de Severidade.....	26
Tabela 4. Aspecto de Ocorrência.....	26
Tabela 5. Aspecto de Detecção.	27
Tabela 6. 5W2H.....	41
Tabela 7. Quanto aos fins.	46
Tabela 8. Quanto aos meios.....	46
Tabela 9. Variáveis e Indicadores.....	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	3
1.4	Estrutura do Trabalho	3
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1	Manutenção.....	5
2.2	Tipos De Manutenção	7
2.2.1	Manutenção Corretiva.....	7
2.2.2	Manutenção Preventiva.....	7
2.2.3	Manutenção Preditiva	9
2.2.4	Manutenção Produtiva Total (TPM).....	12
2.3	Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC).....	19
2.3.1	Conceito e Definição.....	19
2.3.2	Aplicação Do MCC.....	20
2.4	Métodos, Técnicas e Ferramentas da Qualidade Aplicadas à MCC.....	25
2.4.1	Análise de Modo e Efeito de Falha Potencial (FMEA)	25
2.4.2	Árvores de Falha (FTA).....	28
2.4.3	Causa Raiz da Falha (RCA).....	31
2.4.4	Diagrama de Causa e Efeito.....	33
2.4.5	Histograma	35
2.4.6	Diagrama de Pareto	35

2.4.7	Carta de Controle	36
2.4.8	Fluxograma	37
2.4.9	Gráfico de Dispersão.....	38
2.4.10	Folha de Verificação	39
2.4.11	PDCA	39
2.4.12	5W2H.....	40
2.5	Indicadores MCC	42
3	METODOLOGIA	45
3.1	Tipo de Pesquisa	45
3.2	Materiais e Métodos.....	46
3.3	Variáveis e Indicadores.....	47
3.4	Instrumento de Coleta de Dados	48
3.5	Tabulação dos Dados	48
3.6	Considerações Finais	49
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	50
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	59
5.1	Conclusões	59
5.2	Recomendações	59
	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	60
	ANEXO 1.....	64

1 INTRODUÇÃO

1.1 Formulação do Problema

Dentre as atividades vistas como essenciais no processo produtivo, pode-se dizer que a manutenção desempenha um papel estratégico dentro das organizações. De acordo com Santos (2009), em virtude da importância que a manutenção passou a apresentar para a indústria, foram surgindo ao longo do tempo, vários tipos e técnicas de gestão da manutenção, com aplicabilidades mais precisas e eficientes.

O gerenciamento adequado da manutenção, de acordo com Slack (2002), pode proporcionar diversos benefícios para a organização, são eles:

- Tempo de vida mais longo pela preservação do equipamento;
- Custos de operações mais baixos;
- Segurança melhorada, na medida que o comportamento das instalações se comporta de maneira previsível, oferecendo menor risco para as operações;
- Confiabilidade aumentada, pois conduz a menores tempos perdidos de produção e menos tempo gasto em conserto.

Dentre os benefícios abordados por Slack (2002), não mais importante, mas de grande significância, o estudo sobre a confiabilidade de equipamentos tem se mostrado como uma ferramenta de grande valia para o PCM (Planejamento e Controle da Manutenção). A metodologia da Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) é uma das práticas que está sendo adotada pelas empresas de classe mundial, como forma de garantir a competitividade e perpetuação no mercado.

O estudo da confiabilidade na aeronáutica é historicamente decorrente da necessidade de se avaliar o número de acidentes ocorridos por hora de voo, como define Knight (1991). Contudo, pesquisas sobre confiabilidade estão sendo desenvolvidas a fim de se tornarem cada vez mais aplicáveis em projetos de engenharia mecânica em outros tipos de indústria que visam melhoria contínua.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 5462/1994, define os termos relacionados com a confiabilidade e a mantabilidade. A norma define manutenção corretiva, como aquela que é efetuada após a ocorrência de uma pane e é destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida.

Segundo Paccola (2017), para reduzir custos e aumentar a confiabilidade e disponibilidade, deverão ser propostas ações para que o sistema cumpra sua vida útil esperada, reduza o nível de manutenções corretivas e tenha rotinas de inspeção.

Com base no contexto apresentado, que demonstrou a importância de estudos sobre confiabilidade dos equipamentos e processos, a questão problema do estudo é:

Quais métodos, técnicas e ferramentas da qualidade possuem melhor aplicabilidade para garantir a confiabilidade dos equipamentos na indústria de mineração.

1.2 Justificativa

O atual cenário da manutenção industrial, requer maior controle e previsibilidade das ações do setor. Em paralelo a isso, métodos, técnicas e ferramentas são desenvolvidos com o intuito de proporcionar o gerenciamento das falhas provenientes do processo.

A busca pela redução de falhas em produtos resultou numa manutenção condicionada à confiabilidade dos equipamentos. De acordo Fogliatto e Ribeiro (2008) a confiabilidade tem se apresentado como uma ferramenta que define a estrutura organizacional, responsabilidades, procedimentos, processos e recursos. Contudo, em análise de engenharia, é necessária uma definição quantitativa de confiabilidade em termos de probabilidade.

Dito isso, observa-se que o estudo sobre a confiabilidade permite que as empresas alcancem excelência nas atividades de manutenção, ampliando a disponibilidade dos equipamentos e reduzindo custos associados a acidentes, defeitos, reparos e substituições, segundo Fogliatto e Ribeiro (2009).

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

Analisar quais métodos, técnicas e ferramentas da qualidade, possuem melhor aplicabilidade para garantir a confiabilidade dos equipamentos na indústria da mineração.

1.3.2 Específicos

- Desenvolver revisão bibliográfica sobre conceito e definição de Manutenção; Manutenção centrada em confiabilidade (MCC); métodos, técnicas e ferramentas aplicadas à MCC;
- Identificar através do estudo de caso quais métodos, técnicas e ferramentas são aplicados no MCC da indústria minero-metalúrgica;
- Classificar a aplicabilidade dos métodos, técnicas e ferramentas do ponto de vista da confiabilidade por meio de uma pesquisa estruturada junto aos colaboradores envolvidos no MCC;
- Demonstrar os métodos, técnicas e ferramentas que possuem a maior eficácia para o MCC.

1.4 Estrutura do Trabalho

O trabalho está dividido em cinco capítulos e está escrito conforme as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.

O primeiro capítulo contempla introdução, justificativa para realização do trabalho, objetivos gerais e específicos.

O segundo capítulo apresenta a fundamentação teórica sobre conceito e definição de Manutenção, métodos de manutenção, Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), métodos, técnicas e ferramentas aplicadas ao MCC.

O terceiro capítulo apresenta as metodologias utilizadas para a pesquisa, bem como as propostas para realizá-la.

No quarto são abordados os resultados obtidos a partir dos processos metodológicos seguidos.

No quinto capítulo, são apresentadas as conclusões do trabalho e recomendações para futuras pesquisas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Manutenção

Segundo Almeida (2015), desde os primórdios, observa-se a preocupação do homem em fabricar utensílios para facilitar as atividades de seu cotidiano, como a caça, a pesca e até mesmo as construções. À medida que utensílios e construções foram sendo idealizadas e fabricadas, surgiu também a necessidade de conservação, reparos e substituição parcial ou total. Nesse contexto, mesmo que de maneira rudimentar e primitiva, o homem sempre praticou a “manutenção”.

Para Gregório (2018), manutenção é uma palavra derivada do latim, significa “manter o que se tem” e é muito antiga. Já a manutenção industrial teve origem por volta do século XVI, quando a produção artesanal começou a decair, dando espaço à produção industrial.

A manutenção também pode ser definida segundo Gregório (2018) como um conjunto de ações técnicas e administrativas com o objetivo de manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida. A função requerida de um item é o conjunto de funções necessárias à realização de determinada ação.

Kardec, Nascif (2009) e Moubray (1997) afirmam que a evolução da manutenção pode ser dividida em quatro gerações. Moubray (1997), apresenta uma evolução do histórico de manutenção marcado por três gerações, enquanto Kardec e Nascif (2009) acrescentam a esse histórico uma quarta geração.

A primeira geração, segundo Moubray (1997), abrange o período antes da Segunda Guerra Mundial, quando os equipamentos eram simples. A produtividade não era prioridade, então, eram realizados apenas serviços de limpeza e lubrificação, além de reparos após a quebra, caracterizando uma manutenção corretiva não programada.

De acordo com Kardec e Nascif (2009), durante esse período, acreditava-se que as falhas eram algo natural e que ocorriam devido aos desgastes do equipamento com o fim da vida útil. Dessa forma, somente após a ocorrência da falha, se buscavam soluções e empregavam o método de manutenção corretiva, que tem suas atividades voltadas para o reparo do ativo.

Para Moubray (1997), a segunda geração teve início após a Segunda Guerra Mundial, tendo em vista a diminuição da mão de obra em virtude do número de mortos, houve um

aumento da mecanização. Com isso a complexidade das instalações industriais foi aumentando, e os custos relacionados a manutenção também.

Kardec e Nascif (2009), afirmam que a busca por maior produtividade está aliada ao bom funcionamento das máquinas. Com isso, a necessidade de maior disponibilidade, levou à ideia de que falhas dos equipamentos poderiam e deveriam ser evitadas, o que resultou no conceito de manutenção preventiva.

Ainda Kardec e Nascif (2009), afirmam que a terceira geração se inicia a partir da década de 1970, quando o sistema *just in time* fazia com que pequenas pausas para manutenção paralisassem a fábrica. A necessidade de monitoramento de condições deu origem à manutenção preditiva, facilitada pelo uso de tecnologias.

Diante disso, houve o reconhecimento por parte das organizações da importância de ações preventivas de manutenção em intervalos pré-definidos. Tais ações teriam a finalidade de reduzir ou evitar as falhas e a queda de desempenho dos ativos. Surgem então os métodos de manutenção preventiva,

Sobre a quarta geração, Kardec e Nascif (2009), afirmam que a manutenção passa a ter como desafio a minimização das falhas prematuras e, com isso, a prática de análise de falhas torna-se uma metodologia capaz de melhorar o desempenho dos equipamentos e do processo como um todo. Os autores ainda afirmam que novos projetos devem privilegiar os aspectos de confiabilidade e disponibilidade; tem o início a visão do custo do ciclo de vida da instalação. Essa sistemática adotada pelas grandes corporações privilegia a interação entre as áreas de engenharia, manutenção e operação como fator de garantia dessas metas.

Gregório (2018), afirma que a quinta geração ocorre a partir de 2005, em que o foco é a gestão de ativos, e que os ativos devem produzir em sua capacidade máxima para obter o melhor retorno. A manutenção preditiva ganha maior atenção com a necessidade do monitoramento das condições do equipamento de forma on e off-line.

Almeida (2014), entende que a manutenção não atua apenas em máquinas e equipamentos que estão em operação; atua também na concepção de um projeto, pois a disposição de peças, a acessibilidade dos conjuntos pelo mecânico e até mesmo o dimensionamento das peças e dos componentes, devem obedecer a critérios para facilitar as operações de manutenção futuras.

Nesse sentido, Fogliatto e Ribeiro (2009) acrescentam que muitas indústrias vêm adotando programas de manutenção centrados em confiabilidade para reduzir os custos e aprimorar a manutenção, promovendo assim melhorias na disponibilidade física e segurança dos equipamentos.

2.2 Tipos De Manutenção

2.2.1 Manutenção Corretiva

Segundo Gregório (2018), a manutenção corretiva é efetuada após a ocorrência de uma pane, quando o componente é usado até a sua exaustão. Essa manutenção tem o objetivo de recolocar um item em condições de executar a função requerida e pode ser subdividida em manutenção corretiva não programada, quando se corrige uma falha quando ela ocorre, paralisando as atividades produtivas do equipamento, e manutenção corretiva programada, que é quando se corrige o desempenho inferior ao esperado, ou seja, defeito que não tenha implicado falha.

Para Viana (2006), a manutenção corretiva é uma intervenção imediata, a fim de evitar consequências graves ao equipamento, ao trabalhador e ao meio ambiente. Normalmente, nesse tipo de manutenção, o custo com a parada da produção não é relevante.

Já, conforme Almeida (2014), a manutenção corretiva é um conjunto de procedimentos que são executados com a finalidade de atender imediatamente a produção, ou seja, a máquina ou equipamento que parou. A equipe de manutenção age imediatamente para restabelecer seu funcionamento o mais rápido possível. Porém, quando uma máquina para e precisa ser consertada, o serviço que o mecânico estava fazendo é imediatamente abandonado para que ele se dedique ao conserto dessa máquina.

De acordo com Vianna (2006), a manutenção corretiva é a atividade que existe para corrigir falhas decorrentes dos desgastes ou deterioração de máquinas e equipamentos. São consertos das partes que sofreram a falha, podendo ser reparos, alinhamentos, balanceamentos, substituição de peças ou substituição do próprio equipamento.

2.2.2 Manutenção Preventiva

Para Gregório (2018), as operações industriais enfrentam o desafio de manter em perfeito estado de funcionamento as máquinas e os equipamentos utilizados nos processos

produtivos. Para que isso aconteça, é necessário o acompanhamento rotineiro do funcionamento e do desempenho das máquinas e equipamentos, também chamados de parque instalado ou parque fabril.

No entendimento de Almeida (2015), o estudo da frequência das falhas de manutenção corretiva, as informações sobre a vida útil das peças fornecidas pelo fabricante e um diagnóstico das máquinas permitiram o desenvolvimento de um método baseado na construção de um cronograma que permite paradas programadas para realização de troca de peças, reparos e até operações de lubrificação de maneira planejada, eliminando os problemas causados por quebras inesperadas.

Gregório (2018), afirma que a manutenção preventiva é realizada de forma planejada, em intervalos predeterminados ou de acordo com critérios específicos, em equipamentos que não estejam em falha. Esse tipo de manutenção é destinado a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item. O principal objetivo é evitar uma parada indesejada da produção.

Encontra-se na NBR 5462/1994, que “a manutenção preventiva é efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item”.

De acordo com Almeida (2014), para a implantação da manutenção preventiva é necessário que o mecânico de manutenção faça um estudo dos registros de manutenção corretiva e da vida útil das peças para ter uma previsão baseada na realidade da empresa. Esse estudo permite também diagnosticar defeitos que causam a diminuição da vida útil das peças.

Segundo Almeida (2015), quando implantada, a manutenção preventiva permitirá o controle de troca de peças e da lubrificação feita nas máquinas da empresa o que implica na previsão de compra de peças, melhor aproveitamento da mão de obra dos profissionais de manutenção e, o fundamental, evitar paradas imprevistas na produção.

Gregório (2018), diz que a principal característica da manutenção preventiva, é a substituição da peça no período determinado pelo programador da manutenção. O estado em que a peça se encontra no momento da execução da manutenção não é avaliado. Isso possibilita questionamentos quanto à eficácia desse tipo de manutenção, devido à possibilidade de troca da peça mesmo que ela ainda esteja em boas condições operacionais.

2.2.3 Manutenção Preditiva

Na visão de Almeida (2015), a manutenção preditiva é um método de administração da manutenção desenvolvido com a finalidade de verificar as reais condições das peças e dos componentes de uma determinada máquina, equipamento ou instalação e, com isso, acompanhar os fenômenos decorrentes dos defeitos e planejar uma operação de manutenção corretiva para saná-lo.

Para Gregório (2018), a manutenção preditiva aplica, de forma planejada e sistemática, técnicas de análise com o objetivo de reduzir ao mínimo as manutenções preventiva e corretiva. Dessa maneira, o componente é utilizado durante toda a sua vida útil, não havendo perda de tempo de produção. Por outro lado, os custos de manutenção são elevados, pois são utilizadas ferramentas sofisticadas e que requerem constante atualização.

De acordo com Almeida (2014), a análise preditiva permite a observação das reais condições do equipamento e o acompanhamento da evolução de um defeito, possibilitando o planejamento em curto prazo para uma intervenção de manutenção para troca de peças e a eliminação do defeito, além de indicar o tempo de vida útil dos componentes das máquinas e dos equipamentos e as condições para que esse tempo de vida útil seja bem aproveitado.

Segundo Teles (2018), por meio da manutenção preditiva, é possível gerar uma curva PF, que projeta o intervalo de tempo entre a falha potencial e a falha funcional. Essa curva possibilita que se acompanhe a evolução da falha para realizar a manutenção corretiva programada antes que a falha funcional ocorra.

Para Gregório (2018), no caso da manutenção preditiva, são usados sensores de vários tipos, que possibilitam o acompanhamento de vibrações, temperatura e das propriedades elétricas em um tipo de monitoramento chamado contínuo, isto é, o monitoramento é realizado durante todo o tempo de operação da máquina.

Alguns parâmetros são acompanhados pela manutenção, como a vibração, a temperatura, o ruído e a energia elétrica de alimentação das máquinas. Esses parâmetros costumam ter um comportamento padrão durante a operação normal dos componentes (GREGÓRIO 2018).

Ainda Gregório (2018) afirma que qualquer alteração no valor desses parâmetros que modifique o padrão pode significar perda de rendimento e desgaste acentuado de peças e componentes, indicando proximidade de falhas e necessidade de intervenção nas máquinas.

Os sensores utilizados para o acompanhamento da vibração em máquinas, por exemplo, podem ser do tipo eletromagnéticos ou do tipo eletrodinâmicos de velocidade. A Figura 1 ilustra os dois exemplos.

