

FACULDADE DE ENGENHARIA DE MINAS GERAIS
Programa de Pesquisa, Produção e Divulgação Científica

ANA CAROLINA RIBEIRO VITALINO

CARLOS ROBERTO SILVA

MANUTENÇÃO EM PONTES ROLANTES: estudo de caso em uma
indústria siderúrgica de Belo Horizonte – Minas Gerais

BELO HORIZONTE - MG
ABRIL DE 2021

ANA CAROLINA RIBEIRO VITALINO
CARLOS ROBERTO SILVA

MANUTENÇÃO EM PONTES ROLANTES: estudo de caso em uma
indústria siderúrgica de Belo Horizonte – Minas Gerais

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao curso de Engenharia de Produção da Faculdade de Engenharia de Minas Gerais (FEAMIG), como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Produção.

Área de concentração: Engenharia de Manutenção.

Orientador de conteúdo: Professora Ms. Tálita Rodrigues de Oliveira

Orientador de Metodologia: Professora Ms. Gabriela Fonseca Parreira Gregório

BELO HORIZONTE - MG
ABRIL DE 2021

FOLHA DE APROVAÇÃO

CARTA DE ACEITE

Certificamos para os devidos fins que o artigo **MANUTENÇÃO EM PONTES ROLANTES: ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA DE BELO HORIZONTE – MINAS GERAIS** foi aceito para publicação no **4º CADERNO DE COMUNICAÇÕES UNIVERSITÁRIAS** do Simpósio de Engenharia, Arquitetura e Gestão – SEAG, promovido pelo Centro de Extensão da FEAMIG, nos dias 14, 15 e 16/05/2021 – ISSN ISSN 2675- 1879.

Belo Horizonte, 09 de junho de 2021.

Professora Raquel Ferreira de Souza
Coordenadora do CENEX e do PPDC da
FEAMIG-mail: raquel.ferreira@feamig.br

RESUMO

A manutenção tem uma grande importância para a maioria das indústrias e até setores de serviço, pois com se verá o principal objetivo é garantir o bom funcionamento e maior disponibilidade de máquinas e equipamentos. Porém ainda sim, a manutenção em algumas empresas, acaba que não segue essa funcionalidade, sua função acaba sendo simplesmente a de “apagar os incêndios”, ou seja, apenas reparar o que quebrou, sem a preocupação de realizar ajustes, análises periódicas e estudos, o que possivelmente contribuíram para constante otimização do maquinário. Tendo isso em vista essa metodologia, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de identificar a causa e o custo da manutenção com a constante quebra da ponte rolante 1001, considerada um equipamento crítico dentro de uma indústria siderúrgica do setor de logística de uma empresa localizada em Belo Horizonte – Minas Gerais. Para atingir esse objetivo realizou-se análises dos documentos, visitas para observação e entrevista semiestruturada com o funcionário responsável por operar o equipamento. Desta forma foi possível mensurar os resultados do ano de 2020 e propor algumas sugestões de melhorias como, implantação do PDCA; Implantação do sistema 5w2H; controle sistêmico das metas definidas através de Kanban; reuniões da equipe de programação; com isso aumenta a disponibilidade do equipamento e conseqüentemente aumentar a produtividade.

Palavras-Chave: Manutenção. Ponte Rolante. Siderúrgica. Custo de Manutenção.

ABSTRACT

Maintenance is of great importance to most industries and even to the service sectors, as it will be seen its main goal is to ensure good functionality and availability of machines and equipment. However, maintenance in some companies ends not following this function, its function becomes simply to put out the fires, which is to repair what's broken without the worry of doing the periodic analysis, which possibly contribute to the constant optimization of machines. In view of this methodology, this job was developed to identify the causes and costs of the collapse of the 1001 crane, which is considered a critical equipment in a Belo Horizon company, Mines Minas. To achieve this goal has been analyzed documents, observation visits and semi-structured interviews conducted with the employees responsible for operating the equipment. So it was possible to measure the results of the year 2020 and propose some suggestions for implementation of the PDCA system, implementation of the 5W2H system, controlled systems through Kanbam, and therefore increasing productivity.

Keywords: Maintenance. Overhead crane. Steel. Maintenance cost.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Primeira Ponte Rolante	30
Figura 2 - Estrutura Ponte Rolante	32
Figura 3 - Ponte rolante Monoviga	33
Figura 4 - Ponte Rolante Suspensa.....	34
Figura 5 - Ponte Rolante Por Suporte	34
Figura 6 - Desenho da Ponte Rolante 1001	36

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Evolução da manutenção	12
Quadro 2: Descrição das novas gerações da manutenção	18
Quadro 3: Plano de Manutenção da ponte rolante 1001	42
Quadro 4: Problemas que existem no plano de manutenção atual da Ponte Rolante 1001	45
Quadro 5: Proposta de melhorias para Ponte Rolante 1001	46

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Tempo de quebra ano de 2020 Ponte Rolante 1001	43
Gráfico 2: MTBF ano de 2020 Ponte Rolante 1001	44
Gráfico 3: Índice Breakdown ano de 2020 Ponte Rolante 1001	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ART	Anotação de Responsabilidade Técnica
BSC	Balanced Scorecard
CREA	Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve e Control
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis
FMECA	Failure Mode Effects and Critically Analysis
GFAMAM	Global Forum on Maintenance & Asset Management
ISO	International Organization for Standardization
MTBF	Mean Time Between Failures
MTTR	Mean Time to Repair
NPR	Número de Prioridade do Risco
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
NR	Norma Regulamentadora
PCM	Planejamento e Controle da Manutenção
PDCA	Plan, Do, Check e Act
QCAMS	Qualidade, Custo, Atendimento, Moral e Segurança
ROA	Return On Assets
ROI	Return Over Investment
SDCD	Sistema Digital de Controle Distribuído

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
1.2	Problema de pesquisa.....	8
1.3	Objetivos	9
1.3.1	Objetivo geral	9
1.3.2	Objetivos específicos	9
1.4	Justificativa.....	9
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1	História da manutenção.....	11
2.2	Evolução da Manutenção	19
2.3	Tipos de Manutenção	20
2.4	Gestão da Manutenção	24
2.5	Técnicas e ferramentas para identificar falhas	27
2.6	Ponte Rolante.....	29
3	METODOLOGIA DE PESQUISA	37
3.1	Pesquisa quanto aos fins	37
3.2	Pesquisa quanto aos meios.....	38
3.3	Organização em estudo	38
3.4	Universo e amostra	39
3.5	Formas de coleta e análise dos dados.....	39
3.6	Limitações da pesquisa	40
4	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	41
4.1	Apresentar o plano de manutenção atual da ponte 1001 do setor de logística de uma siderurgia situada em Belo Horizonte – MG	41
4.2	Apresentar os indicadores de manutenção da ponte rolante 1001 do setor de logística da Empresa “X” situada em Belo Horizonte – MG	43
4.3	Identificar os problemas que existem no plano de manutenção atual	45
4.4	Propor melhorias no plano de manutenção a fim de reduzir a taxa de falhas de quebra da ponte 1001 do setor de logística de uma siderurgia localizada em Belo Horizonte - MG	46
5	CONCLUSÃO	48
	REFERÊNCIAS	50
	APÊNDICE A - ENTREVISTA COM O FUNCIONÁRIO DA EMPRESA DE SIDERÚRGICA LOCALIZADA EM BELO HORIZONTE – MINAS GERAIS	

..... 52

APÊNDICE B – ARTIGO APRESENTANDO NO SIMPÓSIO DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E GESTÃO – SEAG, PROMOVIDO PELO CENTRO DE EXTENSÃO DA FEAMIG, NOS DIAS 14, 15 E 16/05/2021 – ISSN ISSN 2675- 1879.

..... 53

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Kardec e Nascif (1999) a gestão da manutenção obteve força na década de 1970 e desde então tem muita importância dentro das indústrias. Nessa época as empresas começaram a criar planos de manutenção para competir e garantir uma melhor eficiência. O objetivo da manutenção é manter a disponibilidade e qualidade do equipamento eliminando os defeitos e as falhas.

A gestão da manutenção é muito importante dentro das indústrias que buscam crescer no mercado, pois com uma gestão eficiente as indústrias conseguem reduzir custos, aumentar vida útil de equipamentos, maior produtividade e entregarem seus produtos no tempo combinado, garantindo a qualidade de seus produtos entre outros.

A empresa para qual esse trabalho de conclusão de curso foi desenvolvido está localizada em Belo Horizonte – Minas Gerais é uma das principais indústrias do setor de siderurgia do país. O equipamento objeto do presente trabalho é a ponte rolante 1001, pelo fato de ser considerado equipamento crítico e está localizada no setor de logística de distribuição e nos últimos anos identificou-se internamente que esse equipamento apresentou - se várias quebras, paralisando a produção, aumentando os custos, indisponibilidade do equipamento e penalizando os indicadores.

O objetivo principal do trabalho foi identificar as causas de quebra da ponte rolante e com isso o aumento da disponibilidade do equipamento e a produtividade do setor de logística. A metodologia que foi usada é um estudo de caso da ponte rolante 1001 para apresentar as sugestões de melhoria para reduzir taxa de falha de quebra.

1.2 Problema de pesquisa

Como reduzir a taxa de falhas de quebra da ponte rolante 1001 de uma empresa do setor de siderurgia localizada em Belo Horizonte – Minas Gerais?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Elaborar propostas para reduzir a taxa de falhas de quebra na ponte rolante 1001 no setor de logística em uma indústria do setor de siderurgia localizada em Belo Horizonte Minas Gerais.

1.3.2 Objetivos específicos

- Apresentar o plano de manutenção atual da ponte 1001 do setor de logística de uma siderurgia situada em Belo Horizonte – MG.
- Apresentar os indicadores de manutenção da ponte 1001 do setor de logística da Empresa “X” situada em Belo Horizonte – MG.
- Identificar os problemas que existem no plano de manutenção atual;
- Propor melhorias no plano de manutenção a fim de reduzir a taxa de falhas de quebra da ponte 1001 do setor de logística de uma siderurgia localizada em Belo Horizonte – MG.

1.4 Justificativa

A redução na taxa de falha nos equipamentos de uma indústria contribui para o aumento da produtividade e a redução de custos de manutenção o que é muito importante para a competitividade da empresa no mercado, por isso esse trabalho será desenvolvido dentro de uma indústria siderúrgica localizada em Belo Horizonte – Minas Gerais.

A melhora no plano de manutenção proporciona ganho para o meio ambiente, menor consumo em sobressalentes, redução na taxa de falhas de quebra, consumo de energia e oferece um ambiente de trabalho seguro.

A proposta do trabalho voltado para manutenção é muito importante para formação do Engenheiro de Produção, uma vez que ele poderá controlar a produção, maximizar a eficiência de equipamentos, programar melhorias dentre outros aspectos. Atualmente as estratégias com a manutenção vêm crescendo

cada dia nas indústrias brasileiras que tem como principal objetivo reduzir custo e aumentar a produtividade.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 História da manutenção

De acordo com Barbosa (2003, p.33), no livro Planejamento e Controle de Manutenção (PCM), “Na linha do tempo da manutenção”, identifica - se desde o surgimento dos primeiros hominídeos no período Cenozoico, os primeiros registros paleolíticos da fabricação de ferramentas, onde utilizavam ossos e maneiras próprias para fabricação. Consoante o autor a primeira grande invenção, antes de Cristo, foi a roda em placas de madeira [..]’.

“Os primeiros registros de uma possível manutenção estariam registrados por volta do século X, e os responsáveis seriam os Vikings, o os povoados nórdicos dependiam muito da manutenção para manter seus navios em perfeitos estados para as batalhas. Ainda de acordo com até onde se tem registros, na história desenvolvimento da manutenção acompanharam o desenvolvimento Industrial ao longo dos últimos 100 anos de história [..]”. (Pascoli, 1994, p. 5).

Como já escrito por Almeida (2005), em Manutenção Mecânica Industrial: “[...] Entende-se que a manutenção é um conjunto de cuidados e procedimentos técnicos necessários ao bom funcionamento e ao reparo de máquinas, equipamentos, peças, moldes e ferramentas”. Aqui se torna notório de como a manutenção é abrangente: de uma peça até uma máquina indispensável de um processo fabril. Entende-se que a função primaria da manutenção é manter em bom funcionamento máquinas e equipamentos, dessa forma, torna-se necessário destacar a etimologia do termo em latim *manus tenere*, que significa: “manter o que se tem”.

Atualmente os temas que envolvem uma boa gestão de manutenção são abrangentes e variados, cada vez mais presentes dentro do sistema de produção sendo uma constante ferramenta de estudo e aprimoramento, além de ser algo mais significativo e que vem a cada dia se tornando um poderoso aliado dentro do sistema produtivo de pequenas e grandes empresas.

No atual cenário mundial, na indústria 4.0, a manutenção vem evoluindo constantemente, “Nos últimos 20 anos a atividade de manutenção tem passado por mais mudanças do que qualquer outra atividade [..]” (KARDEC & NASCIF 1999, pág. 3).

Kardec & Nascif (1999) descreve alguns pontos que justificaria esse argumento como: aumento da diversidade de itens, a complexidade de projetos, surgimento de novas técnicas, novos focos na gestão da manutenção e definições das suas responsabilidades.

Para conhecer os conceitos e aplicações atuais da gestão da manutenção, devemos retroceder no tempo e conhecer um pouco da sua história, haja vista como ela era utilizada e como se aplica nos processos industriais. Segundo Kardec e Nasif (2009), a história da evolução da manutenção pode ser dividida em grupos sendo eles: a Primeira Geração, Segunda Geração e Terceira Geração. Conforme **Quadro 1**, a seguir exposta.

Quadro 1 – Evolução da manutenção.

<i>Primeira Geração</i>	<i>Segunda Geração</i>		<i>Terceira Geração</i>
Antes de 1940	1940	1970	Após 1970
AUMENTO DA EXPECTATIVA EM RELAÇÃO À MANUTENÇÃO			
<ul style="list-style-type: none"> • Conserto após a falha. 	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidade Crescente • Maior vida útil do equipamento. 		<ul style="list-style-type: none"> • Maior disponibilidade e confiabilidade • Melhor custo – benefício • Melhor qualidade dos produtos • Preservação do meio ambiente
MUDANÇAS NAS TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO			
<ul style="list-style-type: none"> • Conserto após a falha 	<ul style="list-style-type: none"> • Computadores grandes e lentos • Sistemas manuais de planejamento e controle do trabalho • Monitoramento por tempo 		<ul style="list-style-type: none"> • Monitoramento de condição • Projetos voltados para confiabilidade e manutenibilidade • Análise de risco • Computadores

		pequenos e rápidos
		<ul style="list-style-type: none"> • Softwares potentes • Análise de modos e efeitos da falha (FMEA) • Grupos de trabalho multidisciplinares
Antes de 1940	1940 1970	Após 1970
<i>Primeira Geração</i>	<i>Segunda Geração</i>	<i>Terceira Geração</i>

Fonte: KARDEC, Alan & NASCIF; MANUTENÇÃO: FUNÇÃO E ESTRATÉGICA (1999, página: 5). Adaptado pelos autores(2020).

A Primeira Geração começa por volta do início do século XX, mais especificamente no ano de 1914, um período em que as indústrias “era pouco mecanizada, os equipamentos eram simples e na sua grande maioria, superdimensionados” (KARDEC & NASCIF 1999, pág. 4). Para Tavares (1999), as indústrias não tratavam a manutenção com as devidas importâncias; nesta época o sistema de gerir a manutenção dos equipamentos era executado pelo próprio pessoal da operação, as indústrias e fábricas deste período não possuíam equipes voltas exclusivamente para gestão deste processo e a mão de obra era pouco especializada, mesmo que as empresas trabalhassem arduamente para obter sua máxima produção dos equipamentos e máquinas.

Ainda para Tavares (1999) a manutenção possuía uma importância secundária: “Os trabalhos eram de forma contínuos e quase ininterruptos e feitos até que as máquinas estagnassem totalmente, pois para os sistemas desta época a máxima produção era o essencial, alinhado a esse pensamento não era aplicado manutenções significativas”, apenas de forma singular eram realizadas trocas de peças após uma quebra, ou seja, a manutenção era basicamente o que denomina-se manutenção corretiva, após alguma falha, as equipe responsáveis eram acionadas

para corrigir os devidos reparos de forma a sempre obter sucesso para o retorno do equipamento a produção, o que na visão da época era o necessários na gestão do processo. (TAVARES 1999, pag. 19) “Com a primeira guerra mundial, Henry Ford desenvolveu e criou equipes para atender às exigências do sistema produtivo, garantindo assim o funcionamento dos equipamentos”.

A Segunda Geração: neste segundo período da manutenção inicia-se em um período caótico, a Segunda Guerra Mundial, de acordo com Kardec e Nasif (2009), essa fase da manutenção segue entre as décadas de 1960 e 1970, do século XX.

Com a severa consequência da guerra ocorreu a diminuição drástica da mão-de-obra em contrapartida existiu um aumento da demanda pelos mais diversos tipos de produtos. “Neste período houve forte aumento da mecanização, bem como da complexidade das instalações indústrias, (KARDEC & NASCIF 1999, pág. 4)”.

