



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



RAFAEL LÔBO DELLA-FONTE

**IMPLEMENTAÇÃO DA ROTINA DE ENGENHARIA DA MANUTENÇÃO
APLICADO A UMA PLANTA DE BENEFICIAMENTO DE MINÉRIO DE
FERRO PARA A MELHORIA DOS INDICADORES DE MANUTENÇÃO.**

OURO PRETO - MG
2019

RAFAEL LÔBO DELLA-FONTE

rafaelobo4@hotmail.com

**IMPLEMENTAÇÃO DA ROTINA DE ENGENHARIA DA
MANUTENÇÃO APLICADO A UMA PLANTA DE BENEFICIAMENTO DE
MINÉRIO DE FERRO PARA A MELHORIA DOS INDICADORES DE
MANUTENÇÃO**

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

Professor orientador: DSc. Washington Luís Vieira da Silva

**OURO PRETO – MG
2019**

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

D357i Della-Fonte, Rafael Lobo.
Implementação da rotina de engenharia da manutenção aplicado a uma planta de beneficiamento de Minério de Ferro para a melhoria dos indicadores de manutenção. [manuscrito] / Rafael Lobo Della-Fonte. - 2020.
64 f.: il.: color., tab..

Orientador: Prof. Dr. Washington Luis Vieira da Silva.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas.

1. Manutenção - Procedimento Operacional Padrão (POP). 3. Vida útil (Engenharia). 5. Mineração a céu aberto. 6. Beneficiamento de minério - Minérios de ferro. 9. Manutenção - Matriz de bloqueio. 10. Manutenção - Rotas de Inspeção. I. Silva, Washington Luis Vieira da. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 621

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



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

ATA DA DEFESA

Aos 06 dias do mês de Dezembro de 2019, às 14h00min, no Auditório da Fundação Gorceix, localizada na Escola de Minas – Campus - UFOP, foi realizada a defesa de Monografia do aluno Rafael Lôbo Della-Fonte, sendo a comissão examinadora constituída pelos professores: Prof. DSc. Washington Luís Vieira da Silva, Prof. MSc. Sávio Sade Tayer e Prof^a. PhD. Elisângela Martins Leal. O candidato apresentou o trabalho intitulado: **“Um Estudo de Implementação da Rotina de Engenharia da Manutenção Aplicado a uma Planta de Beneficiamento de Minério de Ferro para a Melhoria dos Indicadores de Manutenção”**, sob orientação do Prof. DSc Washington Luís Vieira da Silva. Após as observações dos avaliadores, em comum acordo os presentes consideram o(a) aluno(a) APROVADO.

Ouro Preto, 06 de Dezembro de 2019

Prof. DSc. Washington Luís Vieira da Silva
Professor Orientador

Prof. MSc. Sávio Sade Tayer
Professor Avaliador

Prof.ª PhD. Elisângela Martins Leal
Professor Avaliador

Rafael Lôbo Della-Fonte

Aluno(a)

AGRADECIMENTO

À minha família em primeiro lugar, se estou me tornando engenheiro, foi graças a vocês. Meu pai por ser meu maior exemplo de dedicação, caráter e base familiar. Minha mãe pela compreensão, apoio, amor incondicional e por me ensinar a lutar e nunca desistir de todos os meus sonhos. Meu irmão Denys por ser muito mais que um irmão, um pai em diversos momentos. Meus irmãos Brunela e Antônio por todo carinho e confiança dedicados.

À CSN Mineração pela oportunidade de aprendizado, crescimento pessoal e profissional, sem a qual, este estudo não teria sido concluído. Equipes PCM e execução, por todo aprendizado que tive durante essa fase de adaptação em que me coloco no mercado profissional.

À Amanda Bellavinha, que além de grande amiga, me ensinou e ajudou muito durante todo o processo de habitação e mudanças necessárias.

As famílias Lôbo e Della-Fonte, famílias excepcionais que tive a sorte de aprender ensinamentos que levo por toda minha vida.

À todos meus amigos da mecânica e Ouro Preto, sobretudo Mateus Alves, Aron Rabelo, Carlos Henrique da Cunha e Guilherme Horta por serem pessoas com quem pude conviver e aprender muito durante o período de graduação.

Ao Washington, meu orientador, que teve paciência na elaboração deste estudo e me apoiou e ajudou de forma incondicional.

A todos que de alguma forma, direta ou indiretamente, contribuíram para realização desse trabalho.

“É impossível progredir sem mudança, e aqueles que não mudam suas mentes não podem mudar nada.”

George Bernard Shaw, pensador irlandês(1856 – 1950).

RESUMO

DELLA-FONTE, Rafael Lôbo. **Implementação da rotina engenharia da manutenção aplicado a uma planta de beneficiamento de minério de ferro em uma empresa de mineração**, 2019. (Graduação em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Ouro Preto.

Este estudo tem como objetivo tratar o mau desempenho medido dos indicadores da manutenção através da aplicação de ferramentas da rotina de manutenção na planta de beneficiamento de uma empresa de mineração. Para isso, foi aplicado como metodologia um estudo de caso, onde buscou-se, a partir de bancos de dados, identificar as principais ocorrências de falhas não programadas para realizar a análise das possíveis mudanças dentre comportamental e de recursos mais recomendadas que gerariam resultados. O estudo foi realizado em quatro momentos: o primeiro com criação e implementação completa da ferramenta *checklist*. O segundo momento foi baseado na criação e implementação completa dos procedimentos operacionais. O terceiro momento se deu pela criação e implementação da matriz de bloqueios e o quarto e último momento foi baseado na criação e implementação completa das rotas de inspeção. Foram analisados todos equipamentos da planta de beneficiamento, com o foco na rotina necessária para a equipe de PCM e de execução. O estudo possibilitou verificar que os indicadores da manutenção melhoraram de forma gradativa e eficiente conforme implementações. Em média, a Disponibilidade Física dos equipamentos subiu 3,67%, o MTBF (Tempo Médio Entre Falhas) aumentou em 11,67 horas, o MTTR (Tempo Médio De Reparo) diminuiu 0,25 horas, o custo mensal, único indicador que deu resultados negativos, aumentou 13,68%, a aderência a programação aumentou em 5,83% e a quantidade de manutenção preventiva aumentou em 7%. Assim, o estudo permitiu mostrar a importância da rotina como ferramenta que auxilia na melhoria contínua dos processos de manutenção, além de apresentar-se como estratégia de manutenção para manter a disponibilidade, confiabilidade dos equipamentos e reduzir a variabilidade das atividades.

Palavras-chave: *Engenharia da manutenção, indicadores de manutenção, ferramentas da rotina, mineração, planta de beneficiamento de minério de ferro, checklist, procedimentos operacionais, matriz de bloqueio e rota de inspeção.*

ABSTRACT

This study aimed to address the measured poor performance of maintenance indicators by applying routine maintenance tools to a mining company's beneficiation plant. For this, a case study was applied as methodology, which sought, from databases, to identify the main occurrences of unscheduled failures to perform the analysis of possible behavioral changes and more recommended resources that would generate results. The study was conducted in four moments: the first with the creation and complete implementation of the checklist tool; The second moment was based on the creation and complete implementation of the operational procedures, the third moment was based on the creation and implementation of the lock matrix and the fourth and last moment was based on the creation and complete implementation of the inspection routes. All equipment from the beneficiation plant were analyzed, focusing on the necessary routine for the PCM and execution team. The study made it possible to verify that the maintenance indicators improved gradually and efficiently as implemented. On average, the physical availability of equipment rose 3.67%, MTBF (Mean Time Between Failures) increased 11.67 hours, MTTR (Mean Time To Repair) decreased 0.25 hours, monthly cost, the only indicator that gave negative results, increased 13.68%, adherence to programming increased by 5.83% and the amount of preventive maintenance increased by 7%. Thus, the study showed the importance of routine as a tool that helps in the continuous improvement of maintenance processes, as well as presenting a maintenance strategy to maintain the availability, reliability of equipment and reduce the variability of activities.

Keywords: *Maintenance engineering, maintenance indicators, routine tools, mining, iron ore beneficiation plant, check list, operating procedures, lockout matrix and inspection route.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Processo de planejamento	12
Figura 2: Fluxograma de classificação de equipamentos.	15
Figura 3: Fluxograma de desenvolvimento do trabalho.	20
Figura 4: Organograma da manutenção.....	23
Figura 5: Fluxograma do processo de beneficiamento	26
Figura 6: Planilha de status dos equipamentos	28
Figura 7: Plano de ação para implementação da rotina de manutenção	29
Figura 8: <i>Checklist</i> troca de tubulação.....	29
Figura 9: Rota de inspeção da Bomba de Polpa 03	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Principais indicadores de desempenho utilizados.....	2
Tabela 2: Técnicas preditivas	11
Tabela 3: Critérios para avaliação de criticidade dos equipamentos.	15
Tabela 4: Variáveis e indicadores	21
Tabela 5: Instrumento de coleta de dados.....	22
Tabela 6: Passo 1 do Procedimento Operacional	30
Tabela 7: Passo 2 do procedimento operacional.....	31
Tabela 8: Passo 3 do procedimento operacional.....	32
Tabela 9: Passo 4 do Procedimento operacional	33
Tabela 10: Passo 5 do Procedimento operacional	34
Tabela 11: Passo 6 do Procedimento operacional	35
Tabela 12: Passo 7 do Procedimento operacional	36
Tabela 13: Passo 8 do Procedimento operacional	37
Tabela 14: Passo 9 do Procedimento operacional	38
Tabela 15: Passo 10 do Procedimento operacional	39
Tabela 16: Passo 11 do Procedimento operacional	40
Tabela 17: Passo 12 do Procedimento operacional	41
Tabela 18: Passo 13 do Procedimento operacional	42
Tabela 19: Mapa de bloqueios da Peneira Classificadora	43
Tabela 20: Indicadores da manutenção até março de 2019	44
Tabela 21: Indicadores da manutenção até setembro de 2019.....	45

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Formulação do problema	1
1.2	Justificativa	2
1.3	Objetivos	3
1.3.1	Geral	3
1.3.2	Específicos	3
1.4	Estrutura do trabalho	4
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1	Manutenção: Conceito e definição	5
2.1.1	Tipos de manutenção	6
2.2	Indicadores de manutenção	11
2.3	Equipamentos de beneficiamento de minério de ferro	13
3	METODOLOGIA	17
3.1	Classificação da pesquisa.....	18
3.2	Materiais e Métodos.....	20
3.3	Variáveis e indicadores	20
3.4	Instrumentos de coleta de dados	21
3.5	Tabulação dos dados	22
3.6	Considerações Finais	22
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	23
4.1	Caracterização do setor	23
4.2	Caracterização do processo.....	25
4.3	Implementação da rotina.....	27
4.4	Análise de indicadores	44
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	48

5.1	Conclusões	48
5.2	Recomendações para trabalhos futuros.....	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		50

1 INTRODUÇÃO

1.1 Formulação do problema

A mineração mundial, após passar por um período de muitas complicações e dificuldades precisou se reformular em todos os pontos, desde finanças, produção e manutenção. Desta forma o crescente desenvolvimento e mudança dos meios produtivos e a exigência de maior competitividade das indústrias trouxe maior evidência para a função manutenção, a qual passou a desempenhar uma importância significativa na cadeia produtiva, fazendo com que a esta passasse a obter vantagem estratégica.

Xenos (1998) afirma que o conceito de manutenção não é só de retornar um equipamento às suas condições originais, de maneira mais ampla, as atividades da manutenção também devem envolver a modificação das condições originais do equipamento através da introdução de melhorias para evitar a ocorrência ou reincidência de falhas, reduzir custo e aumentar a produtividade.

Desta maneira, a manutenção tem por finalidade o aumento da confiabilidade dos equipamentos o que geraria por consequência as afirmações de Xenos (2004). Surge então a necessidade de medir o quanto a manutenção está sendo responsável pelo aumento de confiabilidade, para tais medições incluem-se os indicadores de manutenção buscando uma ciência mais exata da medição em questão.

Costa (2013) descreve os indicadores como ferramentas utilizadas na comparação de determinadas características ao longo do tempo, orientando a empresa rumo às metas e objetivos estabelecidos. No entanto, ressalta que a decisão sobre quais indicadores utilizar deve ser orientada sempre para informações que possam agregar valor à empresa. A tabela 1 representa os principais indicadores de manutenção junto ao seu grau de importância.

Tabela 1: Principais indicadores de desempenho utilizados

Principais Indicadores de Desempenho Utilizados (Grau de Importância - GI)									GI 2009
Tipos	1995	1997	1999	2001	2003	2005	2007	2009	
Custos	26,21	26,49	26,32	25,91	21,45	21,96	20,33	18,98	2
Frequência de Falhas	17,54	12,20	14,24	16,22	11,66	12,17	9,75	9,81	6
Satisfação do Cliente	13,91	11,01	11,76	11,86	8,62	8,11	8,93	9,38	7
Disponibilidade Operacional	25,20	24,70	22,60	23,24	19,58	19,81	18,51	20,68	1
Retrabalho	9,07	5,65	8,36	8,96	6,06	6,68	3,97	5,33	8
Backlog	8,07	6,55	8,98	10,41	9,32	6,92	11,57	10,02	5
Não Utilizam	-	2,09	2,79	1,22	1,63	0,72	0,33	1,07	9
TMPF (MTTF)	-	-	-	-	11,89	11,69	14,21	12,79	3
TMPR (MTTR)	-	-	-	-	9,56	11,46	11,74	11,94	4
Outros Indicadores	-	11,31	4,95	2,18	0,23	0,48	0,66	0,00	10

Fonte: Abraman - Associação Brasileira de Manutenção (2009).

Assim como em todos os setores, a mineração utiliza de indicadores para poder medir e verificar o caminho da área de manutenção. Porém são poucos os indicadores usados de forma rotineira, são eles: Disponibilidade Física, MTBF (Tempo Médio Entre Falhas), MTTR (Tempo Médio De Reparo), Custos e Aderência a programação.

Numa empresa onde não existe rotinas bem estabelecidas, os indicadores medem apenas processos subjetivos, visto que sem caminhos preestabelecidos para seguir o executante não sabe como realizar um processo e nem tem obrigação de saber visto que processo não está explícito e nem foi repassado como treinamento e incentivado a seguir. Surge a necessidade de melhorar os indicadores que se encontram em déficit com o necessário, desta forma, pergunta-se:

Como a implementação da rotina nas atividades de manutenção em equipamentos de beneficiamento de minério de ferro podem contribuir na melhoria dos indicadores da manutenção?

1.2 Justificativa

Segundo Vendrame (2005), no contexto das paradas programadas, a palavra sucesso é empregada quando se quer exprimir que foi alcançada as metas da Parada, ou seja, a entrega da parada no prazo certo, dentro do orçamento, e adequada à missão, aos objetivos e metas da empresa.

Os métodos adotados no setor de manutenção numa empresa de beneficiamento de minério de ferro têm muitos pontos a melhorar por se tratar de um ambiente muito agressivo aos equipamentos e processo.

Este trabalho tem como justificativa implementar a rotina de manutenção, através de classificação e implementação de rotas de inspeção, check list, mapa de bloqueio e procedimentos operacionais, melhorando o controle do fluxo de paradas programadas preventivas e diminuir de forma drástica as paradas corretivas.

Logo Silveira (2009), os indicadores necessitam indicar onde e quais melhoramentos podem ser conduzidos de modo a otimizar os processos, assim como destacar as áreas onde o desempenho será satisfatório. Desta forma, através de um estudo e desdobramento dos indicadores consegue-se realizar melhorias em pontos chaves que garantem maior confiabilidade e melhores resultados para a manutenção.

De acordo com Viana (2006), os indicadores de manutenção não só acompanham os desafios da manutenção, mas também sua rotina diária. Além de explicar que devem retratar aspectos importantes no processo da planta, e o PCM deve avaliar a melhor forma de monitoramento do processo, acompanhando aquilo que realmente agrega valor à manutenção.

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

Analisar a implementação de rotina nas atividades de manutenção dos equipamentos de beneficiamento de minério que podem contribuir com os indicadores de manutenção de uma empresa de mineração.

1.3.2 Específicos

- Desenvolver revisão bibliográfica sobre manutenção, seus tipos, indicadores de manutenção e equipamentos de beneficiamento de minério de ferro;
- Elaborar um procedimento metodológico para verificar as contribuições dos indicadores de manutenção em função da implementação de rotina nas atividades de manutenção;
- Realizar a classificação dos equipamentos visando a priorização dos mesmos;
- Demonstrar por meio de indicadores de manutenção, a importância da implementação da rotina em uma mineradora de pequeno porte.