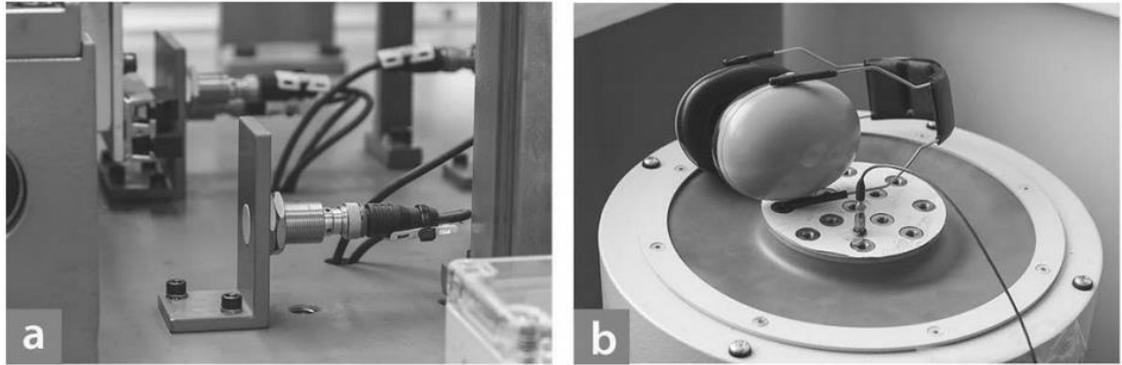


Figura 1. (a) Sensor eletromagnético e (b) sensor eletrodinâmico.
Fonte: Gregório (2018).

Os sensores eletromagnéticos mostrados nas Figuras 1a e 1b, também são conhecidos como sensores de proximidade, pois medem o movimento relativo de eixos em mancais e de outros elementos mecânicos sem entrar em contato com eles. Já o sensor eletrodinâmico é formado por um ímã, duas molas, que funcionam como suportes do ímã, e uma bobina.

A manutenção preditiva segundo Gregório (2018), possibilita o alcance de alguns objetivos:

- Determinar antecipadamente a necessidade de serviços de manutenção em uma peça específica da máquina, possibilitando seu máximo aproveitamento;
- Analisar fenômenos com instrumentos específicos, eliminando desmontagens desnecessárias para inspeção;
- Aumentar o tempo de disponibilidade dos equipamentos, acompanhando a evolução do defeito;
- Evitar emergências e transtornos causados por paradas imprevistas ocasionadas por defeitos que já haviam sido identificados, mas ficaram sem acompanhamento;
- Impedir que o defeito agrave os danos e estenda-se a outros componentes da máquina;
- Reduzir custos e garantir a qualidade dos produtos ou serviços da empresa.

Na Figura 2, é apresentado um exemplo de curva PF, no qual, a partir da manutenção preditiva, detecta-se a falha potencial (ponto P), que é acompanhada durante todo o tempo de operação, sendo visível a queda na performance do equipamento até que a falha funcional (ponto F) ocorra.

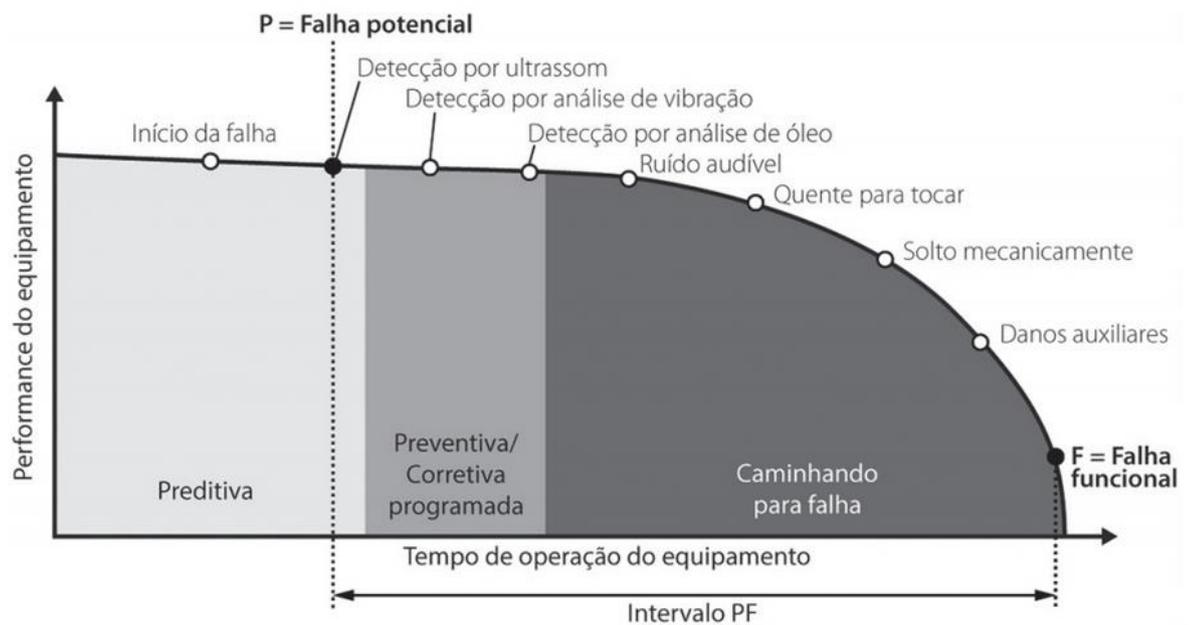


Figura 2. Curva PF.
Fonte: Gregório (2018).

Ainda conforme Teles (2018), quanto maior o tempo para identificar e corrigir a falha, maiores serão os custos, o que indica que a curva de custo para reparo é inversamente proporcional à curva PF.

Seleme (2015) destaca algumas medidas que devem ser tomadas para maximizar os benefícios da manutenção preditiva:

- Mudança cultural no nível corporativo permeando toda a planta da organização;
- Uso adequado das tecnologias para detecção de problemas no sistema como um todo, e não somente em componentes individuais; v
- Motivação de todas as áreas envolvidas para integrar as necessidades da manutenção;
- Adesão das pequenas empresas;
- Integração de processos nas grandes empresas para eliminar custos desnecessários.

De forma semelhante para Gregório (2018), há três pontos que são relevantes para uma manutenção preditiva bem estruturada:

- Identificar as necessidades da empresa: mapear quais elementos precisam de manutenção preditiva, principalmente os que têm papel crítico nos resultados;
- Ter uma boa equipe de manutenção: a equipe deve ser treinada e equipada;
- Usar a tecnologia a seu favor: uso de software de gestão de manutenção.

2.2.4 **Manutenção Produtiva Total (TPM)**

Com o término da Segunda Guerra Mundial, empresas japonesas criaram várias ferramentas administrativas para reestruturar sua infraestrutura, suas finanças e, acima de tudo, gerar empregos para o povo.

Nakajima (1988) define a TPM como a promoção da integração entre homem, máquina e empresa, na qual a ação de todos os envolvidos na manutenção das máquinas e equipamentos pode ser evidenciada; cria um autogerenciamento no local de trabalho, uma vez que os operadores assumem a propriedade de seu equipamento e cuidam dele eles próprios.

Para Almeida (2015), surge uma modalidade de manutenção que tinha como modelo as manutenções preventiva e preditiva e contava também com a capacitação dos operadores de máquina, para participarem de maneira ativa em procedimentos de manutenção, visando o aproveitamento máximo da mão de obra.

De acordo com Kardec e Nascif (2009), a Manutenção Produtiva Total (TPM — do inglês *Total Productive Maintenance*) surgiu no Japão, na década de 1970, chegando ao Brasil por volta de 1986. A TPM, pode ser considerada uma filosofia derivada da manutenção preventiva, eliminando desperdícios, obtendo um melhor desempenho dos equipamentos, reduzindo a quantidade de interrupções de produção, mudando conhecimentos e habilidades dos funcionários e modificando a sistemática de trabalho.

Para Fogliatto e Ribeiro (2009), a TPM expandiu os conceitos tradicionais da manutenção, incorporando esforços para evitar defeitos de qualidade provocados pelo desgaste e mau funcionamento dos equipamentos.

Segundo Gregório (2018), a TPM tem como principal objetivo a eficácia da empresa e, para isso, é preciso qualificação das pessoas e melhorias em equipamentos. Dentro da eficácia, podemos citar algumas frentes de trabalho, como a minimização de paradas de máquinas, a

maximização da utilização dos equipamentos, a diminuição de despesas operacionais, o uso de novas tecnologias etc.

Ainda para Gregório (2018), os operadores passam a executar tarefas mais simples de manutenção, como limpeza, lubrificação, regulagem, trocas de lâmpadas e filtros, entre outros. Além disso, há um relacionamento efetivo do operador com o equipamento, criando um sentimento de propriedade.

De acordo com Seleme (2015), existem algumas habilidades que são desejadas em operadores, como:

- identificar fontes de pequenos defeitos;
- entender as funções e os mecanismos dos equipamentos;
- entender a relação entre o equipamento e as características da qualidade do produto
- tomar atitudes de emergência e consertar o equipamento;
- promover a melhoria contínua, prolongando a vida útil do equipamento.

Em relação ao pessoal de manutenção:

- instruir a correta operação e manutenção do equipamento;
- identificar se o funcionamento do equipamento está normal;
- implementar métodos de restauração corretos;
- atingir os objetivos econômicos.

Para Fogliatto e Ribeiro (2009) alguns elementos são fundamentais para a operacionalização da TPM:

- mudança cultural, visando otimizar o rendimento geral dos equipamentos;
- estabelecimento de um sistema para prevenir as perdas associadas aos equipamentos e local de trabalho (zero acidente, zero defeito de qualidade, zero quebra);
- implementação envolvendo todos os departamentos — manutenção, produção, engenharia, desenvolvimento de produtos, vendas, recursos humanos etc.;
- envolvimento de todos os colaboradores em atividades de melhoria contínua (kaizen), desde a alta direção até os operadores mais simples;
- educação e treinamento, visando aprimorar a consciência e a competência dos colaboradores.

Gregório (2018) afirma que esses elementos permitem a busca por uma filosofia de “perda zero”, agregando atividades mais específicas da manutenção, como as atividades de manutenção independente conduzidas pela produção; o planejamento das atividades de manutenção, com foco em procedimentos padronizados para cada equipamento, baseados seja em tempo de uso ou em degradação observada; além da prevenção de quebras na fase de projeto dos equipamentos, desenvolvendo soluções que facilitem ou eliminem a necessidade de manutenção.

De acordo com Almeida (2014) existem cinco pilares da TPM, que são as bases sobre as quais se constrói um programa de TPM, envolvendo toda a empresa e habilitando-a para alcançar metas, como defeito zero, falha zero, aumento da disponibilidade de equipamento e lucratividade. Os cinco pilares são representados por: eficiência, autorreparo, planejamento, treinamento e ciclo de vida.

Segundo Seleme (2015), a TPM possui oito pilares, conforme ilustrados na Figura 3 e detalhados a seguir:



Figura 3. Oito pilares da TPM.
Fonte: Seleme (2015).

Conforme apresentado na Figura 3, Seleme (2015) faz as seguintes considerações respeito dos oito pilares da TPM:

- **Saúde e segurança**

Uma das metas da TPM é zero acidente, de modo que esse pilar é de grande importância. A maioria dos operadores não são contratados para integrar a manutenção, então é importante avaliar os riscos de cada tarefa, gerar o mapa de riscos e implementar os conceitos de segurança.

- **Educação e formação**

Ampliação da capacidade técnica, gerencial e comportamental, tanto da operação quanto da manutenção, por instrutor qualificado. Os treinamentos têm efeito de longo prazo e, se realizados preliminarmente, podem potencializar os resultados da TPM.

- **Manutenção autônoma**

Treinando operadores para realizar tarefas básicas, é possível torná-los mais habilitados e responsáveis pelo funcionamento do equipamento. Os profissionais são treinados para reconhecer uma operação anormal ou o início de falhas

- **Manutenção programada**

Na manutenção programada, ocorre a identificação das causas do problema e a implementação de soluções, de forma a melhorar a eficiência dos equipamentos, atingindo o objetivo “quebra zero”.

- **Manutenção da qualidade**

Inclui atividades com o objetivo de excluir defeitos de qualidade (programa zero defeito), com a ideia de que mesmo equipamentos perfeitos não produzem produtos perfeitos. Esse pilar utiliza uma equipe multidisciplinar a fim de excluir variações nos processos e melhorar o desempenho.

- **Melhorias específicas**

Atividades para erradicar as grandes perdas que reduzem a eficiência do equipamento, como a redução de pequenas paradas e a redução de setup. Nesse pilar, também é utilizada uma equipe multidisciplinar para investigar e encontrar soluções.

- **Sistemas de suporte**

Todos os departamentos da empresa causam impacto na produção, então os sistemas de suporte utilizam técnicas da TPM para identificar e resolver

problemas administrativos, como falta de peças, prazos excessivos, falta de padronização, entre outros.

- **Gestão da fase inicial**

Nesse pilar, as equipes são criadas para avaliar cada etapa da produção, buscando evitar perdas no período entre o desenvolvimento do produto e o início da produção plena. Também tem como objetivo melhorar a capacidade de fabricação do produto. A equipe deve investigar o sistema completo do início ao fim do processo, procurando maneiras de fazer melhorias.

Na visão da TPM, conforme Kardec e Nascif (2009), existem seis grandes perdas em uma fábrica, sendo que as perdas 1 e 2 se referem à disponibilidade, as perdas 3 e 4, à performance, e as perdas 5 e 6, à qualidade. Como mostra o Tabela 1.

Tabela 1. As seis grandes perdas da TPM

As seis grandes perdas	Causa da perda	Influência
Quebras Mudança de linha	Paralisação	Tempo de operação
Operação em vazio e pequenas paradas Velocidade reduzida em relação à nominal	Queda de velocidade	Tempo efetivo de operação
Defeitos de produção Queda de rendimento	Defeitos	Tempo efetivo de produção

Fonte: Pinto e Xavier (2012).

As perdas apresentadas no Tabela 1, são destrinchadas por Fogliatto e Ribeiro (2009) e Gregório (2018):

1. Para Fogliatto e Ribeiro (2009), as perdas por quebras devido a falhas dos equipamentos são aquelas que ocorrem quando as máquinas quebram e permanecem sem produzir até que os reparos sejam realizados.

De acordo Gregório (2018), são as mais comuns nos sistemas produtivos e contribuem com a maior parcela na redução do desempenho do maquinário. Abrangem o tempo demandado para o reparo do equipamento, bem como as peças de reposição indispensáveis para a operacionalização das máquinas e equipamentos.

2. As perdas durante setup e ajustes segundo Fogliatto e Ribeiro são aquelas decorrentes do tempo necessário de preparação da máquina para esta passar a produzir um produto diferente.

Para Gregório (2018), acontecem quando há alguma mudança efetiva na linha de produção que exige a interrupção, objetivando a preparação das máquinas e dos equipamentos para um novo item ou fluxo produtivo. Esse tipo de perda envolve alterações de máquinas e ajustes e regulagens essenciais para a operacionalização dos equipamentos.

3. De acordo com Fogliatto e Ribeiro (2009), as perdas devido a pequenas paradas ou operação em vazio são aquelas que ocorrem quando o equipamento necessita ser parado por alguns minutos ou trabalha sem carga devido a oscilações no fluxo do processo, exigindo intervenção do operador para que a linha volte a produzir normalmente.

Dessa forma, admitem caráter momentâneo e duram poucos minutos, como a detecção de itens não conformes, sobrecarga em equipamentos Gregório (2018).

4. Fogliatto e Ribeiro (2009) observam que as perdas por queda de velocidade de produção são aquelas associadas à velocidade de operação quando o equipamento é operado abaixo da velocidade ideal ou teórica.

Segundo Gregório (2018), nesse tipo de perda, o maquinário opera em uma velocidade menor que a habitual, seja por conta de desgastes localizados, superaquecimento ou vibração excessiva.

5. As perdas por defeitos de qualidade e retrabalhos são aquelas que ocorrem na linha de produção, associadas a produtos defeituosos ou fora das especificações (FOGLIATO; RIBEIRO, 2009).

Esse tipo de perda origina itens fora das especificações de projeto; portanto, precisam ser retrabalhados ou sucateados, fato que implica na elevação dos custos operacionais associados a todos os recursos envolvidos na fabricação de acordo com Gregório (2018).

6. As perdas por queda de rendimento para Fogliatto e Ribeiro (2009) são aquelas que ocorrem cada vez que o processo é interrompido e reiniciado.

São oriundas do não aproveitamento da capacidade total das máquinas e equipamentos. São ocasionadas por fatores exclusivamente operacionais, como falta de matéria-prima, instabilidade no processo produtivo, fadiga dos operadores, entre outros, como afirma Gregório (2018).

Para Pinto e Xavier (2012), a TPM administrativa é o uso da metodologia da TPM em todos os setores de uma empresa com o objetivo de aumentar a sua eficiência. Os processos são organizados com o intuito de gerar rapidez, qualidade e confiabilidade, e seu objetivo é reduzir perdas administrativas.

Almeida (2015) diz que o principal objetivo da TPM é a melhoria da estrutura da empresa em termos materiais (máquinas, equipamentos, ferramentas, matéria-prima, produtos etc.) e em termos humanos (aprimoramento das capacitações pessoais envolvendo conhecimentos, habilidades e atitudes).

De acordo com Pinto e Xavier (2012) O objetivo da TPM é a eficácia da empresa a partir de maior qualificação das pessoas e de melhoramentos introduzidos nos equipamentos.