Oriunda da enorme demanda provocada pelo período da segunda guerra mundial, surgiu nas empresas a necessidade em aumentar a produção, além da confiabilidade e disponibilidade. A velocidade com que se produzia tornou-se cada vez mais necessário para suprir a demanda.

A partir deste novo modelo em um cenário pós-guerra às falhas e paradas de maquinários deveria ser evitadas, para as empresas era necessário se reinventar, o que trouxe vantagens em vários aspectos da indústria, sendo um deles: a necessidade da criação de departamento de manutenção com o intuito de reduzir ao máximo as falhas, onde se inicia uma preocupação em pensar não apenas em corrigir avarias e quebras, mas evita-las, em manter os equipamentos em fluxo contínuos, mas desta vez sendo acompanhados e buscando responder perguntas de como a manutenção poderia agregar para que os equipamentos pudessem produzir os maiores números de peças, tornando as empresas totalmente dependentes do bom funcionamento das máquinas. Para evitar transtornos com as paradas das máquinas, criou-se o conceito da manutenção preventiva.

Com o controle de manutenção das máquinas “o custo da manutenção também começou a ser elevado em comparação com outros custos operacionais. Esse fato fez aumentar os sistemas de planejamento e controle de manutenção que hoje são partes integrantes da manutenção moderna” (KARDEC & NASCIF

1999, p. 4). A partir desse momento teve início os investimentos para suprir os custos obtidos em reparos e compra de peças sobressalentes.

Terceira Geração: ainda segundo Kardec & Nascif (1999) a partir do ano de 1970, já com o surgimento dos primeiros computadores a automação começa a ganhar seu espaço nas indústrias, quando se criou novas concepções e métodos para os sistemas de produção e em consequência disso a confiabilidade e a disponibilidade teve maior importância.

“Na manufatura, os efeitos dos períodos de paralisação foram se agravando pela tendência mundial de se utilizar sistemas “just-in-time”, onde estoques reduzidos para a produção em andamento significavam que pequenas pausas na produção/entrega naquele momento poderiam paralisar a fábrica” (Manutenção – Kardec & Nascif, 1999, p. 5).

Segundo Viana (1966) a engenharia de manutenção inicia o processo de controles, utilizando computadores e programas para os estudos de processo e suas respectivas análises, aplicando fórmulas complexas, pode-se dizer que criou-se uma expectativa através da manutenção e seus resultados, pois com os recursos cada vez mais tecnológicos a manutenção se torna um dos estudos; “suas decisões não ficam apenas fundamentadas no conhecimento empírico, pois há um estudo que é realizado para chegar a determinadas respostas”.

Com essa aceleração dos sistemas em conjunto com a mecanização e automação acarretou em contrapartida: possíveis falhas, paradas, quebras etc. Eventos como esse se tornaram cada vez mais frequentes afetando “a capacidade de manter padrões de qualidade estabelecidos, por exemplo, falhas em equipamentos afetam o controle climático em edifícios e a pontualidade das redes de transporte” (KARDEC & NASCIF 1995, pág .6), Isso se aplica tanto aos padrões do serviço quanto à qualidade do produto, afetando todo o sistema produtivo, e assim criou-se novas exigências do mercado.

[...] na terceira geração reforçou-se o conceito de uma manutenção preditiva, A interação entre as fases de implantação de um sistema (projeto, fabricação, instalação e movimentação) e a Disponibilidade/Confiabilidade torna-se mais evidente [...], (Kardec & Nascif, 1999, p. 5).

Neste aspecto a manutenção realizavam os acompanhamentos dos maquinários e equipamentos. Esse é um importante avanço dentro da gestão de

manutenção o que possibilitou alcançar novos horizontes e pontos de vistas significativos; de uma troca de peças após as avarias partindo para funções mais técnicas agregadas com a qualidade e com análises de falhas.

Quarta Geração: Conforme a Figura 4, em algumas publicações mais recentes e novos estudos apontou-se que a quarta geração vem como uma extensão da terceira, que teve início por volta dos anos 2000. Agora os conceitos criados anteriormente continuam sendo aprimorados em uma busca contínua da confiabilidade e disponibilidade, cada dia mais rigorosas e eficientes. Neste período, temos a consolidação de novos termos da Engenharia de manutenção.

Para Vasconcelos (2012), essa geração iniciou-se em 1999 “considerando o envolvimento de toda a organização na eliminação de perdas, redução da manutenção preventiva e redução dos custos”. Nessa nova geração passou a ter uma contratação ou terceirização em longo prazo. (KARDEC & NASCIF pag.20), destarte surgiu à criação de novos conceitos e definições, com o foco em custo, disponibilidade e confiabilidade. Conforme a Associação Brasileira de Norma Técnica (ABNT) – NBR - 5462 (1994) existem três tipos de manutenções, quais sejam:

- Manutenção Corretiva;
- Manutenção Preventiva;
- Manutenção Preditiva.

Segundo a ABNT - 5462 (1994): manutenção é a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo supervisões, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado a qual possa desempenhar uma função requerida.

Para Moubray (2000), o objetivo da manutenção é assegurar que itens físicos continuem a fazer o que seus usuários desejam que eles façam. Alguns autores já sugerem a existência de uma nova fase dentro das evoluções que cercam as gerações da manutenção, no caso a quinta geração.

“A quinta geração mantém as boas práticas da quarta geração, mas focando ainda mais nos resultados empresariais e uma grande melhoria na relação entre os departamentos para garantir a gestão dos ativos. Nesta fase surge o conceito de gestão de ativos, no qual os ativos devem produzir na sua capacidade máxima para obter o melhor retorno sobre os ativos (ROA) ou retorno sobre o investimento (ROI)” Vasconcelos (2012).

A partir de 2011, conforme o **Quadro 2**, uma visão globalizada e tecnológica as indústrias e sociedades agregam cada dia mais conhecimentos e com isso as interações são cada vez mais intensificadas pelas redes on-line. Esse novo evento global trouxe o aumento cada vez mais crescente por produtos e os sistemas de melhor desempenho e custos competitivos saíram na frente nesta corrida tecnológica. A manutenção não fica de fora deste avanço, agora uma gestão integrada ao sistema de produção que alimenta o processo desde a disponibilidade de peças, reparos em tempo hábil, métodos de controle e acompanhamento, até a disponibilidade de layout de equipe responsável. De acordo com Viana (2002) vale enfatizar alguns pontos importantes:

- Surgimento da Gestão de Ativos, nova ISO 55000 (2014);
- Gestão de Riscos aplicada aos ativos;
- Confiabilidade humana;
- Novos métodos preditivos;
- Maior Confiabilidade e disponibilidade dos sites;
- Maior segurança, qualidade, maior ambiente e sustentabilidade;
- Maior vida útil dos equipamentos e efetividade de custos.

Quadro 2: Descrição das novas gerações da manutenção.

EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO										
GERAÇÃO	PRIMEIRA GERAÇÃO		SEGUNDA GERAÇÃO		TERCEIRA GERAÇÃO		QUARTA GERAÇÃO		QUINTA GERAÇÃO	
ANO	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2005	2010	2015
Aumento das expectativas em relação à Manutenção	Conserto após a falha		Disponibilidade, crescente maior vida útil do equipamento		Maior confiabilidade Maior disponibilidade Melhor relação custo benefício Preservação do meio ambiente		Maior confiabilidade; Maior disponibilidade Preservação do meio ambiente; Segurança Gerenciar ativos Influir nos resultados do negócio.		Gerenciar os ativos; otimizar os ciclos de vida dos ativos Incluir nos resultados do negócio	
Visão quanto à falha do ativo.	Todos os equipamentos se desgastam com a idade e por isso falham.		Todos os equipamentos se comportam de acordo com a curva da banheira.		Existência de 6 padrões de falhas (Nowlan & Heap e Moubray)		Reduzir drasticamente falhas prematuras dos padrões A e F (Nowlan & Heap e Moubray).		Planejamento do ciclo de vida desde o projeto para reduzir falhas.	
Mudanças nas técnicas de manutenção	Habilidades voltadas para o reparo		Planejamento manual da manutenção Computadores grandes e lentos Manutenção preventiva (por tempo)		Monitoramento da condição Manutenção preditiva Análise de Risco Computadores pequenos e rápidos Softwares potentes Grupos de trabalho disciplinares Projetos voltados para a confiabilidade		Aumento da manutenção preditiva e monitoramento da condição Redução nas manutenções preventiva não planejada Análise de falhas técnicas de confiabilidade Manutenibilidade Projetos voltados, manutenibilidade e disponibilidade Contratação por resultados		Aumento da manutenção preditiva e monitoramento da condição on e off-line Participação efetiva no projeto, aquisição instalação, comissionamento, operação e manutenção de ativos Garantir que os ativos operem dentro de sua máxima eficiência Implementar melhorias objetivando redução de falhas; Excelência em engenharia de manutenção;	

Em março de 2019, foi criado o Global Forum on Maintenance & Asset Management – (GFMAM), cuja sede fica na cidade de Zurich na Suíça. Em 2011 inicia-se as discussões sobre PASS5 ou ISO5000, a partir daí as mais importantes associações da Gestão de Ativos do mundo estão desenvolvendo e padronizando processos, normas e certificações.

Para Smith (2005), a manutenção tem como objetivo preservar as capacidades funcionais de equipamentos e sistemas em operação. Uma boa gestão da manutenção pode ser encarada como uma parte principal das organizações utilizando de práticas da minimização dos custos e aumento das garantias da qualidade dos produtos e dos serviços oferecidos (BELHOT & CARDOSO, 1994).

2.2 Evolução da Manutenção

Deve-se ter em vista os conceitos e aplicações do século XX especificamente ano de 1994, onde as indústrias não tratavam a manutenção com a devida importância. Nesta época a manutenção não era aplicada ao sistema produtivo, desta forma as indústrias e fábricas deste período não possuíam equipe e mão de obra especializada em manutenção mesmo que as empresas trabalhassem arduamente para obter sua máxima produção dos equipamentos e máquinas, os trabalhos eram de forma contínua e quase ininterruptos e feitos até que as máquinas e equipamentos quebrassem totalmente.

Para alguns sistemas desta época a máxima produção era o essencial, alinhado a esse pensamento não era aplicado manutenções significativas, apenas de forma singular, eram realizadas trocas de peças após uma quebra, ou seja, a manutenção era basicamente o que denominamos de manutenção corretiva após alguma falha ou que a máquina parasse. As equipes responsáveis eram acionadas para realizar os devidos reparos de forma a sempre obter sucesso para o retorno do equipamento a produção, o que na visão da época era o necessário na gestão do processo.

Em função da Segunda Guerra mundial e o final da segunda revolução industrial no ano de 1939 a missão das empresas em aumentar a produção e a velocidade com que se produzia se tornou cada vez mais necessário para suprir a demanda e o abastecimento.

A partir deste novo modelo em um cenário pós-guerra, tornou – se

necessário às empresas se reinventarem, o que trouxe vantagens em vários aspectos das indústrias, um deles é a necessidade da criação de departamento de manutenção, onde se inicia uma preocupação em pensar não apenas em corrigir quebras, mas evitá-las, vale dizer, em manter os equipamentos em fluxo contínuos, entretanto desta vez sendo acompanhados e buscando responder perguntas de como a manutenção poderia agregar para que os equipamentos pudessem produzir o maior número de peças.

Neste período também se pode citar a expansão da aviação comercial que se deu a partir do ano 1940, onde a manutenção corretiva perde espaço e inicia-se o aprimoramento da manutenção preventiva, já que neste setor não se pode contar com a manutenção após a falha, principalmente se consideramos um avião em operação. Passou a ser necessário prever as falhas, não apenas em repará-las, e assim agregou qualidade a manutenção. Esse é um importante avanço dentro da gestão de manutenção possibilitando competitividade no mercado e pontos de vistas significativos, de uma troca de peças, para funções estratégicas agregadas com a máxima qualidade, produtividade, disponibilidade, vida útil de equipamento, máquinas e segurança para os trabalhadores e fatores ambientais. Após a evolução da manutenção, ocorreram às definições e os tipos de manutenção.

2.3 Tipos de Manutenção

De acordo com a norma NBR - 5462 (ABNT, 1994) existem três tipos de manutenção: Manutenção Corretiva, Manutenção Preventiva, Manutenção Preditiva. Com o passar dos anos foram surgindo outros tipos de manutenção como a manutenção Detectiva.

Segundo a NBR 5462 – (ABNT, 1994) a manutenção corretiva é efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida. Significa que a manutenção só é realizada quando o equipamento quebra, dependendo disso o custo pode ser considerado alto, pois com a quebra do equipamento a produção irá parar para aguardar a equipe de manutenção que pode demorar a atender, caso a empresa não tenha estoque de sobressalentes para aquele equipamento essa demora poderá ser maior, acarretando grandes prejuízos e perdas para as empresas. De acordo com Kardec & Nascif (1999), manutenção corretiva é a atuação para a correção da falha ou do desempenho menor que o esperado.

A manutenção corretiva tem dois tipos de falhas a potencial e a falha funcional. Falha potencial é quando o equipamento dá sinais que vai falhar, ou seja, a falha está em estado inicial e o operador do equipamento ainda consegue trabalhar com ela, caso a falha não seja corrigida o equipamento irá parar. Falha funcional é quando o equipamento falha de uma vez e precisa de manutenção para voltar a funcionar, ou seja, operador não consegue realizar as atividades. Entende - se que tem dois tipos de manutenção corretiva: corretiva, planejada e corretiva não planejada.

Corretiva planejada de acordo com Kardec & Nascif (1999), é realizada em função do acompanhamento preditivo ou pela decisão de operar até a quebra; e corretiva não planejada é realizada após ocorrer à falha de maneira aleatória. A manutenção corretiva planejada tem um custo mais barato segundo o mesmo autor, pois o equipamento é acompanhado até a sua quebra. Já a manutenção corretiva não planejada pode ter o custo maior, observando-se que peças sobressalentes em urgência tende a ter um custo elevado, com isso o tempo de entrega da peça para substituição no equipamento pode demorar dias e assim a produção ficará parada aguardando a correção.

Manutenção Preventiva: de acordo com a norma NBR-5462 (ABNT, 1994), é a manutenção efetuada em intervalos predeterminados ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item. Significa que a manutenção é realizada antes do equipamento entrar em estado de falha, com efeito, a manutenção preventiva não deve ser usada para todos os equipamentos, somente os estratégicos, levando em conta a idade do equipamento.

Para Kardec & Nascif (1999), manutenção preventiva é a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou queda no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo.

De acordo com a NBR 5462 (ABNT, 1994), para usar a manutenção preventiva é preciso destacar três pontos: Intervalos predeterminados, critérios específicos e redução da probabilidade das falhas. Pode-se dizer que esses pontos são chamados de gatilhos que significa que quando o equipamento passar por um desses pontos está na hora de realizar a manutenção. Assim temos quatro tipos de gatilhos: tempo que determina se a manutenção deve ocorrer, por exemplo, todo mês ou a cada três meses; horas de funcionamento do equipamento que determina se o equipamento deve passar por manutenção quando atingir determinado tempo de uso; produtividade que determina que a cada número de peças produzidas devem realizar a manutenção e gatilho misto que combina tempo, horas de funcionamento e produtividade o que acontecer primeiro é realizada a manutenção.

Segundo Branco (2008) existe dois tipos de manutenção preventiva a baseada na condição ou preventiva por estado e manutenção preventiva sistemática.

A manutenção Preventiva baseada na condição ou preventiva por estado é aquela em que a equipe de manutenção irá realizar no momento mais adequado devido à detecção da falha. Manutenção preventiva sistemática é aquela que ocorre de modo sistemático seja por quilômetros rodados ou, por exemplo, de 38 em 38 dias.

Se a manutenção Preventiva for bem aplicada pode trazer o um custo benefício, dependendo da estratégia e dos equipamentos que a equipe de manutenção determinou para esse tipo de manutenção, caso contrário pode ocorrer sobressalentes em demasia, paradas de equipamentos desnecessárias impactando diretamente na produção.

Manutenção Preditiva: de acordo com a NBR - 5462 (ABNT, 1994) é aquela que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva. Dessa forma a manutenção preditiva é o acompanhamento da falha do equipamento que ainda não prejudicou a parada de produção, quando é identificada a equipe de manutenção pode planejar e programar a troca de uma peça ou realizar ações para eliminar essa falha. A manutenção preditiva pode ser chamada de manutenção sob condição do equipamento.

A manutenção preditiva realiza o acompanhamento e monitoramento das condições dos equipamentos para detectar falhas ocultas. Observam-se dois tipos de manutenção preditiva, por inspeção e por medições. Por inspeções de máquinas para poder indicar as condições de funcionamento e pode ser realizada visualmente. Medições de pressões, ruídos, temperatura, vibrações entre outros.