1.4 Estrutura do trabalho

Este trabalho será estruturado em cinco capítulos buscando organizar a abordagem de todo conteúdo a ser explorado. O primeiro consiste na apresentação do tema proposto bem como a formulação do problema, a justificativa para a realização do trabalho e dos objetivos gerais e específicos.

O segundo capítulo trata da fundamentação teórica de cada objeto de estudo envolvido na revisão bibliográfica, como manutenção (conceito e definição), os tipos de manutenção (corretiva, preventiva e preditiva), manutenção em equipamentos de beneficiamento de minério de ferro, classificação de equipamentos e implementação de rotina de manutenção. Esta etapa é fundamental para a aplicação de conceitos técnicos no trabalho proposto e para a coleta de informações pertinentes e de interesse no desenvolvimento do presente trabalho, usando como referência a literatura e trabalhos já concluídos.

No terceiro capítulo tem-se a descrição de toda a metodologia empregada para a análise técnica do uso de classificação e implementação de rotina. Nesta etapa serão detalhados os dados de entrada, os cálculos e o software adotado para a impressão dos resultados da análise.

No quarto capítulo são apresentados os resultados da análise técnica realizada através de dados colhidos conforme aplicação de classificação e implementação de rotina, cujos dados são conhecidos e apresentados ao decorrer do trabalho.

O quinto capítulo, último, apresenta o desfecho do trabalho, relatando a resposta da pergunta problema, proposta no primeiro capítulo, além de observar alguns tópicos observados durante a realização do presente trabalho, como considerações finais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo é apresentada a base teórica necessária para a realização e melhor entendimento do trabalho.

2.1 Manutenção: Conceito e definição

De acordo com Monchy (1987), o termo “manutenção” tem sua aparição efetiva na década de 1950, no EUA e, no mesmo período, na Europa, ocupando aos poucos, os espaços nos meios de produção, indicando a função de manter todo e qualquer equipamento, ferramenta ou dispositivo em bom funcionamento.

Para a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), segundo a NBR 5462 (1994), o termo “manutenção” é definido como todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter um item (qualquer parte, componente, dispositivo, subsistema, unidade funcional, equipamento ou sistema que possa ser considerado individualmente) podendo desempenhar uma função requerida.

Nascif (2011) afirma que a evolução da manutenção pode ser descrita por quatro gerações:

- A primeira geração representa a época na qual os consertos ou reparos após a falha eram simples;
- A segunda geração, dada nos anos de 1970, caracteriza-se pela manutenção preventiva, a qual visa manter uma periodicidade ideal para as intervenções de manutenção;
- A terceira geração, surgida na década de 1980, transformou indústrias em gerenciadoras de seus equipamentos, o que proporcionou diminuição das quebras dos equipamentos, aumentando a produtividade e qualidade dos produtos;
- A quarta geração aparece no séc. XXI, mais preocupada estrategicamente com a gestão de ativos da empresa, tendo uma visão realista de todo processo gerencial

e industrial, considerando fatores de vida útil e econômica dos ativos atuando principalmente na geração de valores para as organizações, levando em consideração valores tangíveis e intangíveis.

Souza (2009) conclui que de 1990 até a época atual, tem-se uma mudança na visão gerencial, onde o complexo sistema de equipamentos, o potencial humano e o meio ambiente estão posicionados à frente dos negócios, havendo uma participação mais efetiva nos programas de qualidade, no desenvolvimento organizacional e na produtividade, proporcionando, assim, uma evolução na manutenção.

Kardec, Nascif e Baroni (2002) aborda que hoje a manutenção tem que garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção ou de serviço, com confiabilidade, segurança, custos adequados e preservação do meio ambiente, o que traz cada vez mais parâmetros de grande importância que retratam isso como a disponibilidade física (DF) e os tempos em que os equipamentos ficam parados, o Tempo Médio Entre Falhas (MTBF) e o Tempo Médio De Reparo (MTTR).

2.1.1 Tipos de manutenção

A manutenção em geral tem sempre a mesma finalidade de manter a disponibilidade física dos equipamentos o maior possível, porém ela usualmente é dividida em três tipos, a manutenção corretiva, a manutenção preventiva e a manutenção preditiva. Além dessas, alguns outros tipos podem aparecer, como por exemplo a manutenção autônoma e a produtiva. Esses tipos de manutenção serão tratados nesse tópico.

2.1.1.1 Manutenção corretiva

Conforme Souza (2009), quando um equipamento falha, esta falha pode causar uma perda total ou parcial da capacidade operacional do equipamento. Ocorrendo esta falha, a mesma deverá ser corrigida de alguma forma, e este tipo de correção é chamada de manutenção corretiva. A manutenção corretiva é aquela que mantém em operação o equipamento ou a unidade produtiva, assim que ocorre uma falha ou interrupção no processo produtivo, os serviços de correção sejam prestados no melhor prazo possível, a fim de permitir a imediata retomada das operações, dentro dos níveis de qualidade e segurança exigidos.

Segundo Xenos (1998) é necessário ter cautela ao analisar as variáveis econômicas de uma manutenção corretiva. Do ponto de vista da manutenção, a manutenção corretiva é mais barata do que prevenir falhas nos equipamentos, mas em compensação, também pode causar grandes perdas por interrupção da produção.

O que significa dizer que não seria necessário fazer apenas um levantamento de todos os custos com a manutenção corretiva em específico, mas também com a perda de produtividade provocada pela baixa disponibilidade física que esse tipo de manutenção gera.

Viana (2002) diz que a manutenção corretiva é a mais simples de ser entendida. É o simples ato de consertar o que está quebrado, inoperante, improdutivo. Antigamente, os equipamentos de produção eram mantidos somente por conta de ações corretivas, pelo fato de falta de conhecimento de novas técnicas de manutenção.

De acordo com Pinto e Xavier (1999), a manutenção corretiva pode ser dividida de duas formas:

- Manutenção corretiva não planejada: é a correção da falha de maneira aleatória. Caracteriza-se pela atuação da manutenção em fato já ocorrido, seja este uma falha ou um desempenho menor do que o esperado. Não há tempo para preparação do serviço. Esse tipo de manutenção implica em altos custos, pois causa perdas de produção e a extensão dos danos aos equipamentos é maior;
- Manutenção corretiva planejada: é a correção do desempenho menor do que o esperado ou da falha, por decisão gerencial, ou seja, pela atuação em função de acompanhamento preditivo ou pela decisão de operar até a quebra. A eficácia da manutenção corretiva planejada é função da qualidade da informação fornecida pelo acompanhamento do equipamento.

Souza (2009) descreve que a manutenção corretiva planejada é efetuada após a constatação de uma anomalia ou falha de um componente que já apresentou esta falha em uma inspeção ou durante a operação normal do equipamento.

Souza (2009), ainda diz que a maior parte dos danos pode geralmente ser corrigida por meio de intervenções simples e rápidas, enquanto outros exigem uma correção de grande porte, com envolvimento de um número elevado de pessoas e materiais, exigindo-se preparativos e cuidados tão bem elaborados quanto os exigidos na preventiva.

2.1.1.2 Manutenção preventiva

A manutenção preventiva vem da palavra “prevenir”. Em outras palavras, a manutenção preventiva é a atuação realizada com o intuito de evitar a falha de um equipamento ou de desempenho inesperada.

Tendo como base a ideia de falta de produtividade gerada pela ocorrência de falhas, ao contrário da manutenção corretiva, a manutenção preventiva tem como intuito prevenir a ocorrência de falhas. Viana (2002) classifica a manutenção preventiva como todo serviço de manutenção realizado em máquinas que não estejam em falha, estando com isto em condições operacionais ou em estado de zero defeito.

Kardec e Nascif (2010) ao dissertarem sobre manutenção preventiva afirmam que manutenção preventiva é a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha, anomalias ou queda no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo.

Segundo Xenos (1998), a manutenção preventiva, feita de forma periodicamente e bem elaborada, deve ser a atividade principal da manutenção em qualquer empresa, ela envolve algumas tarefas sistemáticas, tais como as inspeções, reformas e trocas de peças, principalmente e uma vez estabelecida, a manutenção preventiva deve ter caráter obrigatório.

Souza (2009) afirma que a manutenção preventiva deve ser planejada e prevista. Qualquer imprevisto deverá ser considerado uma ação corretiva, visando uma melhora em um novo plano de manutenção preventiva. Deve-se também identificar o verdadeiro sintoma, sua causa e a ação necessária para eliminar a causa da falha.

O que significa dizer que a necessidade de identificar a falha se torna de grande importância para que seja tratada essa falha de forma que a mesma não acarrete novas anomalias ou falhas.

A NBR 5462 (1994) afirma que a manutenção preventiva destina-se a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item. Ao analisar os conceitos de manutenção preventiva adotados e o conceito de confiabilidade, pode-se perceber a grandeza da manutenção preventiva para uma manutenção centrada na confiabilidade, visto que a manutenção preventiva proporcionará menor ocorrência de falhas, conseqüente aumento de disponibilidade e também prevenção de paradas inesperadas.

Podem-se considerar várias as vantagens que este tipo de manutenção pode trazer para uma empresa. Por exemplo, para usinas de produção contínua, em que uma simples falha de um equipamento pode restringir uma planta inteira. A simples programação de troca de equipamentos ou componentes pode reduzir a probabilidade de falhas, aumentando conseqüentemente, a probabilidade de uma empresa entregar suas metas nos prazos.

Perante Xenos (2004), com a manutenção preventiva atuando continuamente, a vida útil dos equipamentos se tornará mais prolongada, pois, para as peças em que há desgastes mais frequentes há um acompanhamento constante, e trocando-as conforme sua vida útil aumentará a durabilidade das demais, pois a mesma não forçará a quebra de outro componente ligado a ela.

2.1.1.3 Manutenção preditiva

A manutenção preditiva pode ser descrita na literatura de diversas formas, pode ser conhecida como manutenção controlada, manutenção sobre condição, manutenção com base no estado do equipamento e para alguns autores, é vista ainda como uma ferramenta da manutenção preventiva.

Siqueira (2005) informa que manutenção preditiva é qualquer inspeção programada com o objetivo de verificar a possível falha de um equipamento, em outras palavras, a previsão de falhas, controlando as variáveis do processo que indiquem o estado atual do equipamento.

Moubrey (1997) afirma que a manutenção preditiva caracteriza pela previsibilidade da deterioração do equipamento, prevenindo falhas por meio do monitoramento dos parâmetros principais, com o equipamento em funcionamento. Pode ser considerada como a execução da manutenção no momento adequado, antes que o equipamento apresente falha, e tem a finalidade de evitar a falha funcional ou evitar as conseqüências desta.

NBR 5462 (2004) indica que a manutenção preditiva permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva.

Kardec e Nascif (2010) afirmam que a manutenção preditiva pode ser definida como a atuação com base na modificação de parâmetro de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática. E afirmam ainda que através das

técnicas preditivas é feito o monitoramento da condição e a ação de correção, quando necessária, é realizada através de uma manutenção corretiva planejada.

Tavares (2000) entende por controle preditivo de manutenção, a determinação do ponto ótimo para executar a manutenção preventiva num equipamento, ou seja, o ponto a partir do qual a probabilidade de um equipamento falhar assume valores indesejáveis. A determinação desse ponto traz como resultado índices ideais de prevenção de falhas, sob o aspecto econômico, uma vez que a intervenção no equipamento não é feita durante o período que ainda está em condições de prestar o serviço, nem no período em que suas características operativas estão comprometidas.

Takashi e Osada (1993) destacou oito metas para a manutenção preditiva, que podem ser descritas como:

- Determinar o melhor período para manutenção;
- Reduzir o volume do trabalho de manutenção preventiva;
- Evitar avarias abruptas e reduzir o trabalho de manutenção não planejado;
- Aumentar a vida útil das máquinas, peças e componentes;
- Melhorar a taxa de operação eficaz do equipamento;
- Reduzir os custos de manutenção;
- Melhorar a qualidade do produto;
- Melhorar o nível de precisão da manutenção do equipamento.

Ainda de acordo com Viana (2002), o objetivo desse tipo de manutenção é determinar o tempo correto da necessidade de intervenção mantenedora, e para isso, existem quatro técnicas preditivas fortemente usadas na indústria brasileira. Para uma melhor visão das técnicas preditivas, segue a tabela 1:

Tabela 2: Técnicas preditivas

Método	Tipo	Objetivo	Técnica	Vantagens	Desvantagens
Ensaio por ultrassom	Método não destrutivo	Detectar defeitos e descontinuidades internas em materiais ferrosos e não ferrosos	Passagem de onda ultrassônica pela peça que detecta falhas ou descontinuidades	Alta sensibilidade na detecção de pequenas descontinuidades internas; dispensa processos intermediários; não requer planos ou acessórios especiais.	Necessidade de conhecimento teórico e experiência; registro de difícil obtenção; dificuldade de aplicação em faixas muito finas; requer prévio preparo de superfície.
Análise de vibração mecânica	Método não destrutivo	Verificação de vibração do sistema para análise de possível desgaste e fadiga	Instalação de acelerômetros em pontos determinados do equipamento que captarão a uma serie de dados para posterior análise	Realização de medidas sem contato físico com a instalação; verificação de equipamentos em pleno funcionamento.	O custo inicial para um sistema de monitoramento pode ser alto.
Termografia	Método não destrutivo	Sensoriamento remoto de pontos ou superfícies aquecidas por meio de radiação infravermelha	Detecção de partes aquecidas através da formação de imagens térmica de um componente, equipamento ou processo, a partir da radiação infravermelha.	Realização de medidas sem contato físico com a instalação; verificação de equipamentos em pleno funcionamento; inspeção de grandes superfícies em pouco tempo.	O custo inicial para um sistema de monitoramento pode ser alto.
Análise de óleo lubrificante	Método não destrutivo	Determinar o momento exato da troca do lubrificante e identificar sintomas de desgaste dos componentes	Coleta de óleo com posterior monitoramento quantitativo de partículas sólidas presentes no fluido, além de análise química e física.	Permite verificar o nível de desgaste de componentes e "prever" substituições que precedam as falhas; garante o bom funcionamento do componente.	Necessidade de aparato laboratorial eficiente.

Fonte: TRINDADE (2015)

Na Tabela 2 pode-se observar as características dessas quatro principais técnicas preditivas no que se diz respeito ao tipo, objetivo, técnicas, vantagens e desvantagens de cada um dos métodos adotados.

2.2 Indicadores de manutenção

Assim como qualquer processo de produção, monitoramento do sistema de manutenção depende da correta definição de itens de controle e indicadores de resultados, conforme o interesse do avaliador. Quando o sistema observado é o próprio processo de planejamento, os indicadores devem refletir os resultados das etapas de programação e execução de atividades, além de medir o atendimento aos objetivos do planejamento, todos responsáveis pela qualidade do processo, e a manutenção precisa ser visto como um processo. A figura 1 ilustra a composição típica de um processo de planejamento, fracionado da seguinte forma:

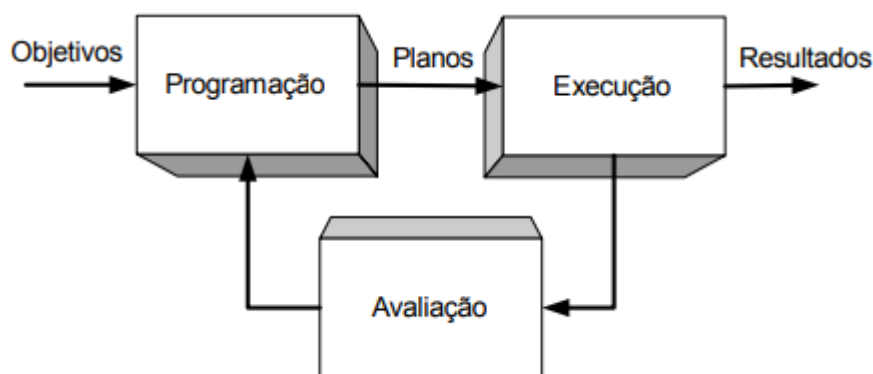


Figura 1: Processo de planejamento
 Fonte: Siqueira (2006)

No processo de programação apresentado na figura 1, percebe-se que a avaliação, assim como a execução tem grande importância por se tratar de um *feedback* necessário para a realização de novas programações. A manutenção tem como avaliações os indicadores de manutenção.