Dessa forma, conforme aborda Gregório (2018), espera-se que as melhorias associadas à qualidade do pessoal envolvam a capacidade do colaborador em realizar manutenções autônomas nos equipamentos, que os técnicos possam efetivar intervenções nos equipamentos em geral e que os engenheiros possam projetar equipamentos que permitam intervenções de manutenção mais fáceis.

Suzuki (1994) relata que os benefícios conquistados com a TPM podem ser divididos em duas categorias: benefícios tangíveis, que podem ser mensurados, e benefícios intangíveis, com os quais não podemos medir o real impacto no sistema produtivo. Alguns exemplos dessas duas categorias de benefícios da TPM são apresentados no Tabela 2.

Tabela 2. Benefícios tangíveis e intangíveis da TPM

Benefícios tangíveis	Benefícios intangíveis
Aumento da produtividade líquida	Autogestão dos funcionários, com a qual os operadores cuidam dos seus próprios equipamentos sem direcionamentos
Diminuição de paradas repentinas	Estabelecimento da autoconfiança e da atitude nos colaboradores para redução das paradas e defeitos
Aumento global da eficiência da planta	Local de trabalho limpo, organizado e alegre
Redução nos defeitos de processos	Impressão de uma companhia altamente organizada nas pessoas que visitam uma planta com TPM
Redução das reclamações de clientes	Tendências de aumento no número de pedidos
Redução dos custos de produção	
Produtos em processo equilibrados	
Aumento das sugestões de melhorias por parte dos funcionários	

Fonte: Adaptado de Suzuki (1994).

A partir da análise da Tabela 2 de acordo com Gregório (2018), é importante entender a TPM como uma ferramenta de gestão multidisciplinar, que agrega à organização como um todo e delega responsabilidades a todos os envolvidos pela produtividade e pela efetividade do sistema produtivo.

2.3 Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC)

2.3.1 Conceito e Definição

Para Viana (2008), a Manutenção Centrada na Confiabilidade (do inglês *Reliability Centred Maintenance* — RCM) foi desenvolvida entre as décadas de 1960 e 1970, mas apenas em 1978 ela iniciou de fato com a publicação de um livro de mesmo nome pelo departamento de defesa dos Estados Unidos, no qual foram lançadas diretrizes para um gerenciamento eficiente de equipamentos por meio da análise de suas possíveis falhas.

Já para Fogliatto e Ribeiro (2009), a MCC pode ser definida como um programa que reúne várias técnicas de engenharia para assegurar que os equipamentos de uma planta fabril continuarão realizando as funções especificadas. Devido a sua abordagem racional e sistemática, os programas de MCC têm sido reconhecidos como a forma mais eficiente de tratar as questões de manutenção. Eles permitem que as empresas alcancem excelência nas atividades de manutenção, ampliando a disponibilidade dos equipamentos e reduzindo custos associados a acidentes, defeitos, reparos e substituições.

Gregório (2018), define a manutenção centrada na confiabilidade (MCC) como um método que contribui para a priorização de esforços com o objetivo de permitir que os ativos possam desempenhar as funções necessárias, considerando o ambiente e o processo no qual os mesmos estão inseridos.

Ainda para Gregório (2018), a MCC é um processo utilizado para determinar requisitos de manutenção de qualquer item físico no seu contexto operacional, estudando as diversas formas pelas quais um componente pode falhar e realizando ações para evitar essas falhas. A MCC pode ser considerada uma ferramenta para tomada de decisão sobre quais políticas de manutenção devem ser adotadas.

Para Fogliatto e Ribeiro (2009), a eficácia da MCC está baseada em alguns pilares próprios desse programa. Entre esses pilares, podem ser destacados: (i) amplo envolvimento de engenheiros, operadores e técnicos de manutenção, caracterizando um ambiente de engenharia simultânea; (ii) ênfase no estudo das consequências das falhas, que direcionam todas as tarefas de manutenção; (iii) abrangência das análises, que consideram questões associadas à segurança, meio ambiente, operação e custos; (iv) ênfase nas atividades proativas, envolvendo tarefas preditivas e preventivas; (v) combate às falhas escondidas, que reduzem a confiabilidade do sistema.

2.3.2 Aplicação Do MCC

De acordo com Fogliatto e Ribeiro (2009), a definição das funções e padrões de desempenho dos equipamentos fabris estabelece a base de trabalho do programa de MCC. Todos devem compreender o que é esperado de cada equipamento, as funções que ele deve cumprir e o padrão de desempenho que deve ser mantido durante sua vida útil. Nesse sentido, é importante entender que cada componente da planta possui funções primárias e secundárias

que devem ser mantidas. As funções primárias correspondem àquilo que o equipamento deve fazer em primeiro lugar, por exemplo, um motor deve mover uma correia transportadora.

Kardec e Nascif (2009) recomendam que sete perguntas sejam realizadas para enquadrar um item no processo de MCC:

1. Quais são as funções e os padrões de desempenho do item no seu contexto operacional atual?
2. De que forma ele falha em cumprir as suas funções?
3. O que causa cada falha operacional?
4. O que acontece quando ocorre cada falha?
5. De que forma cada falha tem importância?
6. O que pode ser feito para prevenir cada falha?
7. O que deve ser feito se não for encontrada uma tarefa preventiva apropriada?

Já de acordo Siqueira (2005), para definir as ações de manutenção mais adequadas, a MCC é necessário conhecer as respostas corretas para sete questões:

1. Quais são as funções a preservar? Identificar as funções requeridas e o desempenho esperado.
2. Quais são as falhas funcionais? Identificar a inabilidade do ativo, o que ele deixa de desempenhar.
3. Quais são os modos de falha? Identificar a forma como o ativo falha.
4. Quais são os efeitos das falhas? Listar os efeitos provocados por determinada falha.
5. Quais são as consequências das falhas? Identificar o que é afetado e qual é a gravidade de cada efeito de falha.
6. Quais são as tarefas aplicáveis e efetivas? A ideia é que nem todas as falhas devem ser evitadas. Assim, mostra-se necessário gerenciá-las.

Para Kardec e Nascif (2009), a implementação da MCC gera alguns benefícios, são eles:

- Aprimoramento do desempenho operacional, ajudando a adotar o tipo de manutenção mais eficaz para cada máquina, em cada situação

- Maior custo/benefício com a adoção do tipo de manutenção adequado;
- Melhoria das condições ambientais e de segurança;
- Aumento da vida útil dos equipamentos;
- Banco de dados de manutenção;
- Maior motivação do pessoal e geração de senso de equipe;
- Maior compartilhamento dos problemas de manutenção.

Gregório (2018) diz que para organizar a implantação de um método por meio de uma estrutura lógica e sistemática, facilita o processo. Assim, a MCC pode ser implementada por meio de um conjunto de etapas, como mostra a Figura 4.



Figura 4. Etapas do processo da MCC.
Fonte: Adaptado de Pinto e Xavier (2012).

Gregório (2018) aborda que a primeira etapa do processo MCC, consiste em escolher o sistema a ser analisado, definir um limite de análise e conhecer as interfaces que esse sistema tem com outros sistemas. Em seguida, deve-se definir as funções a serem desempenhadas pelo equipamento na instalação para que a operação possa funcionar adequadamente e definir o padrão de desempenho esperado (se possível, quantificar por meio de indicadores). Então, pode-se fazer uma análise de falhas questionando: “Como o item pode falhar?”; “O que pode causar a falha?”.

Já para Fogliatto e ribeiro (2009), a MCC pode ser implementada em nove etapas, que envolvem: escolha da equipe, capacitação em MCC, estabelecimento dos critérios de confiabilidade, estabelecimento da base de dados, aplicação da FMEA e classificação dos componentes, seleção das atividades de manutenções preventivas e preventivas pertinentes, documentação das atividades, estabelecimento de metas e indicadores, revisão do programa de MCC. As etapas serão detalhadas a seguir.

1. A primeira etapa da implantação da MCC de acordo com Fogliato e Ribeiro (2009) contempla a escolha do comitê que irá gerenciar o programa. É importante que exista uma pessoa que lidere o programa. Enquanto líder, essa pessoa deve acreditar nos princípios da MCC, possuir disposição para promover as mudanças necessárias, ser um bom comunicador, capaz de motivar os demais para o trabalho. O líder, por sua vez, em conjunto com a alta gerência, deve formar a sua equipe. O comitê deve conter representantes da produção, da engenharia e da manutenção. Esse é o grupo que irá gerenciar a implantação.

2. Segundo Fogliatto e Ribeiro (2009), uma vez conhecidas as pessoas que irão se envolver ativamente com o trabalho, a próxima etapa contempla a capacitação do comitê e equipes de trabalho. Todas as pessoas do comitê devem conhecer em detalhe a MCC, o que inclui entender os conceitos associados a: fundamentos da MCC, falhas funcionais, padrões de falha, conceitos de confiabilidade, diagrama de blocos, redundância, FMEA, manutenção preventiva, manutenção preditiva, manutenção corretiva, diagrama de decisão da MCC, etapas da implantação da MCC.

3. Para aplicar a MCC, na perspectiva de Fogliatto e Ribeiro (2009) é preciso definir qual a confiabilidade esperada para os diversos equipamentos e para a planta como um todo. Como regra, os programas de MCC objetivam: (i) impedir qualquer acidente que possa incorrer em danos pessoais; (ii) impedir qualquer acidente que possa gerar danos ambientais e infrações a normas locais, nacionais ou internacionais; (iii) impedir qualquer acidente que possa gerar danos materiais significativos e (iv) assegurar alta confiabilidade aos equipamentos gargalos. Uma vez definidas as metas de confiabilidade, então pode ser identificada a necessidade de redundância de componentes, e podem ser dimensionadas as atividades de manutenção.

4. Para Fogliatto e Ribeiro (2009), a MCC requer que as informações referentes à confiabilidade dos componentes estejam disponíveis. Para tanto, é essencial estabelecer um banco de dados que registre e classifique as falhas observadas na planta. Entre outros campos, o banco de dados deve conter a indicação de: sistema, subsistema, conjunto, componente, data

e hora da falha, modo de falha, causa da falha, classificação da falha (elétrica/mecânica, crítica/potencialmente crítica etc.), ação corretiva, data e hora do retorno à operação.

5. A aplicação da FMEA inicia identificando a função de cada componente. A função é a razão pela qual o componente está instalado. Preservar a função é o objetivo central do programa de manutenção. Em seguida, através da FMEA, são identificados os modos de falha de cada componente, seus respectivos efeitos e causas. No âmbito da MCC, a identificação do efeito da falha conduz a classificação do componente, como (i) crítico, (ii) potencialmente crítico ou (iii) não crítico. Mais ainda, também permite classificar a consequência das falhas críticas ou potencialmente críticas como: (i) possível acidente envolvendo pessoal, (ii) material, (iii) meio ambiente, (iv) parada da linha, ou (v) outras perdas econômicas significativas (FOGLIATTO E RIBEIRO 2009).

6. Ainda segundo Fogliatto e Ribeiro (2009), na etapa de seleção das atividades de manutenção preventiva e preditiva pertinentes, às atividades de manutenção são especificadas para todos os componentes classificados como críticos ou potencialmente críticos. Esses são os componentes cuja falha pode conduzir a um acidente, parada da linha ou perda econômica relevante. Sendo assim, o programa de manutenção deve empreender todos os esforços possíveis no sentido de evitar a ocorrência de falha desses componentes. As tarefas de manutenção podem ser classificadas em: (i) preditivas, orientadas pelo desgaste, (ii) preventivas, orientadas pelo tempo ou (iii) reativas, procura de falhas ou rodar até a falha.

7. As atividades de manutenção preditiva e preventiva de acordo com Fogliatto e Ribeiro (2009), devem estar devidamente documentadas em planilha, incluindo: sistema, subsistema, conjunto, componente, descrição detalhada da atividade, periodicidade e responsável. Sempre que existirem dados quantitativos, a periodicidade deve ser baseada em estudos de confiabilidade. Quando os dados forem escassos ou inexistentes, a periodicidade deve ser definida pela equipe de trabalho.

8. Metas e indicadores constituem a base para o gerenciamento do programa de MCC. Inicialmente, devem ser definidos os indicadores pertinentes, usualmente envolvendo métricas de tempo de parada, disponibilidade de equipamentos e qualidade do processo. Para fins gerenciais, os indicadores podem ser definidos considerando os grandes equipamentos ou trechos do processo. Uma vez definidos os indicadores pertinentes, o próximo passo é o levantamento da situação atual. Feito isso, é possível estabelecer metas coerentes. Em geral,

não há tolerância em relação a acidentes que possam afetar pessoas, grandes somas econômicas ou questões ambientais (FOGLIATTO E RIBEIRO 2009).

9. O programa de MCC, como os demais processos fabris, evolui com o tempo. A condição dos equipamentos, o conhecimento a respeito do processo, os recursos da manutenção se alteram com o passar do tempo. Em função disso, os procedimentos de manutenção, incluindo a natureza e periodicidade das atividades, devem ser revistos regularmente (FOGLIATTO E RIBEIRO 2009).

De acordo com Gregório (2018), a aplicação da Análise de Modos e Efeitos de Falha (FMEA) pode auxiliar a estimar o risco de uma falha para auxiliar no processo de priorização. A FMEA avalia o risco de uma falha por meio da severidade, ocorrência e detecção da mesma. Após as falhas serem classificadas e priorizadas, deve-se elaborar o plano de manutenção.

Segundo Kardec e Nascif (2009), a MCC recorre ao uso de outras ferramentas para identificação das falhas, de suas causas e tratamento das mesmas, como a Análise de Modo e Efeito de Falha (FMEA), a Árvore de Falhas e a Análise Probabilística de Risco.

2.4 Métodos, Técnicas e Ferramentas da Qualidade Aplicadas à MCC

2.4.1 Análise de Modo e Efeito de Falha Potencial (FMEA)

Segundo Almeida (2014), o FMEA é um dos itens essenciais na documentação de processos de fabricação de peças na indústria automotiva e foi desenvolvido para utilização na área militar na década de 1940, nos EUA. Ele analisa o defeito evidenciado pelo cliente, seja ele interno ou externo, e, com base nessa análise, ocorre uma verdadeira “investigação” dos modos das falhas em um formulário desenvolvido para se obter, além das causas prováveis, ações corretivas e ações preventivas.

Para Gregório (2018), a aplicação da Análise de Modo e Efeito de Falha auxilia no processo de priorização dos riscos. O método FMEA avalia o risco de uma falha por meio de três aspectos: severidade, ocorrência e detecção da mesma. Esses aspectos são apresentados na Tabela 3, Tabela 4 e Tabela 5.

Tabela 3. Aspecto de Severidade

Índice	Severidade	Critério
1	Mínima	O cliente mal percebe que a falha ocorre
2	Pequena	Ligeira deterioração no desempenho com leve descontentamento do cliente
3		
4	Moderada	Deterioração significativa no desempenho de um sistema com descontentamento do cliente
5		
6		
7	Alta	Sistema deixa de funcionar e grande descontentamento do cliente
8		
9	Muito Alta	Idem ao anterior porém afeta a segurança
10		

Fonte Empresa Alfa (2013).

Severidade é qual a consequência da falha para o cliente interno, externo, para a empresa e para os critérios que são considerados importantes? Quanto maior a severidade, maior será o risco da falha.

Tabela 4. Aspecto de Ocorrência.

Índice	Ocorrência	Proporção	Cpk
1	Remota	1:1.000.000	Cpk > 1,67
2	Pequena	1:20.000	Cpk > 1,00
3		1:4.000	
4	Moderada	1:1000	Cpk < 1,00
5		1:400	
6		1:100	
7	Alta	1:40	Cpk < 0,75
8		1:20	
9	Muito Alta	1:8	Cpk < 0,5
10		1:2	

Fonte Empresa Alfa (2013).

Ocorrência é a frequência de acontecimentos desta falha. Quanto maior a frequência, maior será o risco da falha.

Tabela 5. Aspecto de Detecção.

Índice	Detecção	Critério
1	Muito pequena	Certamente não será detectado
2		
3	Pequena	Provavelmente não será detectado
4		
5	Moderada	Provavelmente será detectado
6		
7	Grande	Grande probabilidade de ser detectado
8		
9	Muito grande	Certamente será detectado

Fonte Empresa Alfa (2013).

Detecção se trata de quão difícil é detectar a ocorrência desta falha. Quanto mais fácil detectar a falha, menos o risco da mesma.

Gregório (2018) complementa que após as falhas serem classificadas e priorizadas, deve-se elaborar o plano de manutenção.

De acordo com Fogliatto e Ribeiro (2009), a FMEA é um método de confiabilidade que tem como objetivos: (i) reconhecer e avaliar as falhas potenciais que podem surgir em um produto ou processo, (ii) identificar ações que possam eliminar ou reduzir a chance de ocorrência dessas falhas, e (iii) documentar o estudo, criando um referencial técnico que possa auxiliar em revisões e desenvolvimentos futuros do projeto ou processo.

De acordo com Gregório (2018), o método FMEA auxilia no processo de priorização e, assim, permite concentrar esforços e definir a estratégia mais adequada de manutenção. Para selecionar a estratégia mais adequada de manutenção, a MCC propõe alguns diagramas que podem auxiliar no processo de tomada de decisão. A Figura 5 apresenta um modelo de diagrama de decisão.