O principal objetivo da manutenção preditiva é achar antecipadamente a falha de máquinas e equipamentos, eliminar desmontagens desnecessárias, aumentar disponibilidade e a vida útil do equipamento entre outros. Manutenção Preditiva: De acordo com Kardec & Júlio (1999), a atuação realizada com base em modificação de parâmetro de condição ou desempenho, cujo acompanhamento

obedece a uma sistemática, a manutenção preditiva também é conhecida por manutenção sob condição ou manutenção com base no estado do equipamento.

Assim esse tipo de manutenção se dá pela previsão da incapacidade do equipamento e com isso prevenir falhas por meio do monitoramento dos parâmetros. Após o resultado do monitoramento pode-se observar um aumento dos intervalos na manutenção corretiva e também das manutenções planejadas, gerando uma maior disponibilidade na área de produção. As condições básicas para usar a manutenção preditiva segundo Kardec & Nascif (1999) são:

- O equipamento sistema ou instalação devem permitir algum tipo de monitoramento/medição;
- O equipamento sistema ou instalação devem merecer esse tipo de ação, em função dos custos envolvidos;
- As falhas devem ser oriundas de causas que possam ser monitoradas e ter sua progressão acompanhada;
- Seja estabelecido um programa de acompanhamento, análise e diagnóstico, sistematizado.

Para usar esse tipo de manutenção é preciso um estudo dos equipamentos que necessitam de manutenção para definir quais serão utilizados, tendo como objetivo aumento da disponibilidade, redução de acidentes, segurança entre outros. O custo para esse tipo de manutenção pode ser considerado alto, pois necessita de investimento de equipamentos para medição e monitoramento, mas por outro lado de acordo com Kardec & Nascif (1999) a manutenção preditiva é a que oferece melhores resultados, porque intervém o mínimo possível na planta.

Manutenção Detectiva segundo o mesmo autor é a atuação efetuada em sistemas de proteção buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção. Significa que a manutenção detectiva atua nos sistemas de proteção buscando identificar falhas ocultas ou não perceptíveis e é cada vez maior a utilização de tecnologias no controle de processos produtivos.

[...] São sistemas de aquisição de dados controladores lógicos programáveis, sistemas Digitais de Controle Distribuído – SDCD, *multi-loops* com computadores supervisorio e outra infinidade de arquiteturas de controle somente possíveis com o advento de computadores de processo, Sistemas de *shut-down* ou sistemas de *trip* garantem a segurança de um processo quando esse sai de sua faixa de operação segura. Esses sistemas de segurança são independentes dos sistemas de controle utilizados para otimização da produção.

Equipamentos eletrônicos programáveis estão sendo utilizados para essas aplicações [...]”.
(Kardec & Nascif pag. 44).

Para uma boa manutenção detectiva é preciso que os equipamentos e sistemas sejam confiáveis para poder detectar falhas ocultas, pois essa manutenção pode ser realizada com equipamento em funcionamento ou nas grandes paradas para manutenção.

Já a Engenharia de Manutenção busca resultados para melhorar o setor de manutenção dentro das empresas e oferecer maior confiabilidade, disponibilidade e manutenibilidade. Em uma citação de Kardec & Nascif (1999, p. 46), “Engenharia de manutenção significa perseguir benchmarks, aplicar técnicas modernas, estar nivelado com a manutenção do primeiro mundo [...]”.

A engenharia de manutenção é responsável pelos ativos, criação dos planos de manutenção, indicadores de desempenho, elaboração do planejamento e controle da manutenção. Um dos principais objetivos da engenharia de manutenção é diminuir as falhas ocorrentes no processo, melhoria de máquinas e equipamentos. As manutenções preventivas tendem a ficar em dia quando temos uma equipe de engenharia de manutenção reduzindo a ociosidade e aumentando a produtividade e redução dos custos. A engenharia de manutenção alinhada com a equipe de manutenção desenvolve um trabalho de qualidade garantindo o bom funcionamento de máquinas e equipamentos, garantindo a segurança do trabalhador e o aumento dos lucros da empresa.

2.4 Gestão da Manutenção

Como já questionado por Peck do Amaral (2011), “qual a importância que a empresa dá à operação, retirando as máquinas e os operadores”? Através deste questionamento ainda de acordo com Pack do Amaral (2011) chegou-se ao custo da não qualidade de um equipamento parado? Quanto custa para empresa uma produção parada?

A inserção de vários setores, processo e atividades que tem como objetivo evitar as paradas constantes e não previstas, reduzir o tempo de setups e as falhas em equipamentos, algumas destas empresas já possuem setores e gestores especialistas em gerir os processos e atividades ligados à manutenção,

mas ainda não é uma unanimidade entre as empresas. Ainda de acordo como Peck do Amaral (2011), de início começa-se a verificar que nem todas as empresas dão valor à função manutenção, muitas empresas ainda consideram que a manutenção é um centro de custo e não um centro de lucratividade que pode ajudar a obter lucros ou perdas dependendo de como a manutenção é gerido.

“[...] A manutenção é você procurar manter seu ativo nas condições de projeto ou nas condições exigidas pela produção industrial, e essa atividade vai dependente da cultura própria da empresa e de como ela encara essa gestão, dificilmente veremos presidente ou diretores visitando as oficinas de manutenção, estarão preocupados com todos os demais departamentos, mas dificilmente vai até a oficina verificar o que acontece ou anda na fábrica e verificar o estados das maquinas [...]”.
(Peck do Amaral 2011).

A manutenção no campo de visão empresarial como uma gestão, pode ser descrita de acordo com Peck do Amaral (2011), como a supervisão para um bom funcionamento regular dos recursos e ativos de uma empresa, pois além da visão primaria, ajudaria a evitar as paradas da produção por falhas nos maquinários ou por falta de peças para reparo, evitando o desperdício e auxiliando em manter o fluxo de produção industrial, essa gestão também se agrega aos equipamentos necessários para manter as instalações em funcionamento adequado conforme foi projetado. Estando a frente deste processo evita-se que os problemas rotineiros se tornem um problema maior no futuro. O direcionamento dos trabalhos e equipes varia de empresa para empresa de acordo com sua cultura, assim como as metodologias que são empregadas e dos recursos destinados. Entretanto a manutenção deve ser vista com uma função estratégica para as empresas.

A Gestão da manutenção é uma gerência que supervisiona todas as técnicas para manter o bom desempenho de máquinas e equipamentos e é de muita importância dentro das empresas, pois atua para evitar quebras, paradas de produção, atrasos, aumentos dos custos, aumentos de acidentes. A gestão da manutenção tem que ter uma grande parceria com a produção, pois a produção depende da manutenção e vice e versa.

A gestão da manutenção de acordo com Nascif e Dorigo (2010) é o controle de dois processos: Gerenciamento da rotina e Implantação de melhorias. Pode

considerar que o gerenciamento da rotina é fazer um planejamento das tarefas do dia a dia e executar conforme planejado para que não ter perdas, só depois disso ir para a implantação de melhorias. Missão da manutenção de acordo com Nascif e Dorigo: (2010).

“Garantir a confiabilidade e a disponibilidade dos ativos de modo a atender a um programa de produção ou prestação de serviços com segurança, preservação do meio ambiente e custos adequados.”
(Manutenção Orientada para resultados pag 31.)

Confiabilidade de acordo com a NBR – 5462 (ABNT, 1994) é a capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um intervalo de tempo.

Para Nascif e Dorigo (2010) confiabilidade é a probabilidade que um item pode desempenhar suas funções requerida, por intervalo de tempo estabelecido ou sob condições definidas de uso. Significa que confiabilidade é a análise que verifica o desempenho de equipamentos e máquinas de acordo com um intervalo de tempo.

Disponibilidade de acordo com a NBR – 5462 (ABNT, 1994) é a capacidade de um item estar em condições de executar certa função em um instante ou durante um intervalo de tempo determinado, levando-se em conta os aspectos combinados de sua confiabilidade, maneabilidade e suporte de manutenção, supondo que os recursos externos requeridos estejam assegurados.

Para Nascif e Dorigo (2010) Disponibilidade é o tempo em que o equipamento, sistema, instalações está disponível para operar (ou ser utilizado), em condições de produzir ou de permitir a prestação de um serviço. Pode-se dizer que disponibilidade é o tempo em que o equipamento está disponível para utilização da produção.

O cálculo da disponibilidade é de acordo com tempo médio entre falhas (MTBF) e tempo médio de reparo (MTTR). Disponibilidade = $\frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$
Então quanto maior a disponibilidade dos equipamentos e máquinas melhores os resultados da empresa.

A gestão da manutenção é um fator importante na qualidade dos produtos fornecidos por uma determinada empresa, pois está ligada a disponibilidade de

equipamentos e máquinas. Por isso é preciso analisar e buscar as melhores práticas para cada empresa.

Algumas práticas citadas por Nascif e Dorigo (2010) são: Análise de falhas que verifica as causas das falhas para que elas não voltem ocorrer denominada de Análise de Modo e Efeito de Falha (FMEA). Aplicação de técnicas de Análise preliminar de risco pode ser feita em forma de checklist antes de ser efetuado o trabalho. Aplicação de programas para capacitação de pessoas, oferecer treinamentos para cumprir o trabalho com qualidade e com isso aumentar a segurança.

As empresas que buscam melhorias contínuas utilizam de ferramentas da qualidade como, por exemplo, o ciclo Plan, Do, Check e Act = Planejar, Fazer, Verificar e Agir (PDCA) ou Define, Measure, Analyze, Improve e Control (DMAIC), entre outras ferramentas que podem ser utilizadas como forma de gestão da manutenção devendo ser combinadas com as técnicas básicas como monitoramento, alinhamento e balanceamento.

Os tipos de manutenção, ferramentas e práticas combinadas com a disponibilidade e confiabilidade são extremamente necessárias para gestão da manutenção que tem por objetivo reduzir falhas, melhorar desempenho de equipamentos e máquinas, segurança do trabalhador, qualidade nos produtos e competitividade no mercado. Isso faz com que as empresas tenham uma equipe de manutenção voltada para obtenção de resultados.

2.5 Técnicas e ferramentas para identificar falhas

As técnicas e ferramentas para identificar falhas têm como objetivo analisar uma falha e encontrar sua causa raiz, pode-se dizer que tem vários métodos de análise de falhas e solução usadas para equipamentos e máquinas. Cada ferramenta ou técnicas será usada de forma diferente, dependendo do tipo de falha.

Segundo Nascif e Dorigo (2010) Diagrama de Ishikawa ou diagrama de causa e efeito foi criado pelo engenheiro Kaoru Ishikawa que desenvolveu também as sete ferramentas da qualidade. Diagrama de Ishikawa ou diagrama de causa e efeito é uma ferramenta utilizada para identificar as raízes da falha, essa ferramenta possui uma linha horizontal e ramos que parecem com uma espinha de

peixe ramificadas em seis categorias chamadas de máquina, método, mão de obra, material, meio ambiente e medidas. Depois de classificar as categorias é possível verificar o que gerou a falha. Uma das vantagens do referido diagrama é que ficam evidenciadas causas e efeitos de forma simples, porém uma das desvantagens é a limitação das causas e as categorias.

O próximo indicador é o Princípio de Pareto e de acordo com o livro *Manutenção Orientada para Resultados* (2010) Vilfredo Pareto estabeleceu a regra 80-20 devido a estudos da população da Itália entre ricos e pobres. Em 1940 Joseph Juran deu essa regra o nome de Lei ou princípio de Pareto.

“Em 1940, Joseph Juran deu a esse princípio o nome de Lei ou Princípio de Pareto e cunhou a frase “vital few and trivial many” após constatar que 20% de qualquer coisa sempre representava 80% dos resultados.” (Kardec & Nascif: *Manutenção Orientada para Resultados*, 2010, p.18).

O Princípio de Pareto é usado para determinar a quantidade e verificar as causas de um problema, na manutenção é utilizada para conferir as causas de falhas com números de parada de máquinas ou equipamentos, com isso, verificar o que causa mais indisponibilidade dos equipamentos e máquinas. Uma vantagem é que usando esse princípio, verifica-se qual equipamento ou máquinas tem a necessidade de intervenção primária.

De acordo com Nascif e Dorigo (2010) o controle de indicadores deve ser exercido somente sobre aqueles equipamentos vitais e eles devem representar o que realmente impacta nas empresas. A metodologia que pode ser utilizada é o desdobramento da qualidade, custo, atendimento, Moral e Segurança (QCAMS), já o Balanced Scorecard (BSC) é o acompanhamento de indicadores feito por meio de gráficos para visualização de forma simples e contém quatro fatores, quais sejam financeiro, mercado, processos e pessoal.

Análise de Modo de Efeito de Falha Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) é utilizada para analisar e prevenir os riscos, identificando as causas e efeitos para tomar ações e solucionar as falhas. De acordo com Kardec & Nascif (1999), os especialistas indicam três níveis de FMEA: projeto, processo e sistema. FMEA de projeto é a equipe que está desenvolvendo máquinas e equipamento e buscam identificar possíveis falhas; FMEA de processos identifica falhas no processo de máquinas e equipamentos; FMEA de sistema busca identificar falhas em um todo dentro da planta industrial.

Na Manutenção é utilizado o FMEA de processo, pois constitui em identificação de falhas no processo de máquinas e equipamento sendo assim será feito uma análise dos equipamentos e busca de todas as possibilidades de falha. Além do FMEA temos o Failure Mode Effects and Critically Analysis (FMECA).

“A principal diferença entre FMEA e FMECA reside no fato de que FMEA é uma técnica mais ligada ao aspecto qualitativo, sendo muito utilizada na avaliação de projetos, enquanto a FMECA inclui o que se denomina análise crítica – CA – Critically Analysis. A análise crítica é um método quantitativo que é utilizado para classificar os modos de falha levando em consideração suas probabilidades de ocorrência.” (Kardec & Nascif: Manutenção Funções Estratégica, 2007, P. 114).

De acordo com Kardec & Nascif (1999) calcula-se o NPR que é o número de prioridade do risco e o resultado da frequência da falha. $NPR = \text{Frequência} \times \text{Gravidade} \times \text{Detectabilidade}$; frequência é quantidade de ocorrência da falha, gravidade é o efeito da falha e detectabilidade é a dificuldade de detectar a falha.

A FMEA tem objetivo de reduzir as falhas, melhorar a qualidade de equipamentos e máquinas, redução do tempo médio entre falhas, melhorar a segurança entre outros aspectos. Análise das Causas – Raízes da Falha (“Root Cause Failure) de acordo com Kardec & Nascif (1999) se baseia no questionamento do por quê? E é um método que busca a identificação de causas raízes com perguntas denominado dos cinco por quês, podendo ser cinco ou mais até que a causa da falha seja identificada.

Já a árvore lógica das falhas busca descobrir as raízes que causou a falha, começando pelo mapeamento das falhas passando para descrição das falhas, esse processo é feito até a descoberta da causa, visualizando a estrutura do processo, buscando desenvolver cada “galhos” como um problema, até a sua descoberta.

O próximo capítulo tratará das pontes rolantes a qual o estudo de caso será feito. As pontes rolantes têm grande importância dentro de uma indústria, uma vez que com elas ocorre a elevação e transporte de cargas.

2.6 Ponte Rolante

Os equipamentos de transportes e movimentações de carga tem uma função primordial dentro das indústrias, quais sejam, elevar, movimentar,

transportar grandes volumes ou cargas de grandes massas. Essas operações podem ser feitas manualmente ou com recursos de sistemas mecânicos. O uso da ponte rolante pode ser utilizado onde dificilmente a força humana consegue operar ou por questões de segurança.

Kurrer (2008) introduz que uma das empresas pioneiras a se dedicarem na produção de equipamentos de movimentação de guindastes e pontes rolantes a vapor, consoante a Figura 1. Fundada em 1830 na cidade de Wetter na Alemanha, a denominada, *Demg Cranes & Components Corporation (antiga Ludwig & Stuckenholtz AG)*. Um dos engenheiros responsáveis pelo desenvolvimento e elaboração dos projetos foi Rudolph Bredt (1842 – 1900), precisamente no ano de 1840, dada empresa foi pioneira na fabricação em massa destes equipamentos de movimentação.

Figura 1 – Primeira ponte rolante.



Fonte: Kurrer (2008, Repotenciamento da estrutura de uma ponte rolante, p. 415 – 416)

Com a evolução das indústrias e seus maquinários a ponte rolante foi se desenvolvendo desde suas estruturas à sua engenharia e tecnologia, saindo do modelo a vapor e hoje estabelecendo o perfil elétrico. As pontes rolantes são equipamentos de movimentação com vasta utilização dentro das fabricas modernas, tendo grande participação no perfil de empresas do setor siderúrgico e semelhantes, onde a utilização faz parte de todo processo de produção do aço, Brasil (1988).