Viana (2006) apresenta alguns indicadores que são referência no que tange manutenção, são eles:

- MTBF (*Mean Time Between Failures*) ou TMPF (Tempo Médio Para Falhar): é definido como a divisão da soma das horas disponíveis do equipamento para a operação, pelo número de intervenções corretivas neste equipamento no período. Se o valor de MTBF aumentar com o tempo, é um sinal positivo para a manutenção, pois indica que o número de intervenções corretivas vem diminuindo, e conseqüentemente o total de horas disponíveis para a operação, aumentando. Pode também significar que o equipamento vem sofrendo boas intervenções preventivas e preditivas, indicando que o equipamento sofre menos falhas corretivas;

- MTTR (*Mean Time To Repair*) ou TMRP (Tempo Médio Para Reparo): é a divisão entre a soma das horas de indisponibilidade para a operação devido à manutenção, pelo número de intervenções corretivas no período. Se o MTTR diminuir com o tempo, é um sinal positivo para a manutenção, pois significa que os reparos corretivos são cada vez menos impactantes na produção;

- Disponibilidade operacional: Também conhecida como Disponibilidade Física (DF) é a capacidade de um item estar em condições de executar uma certa função em um dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado. Matematicamente pode-se dizer que é a relação entre as horas trabalhadas e as horas totais no período;

- Custo de manutenção por faturamento: é a relação entre os gastos totais com manutenção, e o faturamento da companhia;

- Custo de manutenção por valor de reposição: é a relação entre o custo total de manutenção de um determinado equipamento com o seu valor de compra;

- Backlog: é a relação entre a demanda de serviços e a capacidade de atendê-los, ou seja, é a soma de todas as horas previstas de HH em carteira, divididas pela capacidade instalada da equipe de executantes;

- Índice de retrabalho: representa o percentual de horas trabalhadas em ordens de manutenção encerradas, reabertas por qualquer motivo, em relação ao total geral trabalhado no período. Tem a finalidade de verificar a qualidade dos serviços de manutenção, quanto menor o índice melhor para a manutenção, por indicar que as intervenções foram efetivas;

- Índice de corretiva: é o percentual das horas de manutenção que foram dedicadas em corretivas. Seu objetivo é fornecer a real situação da ação, planejamento e programação;

- Índice de preventiva: é o percentual das horas de manutenção que foram dedicadas em preventivas, sendo o oposto do índice de corretiva.

2.3 Equipamentos de beneficiamento de minério de ferro

O processo para se obter o minério de ferro nas condições necessárias para comercializar o mesmo se difere entre as empresas por se tratar sempre de um processo que depende principalmente das propriedades do material a ser processado e as especificações necessárias para a venda.

Para cada processo, um equipamento desempenha um importante papel. Desta forma, os principais processo e equipamentos responsáveis para realizar o beneficiamento do material, conforme o Ministério de Minas e Energia (2011), são:

- Fragmentação: “A fragmentação ou redução de tamanho é uma técnica de vital importância no processamento mineral. Um minério deve ser fragmentado até que os minerais úteis contidos sejam fisicamente liberados dos minerais indesejáveis. Às vezes, a redução de tamanho visa apenas à adequação às especificações granulométricas estabelecidas pelo mercado, como, por exemplo, a fragmentação de rochas como o granito ou calcário para a produção de brita. Em todos os casos, a fragmentação é uma operação que envolve elevado consumo energético e baixa eficiência operacional,

representando, normalmente, o maior custo no tratamento de minérios. A fragmentação é quase sempre dividida em várias etapas, para minimizar seus custos e não fragmentar as partículas além do necessário.” Ministério de Minas e Energia (2011). São exemplos de equipamentos responsáveis pela fragmentação os britadores e moinhos;

- Classificação: “Classificação é o processo de separação de partículas por tamanho. A classificação opera, geralmente, junto com as etapas de fragmentação.” Ministério de Minas e Energia (2011). São exemplos de equipamentos responsáveis pela classificação as peneiras vibratórias, classificador espiral e conjunto de hidrociclones;

- Concentração: “A concentração de minérios ocorre quando é preciso separar os minerais de interesse dos que não o são. Para que essa separação ocorra, é preciso que o ou os minerais de interesse não estejam fisicamente agregados aos que não são de interesse, daí a importância das etapas de fragmentação e classificação, que realizam e monitoram essa separação, respectivamente.” Ministério de Minas e Energia (2011). São exemplos de equipamentos de concentração separador gravitacional, separador magnético, flotador e por seleção manual.

Xenos (2004) esclarece que a rotina de manutenção abordada dentro das empresas diz muito a respeito do trabalho de planejamento possibilitando ferramentas necessárias para facilitar e tornar mais efetiva as intervenções vindas da equipe de execução, minimizando a chance de erros e eliminando a variabilidade do processo que a manutenção realiza.

2.4 Classificação de equipamentos

Realizar priorizações entre os equipamentos se faz necessária para saber os que precisam tomar mais atenção em relação a equipe de manutenção por monitoramentos e intervenções. Scholles (2018) afirma que os recursos do setor de manutenção de uma empresa, tanto em termos financeiros, mão-de-obra e tempo, são limitados. Portanto, faz-se necessário definir prioridades e focar esforços, a fim de aumentar a confiabilidade dos ativos de maneira eficiente.

De acordo com Cyrino (2018), a classificação dos equipamentos por criticidade se faz necessária por se tratar de uma ferramenta que auxilia em uma gestão eficiente e em tomadas de decisão para resolução de problemas. Desta forma, num ambiente de

beneficiamento de minério de ferro, ambiente muito agressivo aos equipamentos é de extrema importância para que a atenção volte para equipamentos de alta criticidade.

A figura 2 apresenta o fluxograma de classificação dos equipamentos.

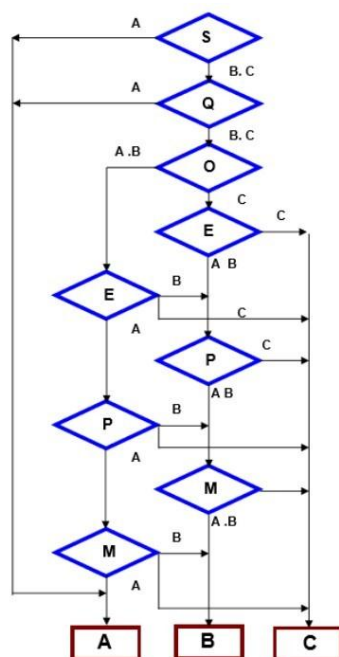


Figura 2: Fluxograma de classificação de equipamentos.
Fonte: Cyrino (2018)

O critério para a realização da classificação é dado pela tabela 3.

Tabela 3: Critérios para avaliação de criticidade dos equipamentos.

FATORES DE AVALIAÇÃO	FATORES DE AVALIAÇÃO	CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO		
		A	B	C
S	Segurança e Meio Ambiente	Caso sofra parada, provoca acidente grave e problemas de contaminação com meio ambiente	Caso sofra parada, pode provocar algum tipo de acidente porém só material, mas não com o meio ambiente	Caso sofra parada, sem probabilidades de provocar qualquer tipo de acidente, nem tampouco com o meio ambiente
Q	Qualidade do produto	Caso sofra parada, haverá com certeza queda de qualidade e geração de refugos podendo gerar reclamações de clientes	Caso sofra parada, haverá possíveis queda de qualidade e poucos refugos, sem possibilidade de reclamações de clientes	Caso sofra parada, não haverá queda de qualidade e poucos refugos, sem possibilidade de reclamações de clientes
O	Condição de Operação	Tempo de utilização da máquina ou equipamento acima de 90% ao mês	Tempo de utilização da máquina ou equipamento de 50% à 90% ao mês	Tempo de utilização da máquina ou equipamento abaixo de 50% ao mês
E	Condições de Entrega	Caso sofra uma parada, pode parar uma linha de produção sem nenhuma alternativa a curto prazo	Caso sofra uma parada, pode parar uma linha de produção, porém com alternativas imediatas	Caso sofra uma parada, não interfere na linha de produção, e com outras alternativas imediatas
P	Índice de paradas - Confiabilidade	MTBF abaixo de 15 horas	MTBF acima de 15 até 30 horas	MTBF acima de 30 horas
M	Manutenibilidade	MTTR acima de 2 horas	MTTR de 1 a 2 horas	MTTR abaixo de 1 hora

Fonte: Cyrino (2018).

Através do fluxograma apresentado pela figura 2 e a tabela 3 de explicação para realização do fluxograma, é capaz de se realizar a classificação dos equipamentos de forma aos mesmos serem subdivididos em três grupos, o grupo C, onde os equipamentos apresentam criticidade baixa, grupo B, onde os equipamentos apresentam

criticidade mediana e o grupo A, onde apresenta os equipamentos mais críticos do processo.

2.5 Rotina de manutenção

Como em todo processo produtivo, a necessidade de implementação de rotinas é de extrema importância para que o processo seja padronizado e desta maneira se torne de melhor rendimento e com maiores reduções de custos. De forma parecida na manutenção a necessidade de melhorias nesse ponto é fundamental.

Para alcançar a rotina de manutenção, algumas ferramentas são utilizadas, entre elas, algumas das mais importantes são: *Check list*, Procedimentos Operacionais, Matriz de bloqueio e Rotas de Inspeção.

De acordo com Júnior (2018), o *check list* consiste no trabalho de verificação e inspeção de itens pelo operador ou pessoa designada para realização da atividade. O documento possui diversos itens de funcionalidade e segurança previamente levantados através do manual e com apoio da área operativa, manutenção e de segurança.

Júnior (2018) ainda afirma que a realização dos *check lists* é um trabalho que deve ser feito com a máxima atenção, pois com os dados registrados vão servir de base para o setor de Manutenção permitindo à mesma atuar com precisão e garantir assim a integridade física do operador, dos demais colaboradores e do próprio equipamento.

Cyrino (2016) descreve o procedimento operacional como um documento que descreve de maneira correta como agir, apontando uma sequência de ações ou instruções a serem seguidas para resolver um problema ou desempenhar uma atividade. Na manutenção, os procedimentos são utilizados para estabelecer um padrão de certas atividades desempenhadas que requerem uma paridade na forma de executar a manutenção.

Os procedimentos operacionais são também utilizados de forma que a empresa se adeque a todas as normas necessárias descritas pelas Normas Regulamentadoras, pois as mesmas descrevem a função da empresa de mostrar todos os tipos de riscos e as medidas de controle para o risco.

De acordo com Cyrino (2016) as inspeções de rotina são ações de olhar, examinar, ou verificar algo usando os cinco sentidos do corpo humano, as quais devem ser

realizadas de forma periódica no intuito de detectar possíveis problemas ou situações de potenciais problemas.

Cyrino (2016) ainda afirma que a realização das inspeções de rotina é de fundamental importância para a manutenção pois quando entregue as inspeções ao PCM, a equipe será responsável por analisar e criar um planejamento visando manter o funcionamento dos equipamentos da melhor forma.

Tira-se de aprendizado a partir desses conceitos que para atingir metas da equipe de execução, da qual a equipe de manutenção como um todo é medida, é necessário ter ferramentas pelas quais a mesma vai se orientar. Estas possuem grande grau de importância que podem e provavelmente vão auxiliar muito na gestão da manutenção como um todo, além de conduzir para melhores índices de confiabilidade do processo.

3 METODOLOGIA

Este capítulo tem como função apresentar a metodologia utilizada para a realização e desenvolvimento do estudo. Aborda-se a classificação da pesquisa, os materiais e métodos, as variáveis e os indicadores, o instrumento de coleta de dados, a tabulação dos mesmos e algumas considerações finais que se fazem necessárias.

3.1 Classificação da pesquisa

Gil (2008) afirma que a pesquisa pode ser como um processo sistemático e formal de desenvolvimento do método científico. Tem como seu objetivo principal descobrir respostas para problemas, através do emprego de procedimentos científicos.

Segundo Creswell (2010) as pesquisas podem ser classificadas como quantitativa, qualitativa ou a combinação entre as duas.

De acordo com Moresi (2003) a pesquisa quantitativa classifica e analisa as informações, traduzindo-as em números, esse método utiliza a estatística através da porcentagem, médias, medianas, desvio-padrão, dentre outras.

Diehl (2004) afirma que a pesquisa qualitativa, por sua vez, retrata a complexidade de um problema, sendo necessário uma compreensão e classificação dos processos dinâmicos vividos nos grupos, além de contribuir com o processo de mudança, tornando o entendimento mais acessível das mais variadas particularidades.

Desta forma, no presente trabalho adota-se uma pesquisa quantitativa, onde serão estudados casos práticos que demonstram a aplicação da rotina de manutenção, que se caracteriza por uma abordagem sistêmica, que tem como objetivo aumentar os indicadores de manutenção e desta forma a lucratividade da empresa por meio da otimização de produtos e processos.

Gil (2008) afirmar que as pesquisas podem ser classificadas quanto ao objetivo em três grupos distintos, sendo eles a pesquisa exploratória, a pesquisa descritiva e a pesquisa explicativa.

Ainda segundo Gil (2008), o objetivo de uma pesquisa exploratória é proporcionar maior familiaridade com o problema, ainda pouco conhecido ou explorado, de tal maneira que o pesquisador possa gerar hipóteses ao final da pesquisa. Este tipo de pesquisa é geralmente uma pesquisa bibliográfica e estudo de caso.

De acordo com Triviños (1987), a pesquisa descritiva exige uma série de informações sobre o que deseja pesquisar. Esse tipo de estudo pretende descrever os

fatos e fenômenos de determinada realidade. A pesquisa descritiva pode ser criticada por existir uma descrição exata dos fatos e fenômenos pelo fato de que os mesmos não podem ser verificados através da observação. O que implica dizer que não existe, por parte do investigador, um exame crítico das informações e os resultados podem ser equivocados.

Lakatos e Marconi (1991) afirmam que a pesquisa exploratória tem como objetivo registrar fatos, analisá-los, interpretá-los e identificar suas causas. Essa prática visa definir leis mais amplas, estruturar e determinar modelos teóricos, ampliar generalizações, relacionar hipóteses em uma visão mais unitária do universo ou âmbito produtivo em geral e gerar hipóteses ou ideias por força de dedução lógica.

Tomando como base os pontos apresentados, consegue-se classificar o trabalho quanto ao objetivo como uma pesquisa exploratória, de forma que a mesma é realizada a partir de um estudo de caso e gerar hipótese para soluções de problemas.

Dentre os procedimentos metodológicos, existem o estudo de caso e a pesquisa bibliográfica.

Lakatos e Marconi (1991) descrevem a pesquisa bibliográfica abrange toda bibliografia já tornada pública em relação ao tema de estudo e sua finalidade é colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que foi escrito, dito ou filmado sobre determinado assunto.

Lakatos e Marconi (1991) continuam afirmando que a pesquisa bibliográfica não é apenas uma repetição do já foi dito ou escrito sobre certo assunto, mas propicia o exame de um tema sob novo enfoque ou abordagem, chegando a conclusões inovadoras.

De acordo com Silva (2004) quanto aos estudos de caso explica que este se trata do detalhamento para avaliação de um ou poucos objetos. O estudo de caso conforme Lakatos e Marconi (1991) consiste na observação de fatos e fenômenos tal como ocorrem espontaneamente, na coleta de dados a eles referentes e no registro de variáveis que se presume serem relevantes para analisá-los e tem como o objetivo de conseguir informações e/ou conhecimentos acerca de um problema, para o qual se procura uma resposta, ou de uma hipótese que se queira comprovar, ou, ainda, descobrir novos fenômenos ou as relações entre eles.

Desta forma, no presente trabalho adota-se um procedimento metodológico de estudo de caso.

3.2 Materiais e Métodos

A figura 3 mostra o fluxograma de desenvolvimento deste trabalho.