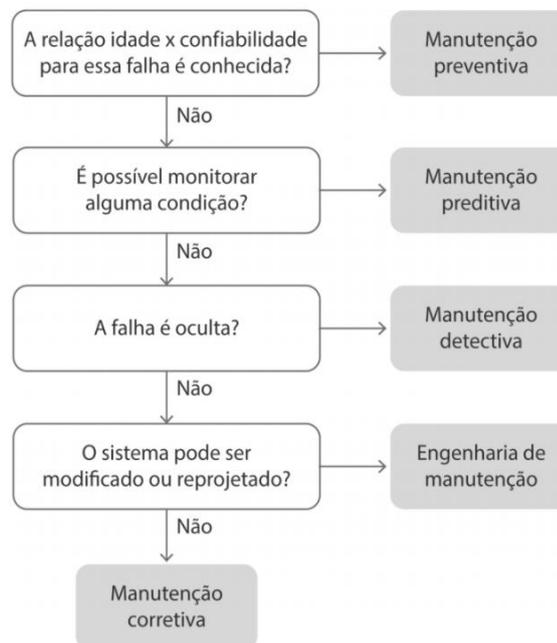


Figura 5. Diagrama de seleção dos tipos de manutenção a serem aplicados. Fonte: Pinto e Xavier (2012).

É possível observar na Figura 5, que o fluxo dos processos de manutenção segundo Pinto e Xavier (2012), é composto por quatro etapas, sendo que cada etapa está relacionada a um tipo de manutenção. Gregório (2018) afirma que, em alguns momentos, a melhor opção é adotar a manutenção preventiva e, em outros, adotar manutenção preditiva ou manutenção detectiva. Em determinadas situações, a engenharia de manutenção é mais adequada e, em outras, a opção a ser adotada deve ser a manutenção corretiva.

Para Fogliatto e Ribeiro (2009), a elaboração do FMEA ajuda a identificar de forma qualitativa, pontos em um sistema que tem maior probabilidade de falha e necessitam de uma ação preventiva, para evitar que a falha ocorra. Fornece ideias para testes incorporados ao projeto, reduz eventos não previstos durante o planejamento de um processo, fornece referência rápida para resolução de problemas e identifica as preocupações de segurança a serem abordadas.

2.4.2 Árvores de Falha (FTA)

Fogliatto e Ribeiro (2009) dizem que a FTA (*Failure Tree Analysis* ou Análise de Árvores de Falha) é uma técnica de confiabilidade que tem como objetivos: (i) partindo de um evento de topo, indesejável, identificar todas as combinações de causas que podem originá-lo; (ii) estudar a probabilidade de ocorrência dessas causas, e em função disso, do evento de topo; (iii) priorizar ações que visam bloquear essas causas.

Para Borba Prá *et al* (2010), a *Árvore de Falhas* é uma ferramenta gráfica dedutiva estruturada em termos de eventos ao invés de componentes. Esta ferramenta permite a análise de sistemas, desde os mais simples, até os mais complexos e pode ser utilizada não apenas para a análise da confiabilidade e/ou melhorias e modificações, mas, de uma forma geral, na determinação das causas potenciais de um acidente ocorrer ou de um sistema complexo falhar.

Fogliatto e Ribeiro (2009) tratam a FTA como uma ferramenta sistemática para a análise de falhas. Ele foi aplicado inicialmente na verificação de projetos de aeronaves. Mais recentemente, além de ser aplicada ao projeto e revisão de produtos, seu uso foi estendido à análise de processos, inclusive processos administrativos. Uma árvore de falha é um diagrama lógico que representa as combinações de falhas entre os componentes que acarretam um tipo determinado de falha do sistema global.

Ainda para Fogliatto e Ribeiro (2009), a *árvores de falha* é uma técnica analítica que especifica as condições que acarretam um estado indesejado do sistema (evento de topo). Ela exige que se desenvolva um modelo em que são especificadas as dependências entre os componentes do sistema. Ela permite que sejam calculadas as probabilidades de ocorrência dos eventos de topo (desastres) que forem analisados.

Leal, Fagundes e Almeida (2004) dizem que a montagem da árvore de falha inicia-se com a identificação do componente que falhou ou tem a maior probabilidade de falha, o qual deve ser colocado no topo da árvore, e abaixo são listados os componentes que fazem parte do sistema e estão interligados com componente no topo da árvore. Nos componentes abaixo, são listados os modos de falhas aos quais estão suscetíveis. Sua ligação se dá por operadores lógicos e/ou montando a árvore de falha, como ilustrado na Figura 6.

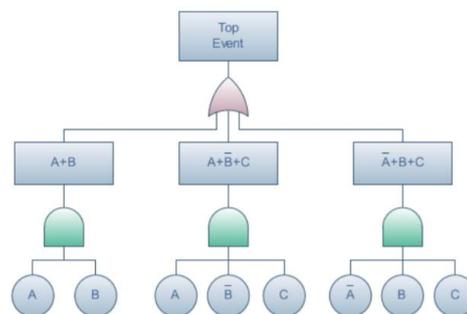


Figura 6. Árvore de falha.
Fonte: Borba Prá (2010).

Pode-se observar na Figura 6 que, segundo Leal, Fagundes e Almeida (2004), o método inicia com o “topo” (ou final) do evento e desenvolve uma árvore lógica, mostrando as causas do evento através do uso de operadores lógicos “e” e “ou”. Estes portões lógicos são utilizados no caso de se querer fazer a análise quantitativa, além da qualitativa, que podem ser utilizadas na determinação da confiabilidade dos sistemas, além de ilustrar a sequência lógica dos potenciais de falhas do evento de topo.

Segundo Borba Prá (2010), as etapas para realização de uma FTA consistem em:

- Definir o evento de topo: o evento de topo se trata de um comportamento anormal do sistema. Para a sua definição, são necessários relatos de falhas ocorridas no campo, falhas potenciais, principalmente aquelas relacionadas com a segurança dos usuários.
- Entender o sistema: a análise da árvore de falhas exige o conhecimento da estrutura do sistema e de seu esquema de funcionamento, ou seja, é necessário um diagnóstico do objeto de estudo.
- Construir a árvore de falhas: esta etapa utiliza todo o conhecimento adquirido sobre o sistema. Todas as informações vão ser reunidas de forma a representar a inter-relação entre as partes que possam acarretar o evento de topo.
- Avaliar a árvore de falhas: etapa que tem por objetivo o cálculo da probabilidade de ocorrência do evento de topo, ou seja, realização da análise quantitativa.
- Implementar ações corretivas: na etapa anterior, são identificados os itens do sistema que possuem baixa confiabilidade e que, por este motivo, aumentam a probabilidade do evento de topo. Este último passo visa a programar ações corretivas para aumentar a confiabilidade destes itens.
- Dentre os símbolos necessários na construção da FTA, os mais utilizados são o círculo e o retângulo. O círculo denota um evento de falha básica ou a falha de um componente elementar. O retângulo denota um evento de falha que é o resultado de uma combinação lógica de eventos de falha.

De acordo com Leal, Fagundes e Almeida (2004), a vantagem principal do FTA é a obtenção, de forma lógica, da interligação entre os componentes que falharam, permitindo uma visualização da probabilidade de falha entre os componentes e qual tem um maior impacto sobre o sistema analisado.

2.4.3 Causa Raiz da Falha (RCA)

Segundo Rooney e VandenHeuvel (2004), o RCA é uma ferramenta projetada para o uso investigativo na identificação da causa raiz de um evento, o qual pode ser com segurança, saúde, meio ambiente, qualidade e impactos na produção. A investigação do evento utilizando a ferramenta RCA busca identificar não somente como o evento ocorreu, mas também porque ele aconteceu.

Já para Passamai (2007), a análise destas falhas visa que as fases de funcionamento sejam realizadas com êxito e sem interrupções ou falhas, observando e esclarecendo o motivo pelo qual os eventos passados ocorreram e tomando medidas para impedir a ocorrência desses eventos. Dessa forma, os eventos passados constituem as causas embrionárias ou causas raízes, em contrapartida das causas emergenciais e imediatas das falhas.

Márquez, Bona e Alija (2009), utilizam o RCA na determinação do evento responsável pela ocorrência de uma falha catastrófica em um sistema de exaustão em uma indústria petroquímica. Baseado no método RCA reconstitui a sequência do evento identificando o fator físico que iniciou a falha, baseado nas evidências encontradas no evento e nas informações levantadas nos históricos das intervenções.

A sequência de passos na elaboração do RCA é abordada de diferentes maneiras de acordo com os autores. Nesse sentido pode-se observar a seguir, a lógica seguida por Rooney e VandenHeuvel (2004), que dividem em quatro partes a elaboração do RCA e Ransom (2007) que se divide em três partes.

Para Rooney e VandenHeuvel (2004), o primeiro passo na análise é coletar os dados. Sem informação completa e uma compreensão do evento, não podem ser identificados os fatores causais e causas raiz associadas com o evento. A maior parte do tempo da análise é empenhada analisando o evento e juntando os dados.

Já para Ransom (2007), a primeira etapa consiste em coletar todas as informações sobre o evento, no momento em que ele ocorreu. Definir o evento de topo identificando a falha. Formar um time multidisciplinar para definir claramente qual o problema que se quer investigar.

O segundo passo para Rooney e VandenHeuvel (2004), é o quadro de fator causal. Ele possui uma estrutura que serve para que os investigadores possam organizar e analisar as informações coletadas durante a investigação e identificar aberturas e deficiências no conhecimento durante o progresso da investigação. O quadro de fator causal simplesmente é

um diagrama de sucessão com testes de lógica que descrevem os eventos que conduzem até uma ocorrência, mais as condições que cercam estes eventos.

Para Ransom (2007) a segunda etapa é analisar as informações coletadas na primeira etapa, correlacionando-as com o evento. Estruturar as observações levantadas com os modos de falhas identificados e determinação das principais causas do evento.

O terceiro passo, de acordo com Rooney e VandenHeuvel (2004), é a identificação da causa raiz, finalmente, os fatores causais foram identificados, os investigadores começaram a identificar a causa da raiz. Este passo envolve o uso de um diagrama de decisão chamado Mapa de Causa Raiz e identificar a razão subjacente ou razões para cada fator causal. O mapa estrutura o processo de raciocínio dos investigadores, ajudando a responder perguntas sobre por que fatores causais particulares existem ou aconteceram. A identificação de causas raiz ajuda o investigador a determinar as razões pelas quais o evento aconteceu; assim, podem ser focalizados os problemas que cercam a ocorrência.

Para Ransom (2007), a terceira etapa era identificar e solucionar a causa raiz. Após a identificação da causa raiz da falha, propor as ações preventivas ou corretivas para a eliminação da falha.

O quarto e último passo de acordo com Rooney e VandenHeuvel (2004), é a geração de recomendações. Identificado o fator causal físico da causa raiz, são então geradas as recomendações responsáveis por prevenir o seu retorno. O analista de causa raiz não é frequentemente responsável pela implementação de recomendações geradas pela análise. Porém, se as recomendações não são implementadas, o esforço gasto executando a análise está perdido. Organizações precisam assegurar que as recomendações identificadas sejam concluídas.

Para Rooney e VandenHeuvel (2004), o RCA permite se aprofundar nos modos de falha ao nível do componente com maior probabilidade da causa do evento. Na sequência, são identificados os modos de falhas, os quais são caracterizados como fatores físicos, humanos e sistêmicos, com o mesmo procedimento de validação e níveis. São utilizadas as portas lógicas para ligar fatores comuns.

Ainda segundo Rooney e VandenHeuvel (2004), a grande vantagem do RCA é a validação das hipóteses comprovando que, realmente, o fator contribui com a falha; este sendo

identificado, são propostas ações que permitam eliminá-lo ou a criação de sistemas que evitem que volte a ocorrer.

2.4.4 Diagrama de Causa e Efeito

Segundo Almeida (2015), o Diagrama de Ishikawa (Causa Efeito) é uma ferramenta da qualidade utilizada para identificação e análise de problemas. Foi criado a partir dos estudos elaborados por Kaoru Ishikawa, catedrático da Universidade de Tóquio. Seus estudos resultaram em um método de identificação e análise de problemas, sendo de fácil aplicação no meio industrial.

Para Bastiani (2018), diagrama de Ishikawa, também conhecido como Diagrama de Espinha de Peixe ou Diagrama de Causa e Efeito, é uma ferramenta da qualidade que ajuda a levantar as causas-raízes de um problema, analisando todos os fatores que envolvem a execução do processo.

De acordo com Almeida (2015), o efeito, um resultado ou uma conclusão não depende somente de uma causa necessariamente, mas também de um conjunto de fatores que influenciam o processo, desde a mão de obra até as condições de funcionamento da máquina, o que compete à área de manutenção. Em função disso, o grupo que desenvolve o Diagrama de Ishikawa deve ter como integrantes os responsáveis das áreas de recursos humanos, produção, manutenção, etc.

O Diagrama de Ishikawa segundo Bastiani (2018), apresenta a relação existente entre o resultado indesejado ou não conforme de um processo (efeito) e os diversos fatores (causas) que podem contribuir para que esse resultado tenha ocorrido. Sua relação com a imagem de uma espinha de peixe se dá devido ao fato que podemos considerar suas espinhas as causas dos problemas levantados, que contribuirão para a descoberta de seu efeito, além do formato gráfico que muito se assemelha ao desenho de um esqueleto de peixe.

Segundo Almeida (2015), para facilitar a utilização do Diagrama de Ishikawa na indústria, foi desenvolvida uma variação denominada Diagrama de 4M que considera na análise das prováveis causas do problema quatro fatores básicos da indústria de manufatura:

- Máquina: analisa fatores relacionados ao estado de conservação ou manutenção de máquinas e equipamentos.
- Mão de obra: são as prováveis causas de problemas que podem ser originados pelo operador ou preparador, dependendo da máquina, decorrentes de fatores

técnicos, emocionais ou problemas pessoais do colaborador ou grupo de colaboradores envolvidos no processo.

- Método: analisa as causas que podem ser originadas pelo planejamento inadequado do processo de fabricação ou operação realizada.
- Material: são os problemas originados pelos materiais envolvidos no processo ou serviços executados, desde os insumos até a matéria-prima utilizada. As causas dos problemas podem ser a dificuldade de usinar um determinado material, por exemplo, ou a especificação de um material que não é adequado para uma determinada aplicação. Nessa etapa considera-se também as ferramentas de corte, fluidos de corte ou lubrificantes.

A seguir um exemplo de Diagrama de Causa e Efeito pode ser observado na Figura 7.

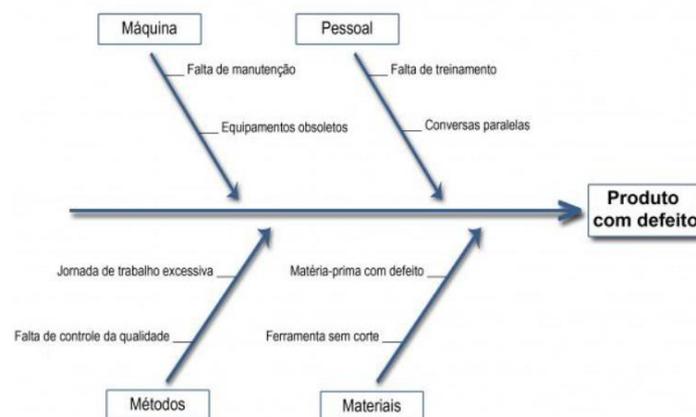


Figura 7. Exemplo de Diagrama de Causa e Efeito.
Fonte: Blog da Qualidade (2018).

É possível observar na Figura 7, que O Diagrama de Ishikawa segundo Bastiani (2018) apresenta a relação existente entre o resultado indesejado ou não conforme de um processo (efeito) e os diversos fatores (causas) que podem contribuir para que esse resultado tenha ocorrido. Sua relação com a imagem de uma espinha de peixe se dá devido ao fato que podemos considerar suas espinhas as causas dos problemas levantados, que contribuirão para a descoberta de seu efeito, além do formato gráfico que muito se assemelha ao desenho de um esqueleto de peixe.

Bastiani (2018), ainda ressalta algumas aplicações do Diagrama de Ishikawa, que são apresentadas a seguir:

- Auxilia na visualização das causas principais e secundárias de um problema (efeito);

- Amplia a visão das possíveis causas de um problema, enxergando-o de maneira mais sistêmica e abrangente;
- Possibilita a identificação de soluções, levantando os recursos disponíveis pela empresa;
- Gera melhoria nos processos.

2.4.5 Histograma

O Histograma de acordo com Alonso (2021) é uma ferramenta gráfica que auxilia na verificação de frequência de dados, e tem como objetivo identificar com uma amostra esta distribuída. É representado por um gráfico de barras e é de fácil compreensão. Pode ser utilizado por exemplo para a quantificação de casos não conformes, para compreender a dispersão das medidas de determinado produto, e também pode ter como importante variável, o tempo.

A Figura 8 exemplifica um caso prático da utilização do histograma em uma pesquisa de satisfação dos clientes com o atendimento de uma determinada empresa.



Figura 8. Exemplo de Histograma.
Fonte: Alonso (2021).

Como pode ser observado na Figura 8 o atendimento foi classificado de 1 a 5, sendo 1 como ruim e 5 como ótimo. Conclui-se que a maior parte dos entrevistados deu nota 3 ao atendimento da empresa, possibilitando assim que a empresa revise seu atendimento e o melhore.