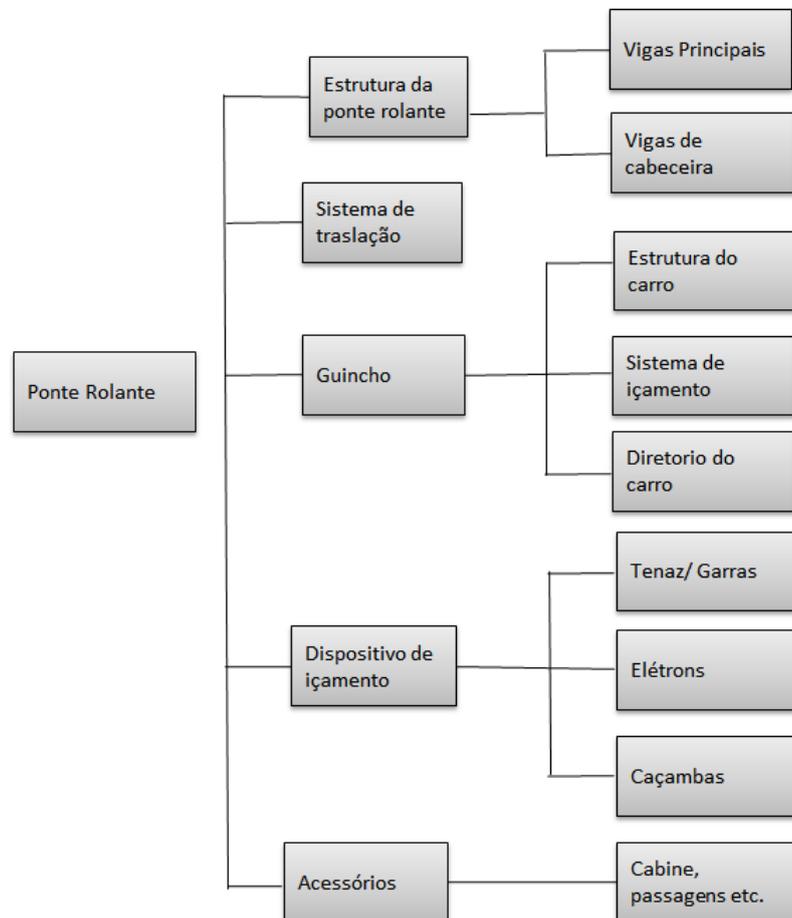
Sabe-se que uma das maiores perdas de um sistema produtivo é ocasionada pelas movimentações de cargas, podendo ser peças, materiais, matéria prima, componentes ou demais estruturas. Para a movimentação de carga

existe uma grande variedade de equipamento disponíveis no mercado que podem auxiliar as indústrias alternando de acordo com os vários ramos de atividades ou perfil estrutural dos volumes a serem operados, destacando-se nestes equipamentos as pontes rolantes industriais.

Mas o que são as pontes rolantes? É um equipamento aéreo acoplado sobre trilhos, largamente utilizados pelas indústrias de diversos seguimentos, estão entre um os principais equipamentos responsáveis pela logística de movimentações e transporte de cargas e materiais, sendo aplicado principalmente quando se trata de materiais muitos volumosos ou com um peso considerável. Também às vezes é simplesmente aplicado pela ausência de equipamentos como empilhadeira. As pontes rolantes estão presentes nos mais diversos setores, vale dizer, siderúrgicos, metalúrgicos, portos, armazéns etc. E sua atividade principal é o içamentos de cargas para realização de movimentações na extensão de um espaço físico ou no carregamento de veículos.

Conhecer os componentes é importante para entender o seu funcionamento e a aplicação da manutenção para seu bom funcionamento. As pontes rolantes são compostas por inúmeras partes e peças onde cada uma desempenha um papel único e primordial no seu funcionamento, facilmente se ver essa estrutura conforme a Figura 2, descrito por um fabricante CMK SERVICE GLOBAL (2020), os principais componentes e peças são:

Figura 2: Estrutura Ponte rolante.



Fonte: Brasil, (1988) adaptação pelos autores (2020).

- Viga principal: Estrutura principal da ponte onde se realiza o movimento de traslação do carro que percorre todo espaço de trabalho;
- Cabeceiras: estão localizadas nas extremidades da ponte onde a viga principal está fixada;
- Caminho de rolamento: é a base por onde a ponte rolante irá se movimentar;
- Talha: essa é montada no carro e é responsável pelo movimento de elevação da carga;
- Trolley: essa peça movimenta a talha sobre a viga da ponte rolante, geralmente o movimento é realizado por um motor elétrico que aciona uma caixa de engrenagens;

- Rodas: As rodas de uma ponte rolante são geralmente fabricadas em aço e no formato exato do trilho que irá se deslocar, possuem abas laterais que impede a ponte de sair do caminho de rolamento;
- Cabos de aço: os cabos de aço para pontes rolantes possuem acabamentos especiais que varia de acordo com a capacidade de resistência do componente e diâmetro do cabo, já que a espessura pode influenciar na capacidade de resistência para elevação da carga;
- Controles dos movimentos: desenvolvidos para trazer mais praticidade nos manuseios da operação, dando maior liberdade nos movimentos com maior segurança. Aumento da produtividade, necessitando apenas de um operador para movimentação e manuseio da carga, dispensando o operador fixo que se situa na cabine de operação;
- Cabine de Operação: é localizada na própria ponte rolante, responsável pelo controle de movimentação e operação. Esse tipo de controle é utilizado quando o ambiente abaixo da ponte é muito elevado ou quando o operador precisa visualizar a ação pelo alto, como por exemplo, a movimentação de contêiner.

No mercado existem diversos fabricantes e uma variedade relevante de opções e modelos, nos equipamentos disponíveis no mercado temos como exemplo a ponte rolante monoviga conforme Figura 3, citado pelo fabricante GH CRANES “O padrão das pontes rolantes monoviga são ótimas para conseguir o máximo de aproveitamento dos espaços.”

Figura 3 – Ponte rolante monoviga.



Fonte: Equipamento Ponte Rolante Monoviga fabricado por GH CRANES, disponível em: - <https://brasil.ghcranes.com/produtos/ponte-rolante>. – Acesso 08/10/2020

Na Figura 3 temos a Ponte Rolante Monoviga, com uma estrutura com o peso ajustado “reduzindo assim o peso sobre a estrutura apresentando uma

maior estabilidade para manuseio de cargas volumosas.”. Seguindo nesta linha temos a Ponte rolante suspensa: As pontes rolantes suspensas, conforme Figura 4, são umas das opções quando não existem possibilidades de construir uma estrutura com capacidade para uma ponte rolante mais robusta. Os desenhos das pontes rolantes suspensas são em sua grade maioria fixados diretamente ao “teto”, permitindo um máximo aproveitamento.

Figura 4: Ponte rolante suspensa.



Fonte: Equipamento Ponto Rolante do modelo suspensa, fabricada pela empresa, GH CRANES. Disponível em: < <https://brasil.ghcranes.com/produtos/ponte-rolante>>. – Acesso 08/10/2020

Por fim um dos outros modelos mais utilizados nas indústrias é a ponte rolante de suporte conforme Figura 5. É um modelo com as melhores opções quando se quer atender em um comprimento várias estações de trabalho dispostos em layout linear.

Figura 5: Ponte Rolante Por Suporte.



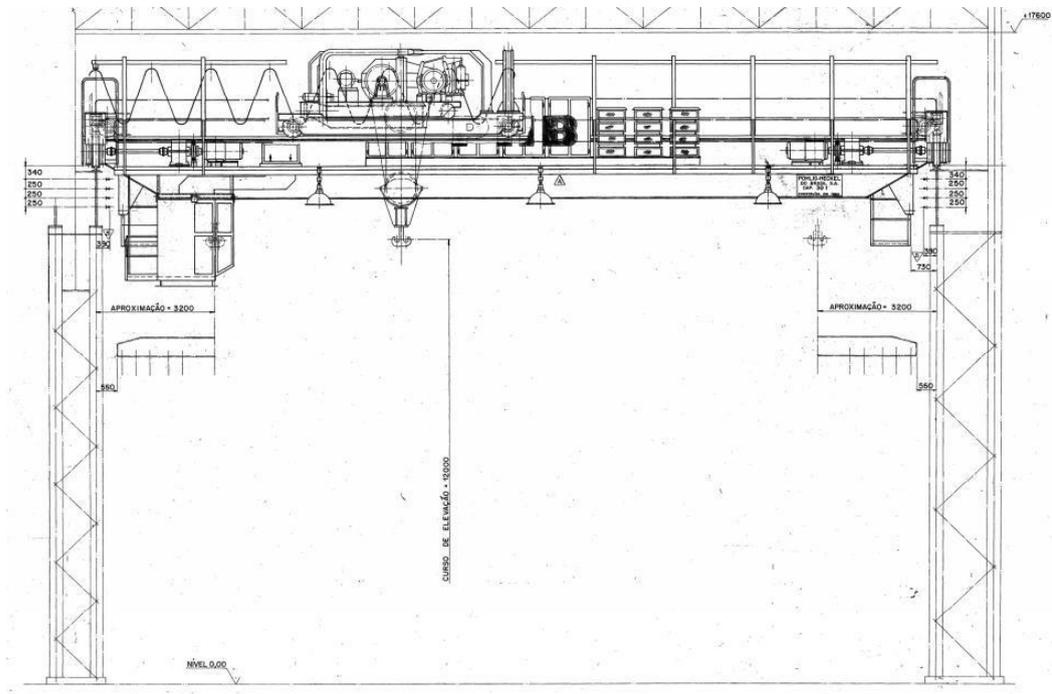
Fonte: Modelo suspenso, fabricado pela Empresa GB Cranes. Disponível em: < <https://brasil.ghcranes.com/produtos/ponte-rolante>>. – Acesso 08/10/2020

Existem programas de regulamentação para as pontes rolantes, vale dizer a NR11 – Transporte, Movimentação, Armazenagem e Manuseio de Materiais (1978) que é a norma de segurança para a operação de elevadores, guindastes, transportadores industriais e máquinas transportadoras, já a NBR 8400 (ABNT, 1984), cita as diretrizes básica para os cálculos das partes estruturais e componentes mecânicos para equipamentos de levantamento e movimentação de carga, independentemente do nível de complexidade ou tipo de nicho de serviço que o equipamento opera. De acordo com a NR11.1.3 (1978): “serão calculados e construídos de maneira que ofereçam as necessárias garantias de resistência e segurança e conservados em perfeitas condições de trabalho.” Conforme Augusto (2010), uma das exclusivas forma de assegurar que os equipamentos como, Pórticos, ponte rolante ou talha seja calculadas e também construídos de forma a garantir os padrões de resistência e de segurança necessários.

Importante ressaltar que a compra desses equipamentos devem ser feitas de empresas que possuam pessoal técnico qualificado, registrados e que forneçam a ART – Anotação de Responsabilidade Técnica, junto ao CREA - Conselho Regional de Engenharia e Agronomia. Especial atenção deve-se dar aos cabos de aços, correntes, cordas, roldanas e ganchos que devem ser inspecionados constantemente e sempre substituídos se alguma parte defeituosa for detectada. Nestes aspectos a qualidade alinhada com um sistema de manutenção tem total importância em efetuar o monitoramento e garantir a disponibilidade de parte e peças sobressalentes em caso de eventual necessidade de substituição.

O equipamento objeto do presente estudo de caso é a ponte rolante de suporte da empresa que denomina-se como “X”. Esse equipamento tem uma capacidade de cerca de 10 toneladas cada com aproximadamente 23 metros de comprimentos, essa ponte é a responsável pela movimentação e carregamento de todas as saídas do setor de logística e basicamente realiza operações como içamentos dos materiais para seguirem o fluxo dentro do sistema externo, seja ele o armazenamento ou disponibilidade no pátio para posterior expedição. A Figura 6 é o desenho da ponte rolante 1001 disponibilizado pela empresa “X”, no estado de Minas Gerais na cidade de Belo Horizonte onde será desenvolvido o estudo de caso.

Figura 6: Desenho da Ponte Rolante 1001.



Fonte: Desenho da ponte rolante 1001 do ano de 1985 fornecido pela empresa “X” –
Acesso em: 11 de novembro de 2020.

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

3.1 Pesquisa quanto aos fins

De acordo com Gil (2002) O processo de pesquisa passa por diversas fases, desde o problema até os resultados, a pesquisa é desenvolvida através de conhecimentos, métodos, técnicas entre outros que tem o objetivo de identificar os problemas.

Ainda segundo o autor Pesquisa básica é aquela que o pesquisador faz apenas uma consulta e atualização sem descobertas científicas já a pesquisa aplicada abrange vários estudos para resolver problemas identificados pelos pesquisadores e contribui para os estudos científicos. Segundo Gil (2002) entende – se que as pesquisas existem em três níveis as pesquisas dos tipos exploratória, descritiva, explicativa.

Exploratória: De acordo Gil (2002), a pesquisa exploratória tem o objetivo de mostrar as ideias e as descobertas para identificação do problema. Descritiva: a pesquisa descritiva é fundamentada nos assuntos teóricos que mostra técnicas de observação do problema, análise, registros entre outros.

Entre as pesquisas descritivas, salientam-se aquelas que têm por objetivo estudar as características de um grupo: sua distribuição por idade, sexo, procedência, nível de escolaridade, estado de saúde física e mental etc. (GIL, 2002, p. 42)

Explicativa: A pesquisa explicativa é fundamentada no registro e análise aprofundada, buscando mostrar as causas dos problemas encontrados, através de diversos métodos.

A pesquisa explicativa tem como preocupação central identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos. Esse é o tipo de pesquisa que mais aprofunda o conhecimento da realidade, porque explica a razão, o porquê das coisas. Por isso mesmo, é o tipo mais complexo e delicado, já que o risco de cometer erros aumenta consideravelmente. (GIL, 2002, p.42)

A pesquisa do presente trabalho foi do tipo exploratória, pois busca reduzir a taxa de falha, identificar as causas da quebra da ponte rolante 1001 de

uma empresa siderúrgica localizada em Belo Horizonte Minas Gerais tendo como escopo propor sugestões de melhoria.

3.2 Pesquisa quanto aos meios

Segundo Gil (2002), as pesquisas quanto aos meios se classificam em:

- Pesquisa bibliográfica: é desenvolvida baseada em livros, artigos acadêmicos e podem complementar a pesquisa.
- Estudo de campo: é desenvolvida com base em observação e através de questionários dentro de um determinado grupo, análises de documentos.
- Pesquisa-ação: é desenvolvida através de um problema em um determinado grupo e com isso é avaliado os resultados.
- Estudo de caso: é desenvolvido dentro de um lugar específico podendo ser empresas, escolas, hospitais, buscando-se identificar causas detalhadas de um determinado problema com base em estudos profundos, dessa forma são analisados todos os acontecimentos daquele lugar que está sendo realizado o estudo.

Esse trabalho é um estudo de caso, pois foi realizada uma análise aprofundada sobre a ponte rolante 1001 e as suas quebras. Foram analisados os documentos da empresa, observações e possíveis entrevistas com o operador da ponte rolante localizada no setor de logística de uma empresa siderúrgica localizada em Belo Horizonte Minas Gerais.

3.3 Organização em estudo

A empresa do estudo de caso é chamada de "X", pois a referida não permitiu citá-la por motivos de confidencialidade. A empresa chamada de "X" é multinacional do ramo siderúrgico com mais de 5.000 funcionários, que produz tubo de aço sem costura para os setores petrolífero, industrial, automotivo, de energia e da construção civil. Está localizada em Belo Horizonte, Minas Gerais, desde o ano de 1952 e possui filiais em Jeceaba, Rio das Ostras e Espírito Santo. O grupo conta com empresas na área de mineração, florestal, transporte e serviços.

O estudo de caso foi realizado em Belo Horizonte na ponte rolante 1001 do setor de logística. A empresa é uma das maiores no Brasil do setor de tubos, produzindo para todo o mundo com foco na qualidade de seus produtos, garantindo a saúde e segurança de seus trabalhadores e prestadores de serviços.

3.4 Universo e amostra

De acordo com Marconi e Lakatos (2003), é preciso que todos os métodos e técnicas utilizadas na pesquisa sejam reconhecidos delimitando o universo e amostra.

Segundo Gil (1999) universo é um conjunto de elementos que tem varias características e amostra é o subconjunto desse universo.

Nesse trabalho o universo é a unidade da empresa siderúrgica localiza em Belo Horizonte, Minas Gerais e a amostra é a parte da ponte rolante 1001 do setor de logística e conta com três operadores divididos em turnos para movimentação da ponte.

3.5 Formas de coleta e análise dos dados

Entende-se que tem várias formas de coletas de dados a seguir expostos: Questionários de acordo com Marconi e Lakatos, (1999) é uma forma de coleta em perguntas que analisa as respostas dos usuários por meio da escrita podem ser aberta onde o questionado escreve com suas palavras, múltipla escolha que o questionado tem que escolher uma alternativa dentro das respostas fechadas e fechada que o questionado escolher entre duas opções.

Entrevista de acordo com o mesmo autor é quando duas pessoas conversam e uma delas quer saber de um determinado assunto que a outra sabe, ela pode ser estruturada onde o entrevistador segue o que já está programado; não estruturada o entrevistador pode fazer perguntas e explorar mais o assunto da entrevista e semiestruturada que abrange um poucos das duas estruturas.

Análise documental de acordo com Zanella (2009) é a identificação dos documentos internos, regulamento, relatórios, entre outros, utiliza-se para pesquisa quantitativa e qualitativa.