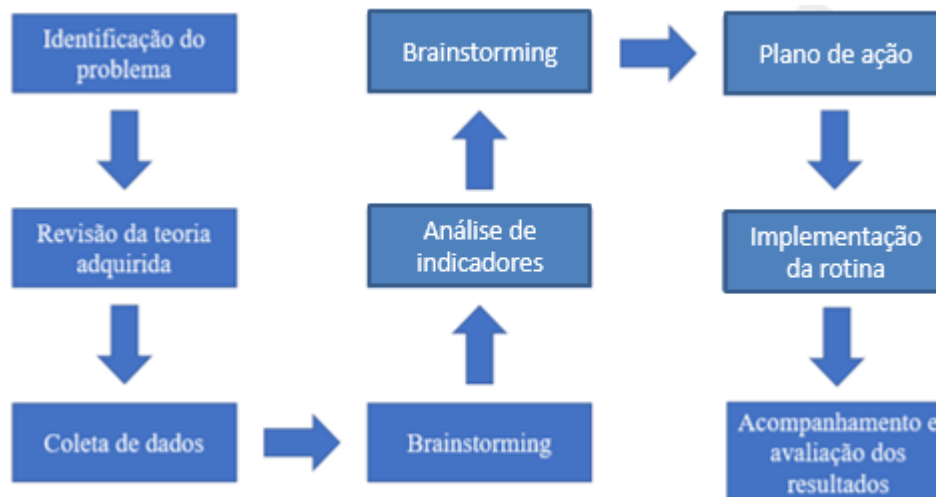


Figura 3: Fluxograma de desenvolvimento do trabalho.
Fonte: Pesquisa direta (2019)

De acordo com a figura 2, a origem do estudo se deu pela identificação de um problema, que no caso do estudo é melhorar os indicadores de manutenção. Para a resolução desse problema, foi feita uma revisão bibliográfica com finalidade de saber como proceder para que o problema em questão seja resolvido. Em seguida foi realizada uma coleta de dados e informações através do banco de dados da empresa e entrevistas com pessoas chaves no processo. Para realizar uma análise dos dados é realizado um *brainstorming* que permite ter uma melhor ideia do processo e os procedimentos mais importantes do mesmo. Após o *brainstorming* é uma análise de dados para comprovar quais áreas pode ser aplicado a implementação da rotina para verificar e priorizar de acordo com o risco que cada procedimento impõe. Tendo os procedimentos analisados é realizado um novo *brainstorming* para o desenvolvimento de um plano de ação para acarretar mudanças e melhorias no processo. Por fim, é realizado um acompanhamento e avaliação dos resultados obtidos.

3.3 Variáveis e indicadores

Para ser possível analisar o procedimento de manutenção e implementação da rotina é necessário considerar algumas variáveis e indicadores.

De acordo com Lakatos e Marconi (1991) uma variável é considerada uma classificação ou medida, ou seja, uma quantidade que varia; um conceito operacional, que apresenta ou contém valores; um aspecto; um fator ou propriedade, discernível em algum objeto de estudo.

Tadachi e Flores (1997) definem que os indicadores são classificados como formas que representam de maneira quantificável as características de produtos e processos. Os indicadores, são utilizados pelas organizações com o objetivo de controlar e melhorar a qualidade e o desempenho dos seus produtos ao longo do tempo.

A tabela 4 demonstra as variáveis e os indicadores utilizados ao decorrer do trabalho.

Tabela 4: Variáveis e indicadores

Variáveis	Indicadores
Indicadores de manutenção	DF – Disponibilidade Física
	MTBF – Tempo médio entre falhas
	MTTR – Tempo médio de reparos
	Aderência
	Custo mensal
	Proporção de manutenção preventiva x corretiva

Fonte: Pesquisa direta (2019)

3.4 Instrumentos de coleta de dados

A coleta de dados para realização deste trabalho partiu da elaboração de um roteiro de pesquisa com os passos necessários para que a coleta seja bem-sucedida visando sempre esclarecer a maior quantidade de dúvidas geradas durante a formulação do problema.

Para se obter as informações necessárias, a coleta que será feita por um roteiro de pesquisa deve seguir a tabela 5.

Tabela 5: Instrumento de coleta de dados

Mês	DF	MTBF	MTTR	Custo mensal	Aderência	Relação prev. X corret
Janeiro						
Fevereiro						
Março						
Abril						
Mai						
Junho						
Julho						
Agosto						
Setembro						

Fonte: Pesquisa direta (2019)

3.5 Tabulação dos dados

A importação dos dados será obtida através do roteiro de pesquisa. O *software* utilizado para tabulação dos dados importados será o Microsoft Excel e o *software* utilizado para documentação dos resultados será o Microsoft Word.

3.6 Considerações Finais

No capítulo 3 foram apresentadas não apenas as ferramentas utilizadas para a concretização deste estudo, cujos instrumentos escolhidos, estão de acordo com o objeto, mas também foi classificada a pesquisa de forma correta para que o estudo seja feito de maneira objetiva e clara. No próximo capítulo é abordado o estudo de caso fazendo a apresentação dos equipamentos (objeto de estudo), a aplicação prática proposta na metodologia e os resultados obtidos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Caracterização do setor

A empresa estudada é uma das maiores mineradoras do mundo, onde o processo de beneficiamento do minério de ferro fica exposto à intemperes da natureza. A empresa tem como principais atividades a extração, o beneficiamento e o transporte de minério de ferro, sendo a segunda maior exportadora nacional do mesmo.

A unidade estudada é responsável pela produção de um minério de ferro de qualidade o qual é utilizado para realizar o processo de “blendagem”, aumentando o teor de ferro do produto e diminuindo o teor de alumina e sílica no processo de embarque para exportação.

Buscando a otimização do processo, mão de obra e disponibilização de recursos, a manutenção na unidade estudada é dividida em dois setores diferentes, a manutenção de equipamentos de mina, responsável pelo planejamento e execução da manutenção de todos os equipamentos móveis da empresa e a manutenção de equipamentos da planta de beneficiamento, responsável pelo planejamento e execução dos equipamentos do processo de beneficiamento do minério.

Cada uma das divisões é separada em subgrupos responsáveis pelo Planejamento e execução no qual são supervisionadas pelo supervisor de manutenção e orientados e direcionados pelo Engenheiro de manutenção. Pode-se ver a divisão da equipe de manutenção conforme organograma apresentado na figura 4.

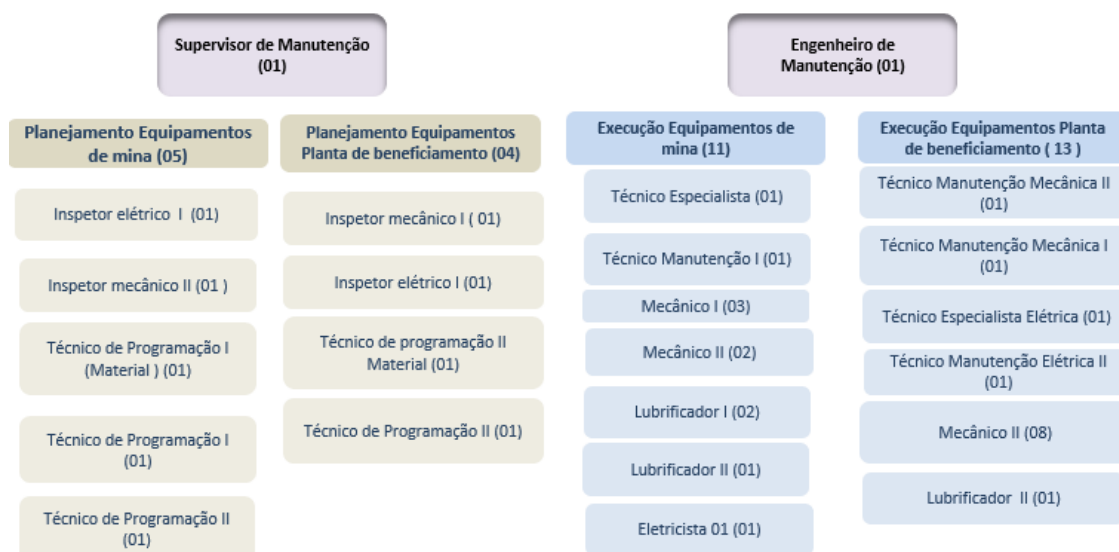


Figura 4: Organograma da manutenção
Fonte: Pesquisa direta (2019)

O PCM é responsável por todo o planejamento e preparação de qualquer atividade a ser desenvolvida pela equipe de execução, visando uma manutenção não apenas eficaz mas principalmente eficiente por parte da equipe de manutenção como um todo. É dessa equipe a responsabilidade de também dimensionar os recursos materiais e humanos necessários para a realização da atividade além de priorizar conforme a criticidade cada atividade.

O engenheiro de manutenção trabalha cuidando da rotina da equipe, visando a implementação de ferramentas de manutenção e qualidade nos processos buscando aumentar a produtividade da equipe e eliminar ou reduzir os riscos de cada atividade fornecendo melhorias para o processo através de análises quantitativas e qualitativas.

O supervisor é o líder da equipe, e tem como função conduzir, orientar, treinar e acompanhar as atividades cabíveis a cada pessoa, a fim de garantir que tenham a capacidade de realizar a determinada função da melhor maneira além de gerenciar uma matriz de qualidades e entregas de cada um, visando uma possível promoção ou desligamento quando necessário.

Os programadores são responsáveis por organizar as paradas programadas dos equipamentos baseado nos planos de manutenção e rotas de inspeção realizadas pelos inspetores das áreas, programam as ordens de serviço e troca de componentes e bem como controlam também a mão de obra que atuará no equipamento.

Os inspetores realizam a rota de inspeção, verificando de forma detalhada possíveis falhas e necessidades de melhorias nos equipamentos e no processo, fazendo esse repasse para o programador da área inspecionada para que seja gerada uma ordem de serviço e programada a manutenção.

O técnico de programação responsável por materiais faz a compra de todos os componentes necessários, desde aqueles que já estão previsto por troca nos planos de manutenção e de histórico de operação dos equipamentos e também aqueles que foram percebidos avarias pelos inspetores semanalmente, criando um histórico dos equipamentos para aplicar a descrição de estoque mínimo de peças necessárias evitando o prolongamento de paradas e de necessidade de forçar equipamentos com peças já desgastadas.

A equipe de execução é dividida entre técnicos e mecânicos, os técnicos são responsáveis pelo acompanhamento da atividade e é o interlocutor da equipe de execução e equipe do PCM, fazendo com que a informação chegue clara as duas equipes, além de dar total apoio a equipe de execução nas necessidades de verificações e ações necessárias mais complexas. Os mecânicos e eletricitas são os responsáveis pelas manutenções pré-definidas pela equipe de PCM visando uma manutenção correta e eficiente.

4.2 Caracterização do processo

A unidade estudada é responsável pela produção de cerca de 650 mil toneladas de minério de ferro por ano e destacou-se por realizar o processamento de material proveniente de barragens desativadas e que produz um minério de ferro, classificado como Pallet Feed, muito rico apresentando características muito interessantes e ganhando muitos bônus no processo de venda dele.

O processo de beneficiamento do minério de ferro tem como responsabilidade atingir a qualidade do minério de ferro e o atendimento aos requisitos dos clientes, que no caso é a Gerência de exportação do produto final que conta com a produção para realizar a “blendagem” do material.

Desta forma, o processo de produção do minério de ferro é dado pelo fluxograma apresentado pela figura 5.

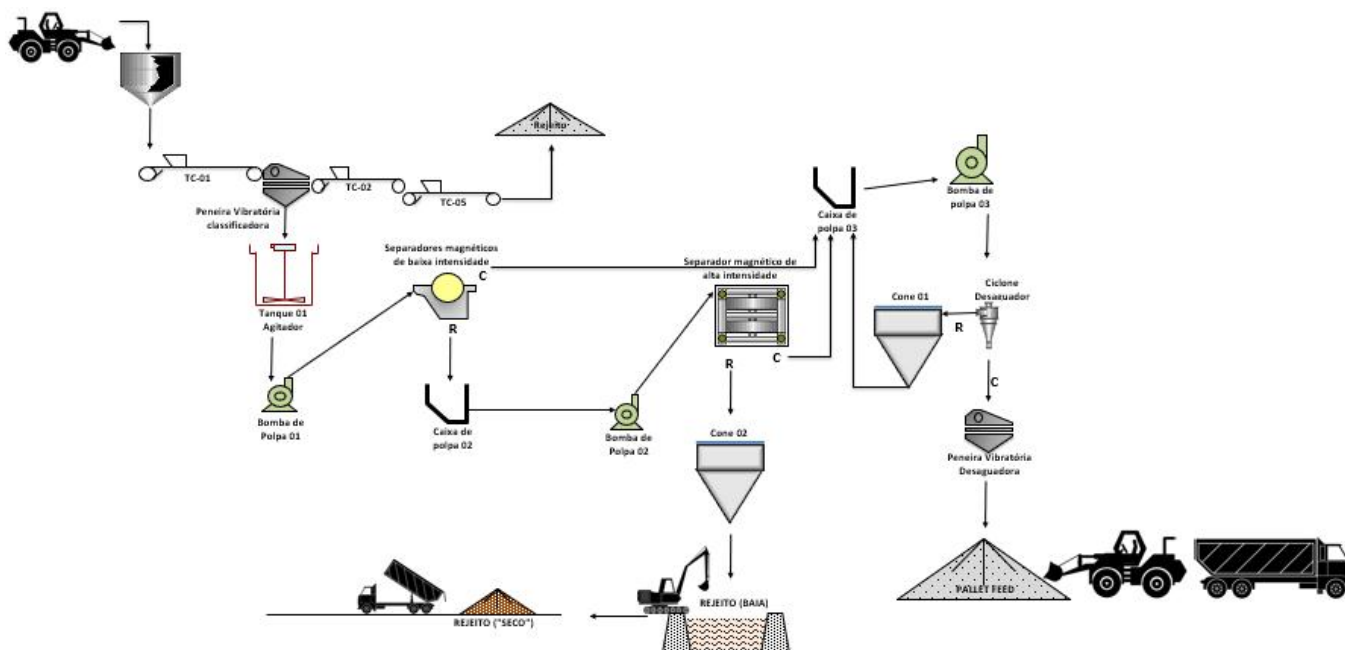


Figura 5: Fluxograma do processo de beneficiamento

Fonte: Pesquisa direta (2019)

É possível visualizar todo o fluxograma do processo de beneficiamento do material na busca da produção do *Pallet Feed*. O beneficiamento do material conta com cinco processos essenciais que tornam a produção do material de alta qualidade possível, são eles: Classificação, Transporte, Separação Magnética, Desaguamento e tratamento hídrico.

O processo de classificação começa no Alimentador Vibratório, que é responsável por retirar materiais de alta granulometria, materiais orgânicos e possíveis objetos que possam danificar algum dos equipamentos futuros do processo, por isso a grelha do alimentador é essencial e precisa sempre ser revisto. Outro equipamento responsável pela classificação do material é a Peneira Vibratória Classificadora, responsável por separar o material proveniente do Alimentador Vibratório em 3 estágios pela granulometria do material, sendo as duas maiores granulometrias consideradas o *Over Size* e dessa forma um dos rejeitos do processo.

O processo de transporte é desempenhado pelos Transportadores de Correias, responsáveis pelo transporte de materiais sólidos no processo e pelas bombas de polpa responsáveis pelo transporte de materiais líquidos.

O processo de Separação Magnética é constituído por três equipamentos, dois Separadores Magnéticos de Baixa Intensidade que exercem a função de fazer a retirada de material com alto teor de ferro, aproveitando esse material e impedindo que chegue no Separador Magnético de Alta Intensidade mantendo o mesmo sem incidência de

entupimento das matrizes e possibilitando que o mesmo consiga realizar a separação do material com teor de ferro suficiente para o processo.

O processo de desaguamento do material é o último processo da geração do produto, o Hidrociclone e a Peneira Vibratória Desaguadora são responsáveis por retirar a água do produto proveniente do processo de separação magnética, tornando o produto pronto para o carregamento, reduzindo a umidade do mesmo para menos de 12%.

O processo de reaproveitamento de água é desempenhado pelos Espessadores (cones) e pelas Baias de Decantação auxiliados pela Planta de Floculante que torna o processo de decantação do material mais rápido e eficiente, podendo recircular a água utilizada do processo.

A manutenção quanto a planta de beneficiamento de minério de ferro é responsável por gerar uma disponibilidade física acima dos 85,2%, um MTBF acima das 24 horas, um MTTR abaixo de 1,5 horas, uma aderência a programação de manutenção acima de 90%, um custo de manutenção abaixo de US\$ 50.619.49 e uma relação de preventiva e corretiva de 65% de manutenção preventiva para 35% corretiva.

4.3 Implementação da rotina

O mês de março de 2019 foi o mês destinado a coleta de dados para a realização do estudo, no qual foi verificado todos os indicadores pelos quais a manutenção era avaliada em relação ao processo. Desta forma para a realização do estudo era necessário primeiramente criar uma priorização e ordem de aplicação da rotina, buscando resultados rápidos e realmente importantes no processo.

Para a realização da priorização e ordem dos equipamentos a realizar implementação da rotina de manutenção, foi realizado a classificação de todos os equipamentos presentes no processo de beneficiamento do minério de ferro. A classificação foi realizada através do estudo realizado por Cyrino em 2018, no qual utilizasse o fluxograma apresentado na figura 2.

A escolha pela utilização do estudo realizado por Cyrino em 2018 se deu por um *brainstorming* com a equipe de PCM, o Engenheiro de manutenção e o Supervisor de manutenção, no qual foi verificado que o estudo precisava cumprir alguns requisitos, são eles:

- Ser atual;
- Realizado responsável da manutenção;
- Aplicável ao processo de mineração;

- Objetivo e claro.

Desta forma, o estudo realizado por Cyrino (2018) foi apresentado e aceito por todos sendo o mesmo cumprindo todos os pontos previamente estabelecidos pela equipe. O estudo foi utilizado na realização da classificação de cada equipamento no mês de março de 2019 no qual pode-se obter os equipamentos acompanhados de sua classificação, seu status e a situação do mesmo, apresentado pela figura 6.

INDICADORES DOS EQUIPAMENTOS CMAI						
EQUIPAMENTO	TAG	LOCALIZAÇÃO	CLASSE	STATUS	SITUAÇÃO ATUAL	
BOMBA DE AGUA BA02	410-BA-02	CASA DE BOMBAS	C	DISPONÍVEL	RESERVA	
BOMBA DE AGUA BA02R	410-BA-02R	CASA DE BOMBAS	C	DISPONÍVEL	FUNCIONANDO	
BOMBA DE AGUA BA03	410-BA-03	CASA DE BOMBAS	C	DISPONÍVEL	FUNCIONANDO	
HIDROCICLONES	410-CL-01	PISO 00 - SUP. CMAI	B	DISPONÍVEL	FUNCIONANDO	
SEPARADOR MAGNÉTICO ALTA SM03	410-SM-03	PISO 00 - SUP. CMAI	A	DISPONÍVEL	FUNCIONANDO	
BOMBA DE AGUA FLOCULANTE BA09	410-BA-09	PISO 00- ENT. CMAI	C	DISPONÍVEL	FUNCIONANDO	
BOMBA DE REAGENTE BG02	410-BG-02	PISO 00- ENT. CMAI	C	DISPONÍVEL	FUNCIONANDO	
BOMBA DE REAGENTE BG03	410-BG-03	PISO 00- ENT. CMAI	C	DISPONÍVEL	FUNCIONANDO	
PLANTA DE FLOCULANTE	410-PF-01	PISO 00- ENT. CMAI	C	DISPONÍVEL	FUNCIONANDO	
ALIMENTADOR VIBRATÓRIO GRELHA	410-GR-01	PISO 01 - CMAI	A	DISPONÍVEL	FUNCIONANDO	
PENEIRA CLASSIFICADORA PV01	410-PV-01	PISO 02 - CMAI	A	DISPONÍVEL	FUNCIONANDO	
SEPARADOR MAGNÉTICO BAIXA SM01	410-SM-01	PISO 02 - CMAI	C	DISPONÍVEL	FUNCIONANDO	
SEPARADOR MAGNÉTICO BAIXA SM02	410-SM-02	PISO 02 - CMAI	C	DISPONÍVEL	FUNCIONANDO	
TRANSPORTADOR DE CORREIA TC01	410-TC-01	PISO 02 - CMAI	B	DISPONÍVEL	FUNCIONANDO	
TRANSPORTADOR DE CORREIA TC02	410-TC-02	PISO 02 - CMAI	B	DISPONÍVEL	FUNCIONANDO	
PENEIRA DESAGUADORA PV02	410-PV-02	PISO 03 - CMAI	A	DISPONÍVEL	FUNCIONANDO	
TRANSPORTADOR DE CORREIA TC03	410-TC-03	PISO 03 - CMAI	B	DISPONÍVEL	FUNCIONANDO	
TRANSPORTADOR DE CORREIA TC04	410-TC-04	PISO 03 - CMAI	B	DISPONÍVEL	FUNCIONANDO	
TRANSPORTADOR DE CORREIA TC05	410-TC-05	PISO 03 - CMAI	B	DISPONÍVEL	FUNCIONANDO	
BOMBA DE POLPA BP01	410-BP-01	PISO 04 - CMAI	B	DISPONÍVEL	FUNCIONANDO	
BOMBA DE POLPA BP02	410-BP-02	PISO 04 - CMAI	B	DISPONÍVEL	FUNCIONANDO	
BOMBA DE POLPA BP03	410-BP-03	PISO 04 - CMAI	B	DISPONÍVEL	FUNCIONANDO	
BOMBA DE POLPA BP04	410-BP-04	PISO 04 - CMAI	C	DISPONÍVEL	FUNCIONANDO	
CONE 01	410-CN-01	PISO 04 - CMAI	C	DISPONÍVEL	FUNCIONANDO	
CONE 02	410-CN-02	PISO 04 - CMAI	C	DISPONÍVEL	FUNCIONANDO	
BOMBA DE AGUA BA07	410-BA-07	POÇO ARTESIANO 01	C	INDISPONÍVEL	FUNCIONANDO	
BOMBA DE AGUA BA08	410-BA-08	POÇO ARTESIANO 02	B	DISPONÍVEL	PARADO	
BOMBA DE AGUA BA05	410-BA-05	RESERV. CAMPESTRE	A	DISPONÍVEL	FUNCIONANDO	
BOMBA DE AGUA BA05R	410-BA-05R	RESERV. CAMPESTRE	A	INDISPONÍVEL	PARADO	
BOMBA DE AGUA BA04	410-BA-04	RESERV. CANTINA	A	DISPONÍVEL	FUNCIONANDO	
BOMBA DE AGUA BA04R	410-BA-04R	RESERV. CANTINA	A	DISPONÍVEL	RESERVA	
BOMBA DE AGUA BA06	410-BA-06	TANQ. AUSTRALIANO	A	DISPONÍVEL	FUNCIONANDO	
BOMBA DE AGUA BA06R	410-BA-06R	TANQ. AUSTRALIANO	A	DISPONÍVEL	RESERVA	

Figura 6: Planilha de status dos equipamentos

Fonte: Pesquisa direta (2019)

Após a realização da classificação dos equipamentos foi realizado um novo *brainstorming* no qual foi decidido o que iria realizar para implementação da rotina e decidiu-se que a implementação da rotina se daria pelas ferramentas a seguir:

- *Check lists*;
- Mapas de bloqueio;
- Procedimentos Operacionais;
- Rotas de inspeção.

Para a realização das ferramentas de rotina foi montado um plano de ação para que se tornasse possível e com prazos bem definidos a implementação delas. O plano de ação realizado é apresentado pela figura 7.

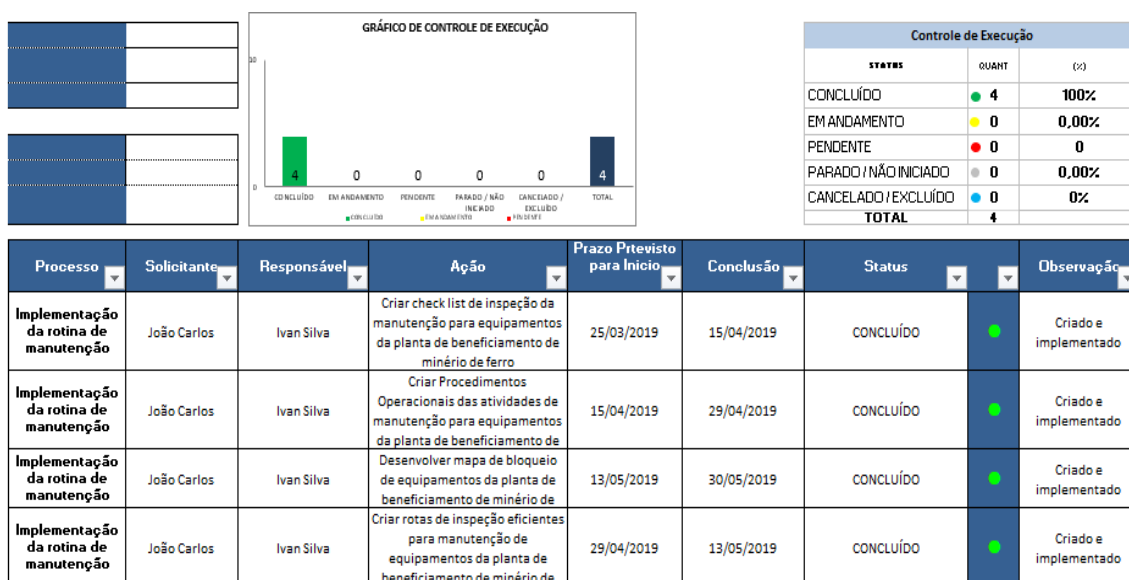


Figura 7: Plano de ação para implementação da rotina de manutenção
Fonte: Pesquisa direta (2019)

Para a realização de cada uma das ferramentas foi estudada a existência de modelos no mesmo no sistema da empresa, fazendo adequações necessárias de cada uma delas, para a implementação na realidade da unidade estudada. Sendo assim foi implementado cada ferramenta conforme o plano de ação criado.

Desta forma, a criação dos *check lists* foi adequada para a realidade da unidade estudada, um exemplo da ferramenta utilizada é apresentado pela figura 8.

Check List Troca de Tubulação						
DATA	HORÁRIO		LOCAL			
RESP. CHECK LIST /						
Item	DESCRIÇÃO	Normal	Conforme	Não conforme	Ação imediata caso não conforme	Observações
1	Volante sem necessidade de força superior ao normal;				Contactar lubrificador para verificar lubrificação e condição do volante;	
2	Rosca do volante sem material aderido;				Fazer limpeza imediata da rosca com escova de aço;	
3	Flanges com todos os parafusos de				Fixar válvula guilhotina com novos parafusos;	
4	Tubulação sem furos;				Realizar troca da tubulação;	
6	Borracha de vedação localizada exatamente entre os tubos				Ajustar a borracha para garantir que ela esteja localizada no correto local	
7	Abraçadeira realizando a junção no local correto;				Fazer melhor encaixe dos tubos para que abraçadeira consiga realizar a sua devida função;	
8	Abraçadeira devidamente fixada;				Fixar os parafusos corretamente para garantir que abraçadeira consiga vedar completamente.	

Figura 8: Checklist troca de tubulação
Fonte: Pesquisa direta (2019)

A figura 8 apresenta um modelo de *check list* para o preenchimento por parte da equipe de execução da manutenção visando a efetividade das atividades realizadas. O exemplo apresentado trata-se de um formulário para verificação de todos os pontos na atividade de troca de tubulação, no qual o executante precisa avaliar a válvula volante de alívio de pressão da linha a qual a tubulação pertence e a verificação do tubo e abraçadeira a ser trocada.

Após a criação dos *check lists* no período previamente indicado pelo plano de ação apresentado na figura 7, tendo conclusão no dia 15 de abril de 2019. A sequência necessária para implementação da rotina de manutenção se deu pela criação e implementação dos Procedimentos Operacionais.

Os Procedimentos Operacionais visam não só uma manutenção efetiva, mas também o tratamento de todos os riscos que cada atividade presente no dia a dia da equipe de manutenção. A etapa mais importante da criação e implementação da ferramenta é dado pelo item 9 do Procedimento Operacional (PO), que trata do passo a passo da atividade, a sequência de figuras representa um exemplo de passo a passo da atividade com todo o preenchimento necessário para o PO.

Tabela 6: Passo 1 do Procedimento Operacional

9. PASSO A PASSO PARA A EXECUÇÃO DA ATIVIDADE

Passo	Responsável (Cargo)	Descrição (Ação)	Riscos (SST, MA, Desvio)	Medidas de Controle (SST, MA, Desvio)
Divulgação do procedimento operacional	Supervisor de manutenção	<ul style="list-style-type: none"> O procedimento operacional será repassado aos empregados através de treinamento em sala ou no equipamento. 	<ul style="list-style-type: none"> Falta de divulgação do procedimento operacional. 	<ul style="list-style-type: none"> Deverá o responsável da área divulgar o procedimento operacional para todos os empregados evidenciando em lista de presença, assim garantindo que todos os empregados tenham conhecimento e fiquem instruídos sobre as medidas de segurança propostas. Este procedimento deverá permanecer na frente de serviço para consulta do Mecânico sempre que necessário. O líder/supervisor deverá inspecionar diariamente o cumprimento do procedimento operacional. Todos os procedimentos citados nesse documento encontram-se a disposição no Software SE Suite, do qual os gestores e facilitadores tem acesso (Ramal 3008). Sempre que o procedimento sofrer algum tipo de revisão, cabe ao supervisor realizar a divulgação novamente do procedimento e entregar para o responsável pela execução da atividade.
			<ul style="list-style-type: none"> Interferências operacionais. 	<ul style="list-style-type: none"> Ao observar algum desvio de segurança que comprometa o desenvolvimento da atividade, comunique seu Superior e somente inicie a atividade após torná-la segura. Atenção quanto ao seu DIREITO DE RECUSA AO TRABALHO conforme RG006- Direito de Recusa ao Trabalho. Sempre que verificar risco grave e eminente para a sua segurança e saúde ou a de outras pessoas, comunique imediatamente o fato a seu Superior (imediato). Deverá

Fonte: Pesquisa direta (2019)

A tabela 6 apresenta o primeiro passo de implementação do procedimento, o qual compete ao Supervisor de manutenção realizar a divulgação do PO, descrevendo a

ação, os riscos e as medidas de controle necessárias para eliminar ou amenizar os riscos os riscos da atividade. As tabelas 7 a 18 apresentam os passos seguintes das atividades.

Tabela 7: Passo 2 do procedimento operacional

Realizar bloqueio do equipamento BA-04	Mecânico	Preencher o cartão de bloqueio conforme padrão de acordo com equipamento a ser bloqueado, solicitar bloqueio a eletricista e realizar teste de efetividade do equipamento.	<ul style="list-style-type: none"> Queda de mesmo nível e diferença nível. 	<ul style="list-style-type: none"> Olhe pór onde anda e pisa, ande e não corra, não se aproxime de vãos abertos dos terrenos e sinalize os que existir, não acesse as áreas de trabalho pelos taludes ou pilhas de materiais. Utilize caminhos seguros; Ao subir/descer escadas, segure no corrimão É proibido utilização do celular em movimento.
			<ul style="list-style-type: none"> Torção de Membros inferiores. Animais Peçonhentos 	<ul style="list-style-type: none"> Observe onde pisa e sempre faça uso do caminho seguro. Sempre utilize acessos seguros. Ao acessar lugares com vegetação, utilize Perneiras de proteção. Coloque as mãos apenas em locais que você esteja visualizando. Caso visualize a presença de animais peçonhentos ou ocorra um incidente, comunique através do RAMAL DE EMERGÊNCIA 3008. Olhe pór onde anda e pisa, ande e não corra.
			<ul style="list-style-type: none"> Descargas atmosféricas 	<ul style="list-style-type: none"> Evite transitar a pé durante a ocorrência de descargas atmosféricas. Procure um local seguro para abrigo. Não permaneça em locais abertos durante a ocorrência de descargas atmosféricas.
			<ul style="list-style-type: none"> Atropelamento 	<ul style="list-style-type: none"> Não permanecer nas vias de tráfego de veículos e equipamentos móveis. Não passar e não permanecer atrás de veículos que estiver em movimento. É expressamente proibido falar no celular caminhando como também usar de fones de ouvido MP3. Proibido o uso dos óculos escuro à noite. Utilize caminhos seguros. É proibido utilização do celular em movimento.

Fonte: Pesquisa direta (2019).

A tabela 7 apresenta o segundo passo do processo ao qual o executante, que no caso deve ser o mecânico deve seguir. A atividade é a de bloqueio da bomba de água à qual a tubulação que necessita de troca está ligada, bem como a descrição da atividade, os riscos e as medidas de controle.

Tabela 8: Passo 3 do procedimento operacional

Inspeccionar válvula guilhotina responsável pela drenagem.	Mecânico	Verificar se existem materiais na rosca do volante. Verificar condição do volante e da válvula em si. Verificar se volante está girando de forma correta e sem força excessiva. (Verificar todos os pontos presentes no check list presente no item 11)	<ul style="list-style-type: none"> Atropelamento 	<ul style="list-style-type: none"> Não permanecer nas vias de tráfego de veículos e equipamentos móveis. Não passar e não permanecer atrás de veículos que estiver em movimento. É expressamente proibido falar no celular caminhando como também usar de fones de ouvido MP3. Proibido o uso dos óculos escuro à noite. Utilize caminhos seguros. É proibido utilização do celular em movimento.
			<ul style="list-style-type: none"> Descargas atmosféricas 	<ul style="list-style-type: none"> Evite transitar a pé durante a ocorrência de descargas atmosféricas. Procure um local seguro para abrigo. Não permaneça em locais abertos durante a ocorrência de descargas atmosféricas.
			<ul style="list-style-type: none"> Queda de mesmo nível e diferença nível. 	<ul style="list-style-type: none"> Olhe pôr onde anda e pisa, ande e não corra, não se aproxime de vãos abertos dos terrenos e sinalize os que existir, não acesse as áreas de trabalho pelos taludes ou pilhas de materiais. Utilize caminhos seguros;
			<ul style="list-style-type: none"> Animais Peçonhentos 	<ul style="list-style-type: none"> Ao subir/descer escadas, segure no corrimão É proibido utilização do celular em movimento. Sempre utilize acessos seguros. Ao acessar lugares com vegetação, utilize Perneiras de proteção. Coloque as mãos apenas em locais que você esteja visualizando. Caso visualize a presença de animais peçonhentos ou ocorra um incidente, comunique através do RAMAL DE EMERGÊNCIA 3008. Olhe pôr onde anda e pisa, ande e não corra.
			<ul style="list-style-type: none"> Exposição a intempéris. 	<ul style="list-style-type: none"> Utilize corretamente a capa de PVC quanto exposto a chuvas, no caso de sol utilize o protetor solar.
			<ul style="list-style-type: none"> Exposição a poeira mineral 	<ul style="list-style-type: none"> Caso ocorra a suspensão de poeira durante as atividades, utilizar proteção respiratória PFF2.
			<ul style="list-style-type: none"> Torção de Membros inferiores. 	<ul style="list-style-type: none"> Observe onde pisa e sempre faça uso do caminho seguro.

Fonte: Pesquisa direta (2019).

A tabela 8 sugere o terceiro passo do processo. A atividade é a de inspecionar a válvula guilhotina responsável pela drenagem da linha de água, além de informar o executante, a descrição da atividade, os riscos e as medidas de controle.

Tabela 9: Passo 4 do Procedimento operacional

Realizar a drenagem da linha de tubulação	Mecânico	Garantir que a válvula guilhotina seja aberta totalmente e de forma gradual.	• Atropelamento	<ul style="list-style-type: none"> • Não permanecer nas vias de tráfego de veículos e equipamentos móveis. Não passar e não permanecer atrás de veículos que estiver em movimento. • É expressamente proibido falar no celular caminhando como também usar de fones de ouvido MP3. • Proibido o uso dos óculos escuro à noite. • Utilize caminhos seguros. • É proibido utilização do celular em movimento.
			• Descargas atmosféricas	<ul style="list-style-type: none"> • Evite transitar a pé durante a ocorrência de descargas atmosféricas. • Procure um local seguro para abrigo.
				<ul style="list-style-type: none"> • Não permaneça em locais abertos durante a ocorrência de descargas atmosféricas.
			• Queda de mesmo nível e diferença nível.	<ul style="list-style-type: none"> • Olhe pôr onde anda e pisa, ande e não corra, não se aproxime de vãos abertos dos terrenos e sinalize os que existir, não acesse as áreas de trabalho pelos taludes ou pilhas de materiais. • Utilize caminhos seguros; • Ao subir/descer escadas, segure no corrimão. • É proibido utilização do celular em movimento.
			• Animais Peçonhentos	<ul style="list-style-type: none"> • Sempre utilize acessos seguros. • Ao acessar lugares com vegetação, utilize Perneiras de proteção. • Coloque as mãos apenas em locais que você esteja visualizando. • Caso visualize a presença de animais peçonhentos ou ocorra um incidente, comunique através do RAMAL DE EMERGÊNCIA 3008. • Olhe pôr onde anda e pisa, ande e não corra.
			• Exposição a intempéris.	<ul style="list-style-type: none"> • Utilize corretamente a capa de PVC quanto exposto a chuvas, no caso de sol utilize o protetor solar.
			• Exposição a poeira mineral	<ul style="list-style-type: none"> • Caso ocorra a suspensão de poeira durante as atividades, utilizar proteção respiratória PFF2.
		• Torção de Membros inferiores.	<ul style="list-style-type: none"> • Observe onde pisa e sempre faça uso do caminho seguro. 	

Fonte: Pesquisa direta (2019).

A tabela 9 sugere o quarto passo do processo. A atividade é a de realizar a drenagem da linha de água através da válvula guilhotina, além de informar o executante, a descrição da atividade, os riscos e as medidas de controle.

Tabela 10: Passo 5 do Procedimento operacional

Verificação do fluxo de água	Mecânico	Garantir que a água que está sendo drenada da linha de alimentação está	• Atropelamento	• Não permanecer nas vias de tráfego de veículos e equipamentos móveis. Não passar e não permanecer atrás de veículos que estiver em movimento.
		sendo direcionada para o reservatório da cantina e que a linha tenha sido totalmente drenada.		<ul style="list-style-type: none"> • É expressamente proibido falar no celular caminhando como também usar de fones de ouvido MP3. • Proibido o uso dos óculos escuro à noite. • Utilize caminhos seguros. • É proibido utilização do celular em movimento.
			• Descargas atmosféricas	<ul style="list-style-type: none"> • Evite transitar a pé durante a ocorrência de descargas atmosféricas. • Procure um local seguro para abrigo. • Não permaneça em locais abertos durante a ocorrência de descargas atmosféricas.
			• Queda de mesmo nível e diferença nível.	<ul style="list-style-type: none"> • Olhe pôr onde anda e pisa, ande e não corra, não se aproxime de vãos abertos dos terrenos e sinalize os que existir, não acesse as áreas de trabalho pelos taludes ou pilhas de materiais. • Utilize caminhos seguros; • Ao subir/descer escadas, segure no corrimão • É proibido utilização do celular em movimento.
			• Animais Peçonhentos	<ul style="list-style-type: none"> • Sempre utilize acessos seguros. • Ao acessar lugares com vegetação, utilize Perneiras de proteção. • Coloque as mãos apenas em locais que você esteja visualizando. • Caso visualize a presença de animais peçonhentos ou ocorra um incidente, comunique através do RAMAL DE EMERGÊNCIA 3006. • Olhe pôr onde anda e pisa, ande e não corra.
			• Exposição a intempéris.	• Utilize corretamente a capa de PVC quanto exposto a
				chuvas, no caso de sol utilize o protetor solar.
			• Exposição a poeira mineral	• Caso ocorra a suspensão de poeira durante as atividades, utilizar proteção respiratória PFF2.
			• Torção de Membros inferiores.	• Observe onde pisa e sempre faça uso do caminho seguro.

Fonte: Pesquisa direta (2019).

A tabela10 apresenta o quinto passo do processo. A atividade é a de verificar o fluxo de água da drenagem, além de informar o executante, a descrição da atividade, os riscos e as medidas de controle.

Tabela 11: Passo 6 do Procedimento operacional

Inspeccionar tubulação	Mecânico	Verificar se existe algum tipo de anomalia com a tubulação (furos, trincas, desgaste excessivo). Conforme check list no item 11.	• Atropelamento	<ul style="list-style-type: none"> • Não permanecer nas vias de tráfego de veículos e equipamentos móveis. Não passar e não permanecer atrás de veículos que estiver em movimento. • É expressamente proibido falar no celular caminhando como também usar de fones de ouvido MP3. • Proibido o uso dos óculos escuro à noite. • Utilize caminhos seguros. • É proibido utilização do celular em movimento.
			• Descargas atmosféricas	<ul style="list-style-type: none"> • Evite transitar a pé durante a ocorrência de descargas atmosféricas. • Procure um local seguro para abrigo. • Não permaneça em locais abertos durante a ocorrência de descargas atmosféricas.
			• Queda de mesmo nível e diferença nível.	<ul style="list-style-type: none"> • Olhe pôr onde anda e pisa, ande e não corra, não se aproxime de vãos abertos dos terrenos e sinalize os que existir, não acesse as áreas de trabalho pelos taludes ou pilhas de materiais. • Utilize caminhos seguros; • Ao subir/descer escadas, segure no corrimão • É proibido utilização do celular em movimento.
			• Animais Peçonhentos	<ul style="list-style-type: none"> • Sempre utilize acessos seguros. • Ao acessar lugares com vegetação, utilize Peneiras de
				<ul style="list-style-type: none"> proteção. • Coloque as mãos apenas em locais que você esteja visualizando. • Caso visualize a presença de animais peçonhentos ou ocorra um incidente, comunique através do RAMAL DE EMERGÊNCIA 3008. • Olhe pôr onde anda e pisa, ande e não corra.
			• Exposição a intempéries.	<ul style="list-style-type: none"> • Utilize corretamente a capa de PVC quanto exposto a chuvas, no caso de sol utilize o protetor solar.
			• Exposição a poeira mineral	<ul style="list-style-type: none"> • Caso ocorra a suspensão de poeira durante as atividades, utilizar proteção respiratória PFF2.
			• Torção de Membros inferiores.	<ul style="list-style-type: none"> • Observe onde pisa e sempre faça uso do caminho seguro.

Fonte: Pesquisa Direta (2019).

A tabela 11 representa o sexto passo do processo. A atividade é a de inspecionar a tubulação, além de informar o executante, a descrição da atividade, os riscos e as medidas de controle.

Tabela 12: Passo 7 do Procedimento operacional

Desacoplar abraçadeiras que garantem fixação dos tubos	Mecânico	Garantir que as abraçadeiras responsáveis pela fixação de cada uma delas tenha sido retirada corretamente e sem danificar o tubo	• Atropelamento	<ul style="list-style-type: none"> • Não permanecer nas vias de tráfego de veículos e equipamentos móveis. Não passar e não permanecer atrás de veículos que estiver em movimento. • É expressamente proibido falar no celular caminhando como também usar de fones de ouvido MP3. • Proibido o uso dos óculos escuro à noite. • Utilize caminhos seguros. • É proibido utilização do celular em movimento.
			• Descargas atmosféricas	<ul style="list-style-type: none"> • Evite transitar a pé durante a ocorrência de descargas atmosféricas. • Procure um local seguro para abrigo. • Não permaneça em locais abertos durante a ocorrência de descargas atmosféricas.
			• Queda de mesmo nível e diferença	• Olhe pôr onde anda e pisa, ande e não corra, não se
			nível.	<ul style="list-style-type: none"> • aproxime de vãos abertos dos terrenos e sinalize os que existir, não acesse as áreas de trabalho pelos taludes ou pilhas de materiais. • Utilize caminhos seguros; • Ao subir/descer escadas, segure no corrimão • É proibido utilização do celular em movimento.
			• Animais Peçonhentos	<ul style="list-style-type: none"> • Sempre utilize acessos seguros. • Ao acessar lugares com vegetação, utilize Perneiras de proteção. • Coloque as mãos apenas em locais que você esteja visualizando. • Caso visualize a presença de animais peçonhentos ou ocorra um incidente, comunique através do RAMAL DE EMERGÊNCIA 3006. • Olhe pôr onde anda e pisa, ande e não corra.
			• Exposição a intempéris.	• Utilize corretamente a capa de PVC quanto exposto a chuvas, no caso de sol utilize o protetor solar.
			• Exposição a poeira mineral	• Caso ocorra a suspensão de poeira durante as atividades, utilizar proteção respiratória PFF2.
			• Torção de Membros inferiores.	• Observe onde pisa e sempre faça uso do caminho seguro.

Fonte: Pesquisa direta (2019).

A tabela 12 representa o sétimo passo do processo. A atividade é a de desacoplar as abraçadeiras da tubulação, dando início ao processo de troca efetivamente, além de informar o executante, a descrição da atividade, os riscos e as medidas de controle.

Tabela 13: Passo 8 do Procedimento operacional

Retirar o tubo com anomalia da linha e inserir no local o novo tubo	Mecânico com auxílio de caminhão Munck	Garantir que o tubo com anomalia seja retirado e trocado pela nova tubulação com auxílio do caminhão Munck	<ul style="list-style-type: none"> • Atropelamento 	<ul style="list-style-type: none"> • Não permanecer nas vias de tráfego de veículos e equipamentos móveis. Não passar e não permanecer atrás de veículos que estiver em movimento. • É expressamente proibido falar no celular caminhando como também usar de fones de ouvido MP3. • Proibido o uso dos óculos escuro à noite.
			<ul style="list-style-type: none"> • Descargas atmosféricas 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilize caminhos seguros. • Evite transitar a pé durante a ocorrência de descargas atmosféricas. • Procure um local seguro para abrigo. • Não permaneça em locais abertos durante a ocorrência de descargas atmosféricas. • É proibido utilização do celular em movimento.
			<ul style="list-style-type: none"> • Queda de mesmo nível e diferença nível. 	<ul style="list-style-type: none"> • Olhe pôr onde anda e pisa, ande e não corra, não se aproxime de vãos abertos dos terrenos e sinalize os que existir, não acesse as áreas de trabalho pelos taludes ou pilhas de materiais. • Utilize caminhos seguros; • Ao subir/descer escadas, segure no corrimão • É proibido utilização do celular em movimento.
			<ul style="list-style-type: none"> • Animais Peçonhentos 	<ul style="list-style-type: none"> • Sempre utilize acessos seguros. • Ao acessar lugares com vegetação, utilize Perneiras de proteção. • Coloque as mãos apenas em locais que você esteja visualizando. • Caso visualize a presença de animais peçonhentos ou ocorra um incidente, comunique através do RAMAL DE EMERGÊNCIA 3006. • Olhe pôr onde anda e pisa, ande e não corra.
			<ul style="list-style-type: none"> • Exposição a intempéries. 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilize corretamente a capa de PVC quanto exposto a chuvas, no caso de sol utilize o protetor solar.
			<ul style="list-style-type: none"> • Exposição a poeira mineral 	<ul style="list-style-type: none"> • Caso ocorra a suspensão de poeira durante as atividades,
				<ul style="list-style-type: none"> utilizar proteção respiratória PFF2.
			<ul style="list-style-type: none"> • Torção de Membros inferiores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Observe onde pisa e sempre faça uso do caminho seguro.
			<ul style="list-style-type: none"> • Queda de carga suspensa 	<ul style="list-style-type: none"> • Inspecionar equipamentos/acessórios antes da atividade • Utilizar corda guia ou bastão • Não tocar nem ficar debaixo de cargas

Fonte: Pesquisa direta (2019).

A tabela 13 representa o oitavo passo do processo. A atividade é a de retirada da tubulação com anomalia e colocação de nova tubulação, além de informar o executante, a descrição da atividade, os riscos e as medidas de controle.

Tabela 14: Passo 9 do Procedimento operacional

Realizar solda no encaixe dos tubos submersos	Mecânico soldador	Garantir que caso o tubo fique submerso ao solo ele seja soldado no encaixe com o outro tubo, evitando vazamentos futuros	<ul style="list-style-type: none"> • Atropelamento 	<ul style="list-style-type: none"> • Não permanecer nas vias de tráfego de veículos e equipamentos móveis. Não passar e não permanecer atrás de veículos que estiver em movimento. • É expressamente proibido falar no celular caminhando como também usar de fones de ouvido MP3. • Proibido o uso dos óculos escuro à noite. • Utilize caminhos seguros. • É proibido utilização do celular em movimento.
			<ul style="list-style-type: none"> • Descargas atmosféricas 	<ul style="list-style-type: none"> • Evite transitar a pé durante a ocorrência de descargas atmosféricas. • Procure um local seguro para abrigo. • Não permaneça em locais abertos durante a ocorrência de descargas atmosféricas.
			<ul style="list-style-type: none"> • Queda de mesmo nível e diferença nível. 	<ul style="list-style-type: none"> • Olhe pôr onde anda e pisa, ande e não corra, não se aproxime de vãos abertos dos terrenos e sinalize os que existir, não acesse as áreas de trabalho pelos taludes ou pilhas de materiais. • Utilize caminhos seguros; • Ao subir/descer escadas, segure no corrimão • É proibido utilização do celular em movimento.
			<ul style="list-style-type: none"> • Animais Peçonhentos 	<ul style="list-style-type: none"> • Sempre utilize acessos seguros.
				<ul style="list-style-type: none"> • Ao acessar lugares com vegetação, utilize Peneiras de proteção. • Coloque as mãos apenas em locais que você esteja visualizando. • Caso visualize a presença de animais peçonhentos ou ocorra um incidente, comunique através do RAMAL DE EMERGÊNCIA 3006. • Olhe pôr onde anda e pisa, ande e não corra.
			<ul style="list-style-type: none"> • Exposição a intempéris. 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilize corretamente a capa de PVC quanto exposto a chuvas, no caso de sol utilize o protetor solar.
			<ul style="list-style-type: none"> • Exposição a poeira mineral 	<ul style="list-style-type: none"> • Caso ocorra a suspensão de poeira durante as atividades, utilizar proteção respiratória PFF2.
			<ul style="list-style-type: none"> • Torção de Membros inferiores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Observe onde pisa e sempre faça uso do caminho seguro.
			<ul style="list-style-type: none"> • Poeiras e fumos metálicos 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar máscara PFF2
			<ul style="list-style-type: none"> • Radiação não ionizante solda/corte 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar vestimenta de raspa; • Usar protetor solar • Usar máscara de solda / óculos de maçaqueiro.
			<ul style="list-style-type: none"> • Choque elétrico 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar aterramento correto • Não trabalhar em circuitos energizados • Manter cabos/acessórios/equipamentos longe de umidade
<ul style="list-style-type: none"> • Contato com partes aquecidas 	<ul style="list-style-type: none"> • Resfriar/isolar a parte aquecida • Utilizar vestimenta de couro • Afastar-se de partes aquecidas 			

Fonte: Pesquisa direta (2019).

A tabela 14 representa o nono passo do processo. A atividade é a de realização de solda no encaixe das tubulações caso a mesma esteja submersa, além de informar o executante, a descrição da atividade, os riscos e as medidas de controle.

Tabela 15: Passo 10 do Procedimento operacional

Acoplar abraçadeiras que garantem fixação dos tubos	Mecânico	Garantir que os tubos sejam corretamente fixados pela abraçadeira e	<ul style="list-style-type: none"> • Atropelamento 	<ul style="list-style-type: none"> • Não permanecer nas vias de tráfego de veículos e equipamentos móveis. Não passar e não permanecer atrás de veículos que estiver em movimento.
		borracha de vedação sem deixar qualquer tipo de fresta para não ocorrer novos vazamentos (Conforme check list no item 11)		<ul style="list-style-type: none"> • É expressamente proibido falar no celular caminhando como também usar de fones de ouvido MP3. • Proibido o uso dos óculos escuro à noite. • Utilize caminhos seguros. • É proibido utilização do celular em movimento.
			<ul style="list-style-type: none"> • Descargas atmosféricas 	<ul style="list-style-type: none"> • Evite transitar a pé durante a ocorrência de descargas atmosféricas. • Procure um local seguro para abrigo. • Não permaneça em locais abertos durante a ocorrência de descargas atmosféricas.
			<ul style="list-style-type: none"> • Queda de mesmo nível e diferença nível. 	<ul style="list-style-type: none"> • Olhe pôr onde anda e pisa, ande e não corra, não se aproxime de vãos abertos dos terrenos e sinalize os que existir, não acesse as áreas de trabalho pelos taludes ou pilhas de materiais. • Utilize caminhos seguros. • Ao subir/descer escadas, segure no corrimão • É proibido utilização do celular em movimento.
			<ul style="list-style-type: none"> • Animais Peçonhentos 	<ul style="list-style-type: none"> • Sempre utilize acessos seguros. • Ao acessar lugares com vegetação, utilize Perneiras de proteção. • Coloque as mãos apenas em locais que você esteja visualizando. • Caso visualize a presença de animais peçonhentos ou ocorra um incidente, comunique através do RAMAL DE EMERGÊNCIA 3006 • Olhe pôr onde anda e pisa, ande e não corra.
			<ul style="list-style-type: none"> • Exposição a intempéris. 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilize corretamente a capa de PVC quanto exposto a chuvas, no caso de sol utilize o protetor solar.
			<ul style="list-style-type: none"> • Exposição a poeira mineral 	<ul style="list-style-type: none"> • Caso ocorra a suspensão de poeira durante as atividades, utilizar proteção respiratória PFF2.
			<ul style="list-style-type: none"> • Torção de Membros inferiores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Observe onde pisa e sempre faça uso do caminho seguro.

Fonte: Pesquisa direta (2019).

A tabela 15 representa o décimo passo do processo. A atividade é a de acoplar as abraçadeiras na tubulação, além de informar o executante, a descrição da atividade, os riscos e as medidas de controle.

Tabela 16: Passo 11 do Procedimento operacional

Realizar fechamento da válvula de drenagem da linha	Mecânico	Garantir que a válvula responsável pela drenagem da linha na qual foi realizada a troca de tubulação seja fechada por completo	• Atropelamento	<ul style="list-style-type: none"> • Não permanecer nas vias de tráfego de veículos e equipamentos móveis. Não passar e não permanecer atrás de veículos que estiver em movimento. • É expressamente proibido falar no celular caminhando como também usar de fones de ouvido MP3. • Proibido o uso dos óculos escuro à noite. • Utilize caminhos seguros. • É proibido utilização do celular em movimento.
			• Descargas atmosféricas	<ul style="list-style-type: none"> • Evite transitar a pé durante a ocorrência de descargas atmosféricas. • Procure um local seguro para abrigo. • Não permaneça em locais abertos durante a ocorrência de descargas atmosféricas.
			• Queda de mesmo nível e diferença nível.	<ul style="list-style-type: none"> • Olhe pôr onde anda e pisa, ande e não corra, não se aproxime de vãos abertos dos terrenos e sinalize os que existir, não acesse as áreas de trabalho pelos taludes ou pilhas de materiais. • Utilize caminhos seguros; • Ao subir/descer escadas, segure no corrimão • É proibido utilização do celular em movimento.
			• Animais Peçonhentos	<ul style="list-style-type: none"> • Sempre utilize acessos seguros.
				<ul style="list-style-type: none"> • Ao acessar lugares com vegetação, utilize Peneiras de proteção. • Coloque as mãos apenas em locais que você esteja visualizando. • Caso visualize a presença de animais peçonhentos ou ocorra um incidente, comunique através do RAMAL DE EMERGÊNCIA 3006. • Olhe pôr onde anda e pisa, ande e não corra.
			• Exposição a intempéris.	<ul style="list-style-type: none"> • Utilize corretamente a capa de PVC quanto exposto a chuvas, no caso de sol utilize o protetor solar.
			• Exposição a poeira mineral	<ul style="list-style-type: none"> • Caso ocorra a suspensão de poeira durante as atividades, utilizar proteção respiratória PFF2.
			• Torção de Membros inferiores.	<ul style="list-style-type: none"> • Observe onde pisa e sempre faça uso do caminho seguro.

Fonte: Pesquisa direta (2019).

A tabela 16 representa o décimo primeiro passo do processo. A atividade é a de fechar a válvula guilhotina, focando na liberação do processo além de informar o executante, a descrição da atividade, os riscos e as medidas de controle.

Tabela 17: Passo 12 do Procedimento operacional

Realizar desbloqueio do equipamento BA-04	Mecânico	Solicitar desbloqueio a eletricista	<ul style="list-style-type: none"> Queda de mesmo nível e diferença nível. 	<ul style="list-style-type: none"> Olhe pôr onde anda e pisa, ande e não corra, não se aproxime de vãos abertos dos terrenos e sinalize os que existir, não acesse as áreas de trabalho pelos taludes ou pilhas de materiais. Utilize caminhos seguros; Ao subir/descer escadas, segure no corrimão É proibido utilização do celular em movimento.
			<ul style="list-style-type: none"> Torção de Membros inferiores. 	<ul style="list-style-type: none"> Observe onde pisa e sempre faça uso do caminho seguro.
			<ul style="list-style-type: none"> Animais Peçonhentos 	<ul style="list-style-type: none"> Sempre utilize acessos seguros. Ao acessar lugares com vegetação, utilize Perneiras de proteção. Coloque as mãos apenas em locais que você esteja visualizando.
				<ul style="list-style-type: none"> Caso visualize a presença de animais peçonhentos ou ocorra um incidente, comunique através do RAMAL DE EMERGÊNCIA 3006. Olhe pôr onde anda e pisa, ande e não corra.
			<ul style="list-style-type: none"> Descargas atmosféricas 	<ul style="list-style-type: none"> Evite transitar a pé durante a ocorrência de descargas atmosféricas. Procure um local seguro para abrigo. Não permaneça em locais abertos durante a ocorrência de descargas atmosféricas.
			<ul style="list-style-type: none"> Atropelamento 	<ul style="list-style-type: none"> Não permanecer nas vias de tráfego de veículos e equipamentos móveis. Não passar e não permanecer atrás de veículos que estiver em movimento. É expressamente proibido falar no celular caminhando como também usar de fones de ouvido MP3. Proibido o uso dos óculos escuro à noite. Utilize caminhos seguros. É proibido utilização do celular em movimento.

Fonte: Pesquisa direta (2019).

A tabela 17 representa o décimo segundo passo do processo. A atividade é a de desbloquear a bomba, além de informar o executante, a descrição da atividade, os riscos e as medidas de controle.

Tabela 18: Passo 13 do Procedimento operacional

Realizar teste de efetividade	Mecânico	Garantir que a troca da tubulação foi realizada com sucesso sem a existência de vazamentos.	<ul style="list-style-type: none"> Queda de mesmo nível e diferença nível. 	<ul style="list-style-type: none"> Olhe pôr onde anda e pisa, ande e não corra, não se aproxime de vãos abertos dos terrenos e sinalize os que existir, não acesse as áreas de trabalho pelos taludes ou pilhas de materiais. Utilize caminhos seguros; Ao subir/descer escadas, segure no corrimão. É proibido utilização do celular em movimento.
			<ul style="list-style-type: none"> Torção de Membros inferiores. Animais Peçonhentos 	<ul style="list-style-type: none"> Observe onde pisa e sempre faça uso do caminho seguro. Sempre utilize acessos seguros.
				<ul style="list-style-type: none"> Ao acessar lugares com vegetação, utilize Perneiras de proteção. Coloque as mãos apenas em locais que você esteja visualizando. Caso visualize a presença de animais peçonhentos ou ocorra um incidente, comunique através do RAMAL DE EMERGÊNCIA 3006. Olhe pôr onde anda e pisa, ande e não corra.
			<ul style="list-style-type: none"> Descargas atmosféricas 	<ul style="list-style-type: none"> Evite transitar a pé durante a ocorrência de descargas atmosféricas. Procure um local seguro para abrigo. Não permaneça em locais abertos durante a ocorrência de descargas atmosféricas.
			<ul style="list-style-type: none"> Atropelamento 	<ul style="list-style-type: none"> Não permanecer nas vias de tráfego de veículos e equipamentos móveis. Não passar e não permanecer atrás de veículos que estiver em movimento. É expressamente proibido falar no celular caminhando como também usar de fones de ouvido MP3. Utilize caminhos seguros. É proibido utilização do celular em movimento.

Fonte: Pesquisa direta (2019).

A tabela 18 representa o décimo terceiro passo do processo. A atividade é a de realizar teste de efetividade, além de informar o executante, a descrição da atividade, os riscos e as medidas de controle.

A sequência de figuras apresentadas mostra o passo a passo da atividade relacionada a troca de tubulação, tendo em vista a necessidade de um prosseguimento a ferramenta previamente implementada representada pela figura 8 (*check list* de inspeção da tubulação). Desta forma, a equipe de execução quando bem treinada terá a sua disposição documentos responsáveis para o auxílio de uma manutenção efetiva e segura quanto aos requisitos de saúde e segurança do trabalho.

Toda criação e implementação dos procedimentos operacionais seguiram o fluxo proposto pelo plano de ação sugerido, conforme figura 7 os quais foram finalizados no dia 29 de abril de 2019. Ainda seguindo o planejamento proposto o próximo passo de criação e implementação da rotina é voltado para a segurança e praticidade para as atividades realizadas pela equipe de execução.

Trata-se do mapa de bloqueios, ferramenta essencial na busca da segurança total da equipe de trabalho, por apresentar todas as formas de bloqueio existentes em cada equipamento garantindo um circuito seguro para a realização de atividades da equipe de manutenção. A figura 22 apresenta o mapa de bloqueios da peneira classificadora.

Tabela 19: Mapa de bloqueios da Peneira Classificadora

Matriz de bloqueio CMAI							
EQUIP.	TIPO DE BLOQUEIO / RISCO	DESCRIÇÃO	COMO BLOQUEAR	ILUSTRAÇÃO	ONDE BLOQUEAR	BLOQUEIO SECUNDÁRIO: GRAVITACIONAL OU RESIDUAL	EQUIPAMENTOS A SEREM BLOQUEADOS
 Peneira Vibratória (PV01)	Elétrico e mecânico / Arco elétrico e projeção de água	Bloqueio do motor elétrico do equipamento, bloqueio da bomba d'água BA03 e bloqueio da válvula de alimentação dos bicos de spray da peneira	O executante da manutenção deve estar portando o cartão de bloqueio preenchido corretamente. Solicitar ao electricista treinado e capacitado para realizar o bloqueio elétrico dos equipamentos na gaveta (410 PV01) da subestação e da BA03 na casa das bombas. Fechar e bloquear válvula principal de alimentação d'água dos bicos de spray da peneira utilizando corrente ou dispositivo de travamento de válvula adequado. Realizar teste de efetividade do bloqueio junto a sala de controle (energia 0) e fazer o teste local.		Subestação: bloqueio elétrico da PV01. Casa de bombas: bloqueio BA03. Válvula de alimentação dos bicos de spray parte inferior da peneira	 <i>Válvula principal de água da Peneira</i>	É necessário bloquear o transportador de correia TC01 (equipamento antecessor) também se faz necessário bloquear o transportador de correia TC02 (equipamento sucessor)

Fonte: Pesquisa direta (2019).

A tabela 19 representa todos os bloqueios necessários para a realização de atividades na peneira classificadora (PV-01). Neste exemplo em específico é necessário realizar o bloqueio elétrico do equipamento a ser feito a atividade, o equipamento que antecede o mesmo no processo, no caso o transportador de correias 01 que é responsável pelo transporte do material que entra no sistema pelo alimentador vibratório e o encaminha para a PV-01, o bloqueio do equipamento que o sucede, representado pelo transportador de correias 02 que é responsável por retirar o *over size* do processo. Além do bloqueio elétrico dos equipamentos antecessor e sucessor no processo é de suma importância o bloqueio elétrico da bomba de água e mecânico da válvula que realiza o fluxo de água impedindo que chegue nos bicos de spray, responsáveis por “lavar” o material ajudando na classificação granulométrica do mesmo, afete a atividade.

A criação e implementação do mapa de bloqueios seguiu o cronograma proposto pelo plano de ação apresentado na figura 7 o qual foi finalizado a atividade em 13 de maio de 2019. O passo seguinte para finalizar a implementação das quatro ferramentas de rotina de manutenção foi a criação e implemento das rotas de inspeção para utilização dos mecânicos que trabalham nos turnos.

A referida rota de inspeção se torna uma ferramenta de extrema importância devido a realização de inspeção em todos os equipamentos da planta durante o período em que grande parte da equipe de manutenção não se encontra presente no site, o que possibilita verificações em campo durante as mudanças operacionais ocorridas nos turnos, como por exemplo mudança de material de alimentação e mudanças de parâmetros operacionais. A figura 9 apresenta a rota de inspeção realizada na bomba de

polpa 03, bomba responsável pelo transporte de material líquido depois de já processado para o processo de desaguamento.

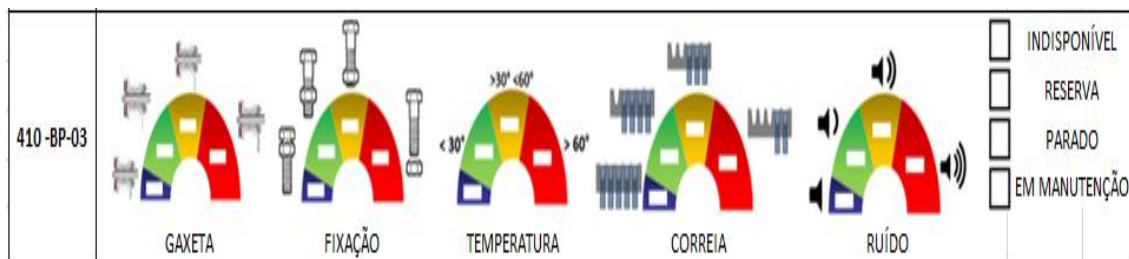


Figura 9: Rota de inspeção da Bomba de Polpa 03
Fonte: Pesquisa direta (2019)

A rota de inspeção da bomba de polpa 03 realiza a verificação de diversos pontos necessários para a garantia operacional e conservação do equipamento conforme necessidade. Mede vazamento de material na gaxeta, as fixações da bomba e motor de acionamento, a temperatura de trabalho da bomba, a condição das correias de acionamento e o ruído proveniente da bomba além de ter como informação o *status* do equipamento. Todos os pontos verificados fornecem um indício do funcionamento do equipamento, possibilitando inspeções melhores e programações mais efetivas.

A criação e implementação do mapa de bloqueios seguiu o cronograma proposto pelo plano de ação apresentado na figura 7 o qual foi finalizado a atividade em 30 de maio de 2019, desta forma, o plano de ação foi totalmente concluído permitindo que a análise de indicadores seja realizada.

4.4 Análise de indicadores

De forma a fazer a verificação da efetividade da implementação das ferramentas da rotina de manutenção, a tabulação dos dados foi realizada referentes a tabela 4 previamente proposta, que traz informações através do perfil de perda realizado pelo controlador da unidade estudada.

A tabela 20 apresenta o levantamento dos indicadores da manutenção antes da implementação de qualquer uma das ferramentas da rotina de manutenção.

Tabela 20: Indicadores da manutenção até março de 2019

Mês	DF	MTBF (horas)	MTTR (horas)	Custo mensal (R\$×1.000)	Aderência	Relação prev. X corret. (%/%)
Janeiro	84 %	20,9	1,6	177	85%	55/45
Fevereiro	85%	19,9	1,8	230	87%	45/55
Março	88%	21,5	1,0	212	86,5%	64/36

Fonte: Pesquisa direta (2019).

É possível verificar que as atividades exercidas pela manutenção não eram controladas e que a variabilidade das mesmas gerava indicadores pouco satisfatórios em relação as necessidades da empresa. Apenas no mês de março a DF atingiu a meta estabelecida de 85,2%, nenhum dos meses analisados alcançou a meta de MTBF de 24 horas entre falhas, apenas o mês de março alcançou a meta de MTTR abaixo de 1,5 horas, apenas no mês de janeiro o custo mensal ficou abaixo dos 210 mil reais previamente estabelecidos, a aderência a programação de atividades de 90% não foi alcançada em nenhum dos meses além de a relação de porcentagem de preventiva x corretiva 65/35 não ter sido atingido em nenhum dos meses.

Esses indicadores de manutenção não obedecidos gera um desconforto enorme entre a gerência e a equipe de manutenção, implicando em um ambiente pouco amistoso e que acarreta diversas mudanças da equipe.

A tabela 21 apresenta os dados levantados durante os meses de implementação das ferramentas da qualidade bem como os meses subsequentes a mesma.

Tabela 21: Indicadores da manutenção até setembro de 2019

Mês	DF	MTBF (horas)	MTTR (horas)	Custo mensal (R\$x1.000)	Aderência	Relação prev. X corret. (%/%)
Janeiro	84 %	20,9	1,6	177	85%	55/45
Fevereiro	85%	19,9	1,8	230	87%	45/55
Março	88%	21,5	1,0	212	86,5%	64/36
Abril	88%	21,4	1,1	358	88%	59/41
Mai	88%	32,2	1,6	257	93%	59/41
Junho	89%	25,3	1,3	338	94%	54/46
Julho	92%	52,4	0,8	230	96%	83/17
Agosto	90%	28,4	1,3	317	91%	55/45
Setembro	89%	24,9	1,2	210	90%	60/40

Fonte: Pesquisa direta (2019).

A tabela 21 representa o total avanço das atividades de manutenção que durante e após a implementação das ferramentas da rotina de manutenção que pode ser verificada pelos indicadores apresentados na tabela.

Após o começo do processo, em todos os meses a DF (disponibilidade física) da planta de beneficiamento de minério de ferro foi superior aos 85,2% apresentados como meta, tendo um aumento considerável após a implementação da rota de inspeção para os mecânicos do turno o que proporcionou uma melhora de rendimento visível dos equipamentos.

Seguindo muito próximo a DF dos equipamentos, o MTBF (Tempo Médio Entre Falhas) foi o suficiente para obedecer a meta de 24 horas, tendo uma melhora considerável após a implementação dos *check lists* e dos procedimentos operacionais.

O MTTR (Tempo Médio De Reparo) conseguiu uma melhora considerável conforme a adaptação da equipe com a utilização das ferramentas da rotina de manutenção, o que gerou um MTTR alto no mês de maio e que se estabilizou e reduziu nos meses subsequentes a aplicação dos mesmos.

O custo mensal realizado pela manutenção foi o único indicador de manutenção que teve uma piora em relação aos meses anteriores, que pode ser atribuída a verificação de necessidades dos equipamentos conformes as verificações realizadas pelos *check lists* e rotas de inspeção, mas que acarretou uma maior confiabilidade das atividades de manutenção por estar com os recursos necessários para a execução da atividade, o que pode ser verificado através do aumento substancial da aderência a programação, a qual deixou de cumprir a meta apenas no mês de abril, que se tratava ainda de uma adaptação ao *check list*.

A relação de manutenção preventiva e corretiva apesar de uma pequena melhora ainda não foi o suficiente para que a meta da mesma fosse atingida, a principal causa de não se atingir o esperado se dá pelo fato de grande parte dos equipamentos da unidade estudada já ter passado da sua vida útil e se encontrar em um estágio já avançado em relação as falhas.

Desta forma, com todos os apontamentos realizados, presentes na tabela 21, consegue-se realizar uma análise de impacto nos indicadores de manutenção com a aplicação das ferramentas.

A Disponibilidade Física (DF) apresentava nos três primeiros meses do ano, antes da aplicação de qualquer uma das ferramentas, uma média de 85,67%, após a criação e implementação da rotina trouxe resultados graduais, onde durante os seis meses após o início da aplicação das ferramentas, rendeu uma média de 89,33%, um aumento de 3,66%.

O Tempo Médio Entre Falhas (MTBF) foi o indicador que apresentou a maior melhora dos indicadores estudados, o MTBF nos três primeiros meses do ano tinha uma média de 20,77 horas entre falhas. Depois do estabelecimento do processo de rotina de manutenção, o MTBF teve um salto de 11,44 horas, passando a possuir um valor de 32,43 horas.

O Tempo Médio De Reparo (MTTR) possuía média dos três primeiros meses do ano o valor de 1,47 horas, após a intervenção, o seu valor passou para 1,22 horas, uma diminuição de 0,25 horas.

O Custo Mensal da manutenção foi o único indicador que se apresentou decrescente com as implementações, onde sua média nos três primeiros meses foram de US\$ 50.619,49/mês, aumentando para US\$ 68.697,88/mês. O que pode indicar uma ineficiência grande em relação as necessidades nos três primeiros meses, onde equipamentos permaneciam parados e prejudicando o processo por falta de peças de reposição.

A Aderência a programação, obteve uma melhora significativa. A média de aderência nos três primeiros meses se encontrava com 86,17% e teve melhora de 5,83%, passando a ter média de 92% nos seis meses pós intervenções.

O último indicador analisado foi a de relação preventiva x corretiva, do qual a necessidade de uma manutenção preventiva representa manutenções mais eficientes e mais baratas. A média da relação pré intervenção era de 54,67% de preventiva e 45,36 de corretiva. Após implementações, a relação passou a apresentar 61,67% de preventiva e 38,33% de corretiva, o que representa uma melhora de 7%.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 Conclusões

Este estudo teve como finalidade analisar o impacto da implementação das ferramentas de rotina da manutenção nos indicadores de manutenção. O estudo iniciou-se com uma revisão bibliográfica sobre a área engenharia de manutenção, buscando conteúdos que servissem como base para o bom entendimento e aplicáveis a realidade proposta por uma mineradora de grande porte. Tratando o conteúdo em questão, surge a necessidade de aprofundamento em relação aos indicadores da manutenção e o que cada um deles representa.

Utilizando dos estudos realizados durante a etapa de revisão bibliográfica, foi realizada a coleta de dados referentes aos indicadores de manutenção da empresa seguida de um *brainstorming* para a realização de uma análise junto a toda equipe para verificar os principais desvios em relação a manutenção enquanto tratada por seus indicadores.

A partir da metodologia apresentada foi possível responder à questão proposta pelo trabalho: “Como a implementação da rotina nas atividades de manutenção em equipamentos de beneficiamento de minério de ferro podem contribuir na melhoria dos indicadores da manutenção?”.

Para responder à questão problema foi realizado um novo *brainstorming* responsável por gerar um plano de ação para o definir além das ações a prioridade de implementação de cada uma das ferramentas apontadas como principais na busca da melhora dos indicadores. Após definido o plano de ação, iniciou-se o processo de criação e implementação de cada uma das ferramentas da rotina de manutenção, posteriormente avaliadas verificando a efetividade de cada uma delas.

Desta forma, verifica-se a melhoria da maioria dos indicadores, sendo que a DF (Disponibilidade Física) aumentou em média 3,66%, o MTBF (Tempo Médio Entre Falhas) aumentou em 11,44 horas, o MTTR (Tempo Médio De Reparo) diminuiu em média 0,25 horas, o custo mensal, único indicador que apresentou uma piora, aumentou em média 38,35%, a aderência a programação aumentou em média 5,83% e a relação preventiva e corretiva teve um salto de 7% para mais paradas preventivas em média.

Através do estudo realizado, conclui-se que todo processo, não só material, mas também de serviço precisa ser medido verificando as possíveis causas de desvios para

que os mesmos sejam tratados e possam gerar aumentos de produtividade, atendendo as especificações previamente previstas.

A manutenção, vista como um processo, não pode ser diferente e precisa ser detalhada aos mínimos pontos possíveis fornecendo auxílio a equipe de execução através de formulários e planejamentos bem desenvolvidos pela equipe de PCM, trazendo resultados de forma rápida e consistente.

5.2 Recomendações para trabalhos futuros

Baseando-se no estudo realizado, bem como nos resultados verificados, recomendam-se para trabalhos futuros os seguintes temas:

1. Estudo direcionado para desenvolvimento de geração de estoques mínimos necessários em uma mineradora de grande porte, visto o mal resultado do custo mensal da manutenção;
2. Estudo da aplicação de horímetro para equipamentos de planta de beneficiamento de minério de ferro, visto o mal resultado quanto a relação de manutenções preventivas e corretivas;
3. Estudo com foco no impacto que teria a revisão dos planos de preventivas de todos os equipamentos de uma planta de beneficiamento de minério de ferro;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMAN. Página eletrônica. Disponível em: <<http://www.abraman.org.br/>>. Acesso em 11 out. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-5462: confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BRANCO FILHO, GIL.: **A Organização, o Planejamento e o Controle da Manutenção** Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda, 2008.

COSTA, Mariana de Almeida. **Gestão estratégica da manutenção: uma oportunidade para melhorar o resultado operacional**. 2013

CRESWELL, J. W. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

CYRINO, L. **Classificação ABC de Máquinas e Equipamentos**. 2018. Disponível em: <<https://www.manutencaoemfoco.com.br/classificacao-abc/>> Acesso em: 10 de novembro de 2019 às 08:35.

CYRINO, L. **Inspeção de rotina**. 2016. Disponível em: <<https://www.manutencaoemfoco.com.br/inspecao-de-rotina/>> Acesso em: 10 de Dezembro de 2019 às 16:56.

CYRINO, L. **Procedimentos de manutenção**. 2016. Disponível em: <<https://www.manutencaoemfoco.com.br/procedimentos-de-manutencao/>> Acesso em: 10 de dezembro de 2019 às 16:49.

DIEHL, Astor Antonio. **Pesquisa em ciências sociais aplicadas: métodos e técnicas**. São Paulo: Prentice Hall, 2004.

Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/177708/Beneficiamento+de+Min%C3%A9rios/0b762ba9-35a6-4e73-9e7b-6d1e957e5d8f?version=1.0>> Acesso em: 15 de outubro de 2019.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

JÚNIOR, Mauro. **A importância do Check list dos Equipamentos na Manutenção**. Disponível em: < <https://www.linkedin.com/pulse/import%C3%A2ncia-do-check-list>

dos-equipamentos-na-mauro-j%C3%BAAnior/> Acesso em: 10 de dezembro de 2019, às 16:44.

KARDEK, A; NASCIF, J. & BARONI, T. **Gestão da Manutenção e Técnicas Preditivas**. Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark: ABRAMAN, 2002.

KÖCHE, J. C. **Fundamentos de metodologia científica: teoria da ciência e iniciação à pesquisa**. 26. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2009.

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

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Metodologia científica**. São Paulo: Atlas S.A., 1991.

MONCHY, F. **A Função Manutenção**. São Paulo: Durban, 1987.

MORESI, Eduardo, **Metodologia da Pesquisa**, 2003 (Programa de Pós- Graduação stricto Sensu em Gestão do Conhecimento e Tecnologia da Informação).

MOUBRAY, Johan. **Manutenção Centrada em Confiabilidade in Reliability-CetredMaintenance**. United Kingdom: AladonLtd, 2000.

NASCIF, J.A. **Manutenção – função estratégica**. 2.^a ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda., 2001.

PINTO, Alan Kardec; XAVIER, Júlio Aquino Nascif. **Manutenção: Função Estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2007.

SCHOLLES, Clara Rejane. **CRITICIDADE DE EQUIPAMENTOS NA INDÚSTRIA: COMO DEFINIR PRIORIDADES NA MANUTENÇÃO**. Disponível em: <<https://www.industria40.ind.br/artigo/16924-criticidade-de-equipamentos-na-industria-como-definir-prioridades-na-manutencao>> Acesso em 10 de Dezembro de 2019 às 16:31.

SILVA. E. L.; MENEZES E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. Florianópolis: LED/UFSC, 2000. SILVA, João Esmeraldo, **Um modelo de programa de Desenvolvimento de Fornecedores em Redes de Empresas**, 2004.

SILVEIRA, Nilton Rosa da; TREIN Fabiano André, **PCM, Administração ao Planejamento e Controle de Manutenção: Aplicada aos Processos de Manufatura**. Novo Hamburgo, Dezembro de 2009.

- SIQUEIRA, I. **Manutenção centrada na confiabilidade**: manual de implementação. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.
- SOUZA, A. N. **Licenciamento ambiental no Brasil sob a perspectiva da modernização ecológica**. 2009, 226p. Dissertação (Ciência Ambiental) – Programa de Pós Graduação em Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo - USP, São Paulo, 2009.
- TADACHI, N.T., e FLORES, M.C.X. **Indicadores da Qualidade e do Desempenho**. 1ª.ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1997.
- TAKAHASHI, Yoshikazu; OSADA, Takahashi. **TPM / MTP - Manutenção Produtiva Total**. São Paulo: IMAN, 1993.
- TAVARES, L. A. **Administração Moderna de Manutenção**. 1ª edição. Rio de Janeiro: Novo Pólo, 2000.
- TRINDADE, Bárbara Silva: **Estudo de confiabilidade aplicado à manutenção de perfuratrizes de pequeno porte: o caso de uma empresa de mineração**, Ouro Preto, UFOP, 2015.
- TRIVIÑOS, Augusto N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987.
- VENDRAME, Antônio Carlos. **Gestão do risco ocupacional**. São Paulo, Thomson IOB, 2005.
- VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM – Planejamento e Controle de Manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.
- XENOS, HarilausGeorgios d’Philippos. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004. 299 p.

Certifico que o aluno **Rafael Lôbo Della-Fonte**, autor do trabalho de conclusão de curso intitulado “**Implementação da rotina de Engenharia da Manutenção aplicado a uma planta de beneficiamento de minério de ferro para a melhoria dos indicadores da manutenção**”, efetuou as correções sugeridas pela banca examinadora e que estou de acordo com a versão final do trabalho.



DSc. Washington Luís Vieira da Silva

Orientador

Ouro Preto, 12 de Dezembro de 2019