2.4.6 Diagrama de Pareto

Para Alonso (2021), o Diagrama de Pareto consiste em uma ferramenta gráfica que auxilia na identificação da relação entre causa e efeito. Ao ser analisado, os principais

problemas dos processos passam a ser identificados. Baseado no princípio de Pareto, Joseph Juran implementou o Diagrama de Pareto para explicar que 80% dos efeitos são decorrentes de 20% das causas.

Podem ser observados na Figura 9 um exemplo de aplicação da ferramenta da qualidade.



Figura 9. Exemplo de Gráfico de Pareto.
Fonte: Alonso (2021).

Podem ser observados na Figura 9, o resultado de uma pesquisa referente aos motivos que estavam deixando os clientes de uma determinada empresa insatisfeitos. No caso em questão, o que mais tem influenciado na insatisfação dos clientes é o não atendimento dentro do prazo previsto. Com posse desses dados, cabe ao gestor responsável pela área propor mudanças para que os prazos estabelecidos passem a ser cumpridos.

2.4.7 Carta de Controle

As Cartas de Controle são usadas para mostrar as tendências dos pontos de observação em um período de tempo. Segundo Alonso (2021) os limites de controle são calculados aplicando-se fórmulas aos dados do processo.

Visualmente o gráfico possui 3 linhas:

- Superior de controle – é uma linha constante no gráfico que indica os limites máximos de controle em determinado processo;
- Inferior de controle – é uma linha constante que indica os limites inferiores de controle em um determinado processo;
- Central – representa a variação ao longo de um período de tempo, podendo ser localizada acima da superior e abaixo da inferior ou entre ambas. Quando esta compreendida entre os limites superior e inferior, diz-se que existe um desvio padrão menor do que as variações permitidas.

Na Figura 10 pode ser observado um exemplo de Carta de Controle.

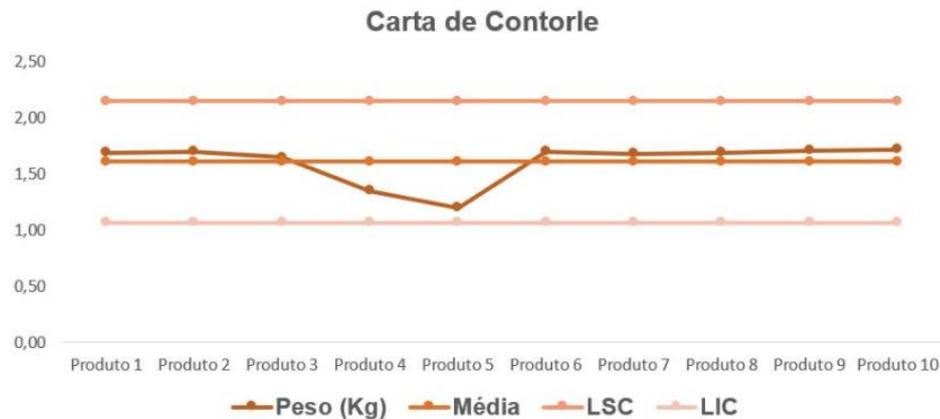


Figura 10. Exemplo de Carta de controle
Fonte: Alonso (2021).

A Figura 10 apresenta uma Carta de Controle utilizada no acompanhamento do peso de alguns produtos. Observa-se que os produtos 4 e 5, apresentaram um peso próximo ao do limite inferior, o que pode ser um possível ponto de atenção.

2.4.8 Fluxograma

O Fluxograma segundo Castro (2021) é uma maneira de representar um processo por meio de um desenho. É uma forma simples de identificar o fluxo que as atividades acontecem, nele cada passo de um processo é representado por um único símbolo que possui uma resumida descrição. Estes símbolos são padronizados e ligados por setas que demonstram a direção do fluxo de atividades.

A Figura 11 traz um exemplo de Fluxograma.

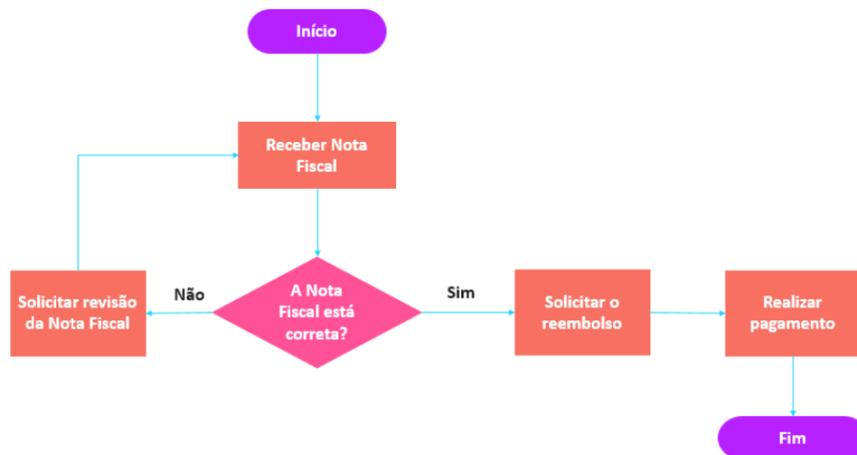


Figura 11. Exemplo de Fluxograma.
Fonte: Castro (2021).

O exemplo trazido pela Figura 11, ilustra a utilização de um fluxograma no acompanhamento de notas fiscais. Apresenta o sequenciamento de passos baseado nas condições lógicas e temporais.

2.4.9 Gráfico de Dispersão

De acordo com Coutinho (2021), o Diagrama de Dispersão é utilizado para verificar se duas variáveis estão relacionadas e se há alguma possibilidade de relação causa e efeito. Caso as variáveis estejam relacionadas, é possível medir o nível de intensidade do relacionamento entre as duas variáveis, se é forte ou fraca.

Pode-se observar na Figura 12 um exemplo de utilização do Diagrama de Dispersão.

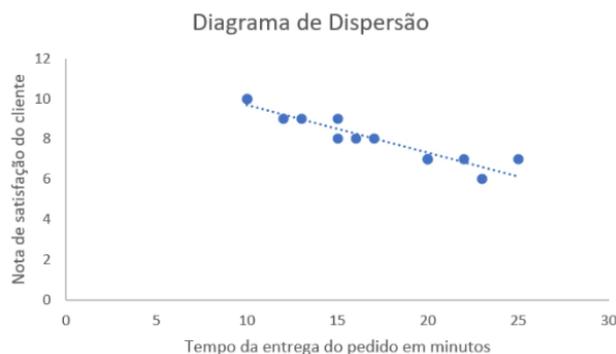


Figura 12. Exemplo de Diagrama de dispersão.
Fonte: Coutinho (2021).

Na Figura 12 é retratado um Diagrama de dispersão, utilizado para medir e correlacionar a satisfação do cliente com o tempo de entrega do produto. E o que pode ser

observado é que quanto menor o tempo de entrega do produto, maior a nota de satisfação do cliente.

2.4.10 **Folha de Verificação**

Para Alonso (2021) a folha de verificação é uma lista de itens que foi previamente estabelecida para verificar as condições de um serviço ou produto. A lista de verificação é conhecida também como *Checklist*, auxilia no momento de confirmar que todos os itens ou etapas da lista foram cumpridas de acordo com o programado.

2.4.11 **PDCA**

De acordo com Petenati (2019) o ciclo PDCA é um método que ganha cada dia mais destaque no mercado. Pois ele permite uma melhor organização das demandas através de um sistema de divisão em etapas.

Ainda segundo Petenati (2019) o PDCA é uma adaptação do ciclo de Deming, também chamado de Ciclo de Shewhart, criado por Walter A. Shewhart e Willian E. Deming. Trata-se de uma maneira de gestão baseada em quatro passos básicos. São indicados pelas siglas em inglês: *Plan* (Planejar); *Do* (Fazer); *Check* (Verificar); *Act* (Agir) .

Cada etapa conta com um conjunto de procedimentos diferentes. No entanto, todos com o objetivo principal de promover a melhoria contínua. É de grande importância entender que a metodologia PDCA deve ser aplicada ininterruptamente, pois só assim há a garantia de melhores resultados. É um método iterativo e permite o aprimorando dos resultados obtidos anteriormente.

Andrade (2017) de maneira análoga, diz que é essencial medir seus resultados estatisticamente, com dados concretos, para poder gerenciar e repetir os melhores processos ou evitar os que não geram resultados. E a metodologia proposta pelo PDCA proporciona o gerenciamento dos processos como mostra a Figura 13.

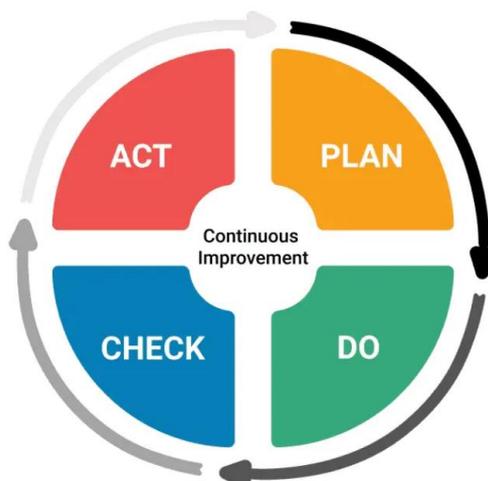


Figura 13. Ciclo PDCA.
Fonte: Andrade (2017).

As etapas do ciclo PDCA conforme aborda Petenati na Figura 13 são as seguintes:

- *Plan*: Trata-se de um plano de ação que será detalhado após a identificação, reconhecimento das características e descoberta das causas principais do problema;
- *Do*: Nessa fase, ocorre a realização de tudo que foi acordado no seu plano de ação. Como resultado, todos os resultados são gerados a partir daí;
- *Check*: Nessa etapa é possível identificar a diferença entre o que foi realizado e o que foi planejado no seu plano de ação, verificando o cumprimento dos padrões da qualidade.
- *Act*: O último estágio é de realizar ações corretivas nas diferenças encontradas na fase anterior. Eventualmente, ocorrerá a padronização e conclusão do ciclo de melhoria.

2.4.12 5W2H

O 5W2H para Coutinho (2020) é uma ferramenta usada para compreender um problema ou oportunidade de melhoria sob diferentes perspectivas através de sete perguntas. De origem japonesa, ela foi criada inicialmente para projetos de gestão por profissionais que realizavam estudos de qualidade, e, atualmente, é empregada nos mais variados projetos empresariais.

De acordo com Petenate (2021) a ferramenta agrega todas as informações referentes ao trabalho e o padrão de entrega em um só lugar, facilitando a visualização dos dados e, assim, conferindo qualidade e agilidade à tomada de decisão.

Coutinho (2020) diz que o 5W2H pode ser aplicado em uma simples planilha de excel como meio de facilitar aos envolvidos a compreensão clara e precisa do problema que estão buscando resolver. Como exemplo, na Tabela 3 pode-se observar uma sugestão de montagem para as perguntas.

Tabela 6. 5W2H.

What (O quê?)	Why (Por quê?)	When (Quando?)	Where (Onde?)	Who (Por quem?)	How (Como?)	How much (Quanto?)

Fonte: Coutinho (2020).

As perguntas feitas na Tabela 3 são descritas a seguir:

- *What* (O quê?): aqui, deverá ser anotada a descrição do que se trata o problema, qual o objetivo do projeto e/ou mesmo a meta de melhoria que está sendo proposta para alcançar;
- *Where* (Onde?): neste espaço, deverá ser registrada a informação do local envolvido pelo problema, ou seja, onde ele está inserido, seja um setor específico ou até mesmo em qual operação ou máquina de produção ele atua;
- *When* (Quando?): a informação aqui é ligada a tempo, isto é, desde quando o problema ocorre e qual o prazo para resolução, assim como também as datas de entrega e o cronograma para cumprir o objetivo do projeto;
- *Why* (Por quê?): nesta fase, deverá ser inserido o motivo pelo qual resolver este problema ou atingir a meta proposta é importante, ou seja, sob quais aspectos financeiros e qualitativos vale a pena seguir com a resolução deste problema e/ou com o alcance desta meta;

- *Who* (Quem?): quem é ou são os responsáveis pela solução deste problema ou oportunidade de melhoria, qual a equipe designada para resolvê-lo e quem são os clientes internos ou externos são algumas das formas de responder este campo;
- *How* (Como?): como funciona o processo pelo qual o problema faz parte é a pergunta a ser respondida, ou seja, quais as etapas, atividades e variáveis pertinentes que podem afetá-lo. Uma dica aqui é usar um fluxograma para melhor representá-lo;
- *How much* (Quanto?): aqui, a informação pode ser ligada a quantidade e a custo, ou seja, quanto este problema já gerou de gastos para a área envolvida e/ou para toda a empresa, de quanto é o investimento necessário para resolvê-lo, assim como também qual a quantidade de processos e produtos que ele já afetou.

Pettenati (2021) diz que são muitas as aplicações da ferramenta, desde ajudar em um planejamento de mídia, programar manutenções preventivas de equipamentos, auxiliar em projetos de TI a definir uma estratégia de liquidação de uma empresa.

2.5 Indicadores MCC

Segundo Fogliatto e Ribeiro (2009) o cálculo da confiabilidade para uma unidade pode ser realizado ao interpretar o período de tempo transcorrido desde o momento em que um equipamento é colocado em operação até a sua primeira falha (tempo entre falhas) como uma variável que se altera aleatoriamente no tempo e/ou espaço.

Para Teles (2021), a mensuração de desempenho é um item fundamental para a gestão de qualquer empresa. No setor da indústria, isso não é diferente, pois essa atividade é essencial para identificar diferenças entre o desempenho alcançado e o pretendido. Dessa forma, é possível ter uma indicação de quais ações devem ser priorizadas e o que fazer para alcançar o patamar almejado.

Ainda segundo Teles (2021), para isso, o uso de indicadores de manutenção industrial é capaz de evidenciar como está o andamento dos processos na indústria, analisando os diferentes desempenhos que englobam desde a parada de máquinas, passando pela disponibilidade de equipamentos, gastos de manutenção, a fim de alcançar o objetivo final da cadeia produtiva. A seguir são apresentados os indicadores que impactam de maneira considerável a confiabilidade:

1. MTBF (Tempo Médio Entre Falhas);

2. MTTR (Tempo Médio para Reparo);
3. Disponibilidade Inerente;
4. Confiabilidade;

1. Para Fogliatto e Ribeiro (2009), um parâmetro importante a ser quantificado em análises de confiabilidade é o Tempo Médio Entre Falhas (MTBF), que é a medida do intervalo médio de tempo em que o sistema, conjunto ou componente tem um desempenho como o especificado antes que uma falha ocorra.

O MTBF, segundo Teles (2021), é um dos indicadores mais importantes para o setor de manutenção. Através dele podemos enxergar globalmente como a manutenção está sendo administrada de um modo geral. Esse indicador consiste basicamente em medir o tempo médio entre uma falha e outra. A forma mais eficiente de administrar esse indicador é aplicá-lo a cada equipamento, dessa forma, as ações podem ser aplicadas de forma individual, facilitando as ações.

O cálculo do indicador é:

- $MTBF = (\text{Tempo total disponível} - \text{Tempo perdido}) / (\text{Número de paradas})$

2. De acordo com Mendes (2019), tempo médio de reparo (MTTR) é uma medida da capacidade de manutenção de um item reparável, que informa o tempo médio necessário para reparar um item ou componente específico e retorná-lo ao status normal de trabalho. É uma medida básica da manutenção de equipamentos e peças. Isso inclui o tempo de notificação, o diagnóstico e o tempo gasto no reparo real, além de outras atividades necessárias para que o equipamento possa ser usado novamente.

Ainda segundo Mendes (2019), o tempo médio de reparo representa quanto tempo leva para que o equipamento volte à condição de trabalho, levando em consideração a notificação inicial da falha, o tempo necessário para enviar o equipamento para reparos, diagnóstico, tempo real de reparo, montagem, calibração, teste e depois enviá-lo de volta ao campo. Basicamente, abrange o tempo desde o momento em que um usuário envia o item para reparos até o usuário recuperar o item.

De acordo com Teles (2021), o MTTR analisa o tempo que os colaboradores colocarão uma máquina novamente em funcionamento, ou seja, mede a habilidade da equipe em consertar a falha.

O cálculo do indicador é:

- $MTTR = (\text{Tempo total de reparo}) / (\text{quantidade de falhas})$.

3. De acordo com Teles (2021), calcular a disponibilidade de equipamentos industriais é uma tarefa fundamental para que o setor de Planejamento e Controle da Manutenção possa traçar as estratégias corretas no momento de definir qual equipamento merece prioridade dentro do ambiente industrial quando se trata de atividades de manutenção.

Ainda segundo Teles (2021), o cálculo de disponibilidade de um equipamento ou instalação tem muito a dizer sobre os seus processos de manutenção e operação. O objetivo principal do PCM é garantir e elevar a disponibilidade e confiabilidade dos ativos, otimizando a produtividade.

Segundo Mendes (2019), A disponibilidade de um dispositivo é matematicamente dada por $MTBF / (MTBF + MTTR)$ para o horário de trabalho agendado.

4. De acordo com a NBR-5462/1994, confiabilidade é a capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um dado intervalo de tempo.

Segundo Teles (2021), Confiabilidade é a probabilidade de um determinado item, componente, equipamento, máquina ou sistema desempenhar a sua função especificada no projeto, de acordo com as condições de operação especificadas, em um intervalo específico de tempo.