Observação utiliza-se do visual, daquilo que se vê. Observação assistemática não tem planejamento; observação sistemática tem planejamento e estabelece o que será observado; observação não participante não participa de forma alguma só vê o que está acontecendo; observação participante onde vê e participa do que está acontecendo.

O trabalho tem três formas de pesquisas, ou seja, análise documental: análise de documentos como plano de manutenção do ano de 2019. Nesse documento encontra-se a quantidade de tempos de que são realizadas as manutenções preventiva e preditiva, indicadores de manutenção como MTTR, MTBF nesses indicadores encontra -se quantas quebras ocorreram no ano de 2019, tempo gasto para atendimento e também o indicador de custo para análise de quanto foi gasto nessa ponte rolante devido a quantidade de quebras.

A observação sistemática tem como objetivo a identificação da taxa de falha de quebras da ponte 1001, para isso foi analisado os documentos fornecidos pela empresa e visita à empresa por um integrante do grupo no em Fevereiro de 2021.

Entrevista semiestruturada que foi realizada através de uma visita presencial em fevereiro de 2021. Foi selecionado um operador da ponte rolante 1001 para compreender como é feito o processo de elevação de carga, organização do setor de logística, o que acontece quando a ponte rolante quebra e entender a percepção dele quanto à estrutura da ponte, saúde e segurança para trabalhar e as melhorias que deveriam ser feita.

Para análise dos dados foi utilizadas planilhas de Excel, gráficos, dados fornecidos pela empresa. Após extração dos dados foi possível elaboração de relatórios para mostrar a quantidade de quebras e o tempo de MTTR e MTFB do ano de 2019 esse dados serviram de parâmetros para propor soluções para reduzir taxa de falha de quebra da ponte rolante 1001.

3.6 Limitações da pesquisa

Algumas das limitações que podem ocorreram para desenvolver o presente estudo de caso é a dificuldade para coleta de dados e também a dificuldade para visitas à siderúrgica, uma vez que a empresa está trabalhando com redução de funcionários, utilizando-se do home office devido à pandemia do COVID – 2019.

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES

A pesquisa realizada neste trabalho tem como objetivo a análise dos dados históricos de manutenção e falhas, e do atual do sistema implantados na ponte rolante 1001 por uma indústria de siderurgia localizada em Belo Horizonte, Minas Gerais. Nesse sentido, espera-se identificar no sistema de manutenção do equipamento, pontos de melhoria com consistência e coerência. No aspecto teórico será apresentado neste trabalho fatores fundamentais para se atingir um padrão ideal.

No atual sistema da empresa em estudo, o plano de manutenção é realizado internamente por uma equipe especializada composta por técnicos elétricos, mecânicos e respectivos auxiliares, com auxílio do setor de engenharia de manutenção; baseando-se nas condições físicas do equipamento.

Trata-se de um equipamento de grande importância no sistema produtivo interno, vale dizer, a manutenção ocorre rotineiramente para os equipamentos com maior índice de falha. Os dados estão subdivididos em quatro partes: Apresentação do plano de manutenção; indicadores; e identificação dos problemas e sugestão de melhorias. Os resultados apresentados têm por finalidade mostrar a análise e os dados obtidos por meio de um estudo de caso realizado na ponte rolante 1001 localizada em uma indústria de siderurgia localizada em Belo Horizonte – Minas.

4.1 Apresentar o plano de manutenção atual da ponte Rolante 1001 do setor de logística de uma siderurgia situada em Belo Horizonte – MG

Um bom sistema de Gestão da Manutenção Industrial se baseia, além das tarefas administrativas de gestão, na utilização dos indicadores de manutenção, os quais fornecem informações importantes para a tomada de decisões desse setor, tais como: o planejamento e execução das manutenções preventivas programadas nas máquinas e equipamentos; a redução nos tempos das intervenções; a redução no tempo de máquinas paradas e os ajustes nos tempos de setup e as análises de viabilidade de investimentos (BRANCO, 2008).

O plano de manutenção atual realizado é o planejamento de todas as atividades a serem feitas na ponte rolante o qual tem como base o tempo em dias que a equipe efetive a manutenção. Tal plano é dividido em quatro partes: descrição do item a ser verificado onde mostra o que será feito; texto breve de operação em que mostra o que deve ser feito; duração de cada tarefa descrita no texto breve de operação; período de dias que é realizada a atividade e o seu tempo de duração. Conforme demonstra o **Quadro 3**, a seguir.

Quadro 3 – Plano de Manutenção da ponte rolante 1001.

Descrição do item a ser verificado	Texto breve operação	Duração	Unidade	Texto para Ciclo	Válido desde
PONTE 1001 INSPEÇÃO ELÉTRICA	1. SEGURANÇA E MEIO AMBIENTE	30	MIN	42 EM 42 DIAS + 14 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 INSPEÇÃO ELÉTRICA	2. PREDITIVA SENSITIVA ELÉTRICA	60	MIN	42 EM 42 DIAS + 14 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 INSPEÇÃO MECÂNICA	1. SEGURANÇA E MEIO AMBIENTE	30	MIN	42 EM 42 DIAS + 14 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 INSPEÇÃO MECÂNICA	2. PREDITIVA SENSITIVA MECÂNICA	60	MIN	42 EM 42 DIAS + 14 DIAS	19/09/2016
42D_PONTE 1001 INSPEÇÃO CABO DE AÇO	1. SEGURANÇA E MEIO AMBIENTE	30	MIN	42 EM 42 DIAS	19/09/2016
42D_PONTE 1001 INSPEÇÃO CABO DE AÇO	2. INSPECIONAR E LIBERAR	60	MIN	42 EM 42 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 REVISÃO ELÉTRICA	1. SEGURANÇA E MEIO AMBIENTE	10	MIN	42 EM 42 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 REVISÃO ELÉTRICA	2. PAINÉIS ELÉTRICOS E TRANSFORMADORES	24	MIN	42 EM 42 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 REVISÃO ELÉTRICA	3. COMPONENTES ELÉTRICOS DO CARRO	24	MIN	42 EM 42 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 REVISÃO ELÉTRICA	4. ALIMENTAÇÃO, RESIST. E MOT. DE MOV.	24	MIN	42 EM 42 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 REVISÃO ELÉTRICA	5. ILUMINAÇÃO EXTERNA	24	MIN	42 EM 42 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 REVISÃO ELÉTRICA	6. COMPONENTES DA CABINE	24	MIN	42 EM 42 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 REVISÃO MECÂNICA	1. SEGURANÇA E MEIO AMBIENTE	10	MIN	42 EM 42 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 REVISÃO MECÂNICA	2. ESTRUTURA	20	MIN	42 EM 42 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 REVISÃO MECÂNICA	3. COMPONENTES MECÂNICOS DO CARRO	20	MIN	42 EM 42 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 REVISÃO MECÂNICA	4. COMPONENTES DO MOV. DE PONTE	20	MIN	42 EM 42 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 REVISÃO MECÂNICA	5. RODAS MOTRIZ E LIVRE	20	MIN	42 EM 42 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 REVISÃO MECÂNICA	6. TRILHOS E AMORTECEDORES	20	MIN	42 EM 42 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 REVISÃO MECÂNICA	7. TRAVESSA	20	MIN	42 EM 42 DIAS	19/09/2016

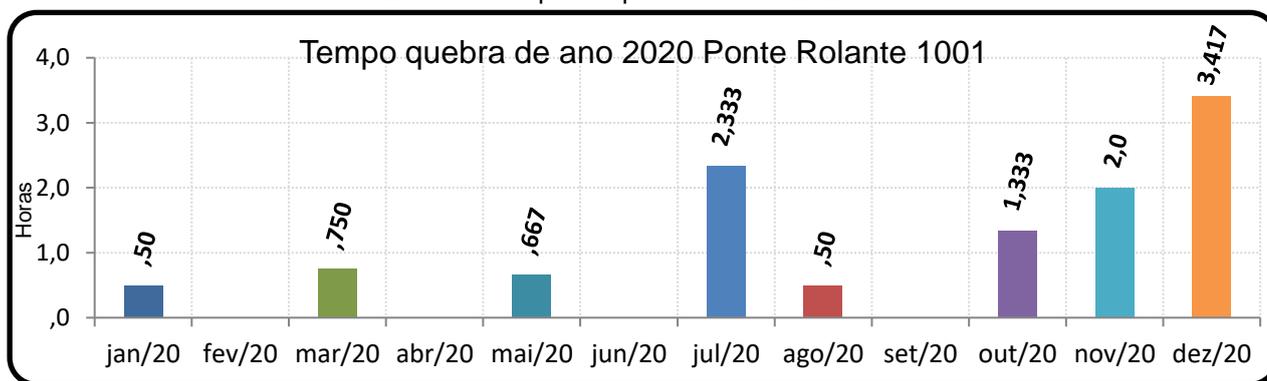
Fonte: Quadro 3 plano de manutenção da ponte rolante 1001 fornecido pela empresa "X" – Acesso em: 23 de Fevereiro de 2021.

O plano de manutenção da ponte rolante 1001 é válido desde o ano de 2016 e até hoje não sofreu nenhuma alteração, mesmo com as quebras da ponte rolante, dessa forma, observa-se que o ciclo ocorre de 42 em 42 dias + 14 dias. Assim observa-se que essas manutenções podem ser realizadas em um intervalo de tempo menor, visando o bom desempenho do equipamento.

4.2 Apresentar os indicadores de manutenção da ponte Rolante 1001 do setor de logística da Empresa “X” situada em Belo Horizonte - MG

Os indicadores de manutenção que são acompanhados pela equipe de Gestão da Manutenção têm como objetivos monitorar, verificar os impactos causados, os dados que foram extraídos e modificados do sistema de acompanhamento da empresa. O tempo de quebra foi analisado com base no ano de 2020 e mostra o período que o equipamento ficou parado ao longo do ano e o impacto que esse lapso acarretou a produção. Por conseguinte, observar-se o gráfico 1 .

Gráfico 1 – Tempo de quebra ano de 2020 Ponte Rolante 1001

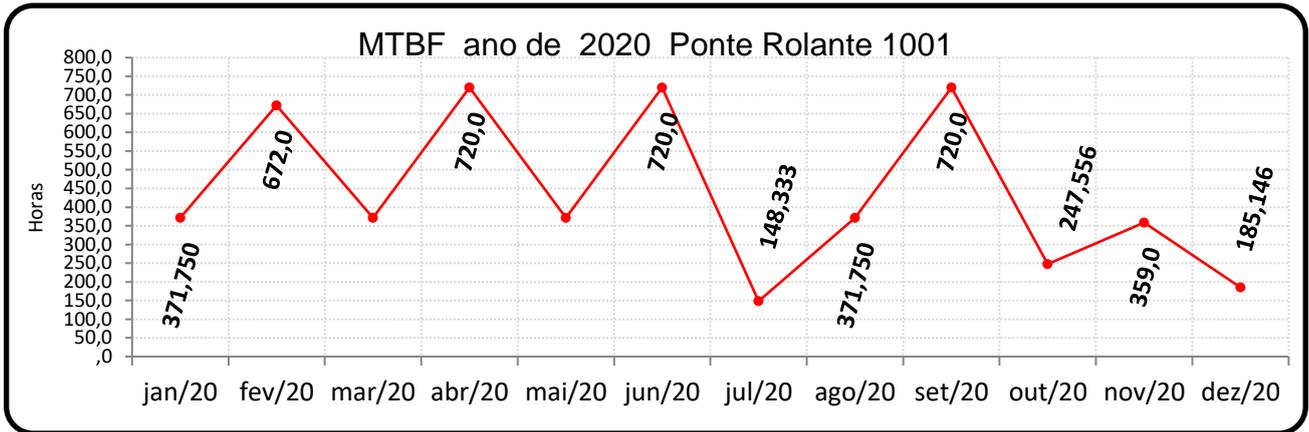


Fonte: Gráfico 1 Tempo de quebra ano de 2020 Ponte Rolante 1001 analisado na empresa “X” – Acesso em: 24 de Fevereiro de 2021.

O MTBF é calculado com base na média de horas entre as ocorrências de falhas eletromecânicas que ocasionaram parada do equipamento conforme a seguinte fórmula: $MTBF = \frac{\text{Tempo Calendário} - \text{Tempo de Quebra}}{\text{numero de quebras} + 1}$ (essa fórmula é usada pela empresa “X”).

No caso da Ponte Rolante 1001 foi realizado o estudo com base no ano de 2020 de acordo com o Gráfico 1 e Gráfico 2 e verificou-se que todos os meses do ano ocorreram pelo menos uma quebra ao mês. Pode-se observar que no mês de julho o equipamento parou mais de três vezes, impactando diretamente na produção e no custo de manutenção.

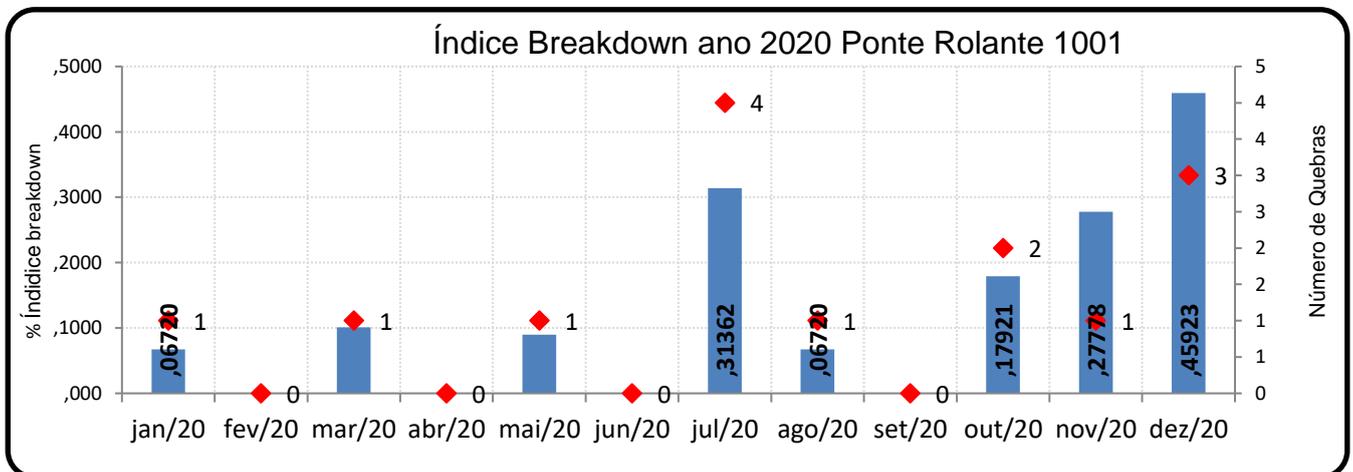
Gráfico 2 – MTBF ano de 2020 Ponte Rolante 1001.



Fonte: Gráfico 2 MTBF ano de 2020 Ponte Rolante 1001 analisado na empresa “X”–Acesso em: 24 de Fevereiro de 2021.

O índice de *breakdown* é o percentual de horas que o equipamento ficou parado em relação ao tempo calendário devido às ocorrências de falhas eletromecânicas na ponte rolante 1001 o qual é dado pela fórmula: tempo de quebra x 10 dividido pelo tempo calendário que ocasionaram parada do equipamento (essa formula é usada pela empresa “X”). No Gráfico 3 observa-se a quantidade de quebras no decorrer do ano de 2020 cujo o total foram oito.

Gráfico 3 – Índice Breakdown ano de 2020 Ponte Rolante 1001



Fonte: Gráfico 3 Índice Breakdown ano de 2020 Ponte Rolante 1001 analisado na empresa “X”–Acesso em: 24 de Fevereiro de 2021.

Consoante ao Gráfico 3, no ano de 2020, ocorreram várias quebras, dessa forma observa-se que no mês de julho ocorrem quatro quebras, impactando diretamente na produtividade do equipamento. Os únicos meses do ano que não tiveram quebra foi fevereiro, abril, junho e setembro, nos demais todos tiveram quebras. Esse cenário

mostra o quanto esse equipamento vêm impactando na produtividade do setor de logística.

4.3 Identificar os Problemas que existem no plano de manutenção atual

A ponte rolante 1001 é responsável pela logística de movimentação de carga da siderúrgica, dessa forma ocasiona desgaste considerável, como nas vigas e talhas. Assim levando em consideração esta análise, a observação do equipamento, torna-se importante para detectação de qualquer anomalia, bem como verificar as ferramentas para melhor controle do processo. O **Quadro 4** apresenta alguns dos possíveis problemas encontrados no plano de manutenção atual da ponte rolante 1001.

Quadro 4 – Problemas que existem no plano de manutenção atual da Ponte Rolante 1001

Problemas que existem no plano de manutenção atual	
Ponte Rolante 1001	Não cumprimento das atividades planejadas devido indisponibilidade do equipamento pela area produtiva.
	Quebras eventuais em outros equipamentos impactando na rotina e no cronograma de manutenção.
	Falta de contingentes para execução das atividades programadas sendo assim ocorrendo a perda da capacidade de execução da equipe de manutenção.
	Falta de um crionograma junto ao PCP estabelcendo as melhores datas para manutenções no momento que o equipamento estiver ocioso ou com baixa demanda.
	Planos de contingencia para gargalos imprevistos.
	Atualização dos procedimentos operacionais para realizações de inspeções, manutenção corretiva e preventiva.
	Sistema de integração da produção junto com a mnutenção para relatos e observações de eventualidade incomuns no equipamento.

Fonte: Quadro 4 problemas que existem no plano de manutenção atual da Ponte Rolante 1001 - criado pelos autores em: 15 de Abril de 2021.

O **Quadro 4** apresenta alguns problemas encontrados no plano de manutenção atual da ponte rolante 1001. Foi observado e dectados problemas no cumprimento das atividades planejadas e as conclusões nas datas estimadas conforme planejamento da empresa. Notou-se que isso ocorreu devido à indisponibilidade causada por quebras eventuais, falta de calibração entre outros problemas. Uma das causas deste gargalo é o impacto na rotina e no cronograma de manutenção.

4.4 Propor melhorias no plano de manutenção a fim de reduzir a taxa de falhas de quebra da ponte rolante 1001 do setor de logística de uma siderurgia localizada em Belo Horizonte – MG

Foi verificado todo o sistema de manutenção, entre os quais destacam-se: se a empresa portava peças sobressalentes para a ponte rolante 1001; se todos os profissionais de manutenção tinha treinamentos para realizar as atividades; se os operadores tinha capacitação; e se o equipamento poderia ser tecnologicamente melhorado. Assim observou-se junto a equipe de manutenção da Empresa “X” algumas possíveis sugestões de melhorias, conforme lista do Quadro 5.

Quadro 5 – Proposta de melhorias para Ponte Rolante 1001

PROPOSTA DE MELHORIAS			
Oportunidade de melhorias	Objetivo	Setor	Prioridade
Implantação do sistema PDCA	Manter o controle contínuo do processo com interação com as áreas envolvidas com o equipamento, etapa de planejamento, é preciso definir de forma clara os objetivos da manutenção, inclusive as metas referentes aos equipamentos, assim é estabelecido um plano para manter o controle contínuo do processo de manutenção a ser aplicado e observado.	Manutenção, Logística, PCP e PCM.	Alta
Implantação do sistema 5w2H	Verificar situações fundamentadas em encontrar, reconhecer e resolver gargalos do processo e as das áreas.	Manutenção	Alta
Reuniões da equipe de programação	Verificar com antecedência possíveis ocorrências e necessidades, para o cumprimento das metas propostas, estabelecer cronogramas para controle do processo e demandas de cada área.	PCP, PCM e manutenção.	Media
Controle sistêmico das metas definidas através de Kanbam	Controlar e observar metas definidas, estabelecer metas que sejam SMART. S (específica), M (mensurável), A (atingível), R (relevante) e T (temporal).	Menutenção	Media

Fonte: Quadro 5 Proposta de melhorias para Ponte Rolante 1001 - criado pelos autores em: 15 de

Abril de 2021

No **Quadro 5** foi sugerida algumas propostas de melhoria para Empresa "X" com o objetivo de sanar as quebras, aumentar a produtividade, alcançar as metas impostas e implantar alguns métodos estatísticos para acompanhar a evolução do equipamento. Com isso pode-se observar ao longo do tempo a melhora do desempenho do equipamento e, conseqüentemente, o aumento da produtividade da ponte rolante 1001.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo um estudo de caso, a fim de buscar possíveis melhorias para a ponte rolante 1001 de uma empresa siderúrgica localizada em Belo Horizonte - MG; no decorrer do trabalho foram analisados inúmeros tópicos relacionados à manutenção industrial. No desenvolvimento foi feita visitas e entrevistas na empresa "X". Através de dados e das informações dos setores e dos históricos das manutenções realizadas no equipamento, foi possível acompanhar a vida útil, históricos de quebras e custos. Encontramos algumas necessidades que podem ser resolvidas com algumas sugestões de melhoria dentro do processo de manutenção.

A sugestão de melhoria foi estruturar um PCM - Planejamento e Controle da Manutenção, bem como iniciar um processo de implantação de novas metodologias aos objetivos pretendidos. Na época foi identificado a ponte rolante 1001 como equipamento gargalo dentro do sistema produtivo da empresa, foi analisados os históricos prévios por parte da empresa e também aos conhecimentos de antigos funcionários, com a coleta desses dados foi iniciado o estudo, e verificado se o método adotado era eficaz.

Inicialmente para o plano de manutenção implantado, foi sugerido o planejamento das manutenções o que seria estabelecido por etapas com início, meio e acompanhamento. Na teoria a implantação desta didática no sistema de manutenção para a prática do PCM – Planejamento e Controle da Manutenção junto ao atual sistema de controle informatizado que planeje, classifique, priorize e mantenha o controle das solicitações de serviço do setor. Estas sugestões provou ser possível para evitar aspectos além das quebras não prevista e indisponibilidade do equipamento. Com essa metodologia, obteve uma redução do retrabalho; além de complementar o cronograma de manutenção é possível ter uma melhor performance operacional e técnica; melhor gestão dos ativos; Senso de responsabilidade dos colaboradores; capacitação dos envolvidos no processo; e controle contínuo da qualidade e redução das falhas; maior envolvimento das equipes nas atividades e melhor controle do setor de manutenção, sendo assim o possível alcance do objetivo que é o aumento da disponibilidade e confiabilidade do equipamento.

Deseja-se que com a interação da manutenção com o planejamento cria-se uma contínua avaliação dos indicadores, pois assim sempre serão elaboradas e implantadas melhorias no processo. É importante que seja realizado um treinamento

dos funcionários ligados à manutenção e a operação do equipamento da ponte rolante 1001. Através das propostas apresentadas, espera-se que seja constante cada vez mais uma aproximação das relações entre empresas e as faculdades, ambos colaborando para a realização de trabalhos práticos que contribuem para o futuro e aprendizados dos futuros profissionais.

REFERÊNCIAS

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

BARBOSA, Angelita; AVELAR, Fernanda; SILVA, Roberta. **PCM: Planejamento e Controle de Manutenção.** 1 ed, 2003. P 33

Desenvolvimento de pesquisa. Disponível em:
<https://docente.ifrn.edu.br/andreacosta/desenvolvimento-de-pesquisa/tecnicas-de-coletas-de-dados-e-instrumentos-de-pesquisa> Acesso em: em 03 de novembro de 2020

DORIGO, J; NASCIF, J. **Manutenção Orientada para resultados.** primeira Edição. Rio de Janeiro. QualityMark, 2010

EBS Business School. **Gestão Eficaz – Gestão da Manutenção.** 2011. 3:20 min,son. Disponível em: <https://youtu.be/67Gw8Ju9Ddc>

Engeteles. **Manutenção corretiva.** [2018]. Disponível em:
 <<https://engeteles.com.br/manutencao-corretiva/>> Acesso em: 15 de setembro de 2020.

Engeteles. **Manutenção preditiva.** [2018]. Disponível em:
 <<https://engeteles.com.br/manutencao-preditiva/>> Acesso em: 15 de setembro de 2020

MA, Consultoria. **O Que É Pontes Rolantes.** 2020. 6:15 min, son., color. Disponível em: https://youtu.be/DSJ3YD_UBVY. Acesso em 8 out. 2020.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4º Edição. São Paulo: Atlas, 2002.

MARCONI, A. M; LAKATOS M. E. **Fundamentos de metodologia científica.** São Paulo: Atlas, 2003.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4º Edição. São Paulo: Atlas, 2002.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

Metodologia científica. Disponível em:
 <<https://www.metodologiacientifica.org/tipos-de-pesquisa/pesquisa-aplicada/>> Acesso em: 03 de novembro de 2020.

OLIVEIRA, G. **Ponte Rolante de Setor Siderúrgico.** São Paulo. 2019. Amazon. P5 – 12

PEGO, M. **Fundamentos da Engenharia de Manutenção.** São Paulo. Amazon. 2020. P.5 – 10

PEREIRA, M. J. **Engenharia de Manutenção: Teoria e prática**. Rio de Janeiro. Ciência Moderna, 2009

PINTO, Alan Kardec, XAVIER, Júlio de A. Nascif. **Manutenção: Função Estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark: Abraman, 2002.

PRADO, C. C. C. A. **A busca da melhoria da qualidade de serviço de manutenção**. Disponível em:
http://tecem.com.br/site/arquivo.asp?codio=7&tipo+1&cat=1&arq=artigo/A_Busca_na_Melhoria_da_Qualidade_nos_servicos_de_Manutencao.pdf. Acesso em: 30/08/2020<http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BEF1FA6256B00/nr_11.pdf>. Acesso em: 15 de outubro de 2020.

KARDEC, A; NASCIF, J. **Manutenção – Função Estratégica**. Segunda Edição. Rio de Janeiro. QualityMark, 2001

KARDEC, A; NASCIF, J. **Manutenção: Função Estratégica**. 4 ed. (editora estado), 1999, p. 3 – 5

ZANELLA, Liane C. H. **Metodologia de estudo e de pesquisa em administração**. Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração / UFSC; [Brasília]: CAPES: UAB, 2009. Disponível em:
<<https://www2.unifap.br/claudiomarcio/files/2015/12/LIVRO-Metodologia-de-Estudo-e-Pesquisa-em-Administracao.pdf>> Acesso em: 27 de outubro de 2020.

APÊNDICE A - ENTREVISTA COM O FUNCIONÁRIO DA EMPRESA DE SIDERURGIA LOCALIZADA EM BELO HORIZONTE – MINAS GERAIS

Função: Operador de ponte rolante

Setor: Logística

Idade: 52 anos

Tempo de experiência na função: 8 anos

Tempo de empresa: 8 anos

1. Como é feito a elevação de carga? A elevação de carga é feita de forma a içar a carga e mover para o local de destino
2. Como é a organização do setor de logística? A organização é feita com três operadores que revezam em turnos.
3. Segundo a visão dele, qual é a causa da quebra da ponte rolante 1001 e as melhorias que deveriam ser feitas? A causa principal da quebra é por que a ponte é muita antiga, não tem nenhuma tecnologia que facilita a elevação de carga e o sistema da ponte.
4. Em sua percepção quanto à estrutura da ponte e a saúde segurança para operar a ponte 1001. Como o equipamento é bem antigo e não tem muita tecnologia e às vezes falta até sobressalentes ocorre várias quebras.

APÊNDICE B – ARTIGO APRESENTANDO NO SIMPÓSIO DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E GESTÃO – SEAG, PROMOVIDO PELO CENTRO DE EXTENSÃO DA FEAMIG, NOS DIAS 14, 15 E 16/05/2021 – ISSN ISSN 2675- 1879.

MANUTENÇÃO EM PONTES ROLANTES: ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA DE BELO HORIZONTE – MINAS GERAIS

Ana Carolina Ribeiro Vitalino¹
Carlos Roberto Silva²
Tálita Rodrigues de Oliveira Martins³

RESUMO

A manutenção tem uma grande importância para a maioria das indústrias e até setores de serviço, pois com se verá o principal objetivo é garantir o bom funcionamento e maior disponibilidade de máquinas e equipamentos. Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de identificar a causa e o custo da manutenção com a constante quebra da ponte rolante 1001, considerada um equipamento crítico dentro de uma indústria siderúrgica do setor de logística de uma empresa localizada em Belo Horizonte – Minas Gerais. Para atingir esse objetivo realizou-se análises dos documentos, visitas para observação e entrevista semiestruturada com o funcionário responsável por operar o equipamento. Desta forma foi possível mensurar os resultados do ano de 2020 e propor algumas sugestões de melhorias como, implantação do PDCA; Implantação do sistema 5w2H; controle sistêmico das metas definidas através de Kanbam; reuniões da equipe de programação; com isso pode se observar o aumento da disponibilidade do equipamento e conseqüentemente aumento da produtividade.

Palavras-chave: Manutenção. Ponte Rolante. Siderúrgica. Custo de Manutenção.

Correspondência/Contato

Faculdade de Engenharia de Minas Gerais

FEAMIG

Rua Gastão Braulio dos Santos, 837

CEP 30510-120

Fone (31) 3372-3703

parametrica@feamig.br

<http://www.feamig.br/revista>

Editores responsáveis

Wilson José Vieira da Costa

wilsoncosta@feamig.br

Raquel Ferreira de Souza

raquel.ferreira@feamig.br

1 Graduando em Engenharia de Produção – FEAMIG.

2 Graduando em Engenharia de Produção – FEAMIG.

3 Engenheira de Produção; Especialista em Gestão de Negócios em Petróleo e Gás; Mestre Engenharia Metalúrgica e de Minas; Docente da FEAMIG e da FASEH; orientadora.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 História da manutenção

De acordo com Barbosa (2003, p.33), no livro Planejamento e Controle de Manutenção (PCM), “Na linha do tempo da manutenção”, identifica - se desde o surgimento dos primeiros hominídeos no período Cenozoico, os primeiros registros paleolíticos da fabricação de ferramentas, onde utilizavam ossos e maneiras próprias para fabricação. Consoante o autor a primeira grande invenção, antes de Cristo, foi a roda em placas de madeira [..]’.

Como já escrito por Almeida (2005), em Manutenção Mecânica Industrial: “[...] Entende-se que a manutenção é um conjunto de cuidados e procedimentos técnicos necessários ao bom funcionamento e ao reparo de máquinas, equipamentos, peças, moldes e ferramentas”. Aqui se torna notório de como a manutenção é abrangente: de uma peça até uma máquina indispensável de um processo fabril. Entende-se que a função primária da manutenção é manter em bom funcionamento máquinas e equipamentos, dessa forma, torna-se necessário destacar a etimologia do termo em latim *manus tenere*, que significa: “manter o que se tem”.

Atualmente os temas que envolvem uma boa gestão de manutenção são abrangentes e variados, cada vez mais presentes dentro do sistema de produção sendo uma constante ferramenta de estudo e aprimoramento, além de ser algo mais significativo e que vem a cada dia se tornando um poderoso aliado dentro do sistema produtivo de pequenas e grandes empresas.

2.2 Evolução da Manutenção

Deve-se ter em vista os conceitos e aplicações do século XX especificamente ano de 1994, onde as indústrias não tratavam a manutenção com a devida importância. Nesta época a manutenção não era aplicada ao sistema produtivo, desta forma as indústrias e fábricas deste período não possuíam equipe e mão de obra especializada em manutenção mesmo que as empresas trabalhassem arduamente para obter sua máxima produção dos equipamentos e máquinas, os trabalhos eram de forma contínua e quase ininterruptos e feitos até

que as máquinas e equipamentos quebrassem totalmente.

Para alguns sistemas desta época a máxima produção era o essencial, alinhado a esse pensamento não era aplicado manutenções significativas, apenas de forma singular, eram realizadas trocas de peças após uma quebra, ou seja, a manutenção era basicamente o que denominamos de manutenção corretiva após alguma falha ou que a máquina parasse. As equipes responsáveis eram acionadas para realizar os devidos reparos de forma a sempre obter sucesso para o retorno do equipamento a produção, o que na visão da época era o necessário na gestão do processo. Em função da Segunda Guerra mundial e o final da segunda revolução industrial no ano de 1939 a missão das empresas em aumentar a produção e a velocidade com que se produzia se tornou cada vez mais necessário para suprir a demanda e o abastecimento.

A partir deste novo modelo em um cenário pós-guerra, tornou – se necessário às empresas se reinventarem, o que trouxe vantagens em vários aspectos das indústrias, um deles é a necessidade da criação de departamento de manutenção, onde se inicia uma preocupação em pensar não apenas em corrigir quebras, mas evitá-las, vale dizer, em manter os equipamentos em fluxo contínuos, entretanto desta vez sendo acompanhados e buscando responder perguntas de como a manutenção poderia agregar para que os equipamentos pudessem produzir os maiores números de peças.

Esse é um importante avanço dentro da gestão de manutenção possibilitando competitividade no mercado e pontos de vistas significativos, de uma troca de peças, para funções estratégicas agregadas com a máxima qualidade, produtividade, disponibilidade, vida útil de equipamento, máquinas e segurança para os trabalhadores e fatores ambientais. Após a evolução da manutenção, ocorreram às definições e os tipos de manutenção.

2.3 Tipos de Manutenção

De acordo com a norma NBR - 5462 (ABNT, 1994) existem três tipos de manutenção: Manutenção Corretiva, Manutenção Preventiva, Manutenção Preditiva. Com o passar dos anos foram surgindo outros tipos de manutenção como a manutenção Detectiva.

Segundo a NBR 5462 – (ABNT, 1994) a manutenção corretiva é efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida. Significa que a manutenção só é realizada quando o equipamento quebra, dependendo disso o custo pode ser considerado

alto, pois com a quebra do equipamento a produção irá parar para aguardar a equipe de manutenção que pode demorar a atender, caso a empresa não tenha estoque de sobressalentes para aquele equipamento essa demora poderá ser maior, acarretando grandes prejuízos e perdas para as empresas. De acordo com Kardec & Nascif (1999), manutenção corretiva é a atuação para a correção da falha ou do desempenho menor que o esperado.

Manutenção Preventiva: de acordo com a norma NBR-5462 (ABNT, 1994), é a manutenção efetuada em intervalos predeterminados ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item. Significa que a manutenção é realizada antes do equipamento entrar em estado de falha, com efeito, a manutenção preventiva não deve ser usada para todos os equipamentos, somente os estratégicos, levando em conta a idade do equipamento.

Manutenção Preditiva: de acordo com a NBR - 5462 (ABNT, 1994) é aquela que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva. Dessa forma a manutenção preditiva é o acompanhamento da falha do equipamento que ainda não prejudicou a parada de produção, quando é identificada a equipe de manutenção pode planejar e programar a troca de uma peça ou realizar ações para eliminar essa falha. A manutenção preditiva pode ser chamada de manutenção sob condição do equipamento.

Um dos principais objetivos da engenharia de manutenção é diminuir as falhas ocorrentes no processo, melhoria de máquinas e equipamentos. As manutenções preventivas tendem a ficar em dia quando temos uma equipe de engenharia de manutenção reduzindo a ociosidade e aumentando a produtividade e redução dos custos. A engenharia de manutenção alinhada com a equipe de manutenção desenvolve um trabalho de qualidade garantindo o bom funcionamento de máquinas e equipamentos, garantindo a segurança do trabalhador e o aumento dos lucros da empresa.

2.4 Gestão da Manutenção

A gestão da manutenção de acordo com Nascif e Dorigo (2010) é o controle de dois processos: Gerenciamento da rotina e Implantação de melhorias. Pode considerar que o gerenciamento da rotina é fazer um planejamento das tarefas do dia a dia e executar conforme planejado para que não ter perdas, só depois disso

ir para a implantação de melhorias. Missão da manutenção de acordo com Nascif e Dorigo: (2010).

A Gestão da manutenção é uma gerência que supervisiona todas as técnicas para manter o bom desempenho de máquinas e equipamentos e é de muita importância dentro das empresas, pois atua para evitar quebras, paradas de produção, atrasos, aumentos dos custos, aumentos de acidentes. A gestão da manutenção tem que ter uma grande parceria com a produção, pois a produção depende da manutenção e vice e versa.

A gestão da manutenção é um fator importante na qualidade dos produtos fornecidos por uma determinada empresa, pois está ligada a disponibilidade de equipamentos e máquinas. Por isso é preciso analisar e buscar as melhores práticas para cada empresa.

Algumas práticas citadas por Nascif e Dorigo (2010) são: Análise de falhas que verifica as causas das falhas para que elas não voltem ocorrer denominada de Análise de Modo e Efeito de Falha (FMEA). Aplicação de técnicas de Análise preliminar de risco pode ser feita em forma de checklist antes de ser efetuado o trabalho. Aplicação de programas para capacitação de pessoas, oferecer treinamentos para cumprir o trabalho com qualidade e com isso aumentar a segurança.

As empresas que buscam melhorias contínuas utilizam de ferramentas da qualidade como, por exemplo, o ciclo Plan, Do, Check e Act = Planejar, Fazer, Verificar e Agir (PDCA) ou Define, Measure, Analyze, Improve e Control (DMAIC), entre outras ferramentas que podem ser utilizadas como forma de gestão da manutenção devendo ser combinadas com as técnicas básicas como monitoramento, alinhamento e balanceamento.

Os tipos de manutenção, ferramentas e práticas combinadas com a disponibilidade e confiabilidade são extremamente necessárias para gestão da manutenção que tem por objetivo reduzir falhas, melhorar desempenho de equipamentos e máquinas, segurança do trabalhador, qualidade nos produtos e competitividade no mercado. Isso faz com que as empresas tenham uma equipe de manutenção voltada para obtenção de resultados.

2.5 Técnicas e ferramentas para identificar falhas

As técnicas e ferramentas para identificar falhas têm como objetivo analisar uma falha e encontrar sua causa raiz, pode-se dizer que tem vários métodos de análise de falhas e solução usadas para equipamentos e máquinas. Cada

ferramenta ou técnicas será usada de forma diferente, dependendo do tipo de falha.

Segundo Nascif e Dorigo (2010) Diagrama de Ishikawa ou diagrama de causa e efeito foi criado pelo engenheiro Kaoru Ishikawa que desenvolveu também as sete ferramentas da qualidade. Diagrama de Ishikawa ou diagrama de causa e efeito é uma ferramenta utilizada para identificar as raízes da falha, essa ferramenta possui uma linha horizontal e ramos que parecem com uma espinha de peixe ramificadas em seis categorias chamadas de máquina, método, mão de obra, material, meio ambiente e medidas. Depois de classificar as categorias é possível verificar o que gerou a falha. Uma das vantagens do referido diagrama é que ficam evidenciado causas e efeitos de forma simples, porém uma das desvantagens é a limitação das causas e as categorias.

De acordo com Nascif e Dorigo (2010) o controle de indicadores deve ser exercido somente sobre aqueles equipamentos vitais e eles devem representar o que realmente impacta nas empresas. A metodologia que pode ser utilizada é o desdobramento da qualidade, custo, atendimento, Moral e Segurança (QCAMS), já o Balanced Scorecard (BSC) é o acompanhamento de indicadores feito por meio de gráficos para visualização de forma simples e contém quatros fatores, quais sejam financeiro, mercado, processos e pessoal.

Análise de Modo de Efeito de Falha Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) é utilizada para analisar e prevenir os riscos, identificando as causas e efeitos para tomar ações e solucionar as falhas. De acordo com Kardec & Nascif (1999), os especialistas indicam três níveis de FMEA: projeto, processo e sistema. FMEA de projeto é a equipe que está desenvolvendo máquinas e equipamento e buscam identificar possíveis falhas; FMEA de processos identifica falhas no processo de máquinas e equipamentos; FMEA de sistema busca identificar falhas em um todo dentro da planta industrial.

De acordo com Kardec & Nascif (1999) calcula-se o NPR que é o número de prioridade do risco e o resultado da frequência da falha. $NPR = \text{Frequência} \times \text{Gravidade} \times \text{Detecibilidade}$; frequência é quantidade de ocorrência da falha, gravidade é o efeito da falha e detecibilidade é a dificuldade de detectar a falha.

O próximo capítulo tratará das pontes rolantes a qual o estudo de caso será feito. As pontes rolantes têm grande importância dentro de uma indústria, uma vez que com elas ocorre a elevação e transporte de cargas.

2.6 Ponte Rolante

Os equipamentos de transportes e movimentações de carga tem uma função

primordial dentro das indústrias, quais sejam, elevar, movimentar, transportar grandes volumes ou cargas de grandes massas. Essas operações podem ser feitas manualmente ou com recursos de sistemas mecânicos. O uso da ponte rolante pode ser utilizado onde dificilmente a força humana consegue operar por questões de segurança.

Kurrer (2008) introduz que uma das empresas pioneiras a se dedicarem na produção de equipamentos de movimentação de guindastes e pontes rolantes a vapor, consoante a Figura 1. Fundada em 1830 na cidade de Wetter na Alemanha, a denominada, Demg Cranes & Components Corporation (antiga Ludwig & Stuckenholtz AG). Um dos engenheiros responsáveis pelo desenvolvimento e elaboração dos projetos foi Rudolph Bredt (1842 – 1900), precisamente no ano de 1840, dada empresa foi pioneira na fabricação em massa destes equipamentos de movimentação.

Com a evolução das indústrias e seus maquinários a ponte rolante foi se desenvolvendo desde suas estruturas à sua engenharia e tecnologia, saindo do modelo a vapor e hoje estabelecendo o perfil elétrico. As pontes rolantes são equipamentos de movimentação com vasta utilização dentro das fabricas modernas, tendo grande participação no perfil de empresas do setor siderúrgico e semelhantes, onde a utilização faz parte de todo processo de produção do aço, Brasil (1988).

Sabe-se que uma das maiores perdas de um sistema produtivo é ocasionada pelas movimentações de cargas, podendo ser peças, materiais, matéria prima, componentes ou demais estruturas. Para a movimentação de carga existe uma grande variedade de equipamento disponíveis no mercado que podem auxiliar as indústrias alternando de acordo com os vários ramos de atividades ou perfil estrutural dos volumes a serem operados, destacando-se nestes equipamentos as pontes rolantes industriais.

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

3.1 Pesquisa quanto aos fins

De acordo com Gil (2002) O processo de pesquisa passa por diversas fases, desde o problema até os resultados, a pesquisa é desenvolvida através de conhecimentos, métodos, técnicas entre outros que tem o objetivo de identificar os problemas.

A pesquisa do presente trabalho foi do tipo exploratória, pois busca reduzir a

taxa de falha, identificar as causas da quebra da ponte rolante 1001 de uma empresa siderúrgica localizada em Belo Horizonte Minas Gerais tendo como escopo propor sugestões de melhoria.

3.2 Pesquisa quantos aos meios

Esse trabalho é um estudo de caso, pois foi realizada uma análise aprofundada sobre a ponte rolante 1001 e as suas quebras. Foram analisados os documentos da empresa, observações e possíveis entrevistas com o operador da ponte rolante localizada no setor de logística de uma empresa siderúrgica localizada em Belo Horizonte Minas Gerais.

3.3 Organização em estudo

A empresa do estudo de caso é chamada de “X”, pois a referida não permitiu citá-la por motivos de confidencialidade. A empresa chamada de “X” é multinacional do ramo siderúrgico com mais de 5.000 funcionários, que produz tubo de aço sem costura para os setores petrolífero, industrial, automotivo, de energia e da construção civil.

Está localizada em Belo Horizonte, Minas Gerais, desde o ano de 1952 e possui filiais em Jeceaba, Rio das Ostras e Espírito Santo. O grupo conta com empresas na área de mineração, florestal, transporte e serviços. O estudo de caso foi realizado em Belo Horizonte na ponte rolante 1001 do setor de logística. A empresa é uma das maiores no Brasil do setor de tubos, produzindo para todo o mundo com foco na qualidade de seus produtos, garantindo a saúde e segurança de seus trabalhadores e prestadores de serviços.

3.4 Universo e amostra

Segundo Gil (1999) universo é um conjunto de elementos que tem varias características e amostra é o subconjunto desse universo.

Nesse trabalho o universo é a unidade da empresa siderúrgica localizada em Belo Horizonte, Minas Gerais e a amostra é a parte da ponte rolante 1001 do setor de logística e conta com três operadores divididos em turnos para movimentação da ponte.

3.5 Formas de coleta e análise dos dados

Entende-se que tem várias formas de coletas de dados a seguir expostos:

Questionários de acordo com Marconi e Lakatos, (1999) é uma forma de coleta em perguntas que analisa as respostas dos usuários por meio da escrita podem ser aberta onde o questionado escreve com suas palavras, múltipla escolha que o questionado tem que escolher uma alternativa dentro das respostas fechadas e fechada que o questionado escolher entre duas opções.

Foi realizada a entrevista semiestruturada através de uma visita presencial em fevereiro de 2021. Foi selecionado um operador da ponte rolante 1001 para compreender como é feito o processo de elevação de carga, organização do setor de logística, o que acontece quando a ponte rolante quebra e entender a percepção dele quanto à estrutura da ponte, saúde e segurança para trabalhar e as melhorias que deveriam ser feitas.

Para análise dos dados foi utilizadas planilhas de Excel, gráficos, dados fornecidos pela empresa. Após extração dos dados foi possível elaboração de relatórios para mostrar a quantidade de quebras e o tempo de MTTR e MTFB do ano de 2019 esse dados serviram de parâmetros para propor soluções para reduzir taxa de falha de quebra da ponte rolante 1001.

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Introdução

A pesquisa realizada neste trabalho tem como objetivo a análise dos dados históricos de manutenção e falhas, e do atual do sistema implantados na ponte rolante 1001 por uma indústria de siderurgia localizada em Belo Horizonte, Minas Gerais. Nesse sentido, espera-se identificar no sistema de manutenção do equipamento, pontos de melhoria com consistência e coerência. No aspecto teórico serão apresentados neste trabalho os fatores fundamentais para se atingir um padrão ideal.

4.1 Apresentar o plano de manutenção atual da ponte Rolante 1001 do setor de logística de uma siderurgia situada em Belo Horizonte – MG

Um bom sistema de Gestão da Manutenção Industrial se baseia, além das tarefas administrativas de gestão, na utilização dos indicadores de manutenção, os quais fornecem informações importantes para a tomada de decisões desse setor, tais como: o planejamento e execução das manutenções preventivas programadas nas máquinas e equipamentos; a redução nos tempos das intervenções; a redução no tempo de máquinas paradas e os ajustes nos tempos de setup e as análises de viabilidade de investimentos (BRANCO, 2008).

O plano de manutenção atual realizado é o planejamento de todas as atividades a serem realizadas na ponte rolante o qual tem como base o tempo em dias que a equipe realiza a manutenção. Tal plano é dividido em quatro partes: descrição do item a ser verificado onde mostra o que será feito; texto breve de operação em que mostra o que deve ser feito; duração de cada tarefa descrita no texto breve de operação; período de dias que é realizada a atividade e o seu tempo de duração. Conforme mostra o **Quadro 3** a seguir.

Quadro 3 – Plano de Manutenção da ponte rolante 1001.

Descrição do item a ser verificado	Texto breve operação	Duração	Unidade	Texto para Ciclo	Válido desde
PONTE 1001 INSPEÇÃO ELÉTRICA	1. SEGURANÇA E MEIO AMBIENTE	30	MIN	42 EM 42 DIAS + 14 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 INSPEÇÃO ELÉTRICA	2. PREDITIVA SENSITIVA ELÉTRICA	60	MIN	42 EM 42 DIAS + 14 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 INSPEÇÃO MECÂNICA	1. SEGURANÇA E MEIO AMBIENTE	30	MIN	42 EM 42 DIAS + 14 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 INSPEÇÃO MECÂNICA	2. PREDITIVA SENSITIVA MECÂNICA	60	MIN	42 EM 42 DIAS + 14 DIAS	19/09/2016
42D_PONTE 1001 INSPEÇÃO CABO DE AÇO	1. SEGURANÇA E MEIO AMBIENTE	30	MIN	42 EM 42 DIAS	19/09/2016
42D_PONTE 1001 INSPEÇÃO CABO DE AÇO	2. INSPECIONAR E LIBERAR	60	MIN	42 EM 42 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 REVISÃO ELÉTRICA	1. SEGURANÇA E MEIO AMBIENTE	10	MIN	42 EM 42 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 REVISÃO ELÉTRICA	2. PAINÉIS ELÉTRICOS E TRANSFORMADORES	24	MIN	42 EM 42 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 REVISÃO ELÉTRICA	3. COMPONENTES ELÉTRICOS DO CARRO	24	MIN	42 EM 42 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 REVISÃO ELÉTRICA	4. ALIMENTAÇÃO, RESIST. E MOT. DE MOV.	24	MIN	42 EM 42 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 REVISÃO ELÉTRICA	5. ILUMINAÇÃO EXTERNA	24	MIN	42 EM 42 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 REVISÃO ELÉTRICA	6. COMPONENTES DA CABINE	24	MIN	42 EM 42 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 REVISÃO MECÂNICA	1. SEGURANÇA E MEIO AMBIENTE	10	MIN	42 EM 42 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 REVISÃO MECÂNICA	2. ESTRUTURA	20	MIN	42 EM 42 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 REVISÃO MECÂNICA	3. COMPONENTES MECÂNICOS DO CARRO	20	MIN	42 EM 42 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 REVISÃO MECÂNICA	4. COMPONENTES DO MOV. DE PONTE	20	MIN	42 EM 42 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 REVISÃO MECÂNICA	5. RODAS MOTRIZ E LIVRE	20	MIN	42 EM 42 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 REVISÃO MECÂNICA	6. TRILHOS E AMORTECEDORES	20	MIN	42 EM 42 DIAS	19/09/2016
PONTE 1001 REVISÃO MECÂNICA	7. TRAVESSA	20	MIN	42 EM 42 DIAS	19/09/2016

Fonte: Quadro 3 plano de manutenção da ponte rolante 1001 fornecido pela empresa “X” – Acesso em: 23 de Fevereiro de 2021.

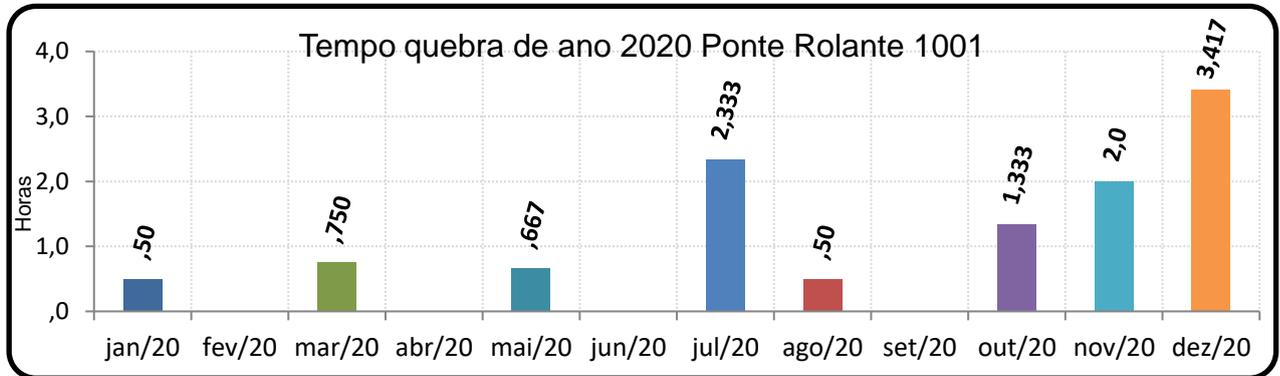
O plano de manutenção da ponte rolante 1001 é válido desde o ano de 2016 e até hoje não sofreu nenhuma alteração, mesmo com as quebras da ponte rolante, dessa forma, observa-se que o ciclo ocorre de 42 em 42 dias + 14 dias. Assim observa-se que essas manutenções podem ser realizadas em um intervalo de tempo menor, visando o bom desempenho do equipamento.

4.2 Apresentar os indicadores de manutenção da ponte Rolante 1001 do setor de logística da Empresa “X” situada em Belo Horizonte – MG

Os indicadores de manutenção o qual é acompanhado pela equipe de Gestão da Manutenção tem como objetivos monitorar, verificar os impactos causados, os

dados que foram extraídos e modificados do sistema de acompanhamento da empresa. O tempo de quebra foi analisado com base no ano de 2020 e mostra o período que o equipamento ficou parado ao longo do ano e o impacto que esse lapso acarretou a produção. Por conseguinte, observar-se o **Gráfico 1**.

Gráfico 1 – Tempo de quebra ano de 2020 Ponte Rolante 1001

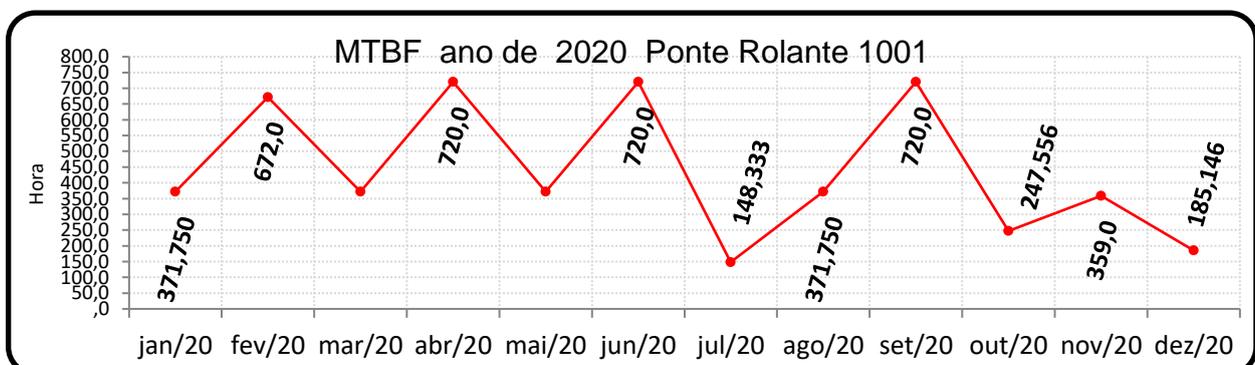


Fonte: Gráfico 1 Tempo de quebra Fevereiro de 2021 ano de 2020 Ponte Rolante 1001 analisado na empresa “X” – Acesso em: 24 de.

O MTBF é calculado com base na média de horas entre as ocorrências de falhas eletromecânicas que ocasionaram parada do equipamento conforme a seguinte fórmula: $MTBF = \frac{\text{Tempo Calendário} - \text{Tempo de Quebra}}{\text{numero de quebras} + 1}$ (essa fórmula é usada pela empresa “X”).

No caso da Ponte Rolante 1001 foi realizado o estudo com base no ano de 2020 de acordo com o Gráfico 1 e Gráfico 2 e verificou-se que todos os meses do ano ocorreram pelo menos uma quebra ao mês. Pode-se observar que no mês de julho o equipamento parou mais de três vezes, impactando diretamente na produção e no custo de manutenção.

Gráfico 2 – MTBF ano de 2020 Ponte Rolante 1001.

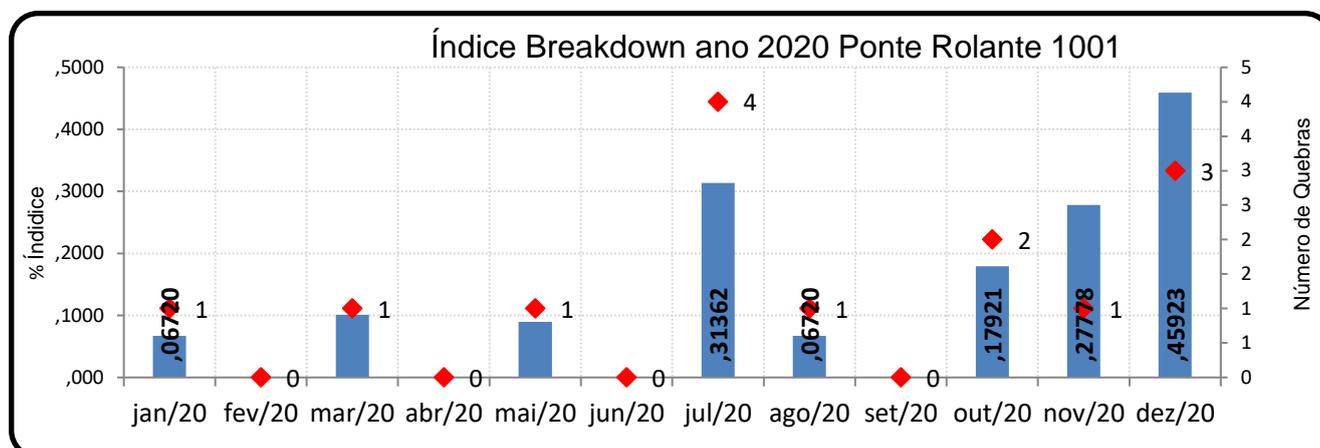


Fonte: Gráfico 2 MTBF ano de 2020 Ponte Rolante 1001 analisado na empresa “X” – Acesso em: 24 de Fevereiro de 2021.

O índice de breakdown é o percentual de horas que o equipamento ficou

parado em relação ao tempo calendário devido às ocorrências de falhas eletromecânicas na ponte rolante 1001 o qual é dado pela fórmula: tempo de quebra x 10 dividido pelo tempo calendário que ocasionaram parada do equipamento (essa formula é usada pela empresa “X”). No Gráfico 3 observa-se a quantidade de quebras no decorrer do ano de 2020 cujo o total foram oito.

Gráfico 3 – Índice Breakdown ano de 2020 Ponte Rolante 1001



Fonte: Gráfico 3 Índice Breakdown ano de 2020 Ponte Rolante 1001 analisado na empresa “X”–Acesso em: 24 de Fevereiro de 2021.

Consoante o Gráfico 3 no ano de 2020 ocorreram várias quebras, dessa forma observa-se que no mês de julho ocorrem quatro quebras, impactando diretamente na produtividade do equipamento. Os únicos meses do ano que não tiveram quebra foi fevereiro, abril, junho e setembro, nos demais todos tiveram quebras. Esse cenário mostra o quanto esse equipamento vêm impactando na produtividade do setor de logística.

4.3 Identificar os Problemas que existem no plano de manutenção atual

A ponte rolante 1001 é responsável pela logística de movimentação de carga da siderúrgica, dessa forma ocasiona desgaste considerável, como nas vigas e talhas. Assim levando em consideração esta análise, a observação do equipamento, torna-se importante para detecção de qualquer anomalia, bem como verificar as ferramentas para melhor controle do processo. O Quadro 4 apresenta alguns dos possíveis problemas encontrados no plano de manutenção atual da ponte rolante 1001.

Quadro 4 – Problemas que existem no plano de manutenção atual da Ponte Rolante 1001

Problemas que existem no plano de manutenção atual	
Ponte Rolante 1001	Não cumprimento das atividades planejadas devido indisponibilidade do equipamento pela area produtiva.
	Quebras eventuais em outros equipamentos impactando na rotina e no cronograma de manutenção.
	Falta de contingentes para execução das atividades programadas sendo assim ocorrendo a perda da capacidade de execução da equipe de manutenção.
	Falta de um crionograma junto ao PCP estabelcendo as melhores datas para manutenções no momento que o equipamento estiver ocioso ou com baixa demanda.
	Planos de contingencia para gargalos imprevistos.
	Atualização dos procedimentos operacionais para realizações de inspeções, manutenção corretiva e preventiva.
	Sistema de integração da produção junto com a mnutenção para relatos e observações de eventualidade incomuns no equipamento.

Fonte: Quadro 4 problemas que existem no plano de manutenção atual da Ponte Rolante 1001 - criado pelos autores em: 15 de Abril de 2021.

O **Quadro 4** apresenta alguns problemas encontrados no plano de manutenção atual da ponte rolante 1001. Foi observado e dectados problemas no cumprimento das atividades planejadas e as conclusões nas datas estimadas conforme planejamento da empresa. Notou-se que isso ocorreu devido à indisponibilidade causada por quebras eventuais, falta de calibração entre outros problemas. Uma das causas deste gargalo é o impacto na rotina e no cronograma de manutenção.

4.4 Propor melhorias no plano de manutenção a fim de reduzir a taxa de falhas de quebra da ponte rolante 1001 do setor de logística de uma siderurgia localizada em Belo Horizonte – MG

Foi verificado todo o sistema de manutenção, entre os quais destacem-se: se a empresa portava peças sobressalentes para a ponte rolante 1001; se todos os profissionais de manutenção tinha trieinamentos para realizar as atividades; se os operadores tinha capacitação; e se o equipamento poderia ser tecnologicamente melhorado. Assim observou-se junto a equipe de manutenção da Empresa “X” algumas possíveis sugestões de melhorias, conforme lista do **Quadro 5**.

Quadro 5 – Proposta de melhorias para Ponte Rolante 1001

PROPOSTA DE MELHORIAS			
Oportunidade de melhorias	Objetivo	Setor	Prioridade
Implantação do sistema PDCA	Manter o controle contínuo do processo com interação com as áreas envolvidas com o equipamento, etapa de planejamento, é preciso definir de forma clara os objetivos da manutenção, inclusive as metas referentes aos equipamentos, assim é estabelecido um plano para manter o controle contínuo do processo de manutenção a ser aplicado e observado.	Manutenção, Logística, PCP e PCM.	Alta
Implantação do sistema 5w2H	Verificar situações fundamentadas em encontrar, reconhecer e resolver gargalos do processo e as das áreas.	Manutenção	Alta
Reuniões da equipe de programação	Verificar com antecedência possíveis ocorrências e necessidades, para o cumprimento das metas propostas, estabelecer cronogramas para controle do processo e demandas de cada área.	PCP, PCM e manutenção.	Media
Controle sistêmico das metas definidas através de Kanban	Controlar e observar metas definidas, estabelecer metas que sejam SMART. S (específica), M (mensurável), A (atingível), R (relevante) e T (temporal).	Manutenção	Media

Fonte: Quadro 5 Proposta de melhorias para Ponte Rolante 1001 - criado pelos autores em:
15 de Abril de 2021

No **Quadro 5** foram sugeridas algumas propostas de melhoria para Empresa "X" com objetivo de sanar as quebras, aumentar a produtividade, alcançar as metas impostas e implantar alguns métodos estatísticos para acompanhar a evolução do equipamento. Com isso pode-se observar ao longo do tempo a melhora do desempenho do equipamento e, conseqüentemente, o aumento da produtividade da ponte rolante 1001.

5 CONCLUSÃO

A sugestão de melhoria foi estruturar um Planejamento e Controle da Manutenção - PCM, bem como iniciar um processo de implantação de novas metodologias aos objetivos pretendidos. Na época foi identificado a ponte rolante 1001 como equipamento gargalo dentro do sistema produtivo da empresa, foi analisados os históricos prévios por parte da empresa e também aos conhecimentos de antigos funcionários, com a coleta desses dados foi iniciado o estudo, e verificado se o método adotado era eficaz.

Inicialmente para o plano de manutenção implantado, foi sugerido o planejamento das manutenções o que seria estabelecido por etapas com início, meio e acompanhamento. Na teoria a implantação desta didática no sistema de manutenção para a prática do PCM junto ao atual sistema de controle informatizado que planeje, classifique, priorize e mantenha o controle das solicitações de serviço do setor. Estas sugestões provou ser possível para evitar aspectos além das quebras não prevista e indisponibilidade do equipamento. Com essa metodologia, obteve uma redução do retrabalho; além de complementar o cronograma de manutenção é possível ter uma melhor performance operacional e técnica; melhor gestão dos ativos; Senso de responsabilidade dos colaboradores; capacitação dos envolvidos no processo; e controle contínuo da qualidade e redução das falhas; maior envolvimento das equipes nas atividades e melhor controle do setor de manutenção, sendo assim o possível alcance do objetivo que é o aumento da disponibilidade e confiabilidade do equipamento.

Deseja-se que com a interação da manutenção com o planejamento cria-se uma contínua avaliação dos indicadores, pois assim sempre serão elaboradas e implantadas melhorias no processo. É importante que seja realizado um treinamento dos funcionários ligados à manutenção e a operação do equipamento da ponte rolante 1001. Através das propostas apresentadas, espera – se que seja constante cada vez mais uma aproximação das relações entre empresas e as faculdades, ambos colaborando para a realização de trabalhos práticos que contribuem para o futuro e aprendizados dos futuros profissionais.

REFERÊNCIAS

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

BARBOSA, Angelita; AVELAR, Fernanda; SILVA, Roberta. **PCM: Planejamento e Controle de Manutenção.** 1 ed, 2003. P 33

Desenvolvimento de pesquisa. Disponível em:
<https://docente.ifrn.edu.br/andreacosta/desenvolvimento-de-pesquisa/tecnicas-de-coletas-de-dados-e-instrumentos-de-pesquisa> Acesso em: em 03 de novembro de 2020

DORIGO, J; NASCIF, J. **Manutenção Orientada para resultados.** primeira Edição. Rio de Janeiro. QualityMark, 2010

EBS Business School. **Gestão Eficaz – Gestão da Manutenção.** 2011. 3:20 min, son. Disponível em: <https://youtu.be/67Gw8Ju9Ddc>

Engeteles. **Manutenção corretiva.** [2018]. Disponível em:
 <<https://engeteles.com.br/manutencao-corretiva/>> Acesso em: 15 de setembro de 2020.

Engeteles. **Manutenção preditiva.** [2018]. Disponível em:
 <<https://engeteles.com.br/manutencao-preditiva/>> Acesso em: 15 de setembro de 2020

MA, Consultoria. **O Que É Pontes Rolantes.** 2020. 6:15 min, son., color. Disponível em: https://youtu.be/DSJ3YD_UBVY. Acesso em 8 out. 2020. GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4º Edição. São Paulo: Atlas, 2002.

MARCONI, A. M; LAKATOS M. E. **Fundamentos de metodologia científica.** São Paulo: Atlas, 2003.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4º Edição. São Paulo: Atlas, 2002.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

Metodologia científica. Disponível em:
 <<https://www.metodologiacientifica.org/tipos-de-pesquisa/pesquisa-aplicada/>> Acesso em: 03 de novembro de 2020.

OLIVEIRA, G. **Ponte Rolante de Setor Siderúrgico.** São Paulo. 2019. Amazon. P5 – 12

PEGO, M. **Fundamentos da Engenharia de Manutenção.** São Paulo. Amazon. 2020. P.5 – 10

PEREIRA, M. J. **Engenharia de Manutenção: Teoria e prática.** Rio de Janeiro. Ciência Moderna, 2009

PINTO, Alan Kardec, XAVIER, Júlio de A. Nascif. **Manutenção: FunçãoEstratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark: Abraman, 2002.

PRADO, C. C. C. A. **A busca da melhoria da qualidade de serviço de manutenção**. Disponível em:

[http://tecem.com.br/site/arquivo.asp?codio=7&tipo+1&cat=1&arq=artigo/A_Busca_na_Melhoria_da_Qualidade_nos_servicos_de_Manutenção .pdf](http://tecem.com.br/site/arquivo.asp?codio=7&tipo+1&cat=1&arq=artigo/A_Busca_na_Melhoria_da_Qualidade_nos_servicos_de_Manutenção.pdf). Acesso em: 30/08/2020<http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BEF1FA6256B00/nr_11.pdf>. Acesso em: 15 de outubro de 2020.

KARDEC, A; NASCIF, J. **Manutenção – Função Estratégica**. Segunda Edição. Rio de Janeiro. QualityMark, 2001

KARDEC, A; NASCIF, J. **Manutenção: Função Estratégica**. 4 ed. (editora)estado), 1999, p. 3 – 5

ZANELLA, Liane C. H. **Metodologia de estudo e de pesquisa em administração**. Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração /UFSC; [Brasília]: CAPES: UAB, 2009. Disponível em: <<https://www2.unifap.br/clauidiomarcio/files/2015/12/LIVRO-Metodologia-de- Estudo-e- Pesquisa-em-Administração.pdf>> Acesso em: 27 de outubro de 2020.