Ainda segundo Teles (2021), o cálculo da Confiabilidade segue três passos, são eles:

Primeiro Passo: Calcular o MTBF;

Segundo Passo: Calcular a taxa de falhas (λ). A taxa de falhas é matematicamente o inverso do indicador MTBF;

$$\lambda = 1 / MTBF.$$

Terceiro Passo: Calcula-se a confiabilidade (R) através da fórmula:

$$R(t) = e^{-\lambda * t}.$$

Segundo Rodrigues (2018), os indicadores são essenciais na busca do ampliamiento do conhecimento sobre a empresa e os seus processos, a fim de reduzir custos e aumentar a produtividade ou a qualidade dos produtos oferecidos.

3 METODOLOGIA

Existem algumas definições sobre pesquisa e seus métodos, Marconi (1990) diz que a pesquisa é concebida por meio de etapas formais, com método de pensamento reflexivo, que requer um tratamento científico.

Nesta mesma linha de pensamento, Gil (2010), afirma que a pesquisa é realizada mediante conhecimentos acessíveis com a utilização de métodos e técnicas de investigação, envolvendo diversas etapas.

Segundo Kinchescki (2015), para desenvolver uma pesquisa é necessário um planejamento em que se relacionam todas as fases. Alguns autores apontam que a pesquisa compreende passos, entretanto, não há uma definição clara em relação ao número de passos, contudo, evidencia-se que o desenvolvimento compreende a elaboração de um projeto que deve considerar as etapas correspondentes às ações a serem realizadas.

3.1 Tipo de Pesquisa

Quanto à natureza, as pesquisas segundo Gil (2010) apresentam-se de diferentes maneiras, pois cada qual tem uma especificidade. As pesquisas, também, são classificadas segundo sua finalidade, estas podem ser básicas ou aplicadas. Para Gil (2010), a pesquisa básica une os estudos que tem como objetivo completar uma lacuna no conhecimento, enquanto a aplicada “abrange estudos elaborados com a finalidade de resolver problemas no âmbito das sociedades em que os pesquisadores vivem”.

Já Vergara (2013), classifica os tipos de pesquisa quanto aos meios e quanto aos fins, que para melhor visualização e entendimento serão apresentados na Tabela 5 e na Tabela 6.

Tabela 7. Quanto aos fins.

Exploratória	Pouco conhecimento sobre o assunto a ser pesquisado
Descritiva	Descrever determinada população ou fenômeno
Explicativa	Explicar determinado fenômeno
Metodológica	Sua base é a construção de um caminho ou modelo
Aplicada	Resolução de problemas existentes
Intervencionista	Resolver o problema

Fonte: Adaptado Vergara (2013).

Tabela 8. Quanto aos meios.

Campo	Realizada no local da ação
Laboratório	Realizado em ambiente controlado
Documental	Baseada em documentos
Bibliográfica	Material já publicado, livros, jornais, revistas
Experimental	Análise e observação em ambientes controlados
Ex post facto	Fato já ocorrido
Participante	Pesquisador é sujeito da pesquisa
Pesquisa-ação	Participação através da intervenção
Estudo de caso	Estudo profundo e detalhado de determinada unidade, empresa, pessoa...

Fonte: Adaptado Vergara (2013).

Com base na fundamentação sobre a metodologia de pesquisa, pode-se afirmar que o presente trabalho possui natureza qualitativa, e pode ser classificado como bibliográfico por usar referências ao estudo da manutenção mecânica. Exploratória e descritiva, pois busca levantar e analisar dados a respeito do MCC de uma empresa do setor minero-metalúrgico e utiliza a técnica do estudo de caso.

3.2 Materiais e Métodos

Para a confecção deste trabalho foram utilizados como materiais livros referentes ao assunto, normas técnicas, monografias e sites especializados em manutenção.

Os métodos utilizados são pesquisa de campo e utilização de entrevista estruturada. Com base em questionários preenchidos pelos integrantes do setor de MCC, poderão ser avaliados quais métodos, técnicas e ferramentas possuem melhor aplicabilidade na indústria minero-metalúrgica.

A Figura 14 retrata o fluxograma contendo o passo a passo da pesquisa.

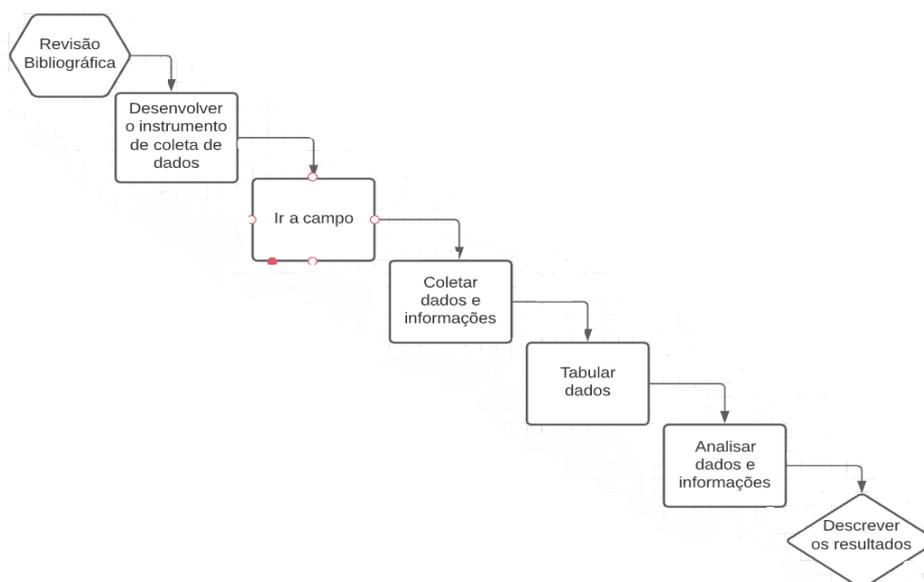


Figura 14. Fluxograma do trabalho.
Fonte: Pesquisa direta (2021).

Na Figura 14 é possível observar o sequenciamento do trabalho. O primeiro passo foi fazer uma revisão bibliográfica sobre manutenção e métodos, técnicas e ferramentas da qualidade. Feito isso, desenvolveu-se um questionário contendo os métodos, técnicas e ferramentas que possivelmente são utilizadas no setor de MCC da empresa. Com o instrumento de coleta de dados em mãos, foi definido um critério para quantificar o número de entrevistados. Um critério utilizado foi informações disponibilizadas pela área de MCC da região Sudeste do Brasil. Outro critério utilizado foi o envio online utilizando o modelo do *GoogleForms*, devido a impossibilidade de se realizar a pesquisa *in loco*. O questionário foi elaborado e enviado a 63 colaboradores que atuam no setor de confiabilidade da empresa e possuem conhecimento sobre o tema. Obteve-se uma amostragem de 26 colaboradores. A partir das repostas dos questionários os dados foram tabulados e analisados.

3.3 Variáveis e Indicadores

De acordo com Gil (2010) o termo variável é um dos mais utilizados entre pesquisadores. Ele diz que o conceito de variável se refere a tudo aquilo que pode assumir diferentes valores em determinadas circunstâncias.

Gil (2010) ainda aborda que definido um objeto de estudo, deve-se definir variáveis que cercam aquele assunto e assim determinar as formas de controle e observação do objeto de estudo.

No presente trabalho a variável é os métodos, técnicas e ferramentas da qualidade. A Tabela 6 apresenta a variável pertinente a essa pesquisa e os indicadores relacionados a mesma:

Tabela 9. Variáveis e Indicadores.

Variáveis	Indicadores
Métodos, Técnicas e ferramentas da Qualidade	Análise de modo e Efeito de Falha Potencial (FMEA)
	KAIZEN
	5S
	MASP
	5W2H
	Brainstorming
	Diagrama de Pareto
	Diagrama de Causa e Efeito
	Histograma
	Fluxograma
	Gráfico de Controle
	Gráfico de Dispersão
	Árvore de Falha (FTA)
	Gráfico de Tendência
Folha de Verificação	

Fonte: Pesquisa direta (2021).

Como apresentado na Tabela 6, estes serão os indicadores utilizados para o controle e observação da variável em questão. Com a análise destes indicadores, será possível mensurar quais métodos, técnicas e ferramentas possuem melhor aplicabilidade para garantir a confiabilidade dos equipamentos na indústria do setor minero-metalúrgico.

3.4 Instrumento de Coleta de Dados

Esta etapa consiste em determinar os instrumentos utilizados para a pesquisa executada.

Neste trabalho os dados foram coletados por meio de um instrumento de coleta de dados definido como questionário. O questionário contempla alguns métodos, técnicas e ferramentas da qualidade, para que sejam avaliados quais desses métodos, técnicas e ferramentas são efetivamente utilizados para garantir a confiabilidade e a disponibilidade física dos equipamentos.

3.5 Tabulação dos Dados

Para tabulação dos dados foram utilizados o Google Forms e o pacote office da Microsoft, mais especificamente Word, Excel.

3.6 Considerações Finais

Neste capítulo foi descrito toda a metodologia utilizada para o desenvolvimento do presente trabalho. Constatou-se o tipo de pesquisa e metodologia utilizados, as variáveis e indicadores empregados no desenvolvimento da pesquisa, instrumentos de coleta de dados e análise e, por fim, descreveu-se a coleta e tabulação dos dados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A empresa escolhida para realização da pesquisa é uma das maiores mineradoras do mundo e está presente em 30 países, preza pela excelência operacional em seus processos, visando sempre a segurança das pessoas. Tendo em vista a importância dos métodos, técnicas e ferramentas da qualidade no setor de Manutenção Centrada em Confiabilidade, a empresa se interessou pela ideia do estudo e se comprometeu em compartilhar alguns dados, contribuindo com a pesquisa.

A partir da pesquisa de campo que consistiu em coleta, tabulação e análise de dados sobre os métodos, técnicas e ferramentas que possuem melhor aplicabilidade para garantir a confiabilidade, foi possível analisar como o setor de confiabilidade das empresas do seguimento minero-metalúrgico tem a percepção de efetividade dos métodos, técnicas e ferramentas da qualidade para a obtenção de níveis de confiabilidade e disponibilidade física dos equipamentos instalados nas plantas.

Por motivos de privacidade, o nome da empresa e os nomes dos colaboradores que contribuíram para o estudo, preenchendo o questionário, serão confidenciais. O questionário foi enviado para 63 colaboradores do setor de confiabilidade da empresa que atuam na região sudeste do Brasil. Devido a limitação de tempo, obteve-se retorno de 26 questionários respondidos.

Foi solicitado aos entrevistados que eles apontassem os métodos utilizados no setor de confiabilidade da empresa. É possível observar na Figura 15 os métodos apontados pelos colaboradores.

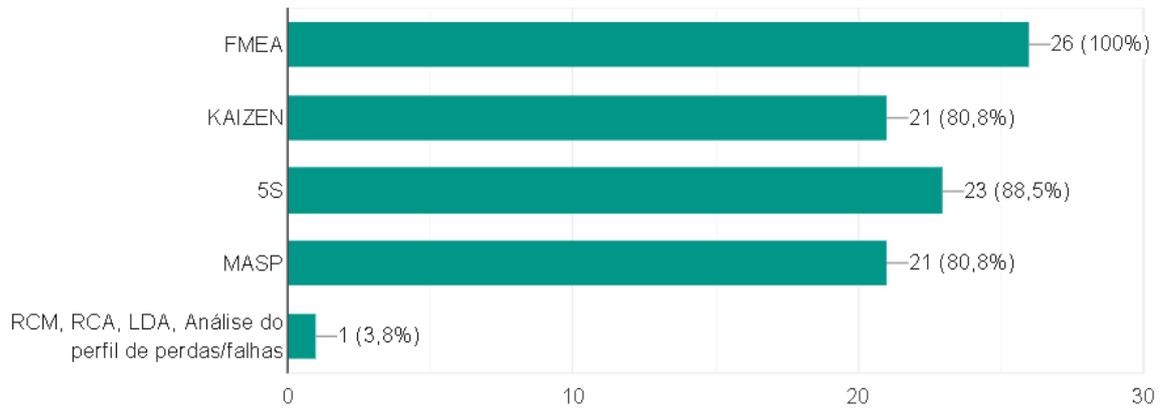


Figura 15. Métodos utilizados na empresa.
Fonte. Pesquisa direta.

Quanto aos métodos utilizados na empresa, é possível observar na Figura 15, que 100% dos entrevistados fazem uso do FMEA, seguido pelo 5S, com 88.5 %, e empatados MASP e KAIZEN, com 80.8% de usabilidade entre os colaboradores. No questionário, havia possibilidade de o colaborador inserir um outro método utilizado que não estava listado como opção. Apenas uma pessoa preencheu este campo, e é possível observar suas ponderações no gráfico.

Podem ser observados que os métodos listados na pesquisa, são utilizados de maneira considerável no setor de confiabilidade. Com destaque para o FMEA que é um dos itens essenciais na documentação de processos de fabricação na indústria.

Foi feito o mesmo procedimento para as técnicas utilizadas no setor de confiabilidade desta empresa. A Figura 16 apresenta os resultados.

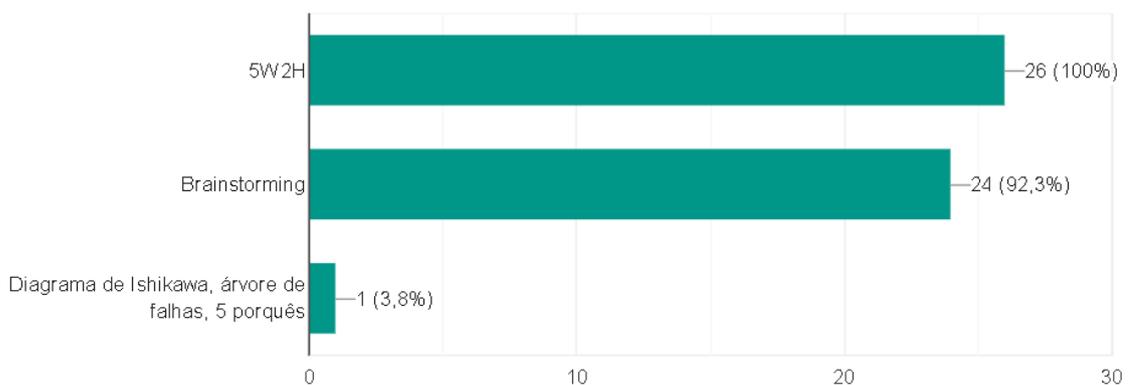


Figura 16. Técnicas utilizadas na empresa.
Fonte: Pesquisa direta.

Pode-se observar na Figura 16, que 26 colaboradores, correspondendo a 100% da amostra, fazem uso do 5W2H, e apenas 2 pessoas da amostra não faz uso do brainstorming. No campo do questionário referente a outras técnicas, apenas 1 colaborador se manifestou, e suas ponderações estão apresentadas no gráfico. Pode ser notado que a maioria dos colaboradores que participaram da pesquisa trabalham com essas duas técnicas utilizadas no setor de confiabilidade.

Por conseguinte, foi feito da mesma maneira com as ferramentas da qualidade. A Figura 17 ilustra a resposta dos colaboradores.

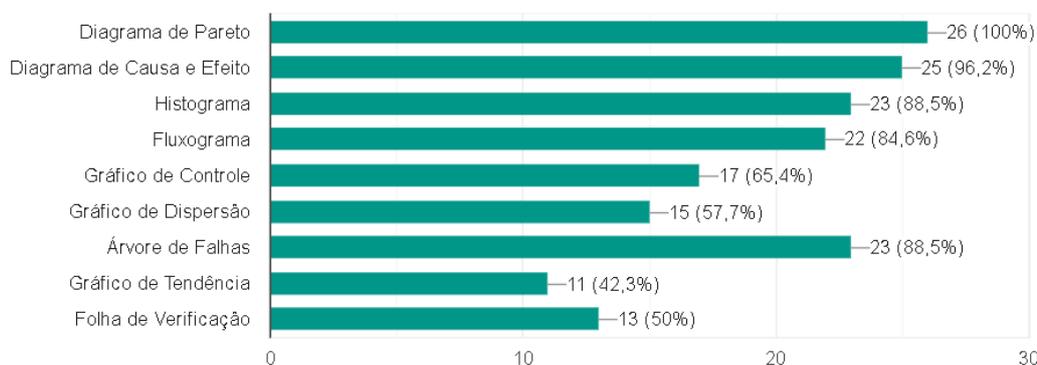


Figura 17. Ferramentas da qualidade utilizadas na empresa.
Fonte: Pesquisa direta.

O gráfico ilustrado na Figura 17, apresenta as ferramentas da qualidade utilizadas no setor de confiabilidade da empresa. Pode-se observar que 100% dos colaboradores utilizam o Diagrama de Pareto, 96.2% utilizam o Diagrama de Causa e efeito, 88.5% utilizam o Histograma, assim como 88,5% utilizam a Árvore de Falhas. Em seguida, Fluxograma, Gráfico de Controle, Gráfico de Dispersão, Folha de Verificação e Gráfico de tendência com 84,6%, 65,4%, 57,7%, 50% e 42,3% respectivamente.

Pode-se destacar a usabilidade do Diagrama de Pareto, de acordo com a pesquisa ele é utilizado por todos os colaboradores, seguido por Diagrama de Causa e Efeito e Arvore de Falhas, que também tiveram uma taxa elevada de utilização.

Foi perguntado aos colaboradores quanto a eficácia dos métodos utilizados por eles na empresa. A Figura 18 ilustra a resposta dos colaboradores.

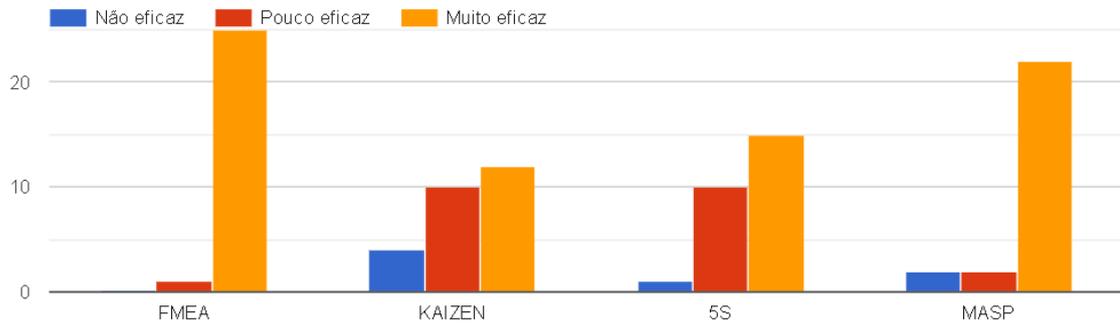


Figura 18. Eficácia dos métodos utilizados na empresa.
Fonte: Pesquisa direta.

É possível observar na Figura 18, como os colaboradores classificaram os métodos utilizados na empresa, anteriormente apontados por eles. De acordo com a pesquisa, 25 colaboradores classificaram o FMEA como “muito eficaz” e apenas 1 como “pouco eficaz”. O KAIZEN foi classificado por 12 pessoas como “muito eficaz”, 10 pessoas o classificaram como “pouco eficaz” e 4 como “não eficaz”. O método 5S foi classificado por 15 pessoas como “muito eficaz”, por 10 pessoas como “pouco eficaz” e por 1 pessoa como “não eficaz”. Já o MASP foi classificado por 22 pessoas como “muito eficaz”, por 2 pessoas como “pouco eficaz” e por 2 pessoas como “não eficaz”.

Ao fazer a análise quanto a eficácia dos métodos, percebe-se que FMEA e MASP se mostraram mais eficazes, segundo os colaboradores. O FMEA foi o único método que não apresentou resposta “não eficaz”, o que mostra sua importância no setor de Manutenção Centrada em Confiabilidade.

O mesmo foi feito para as técnicas apontadas pelos colaboradores, eles as classificaram de acordo com sua eficácia, como é apresentado na Figura 19.

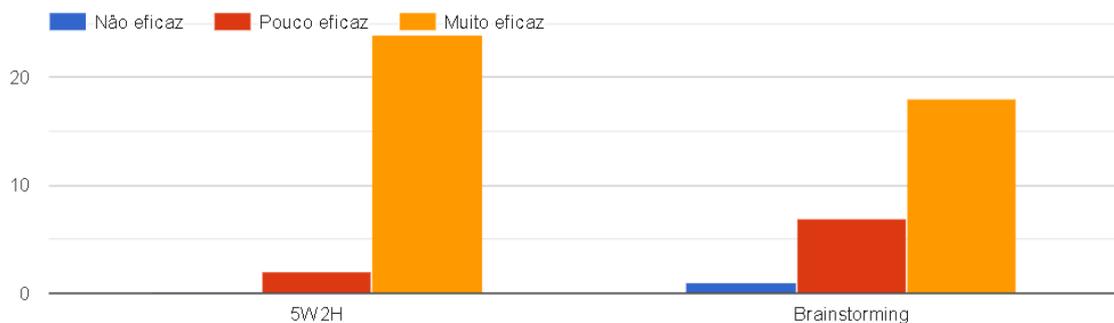


Figura 19. Eficácia das técnicas utilizadas na empresa.
Fonte: Pesquisa direta.

Pode-se observar na Figura 19 a maneira que os colaboradores avaliaram as técnicas utilizadas no setor de confiabilidade da empresa, de acordo com sua eficácia. Nota-se que 24 pessoas avaliaram a técnica 5W2H como “muito eficaz” e 2 pessoas como “pouco eficaz”. Já o brainstorming foi avaliado por 18 pessoas como “muito eficaz”, por 7 pessoas como “pouco eficaz” e por 1 pessoa como “não eficaz”.

Com base na eficácia das técnicas, a que se mostrou mais bem avaliada pelos colaboradores, foi a técnica 5W2H, não havendo nenhuma avaliação como “não eficaz”.

Por conseguinte, foi feito da mesma maneira com as ferramentas da qualidade. A Figura 20 ilustra a resposta dos colaboradores.

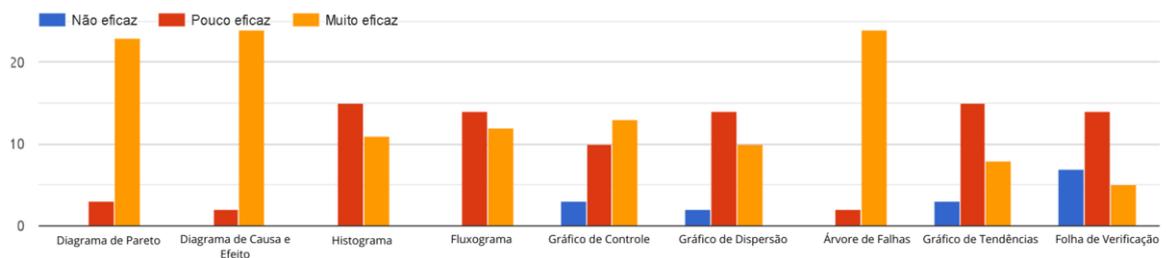


Figura 20. Eficácia das ferramentas da qualidade utilizadas na empresa.

Fonte: Pesquisa direta.

Como apresentado na Figura 20, pode-se observar como os colaboradores classificaram de acordo com a eficácia, as ferramentas da qualidade utilizadas na empresa. Nota-se que Árvore de Falhas, Diagrama de Causa e Efeito e Diagrama de Pareto, foram as ferramentas da qualidade mais bem avaliadas, tendo respectivamente 24, 24 e 23 colaboradores os classificando como “muito eficaz”. Histograma, Gráfico de Tendências, Fluxograma, Folha de Verificação, Gráfico de Dispersão e Gráfico de controle tiveram respectivamente 15, 15, 14, 14, 14 e 10 colaboradores classificando-os essas ferramentas com “pouco eficaz”. Já Folha de Verificação, Gráfico de Tendências, Gráfico de Controle e Gráfico de Dispersão foram avaliados como “não eficaz” por 7, 3, 3 e 2 colaboradores respectivamente.

Quanto a eficácia das ferramentas da qualidade, as que se destacaram foram, Diagrama de Pareto, Diagrama de Causa e Efeito e a mais bem avaliada, Árvore de Falhas. Esta última Ferramenta da Qualidade alcançou 92,3% de votos “muito eficaz”.

Considerando o uso e análise dos métodos utilizados no setor de confiabilidade da empresa, os colaboradores os classificaram como “fácil utilização” e “difícil utilização”, como mostra a Figura 21.

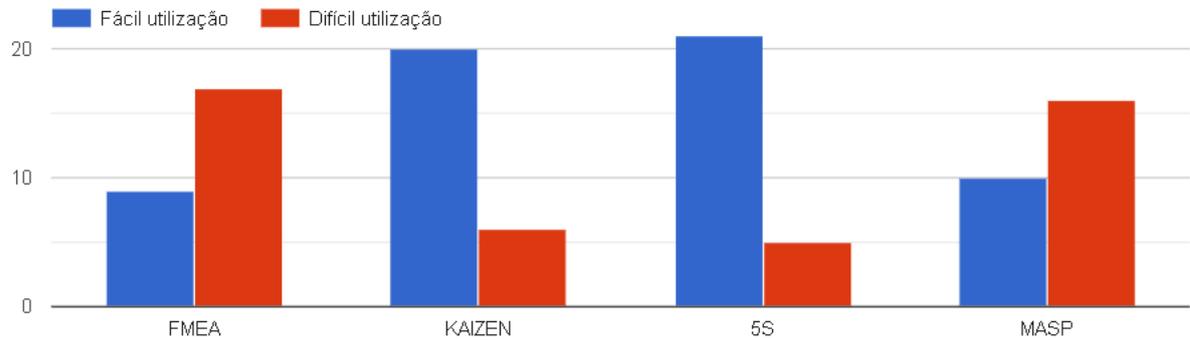


Figura 21. Classificação quanto a facilidade ou não da utilização dos métodos na empresa.
Fonte: Pesquisa direta.

Pode-se observar na Figura 21, a classificação dada aos métodos utilizados pela empresa como “fácil utilização” e “difícil utilização”. O 5S foi classificado por 21 pessoas como de “fácil utilização” e por 5 pessoas como sendo de “difícil utilização”. O KAIZEN foi classificado por 20 pessoas como de “fácil utilização” e por 6 pessoas de “difícil utilização”. Já o FMEA e o MASP foram classificados por 17 e 16 pessoas como sendo de “difícil utilização” e por 9 e 10 pessoas que os classificaram como métodos de “fácil utilização” respectivamente.

Quanto a facilidade ou não de utilização dos métodos, pode ser observado que 5s e KAIZEN, apresentam uma porcentagem elevada de colaboradores que acreditam que eles sejam de fácil utilização. Já o MASP e FMEA, apesar de terem sido os métodos mais bem avaliados quanto a eficácia, eles apresentam uma taxa elevada, de acordo com a pesquisa, de “difícil utilização”.

O mesmo foi feito para as técnicas apontadas pelos colaboradores, eles as classificaram de acordo com a facilidade de utilização, como é apresentado na Figura 22.

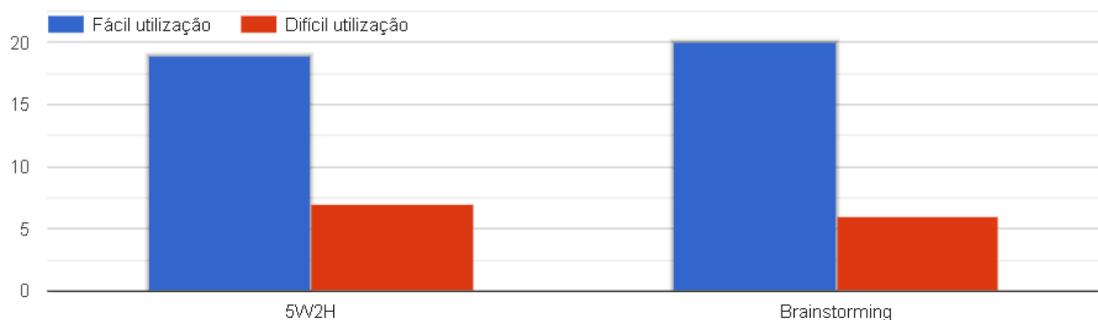


Figura 22. Classificação quanto a facilidade ou não da utilização das técnicas na empresa.
Fonte: Pesquisa direta.

Como pode ser observado na Figura 22, as técnicas apontadas pelos colaboradores foram avaliadas quanto a facilidade ou não de sua utilização. A técnica 5W2H foi considerada de “fácil utilização” por 19 colaboradores e de “difícil utilização” por 7 colaboradores. A técnica Brainstorming foi avaliada por 20 colaboradores como sendo de “fácil utilização” e por 6 colaboradores como sendo de “difícil utilização”.

As técnicas 5W2H e Brainstorming, de acordo com os colaboradores, se mostram fáceis de serem utilizadas. Com uma leve vantagem neste quesito para o Brainstorming, que apresenta 77% de votos como sendo de “fácil utilização” enquanto o 5W2H apresenta 73%.

De maneira análoga, a avaliação quanto a facilidade ou não da utilização das ferramentas da qualidade também foi feita, como mostra a Figura 23.

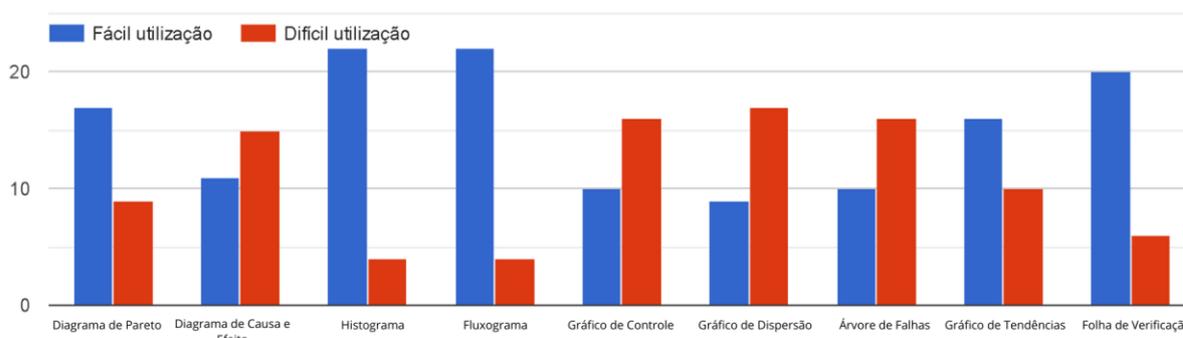


Figura 23. Classificação quanto a facilidade ou não da utilização das ferramentas da qualidade na empresa.
Fonte: Pesquisa direta.

As ferramentas da qualidade, foram avaliadas pelos colaboradores, quanto a facilidade ou não de utilização, como mostra a Figura 23. Fluxograma, Histograma, Folha de Verificação, Diagrama de Pareto e Gráfico de Tendências foram avaliadas como de “fácil utilização” por 22, 22, 20, 17 e 16 pessoas respectivamente. Já Gráfico de Dispersão, Árvore de Falhas, Gráfico de Controle e Diagrama de Causa e Efeito foram avaliados como de “difícil utilização” por 17, 16, 16 e 15 pessoas respectivamente.

Com base no gráfico, pode-se observar que as ferramentas da qualidade que apresentam maior facilidade de utilização, são Histograma e Fluxograma, seguidos pela Folha de Verificação. Já Gráfico de Dispersão, Gráfico de Controle e Árvore de Falhas, apresentam elevada taxa “difícil utilização” segundo a opinião dos colaboradores. Os apontamentos dessa pesquisa mostram que para os colaboradores, 65% deles julgam o Gráfico de Dispersão como sendo de “difícil utilização”.

Os colaboradores foram perguntados sobre qual método utilizado por eles na empresa, melhor contribui para a Disponibilidade Física dos equipamentos. A Figura 24 ilustra a questão.

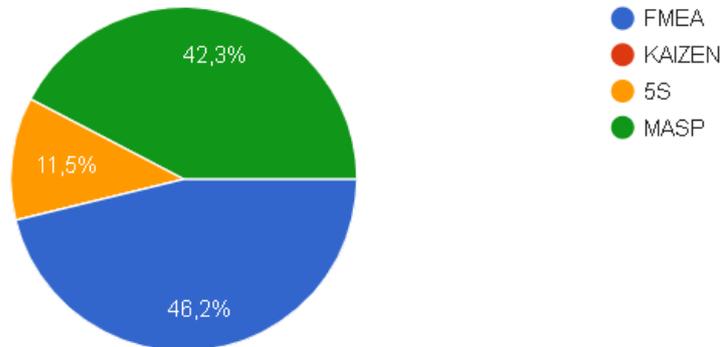


Figura 24. Método que melhor contribui para a Disponibilidade Física dos equipamentos.
Fonte: Pesquisa direta.

Como apresentado na Figura 24, os colaboradores escolheram o método que julgam melhor contribuir para a Disponibilidade Física dos equipamentos. Desses, 46.2% acreditam que o FMEA é o método que melhor contribui para a DF, já 42.3% acreditam que o MASP é o método que melhor contribui. Em relação ao método 5S, esse foi escolhido por 11.5% dos colaboradores como sendo o mais aplicável. Nenhum colaborador acredita que o KAIZEN seja o método que melhor contribui para a DF dos equipamentos na empresa.

O método mais bem avaliado em se tratando da garantia da Disponibilidade Física dos equipamentos, segundo os colaboradores, foi o FMEA. É possível inferir que, apesar de ser considerado como de “difícil utilização” por uma grande parcela dos colaboradores, maior parte desses acreditam que em se tratando de DF, o FMEA é o melhor método a ser utilizado.

Na sequência, os colaboradores responderam sobre qual técnica melhor contribui para a Disponibilidade Física dos equipamentos, como ilustra a Figura 25.

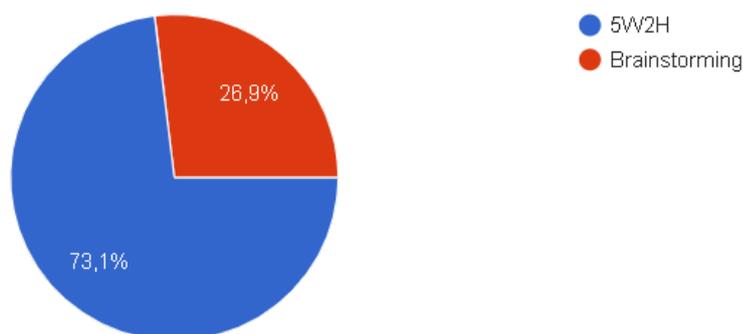


Figura 25. Técnica que melhor contribui para a Disponibilidade Física dos equipamentos.

Fonte: Pesquisa direta.

Foi possível observar no gráfico, Figura 25, a técnica que a maioria dos colaboradores acreditam possuir melhor aplicabilidade em se tratando da Disponibilidade Física dos equipamentos, é o 5W2H, de acordo com 73.1% dos colaboradores. Já, 26.9%, acreditam que a técnica que possui melhor aplicabilidade é o Brainstorming. É possível observar que a diferença de votos entre as duas técnicas foi grande, o que valida ainda mais a aplicabilidade da técnica 5W2H.

Por fim, foi solicitado aos colaboradores que registrassem as ferramentas da qualidade que melhor contribuem para a Disponibilidade Física dos equipamentos. A Figura 26 ilustra a questão.

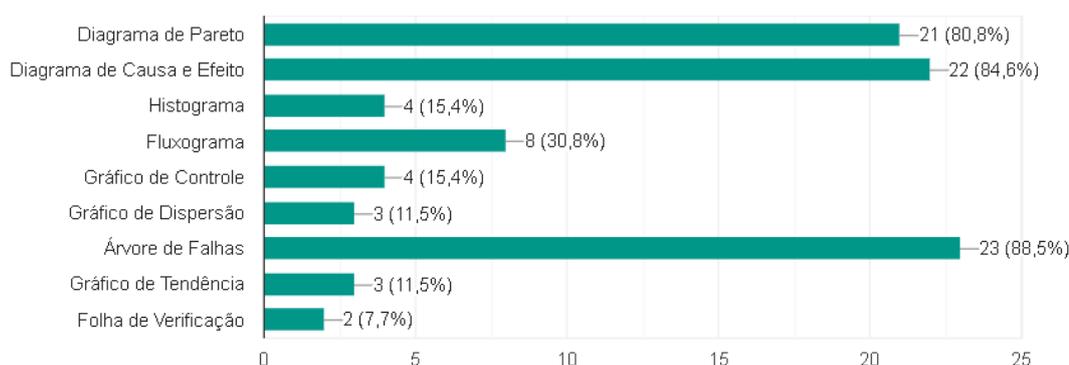


Figura 26. Ferramentas da qualidade que melhor contribuem para a DF dos equipamentos.
Fonte: Pesquisa direta.

É possível observar no gráfico ilustrado na Figura 26 que, as ferramentas da qualidade que os colaboradores julgam melhor contribuir para a Disponibilidade Física dos equipamentos. As Ferramentas que, segundo os colaboradores, melhor contribuem para a DF são: Árvore de Falhas, Diagrama de Causa e Efeito e Diagrama de Pareto, representando 88.5%, 84,6% e 80.8% respectivamente.

A Ferramenta da Qualidade que segundo os colaboradores melhor contribui para a Disponibilidade Física dos equipamentos é a Árvore de Falhas, com 23 votos a favor. Em seguida, Diagrama de Causa e Efeito e Diagrama de Pareto, também se apresentam como ferramentas capazes de contribuir com a DF dos equipamentos, esses com 22 e 21 votos respectivamente.

No fim do questionário havia um espaço para que o colaborador preenchesse com algum método, técnica ou ferramenta da qualidade que ele utiliza e que não foi abordado no questionário, porém não houve resposta.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 Conclusões

No presente capítulo são apresentadas as conclusões referentes ao trabalho e as recomendações, com base nos resultados e discussões acerca dos métodos técnicas e ferramentas da qualidade apresentados no capítulo quatro.

O propósito do trabalho foi analisar quais métodos, técnicas e ferramentas da qualidade possuem melhor aplicabilidade no setor de confiabilidade da indústria minero-metalurgica. Com base no questionário, que foi respondido pelos colaboradores da empresa que atuam na região sudeste do Brasil, foi possível observar quais métodos, técnicas e ferramentas da qualidade são utilizados por eles, a classificação quanto a facilidade de utilização dos mesmos, assim como, quais métodos técnicas e ferramentas da qualidade melhor contribuem para a disponibilidade física dos equipamentos, portanto, foi possível responder a questão problema da pesquisa.

O método com melhor aplicabilidade segundo os entrevistados foi o FMEA, este método obteve maioria dos votos. Já a técnica com melhor aplicabilidade segundo os colaboradores do setor de confiabilidade, foi 5W2H, obtendo uma ampla vantagem se comparado ao Brainstorming. E por fim, as ferramentas da qualidade que apresentam melhor aplicabilidade no setor de confiabilidade na indústria minero-metalurgica segundo os colaboradores, são Árvore de Falha, Diagrama de Causa e Efeito e Diagrama de Pareto.

5.2 Recomendações

Dada a importância que a manutenção e os estudos sobre confiabilidade apresentam no cenário industrial, recomenda-se para futuros trabalhos os seguintes temas:

- Pesquisa para demonstrar a eficácia dos cálculos OEE;
- Eficiência da aplicação dos métodos técnicas e ferramentas da qualidade por processo de manutenção;
- Eficiência da aplicação dos métodos, técnicas e ferramentas por equipamento e KPI.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ANDRADE, Luiza. **O que é ciclo PDCA e como ele pode melhorar seus processos.** Publicado dia 12/07/2017. Disponível em < <https://www.siteware.com.br/blog/metodologias/ciclo-pdca/> >. Acesso em 26 de junho de 2021.

ALONSO, Guilherme. **As sete ferramentas da qualidade.** Data não publicada. Disponível em < <https://certificacaoiso.com.br/as-sete-ferramentas-da-qualidade/> >. Acesso em 05 de junho de 2021.

ALMEIDA, Paulo Samuel de. **Manutenção mecânica industrial: princípios técnicos e operações** / Paulo Samuel de Almeida. — São Paulo: Erica, 2015. 152 p.: il. (Serie Eixos).

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

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

BASTIANI, Jeison Arenhart. **Diagrama de Ishikawa.** Disponível em: <<https://blogdaqualidade.com.br/diagrama-de-ishikawa/>> Acesso em: 10 março 2021.

BORBA PRÁ, E. A. **Manutenção Industrial sob a Perspectiva da Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) em uma Empresa da Área de Compressores Herméticos.** 2010. Dissertação (Mestrado: Engenharia de Produção e Sistemas) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville - SC, 2010.

CASTRO, Bruna Amaral. **5 passos para a criação de um fluxograma.** Data não publicada. Disponível em < <https://blog.smlbrasil.com.br/5-passos-para-criacao-de-um-fluxograma/> >. Acesso em 05 de junho de 2021.

COUTINHO, Thiago. **Diagrama de dispersão.** Data não publicada. Disponível em < <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/diagrama-de-dispersao>>. Acesso em 05 de junho de 2021.

COUTINHO, Thiago. **O que é 5W2H e como ajuda a tirar seus planos do papel.** Publicado em 25/05/2020. Disponível em < <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/o-que-e-5w2h>>. Acesso em 23 de junho de 2021.

FOGLIATTO, Flávio Sanson; RIBEIRO, José Luís Duarte. **Confiabilidade e Manutenção industrial.** Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2009.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010

GREGÓRIO, Gabriela Fonseca Parreira. **Engenharia de manutenção** [recurso eletrônico] / Gabriela Fonseca Parreira Gregório, Danielle Freitas Santos, Auricélio Barros Prata; [revisão técnica: André Shataloff]. – Porto Alegre: SAGAH, 2018.

GREGÓRIO, Gabriela Fonseca Parreira. **Manutenção industrial** [recurso eletrônico] / Gabriela Fonseca Parreira Gregório, Aline Morais da Silveira, [revisão técnica: Henrique Martins Rocha]. – Porto Alegre: SAGAH, 2018.

KARDEC, A.; NASCIF J. **Manutenção: função estratégica.** 3ª edição. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2009. 384 p.

KINCHECKI, Geovana Fritzen. **Tipos de metodologias adotadas nas dissertações do programa de pós-graduação em administração universitária da universidade federal de Santa Catarina.** XV Colóquio Internacional de Gestão Universitária – CIGU , 2015

KNIGHT, C.R. **Four decades of reliability progress.** Proceedings of the Annual Reliability and Maintenance Symposium. [S.l.]: IEEE Reliability Society, p.156-1591991.

LEAL, F., FAGUNDES, L. D. e ALMEIDA, D. A., **Metodologia de gestão de falhas para empresas do setor elétrico.** XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção – Florianópolis, SC, Brasil, 03 a 05 de novembro de 2004.

MÁRQUEZ, A., DE BONA, J., ALIJA, A. **Failure analysis of a blower fan at a petrochemical plant.** Engineering Failure Analysis, v.16, n.7, p. 2417-2426, 2009.

MARCONI, Maria de Andrade. Lakatos, Eva Maria. **Metodologia Científica.** 2. ed. São Paulo: Atlas 1990

MENDES, Guilherme. **MTTR, MTBF e MTTF- O que são esses indicadores?** 15 de dezembro de 2019. Disponível em: <<https://www.fm2s.com.br/mtbf-mtrr-mttf/>>. Acesso em 10 de março de 2021.

MOUBRAY, J. **Introdução à manutenção centrada na confiabilidade**. São Paulo: Aladdin, 1996.

NAKAJIMA, S. **Introduction to TPM**. Cambridge: Productivity Press, 1988.

OTANI, Mario; MACHADO, Waltair Vieira. **A PROPOSTA DE DESENVOLVIMENTO DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL NA BUSCA DA EXCELÊNCIA OU CLASSE MUNDIAL**. Revista Gestão Industrial, v. 4, n. 02, 2008.

PACCOLA, José Eduardo. **Manutenção e Operação de Equipamentos Móveis**. 2 ed. São José dos Campos: TBN Gráfica e Editora, 2017.

PASSAMAI, B. D. **Nova metodologia de análise de falha em empresa de refrigerante – proposta e estudo de caso**. 2007. 91f. Dissertação (trabalho de conclusão de curso) – Universidade Federal do Espírito Santo.

PETTENATI, Marcelo. **Guia 5S da qualidade**. Publicado em 04 ago 2016 | atualizado em 18 jun 2021. Disponível em <<https://www.escolaedti.com.br/o-que-e-e-para-que-serve-o-5s>>. Acesso em 23 de junho de 2021.

PETTENATI, Marcelo. **Aprenda o que é ciclo PDCA e como usá-lo na sua empresa**. publicado em 12 jul 2019 | atualizado em 03 dez de 2019. Disponível em <<https://www.escolaedti.com.br/pdca>> . Acesso em 23 de junho de 2021.

PINTO, A. K.; XAVIER, J. A. N. **Manutenção: função estratégica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2012.

RANSOM, D. L.; **A practical guideline for a successful root cause failure analysis**. Proceedings of the Thirty-Sixth Turbomachinery Symposium, p.149- 155, 2007.

RODRIGUES, Gabriel. **Cálculo de MTBF e MTTR: qual a diferença?**. 19 de setembro de 2018. Disponível em: <<https://www.blog.auvo.com/post/mtbf-e-mtrr>>. Acesso em 10 de março de 2021.

ROONEY, J. J. VANDEN HEUVEL, L. N. **Root Cause Analysis ForBeginners**. Quality Progress, v.37, n.7, p. 45-53,2004.

SANTOS, Mário José Marques Ferreira dos. **Gestão de Manutenção do Equipamento**. 2009. 72f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica) -Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2009.

SELEME, R. **Manutenção industrial: mantendo a fábrica em funcionamento**. Curitiba: Intersaberes, 2015.

SIQUEIRA, Iony P. de. **Manutenção centrada na confiabilidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

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

SUZUKI, T. **TPM in process industries**. Portland: Productivity Press, 1994.

TELES, Jhonata. **Funções de um planejador de manutenção**. Data não publicada. Disponível em <<https://engeteles.com.br/funcao-do-planejador-de-manutencao/>> Acesso em 18 de fevereiro de 2021.

TELES, Jhonata. **Manutenção Corretiva: O que é, como fazer e quando fazer**. Data não publicada. Disponível em <<https://engeteles.com.br/manutencao-corretiva/>>. Acesso em 18 de fevereiro de 2021.

TELES, Jhonata. **Manutenção Preditiva: O que é e como ela pode te ajudar!**Data não publicada. Disponível em <<https://engeteles.com.br/manutencao-preditiva/>>. Acesso em 20 de fevereiro de 2021.

TELES, Jhonata. **O que é manutenção preventiva**.Data não publicada. Disponível em <<https://engeteles.com.br/o-que-e-manutencao-preventiva/>>. Acesso em 20 de fevereiro de 2021.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**.12. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

VIANA, Herbert R. G. **Planejamento e Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro:Qualitymark, 2006.

ANEXO 1

Pesquisa sobre quais métodos, técnicas e ferramentas da qualidade possuem melhor aplicabilidade para garantir a confiabilidade.

Prezado (a),

Este questionário tem como objetivo avaliar quais métodos, técnicas e ferramentas da qualidade possuem melhor aplicabilidade para garantir a confiabilidade dos equipamentos de uma indústria minero-metalúrgica.

A pesquisa está sendo realizada para desenvolvimento de um trabalho de conclusão de curso. Todos os dados obtidos são confidenciais e utilizados somente para fins científicos.

Por favor, leia atentamente cada item e responda com atenção.

Segundo Fogliato e Ribeiro (2009), a Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) pode ser definida como um programa que reúne várias técnicas de engenharia para assegurar que os equipamentos de uma planta fabril continuarão realizando as funções especificadas. Devido a sua abordagem racional e sistemática, os programas de MCC têm sido reconhecidos como a forma mais eficiente de tratar as questões de manutenção. Eles permitem que as empresas alcancem excelência nas atividades de manutenção, ampliando a disponibilidade dos equipamentos e reduzindo custos associados a acidentes, defeitos, reparos e substituições.

Com base no contexto apresentado sobre Manutenção Centrada em Confiabilidade, responda as seguintes perguntas:

***Obrigatório**

1. 1- Assinale os MÉTODOS utilizados no setor de confiabilidade da empresa. *

Marque todas que se aplicam.

- FMEA
- KAIZEN
- 5S
- MASP

Outro: _____

2. 2- Assinale as TÉCNICAS utilizadas no setor de confiabilidade da empresa. *

Marque todas que se aplicam.

- 5W2H
- Brainstorming

Outro: _____

3. 3- Assinale as FERRAMENTAS DA QUALIDADE utilizadas no setor de confiabilidade da empresa. *

Marque todas que se aplicam.

- Diagrama de Pareto
- Diagrama de Causa e Efeito
- Histograma
- Fluxograma
- Gráfico de Controle
- Gráfico de Dispersão
- Árvore de Falhas
- Gráfico de Tendência
- Folha de Verificação

Outro: _____

4. 4- Considerando a eficácia dos MÉTODOS abaixo, atribua: 1- Não eficaz, 2- Pouco eficaz e 3- Muito eficaz. *

Marcar apenas uma oval por linha.

	Não eficaz	Pouco eficaz	Muito eficaz
FMEA	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
KAIZEN	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5S	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
MASP	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

5. 5- Considerando a eficácia das TÉCNICAS abaixo, atribua: 1- não eficaz, 2- pouco eficaz e 3- muito eficaz. *

Marcar apenas uma oval por linha.

	Não eficaz	Pouco eficaz	Muito eficaz
5W2H	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Brainstorming	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

6. 6- Considerando a eficácia das FERRAMENTAS DA QUALIDADE abaixo, atribua: 1- não eficaz, 2- pouco eficaz e 3- muito eficaz. *

Marcar apenas uma oval por linha.

	Não eficaz	Pouco eficaz	Muito eficaz
Diagrama de Pareto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Diagrama de Causa e Efeito	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Histograma	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fluxograma	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gráfico de Controle	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gráfico de Dispersão	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Árvore de Falhas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gráfico de Tendência	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Folha de Verificação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

7. 7- Considerando o uso e análise dos MÉTODOS abaixo, atribua: 1- Fácil utilização e 2- Difícil utilização. *

Marcar apenas uma oval por linha.

	Fácil utilização	Difícil utilização
FMEA	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
KAIZEN	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5S	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
MASP	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

8. 8- Considerando o uso e análise das TÉCNICAS abaixo, atribua: 1- Fácil utilização e 2- Difícil utilização. *

Marcar apenas uma oval por linha.

	Fácil utilização	Difícil utilização
5W2H	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Brainstorming	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

9. 9- Considerando o uso e análise das FERRAMENTAS DA QUALIDADE abaixo, atribua: 1- Fácil utilização e 2- Difícil utilização. *

Marcar apenas uma oval por linha.

	Fácil utilização	Difícil utilização
Diagrama de Pareto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Diagrama de Causa e Efeito	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Histograma	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fluxograma	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gráfico de Controle	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gráfico de Dispersão	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Árvore de Falhas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gráfico de Tendência	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Folha de Verificação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

10. 10- Qual MÉTODO melhor contribui para a Disponibilidade Física dos equipamentos? *

Marcar apenas uma oval.

- FMEA
 KAIZEN
 5S
 MASP

11. 11- Qual TÉCNICA melhor contribui para a Disponibilidade Física dos equipamentos? *

Marcar apenas uma oval.

- 5W2H
 Brainstorming

12. 12- Qual(s) FERRAMENTA DA QUALIDADE melhor contribui para a Disponibilidade Física dos equipamentos? *

Marque todas que se aplicam.

- Diagrama de Pareto
 Diagrama de Causa e Efeito
 Histograma
 Fluxograma
 Gráfico de Controle
 Gráfico de Dispersão
 Árvore de Falhas
 Gráfico de Tendência
 Folha de Verificação

13. 13- Caso você utilize na sua área algum método, técnica ou ferramenta da qualidade que não foi abordado nesta pesquisa, liste-o abaixo:
