

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE MINAS GERAIS - *CAMPUS* AVANÇADO ARCOS
BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Paulo Henrique Chaves

**ESTUDO DA VIABILIDADE NA MANUTENÇÃO DE UMA
MÁQUINA DE EXTRAÇÃO DE TARUGOS DE AÇO EM
UMA USINA SIDERÚRGICA**

Arcos
2022

PAULO HENRIQUE CHAVES

**ESTUDO DA VIABILIDADE NA MANUTENÇÃO DE UMA MÁQUINA
DE EXTRAÇÃO DE TARUGOS DE AÇO EM UMA USINA SIDERÚRGICA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Bacharelado em Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Minas Gerais *Campus Arcos*, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Mecânica.
Orientador: Prof. Dr. Francisco de Sousa Júnior .

Arcos
2022

Catálogo na Fonte Biblioteca IFMG - *Campus Avançado Arcos*

C512e Chaves, Paulo Henrique.
2022aaaa a Estudo da viabilidade na manutenção de uma
máquina de extração de tarugos de aço em uma
usina siderúrgica / Paulo Henrique Chaves. - Arcos,
2022.

31 f. : il. color.

Orientador: Francisco de Sousa Júnior.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação
em Engenharia Mecânica.) - Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais
- *Campus Avançado Arcos*.

1. Siderurgia (Manutenção). I. Sousa Júnior,
Francisco de (orientador). III. Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais –
Campus Avançado Arcos. IV. Título.

CDD: 629.287

Elaborada por Meriely Ferreira de Almeida- CRB-6/2960



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
Campus Avançado Arcos
Diretoria de Ensino
Docentes Área Técnica
Av. Juscelino Kubitschek, 485 - Bairro Brasília - CEP 35588000 - Arcos - MG
3733515173 - www.ifmg.edu.br

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DO CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA DO IFMG - ARCOS, REALIZADA EM 05 DE DEZEMBRO DE 2022

Aos **cinco dias de dezembro de dois mil e vinte e dois**, às 09:06 horas, se reuniu a banca composta pelo Prof. Dr. Francisco de Sousa Júnior (orientador), Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Arcos; Prof. Maurício Lourenço Jorge, Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Arcos e o Prof. Dr. Reginaldo Gonçalves Leão Júnior, Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Arcos; para avaliar o trabalho intitulado “**ESTUDO COMPARATIVO DE VIABILIDADE DA MANUTENÇÃO DE UMA MÁQUINA DE EXTRAÇÃO DE TARUGOS DE AÇO EM UMA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA**”, apresentado pelo aluno Paulo Henrique Chaves, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Engenheiro Mecânico. Após apresentação e arguição, emitiu-se o parecer “**APROVADO**”, sendo a verificação das modificações sugeridas de responsabilidade do orientador. Para fins de registro na disciplina Trabalho Acadêmico Integrador X, a banca avaliadora emitiu, em consenso, o conceito final de **80,0**. Nada mais havendo a tratar a defesa foi encerrada às 10:00 e eu, Francisco de Sousa Júnior, lavrei a presente ata que, após lida e aprovada, foi assinada por todos os avaliadores.

Arcos, 06 de dezembro de 2022.



Documento assinado eletronicamente por **Francisco de Sousa Junior, Professor**, em 06/12/2022, às 09:41, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Reginaldo Goncalves Leao Junior, Professor**, em 06/12/2022, às 09:51, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Mauricio Lourenco Jorge, Professor**, em 06/12/2022, às 14:26, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **1398434** e o código CRC **05647B4A**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me proporcionar a capacidade de vencer todos obstáculos que me dificultaram na caminhada.

Toda minha família que me deu suporte, principalmente aos meus pais, Sérgio Rodrigo Chaves e Carla de Lelis Borges Chaves, que não mediram esforços para me proporcionar bons estudos.

Ao meu professor e orientador Francisco de Sousa Júnior que me apoiou durante todas as dúvidas e dificuldades, e também a todos colegas que passaram em minha jornada de aprendizagem.

"Não podemos resolver nossos problemas com o mesmo pensamento que tínhamos quando os criamos."

Albert Einstein

RESUMO

Tendo em vista que nos dias atuais é cobrado dos gestores de uma empresa, bom acompanhamento e visão estratégica, os processos de manutenção se tornaram um excelente caminho para otimizar processos de produção reduzindo custos e aumentando o tempo entre indisponibilidades por falhas de equipamentos. Este trabalho de conclusão de curso analisa a viabilidade de realizar manutenções com maior complexidade dentro da própria empresa, onde normalmente seria contratados serviços terceirizados, aumentando assim a confiabilidade do equipamento e a rentabilidade da própria equipe. Para essa análise foram utilizados valores e situações reais de uma empresa no ramo da siderurgia. O foco foi empregado em um equipamento designado como conjunto extrator, utilizado para movimentar tarugos de aço na área da aciaria. É importante ressaltar que a falha do equipamento resulta em parada de produção. O estudo teve como objetivo, analisar os cálculos de tempo médio entre falhas e tempo médio de reparo , juntamente com valores reais de reparação do equipamento e tempo de substituição do mesmo. Com base em todo o estudo realizado, constatou-se por meio de estudos e coleta de dados em reparações passadas a viabilidade da manutenção interna, afirmando o grande potencial que uma equipe engajada possui, com redução de custo e otimização da disponibilidade do equipamento. Houve uma redução de mais de um terço nas despesas de reparação e aumentou meses na durabilidade do conjunto extrator, apesar de apresentar certa dificuldade no tempo de recuperação.

Palavras-chave: Confiabilidade, custo, manutenção, reparos, siderurgia.

ABSTRACT

Considering that today's managers are required to have a sound monitoring and strategic vision, maintenance processes have become an excellent way to optimize production processes, reducing costs and increasing the time between downtime due to equipment failures. This final undergraduate project analyzes the viability of performing maintenance with greater complexity within the company, where outsourced services would generally be contracted, thus increasing the equipment's reliability and the team's profitability. For this analysis, actual values and situations from a company in the steel industry were used, where all the focus was on a piece of equipment designated as an extractor set—used to move steel billets in the steel mill area, where it is essential to emphasize that failure of the equipment results in a production shutdown. The study analyzed the mean time between failure (MTBF) and the mean time to repair (MTTR) calculations and actual equipment repair and replacement time values. Based on the entire study, the feasibility of internal maintenance affirms the great potential of an engaged team with cost reduction and optimization of equipment availability. The current work reduced more than $\frac{1}{3}$ in repair expenses and increased months in the durability of the extractor set, despite presenting some difficulty in recovery time.

Keywords: Reliability, cost, maintenance, repairs, steel.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1–Evolução da manutenção.	20
Figura 2.2–Os 8 pilares da TPM.	23
Figura 2.3–Conjunto Extrator - Vista Lateral	26
Figura 2.4–Conjunto Extrator - Vista Frontal	27
Figura 3.1–Tempo de reparo	29
Figura 4.1–Tempo de reparo	33
Figura 4.2–Custo de reparo	34
Figura 4.3–Tempo de substituição	34
Figura 4.4–Vida útil	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1–Recuperação Externa	32
Tabela 4.2–Recuperação Interna	33

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Justificativa	17
1.2	Objetivos	18
1.2.1	Objetivo Geral	18
1.2.2	Objetivos específicos	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1	Conceitos de Manutenção	19
2.2	A Evolução da Manutenção	19
2.3	Tipos de Manutenção	20
2.3.1	Manutenção Corretiva	21
2.3.2	Manutenção Preventiva	21
2.3.3	Manutenção Preditiva	22
2.3.4	Manutenção Produtiva Total - MPT	22
2.4	Técnicas de Acompanhamento da Manutenção	24
2.5	Tempo Médio entre Falhas - MTBF	25
2.6	Tempo Médio de Reparo - MTTR	25
2.7	Cenário de Estudo	25
3	METODOLOGIA	28
3.1	Caracterização das atividades	29
3.2	Cálculo do MTBF e MTTR	30

3.3	Disponibilidade	31
4	RESULTADOS	32
4.1	Reparo Externo	32
4.2	Reparo Interno	32
4.3	Viabilidade Econômica	33
4.3.1	Tempo para reparo	33
4.3.2	Custos de manutenção	34
4.3.3	Parada de produção	34
4.3.4	Disponibilidade do equipamento	35
5	CONCLUSÃO	36
	REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

Tendo em vista um mercado cada vez mais competitivo, as empresas inseridas nos diversos ramos industriais buscam metodologias inovadoras para ofertar produtos e/ou serviços com qualidade. De forma a atender as necessidades de seus *stakeholders* e reduzir os custos com a otimização da cadeia produtiva como um todo. Neste sentido de constante evolução, destaca-se os negócios do ramo siderúrgico, pois pode-se mencionar seus altos investimentos e aquisições de maquinários robustos (LACERDA *et al.*, 2015).

Com demandas de se produzir mais, com melhor qualidade e em intervalos de tempos menores, com a produção acelerada e as maquinarias em ritmos contínuos, podem ocorrer situações previsíveis e imprevisíveis que interrompem o processo produtivo, causando desacelerações parciais e/ou a parada total do mesmo. Logo, se faz necessária uma Gestão da Manutenção com eficiência, tendo como base os mais diversos conceitos e metodologias da TPM (Manutenção Produtiva Total), o que poderá garantir uma confiabilidade dos equipamentos e oferecer mais segurança durante o processo operacional. (LAI; CHENG, 2016)

É essencial que o processo produtivo seja coeso e uniforme, de modo que as condições dos ambientes de produção e os maquinários destes locais, proporcionem um fluxo contínuo eficaz, ou seja, de forma que possa oferecer a melhor performance, evitando perdas desnecessárias. Para tal, é de extrema importância a identificação e análise das máquinas que estejam com altos índices de falhas, quebras e/ou gerando não conformidades nos produtos, para assim executar uma peritagem das mesmas, evitando que elas venham a influenciar na qualidade e nos custos da organização.

Pela interpretação de Neto (1995), com o constante avanço da tec-

nologia e o acesso às informações, percebe-se uma crescente oferta de prestações de serviços para com as empresas, o que coloca em questão de qual a melhor viabilidade estratégica a ser tomada, a de manter todos os trabalhos internos, ou seja, executado pelos colaboradores que já estão em constante treinamento e assim sem a inserção de terceiros; ou a de conhecer as ofertas e execuções das tarefas de prestadoras externas, com a intenção de tentar reduzir custos e mão de obra e aumentar a qualidade da realização e efetivação das atividades.

Sendo assim, o presente trabalho analisa por meio de um estudo de caso, uma abordagem comparativa em relação aos custos, prazos e recursos para as manutenções, quando realizadas por uma equipe interna e as oferecidas por empreendimentos externos. Dessa forma, se proporciona uma visão de qual seria a melhor alternativa e com isso ter uma melhor percepção e conhecimento do tempo gasto por cada uma na realização dos serviços, abordando de maneira clara os custos perdidos de produção, durante o tempo em que o equipamento se encontra inativo a qual exigiria menos recursos da organização.

1.1 Justificativa

A escolha do tema se torna relevante, onde ao se desenvolver um estudo de confrontações entre duas possíveis formas de manutenções em uma empresa siderúrgica, pode-se ter uma percepção sistêmica das operações mantenedoras e obter uma otimização da Gestão da Manutenção de forma estratégica, viável e com excelência. Tal empresa possui uma manutenção centrada em apoiar as demais áreas produtivas, gerando retorno financeiro para a mesma, assim justificando tal reparação neste trabalho.

Através desta abordagem comparativa se identifica as melhores alternativas para os procedimentos de manutenções, podendo assim reduzir grandes perdas e paradas com longos intervalos de tempo, eliminar desperdícios, amenizar custos e otimizar a produção com ganhos significativos.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho visa analisar a viabilidade econômica na manutenção interna de uma máquina extratora de tarugos de aço em uma siderurgia.

1.2.2 Objetivos específicos

- Análise de custos para reparo interno e externo;
- Análise de tempo para reparo interno e externo;
- Estudo no aumento da confiabilidade da máquina;

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Conceitos de Manutenção

Conforme apresentado por Viana (2002), a palavra manutenção vem do latim *manustenere*, formado por *manus*, “mão”, mais *tenere*, “agarrar, segurar”. Tem como significado na língua portuguesa como a ação de manter, sustentar, consertar ou conservar alguma coisa e é estabelecida por ações e técnicas que auxiliam no bom e correto funcionamento de algo.

Segundo Kardec e Nascif (2009), a missão atual da manutenção é definida como a de “garantir a confiabilidade e a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção ou de serviço, com segurança, preservação do meio ambiente e custos adequados”.

As atividades mantenedoras oferecem funções estratégicas, o que possibilita a oferta de produtos e serviços com qualidade, que possam satisfazer às necessidades dos clientes, eliminando custos de produção, promovendo a disponibilidade dos equipamentos com confiabilidade e gerando um rendimento maior dos processos (RIBEIRO, 2004). Segundo Soeiro *et al.* (2017), o tema em questão passou por muitas críticas e adaptações, isso devido a substituição da mão de obra humana por inovações tecnológicas, maquinários e equipamentos.

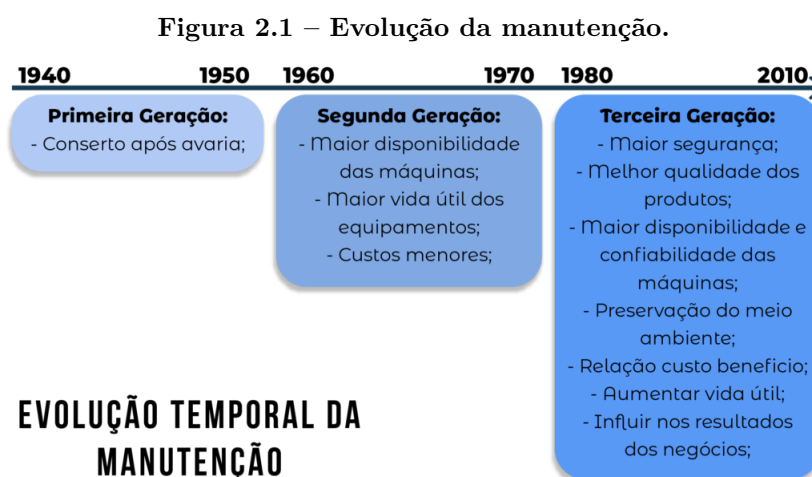
2.2 A Evolução da Manutenção

Ainda segundo Soeiro *et al.* (2017), antes a manutenção era considerada como simples atividades de reparos, e com a constante evolução se tornou um recurso para atingir as metas empresariais. Com a inserção de equipamentos robustos e sofisticados, logo surgiram maiores níveis de complexidade, alto custo e exigências elevadas, quanto ao grau da manutenção

dos mesmos, assim contribuindo para que o setor se tornasse importante e indispensável na cadeia produtiva, para alcançar a excelência do processo operacional.

A manutenção passou por inúmeras mudanças no decorrer dos últimos anos, mais do que qualquer outra área ou atividade, e isso se deve ao crescente aperfeiçoamento do fluxo processual, das exigências do ambiente com a entrada de novos maquinários e com a constante busca de competitividade no mercado (SOEIRO *et al.*, 2017).

Ainda segundo os autores Kardec e Nascif (2009), a evolução da manutenção se divide em cinco gerações ao longo de suas transformações. A Figura 2.1 mostra as características de cada geração com o passar dos anos.



Fonte: (ILIOT, 2014)

2.3 Tipos de Manutenção

Atualmente, podemos observar a existência de diversos tipos de manutenção, mas de acordo com a ABNT (Norma NBR 5462 – Confiabilidade e Manutenibilidade), os tipos de manutenção existentes são apenas três, são eles: corretiva, preventiva e preditiva. Alguns outros tipos podem ser observados no cotidiano empresarial, como a manutenção produtiva total (MPT), também utilizada nesse estudo. (SANTOS, 2013)

Cada tipo de manutenção tem que receber um tratamento diferenciado e específico conforme sua necessidade. Nem todas as manutenções devem ser caracterizadas como uma simples realização de reparos. Logo devem ser percebidas como metodologias para evitar falhas e atividades de inspeções periódicas e ou de rotinas (KARDEC; NASCIF, 2009).

2.3.1 Manutenção Corretiva

Conforme a NBR (1994), a manutenção corretiva é efetuada após a ocorrência de uma falha e/ou parada de um item, onde deve ser realizado de forma rápida a recolocação do mesmo para que volte a executar a função requerida.

Essa manutenção deve ser realizada com interferência imediata, afim de se evitar atrasos na manutenção, promovendo a segurança do colaborador e do ambiente onde ocorreu o problema. É considerada uma atividade que se configura como uma intervenção aleatória, que não tem nenhum tipo de planejamento preestabelecido (VIANA, 2002).

2.3.2 Manutenção Preventiva

A manutenção preventiva é realizada dentro de uma programação já estabelecida, o acompanhamento se desenvolve em certos espaços de tempo já definidos e com a finalidade de eliminar problemas e possíveis falhas dos itens (NBR, 1994).

Conforme Viana (2002) este tipo de manutenção promove certa tranquilidade para o processo, o que proporciona um bom desempenho para a produção. Assim, ao contrário da corretiva, busca antecipar a ocorrência de falhas e ou defeitos, de modo a prevenir que o equipamento apresente possíveis quedas de desempenho. Geralmente segue planos mantenedores, elaborados em determinados períodos já estipulados, seguindo fontes e informações fornecidas pelos fabricantes e dados históricos do equipamento que foram observados e levantados durante sua operação ao longo dos anos.

2.3.3 Manutenção Preditiva

Segundo a NBR (1994), a manutenção preditiva também pode ser chamada de Manutenção Controlada. Ela permite por meio de técnicas de análises e verificações estatísticas, a coleta de informações através de amostragens e supervisões centralizadas, o que garante um nível de qualidade desejado, objetivando diminuir e/ou eliminar as manutenções corretivas e as preventivas.

Para Viana (2002) é o método de manutenção que através de monitoramento, acompanhamento e medições por controles estatísticos, permitem gerar informações sobre a ocorrência de possíveis falhas. O objetivo é proporcionar a obtenção do tempo certo em que o equipamento irá precisar de uma intervenção mantenedora. Pode ser realizada através da utilização do sensoramento remoto, da análise de vibrações, termografia e outras técnicas.

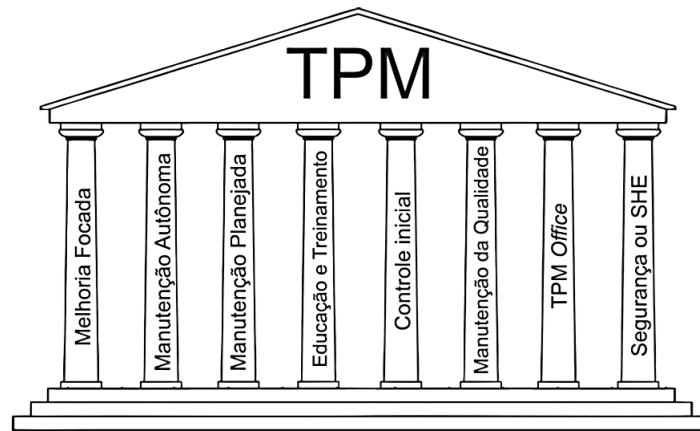
2.3.4 Manutenção Produtiva Total - MPT

A Manutenção Produtiva Total, mais conhecida pelas siglas MPT ou TPM do inglês *Total Productive Maintenance*, tem como objetivo de promover o aumento do desempenho da organização e para conquistar esse aumento, ela proporciona maior qualificação e dissemina conhecimentos para as pessoas envolvidas no processo e busca a melhoria dos equipamentos presentes no sistema. De acordo com Fogliato e Ribeiro (2009), a MPT entende que as pessoas que operam o equipamento são as que mais o conhecem e sabem sobre o seu desempenho, assim essas pessoas estão em posições extremamente estratégicas para a percepção e realização de reparos e modificações, contribuindo diretamente para a produtividade e a qualidade.

A MPT se baseia em 8 princípios que determinam o melhor sistema para a obtenção de melhores desempenhos, chamados de “pilares”. O nome é estabelecido pelo fato de serem os responsáveis pelo sustento da implantação

da metodologia (SOUZA, 2009).

Figura 2.2 – Os 8 pilares da TPM.



Fonte: (KARDEC; NASCIF, 2009)

Para Kardec e Nascif (2009), cada pilar tem seu conceito definido. Segue as definições que de cada princípio:

1. Melhoria Focada: É a diretriz que foca na melhoria global do empreendimento. Assim ela busca reduzir e/ou eliminar os problemas para otimizar o desempenho;
2. Manutenção Autônoma: Aquela que procura o autogerenciamento e controle, liberdade de ação, elaboração e cumprimento de padrões, conscientização da metodologia no ambiente;
3. Manutenção Planejada: É ter com eficácia o planejamento e o comando das manutenções. Logo para o aprendizado de técnicas em *softwares*, é necessário a utilização de um sistema mecanizado da programação diária e do planejamento das paradas;
4. Educação e Treinamento: Responsável por promover conhecimento técnico, gerencial e comportamental para os envolvidos nas atividades mantenedoras e atividades da operação;
5. Controle Inicial: Prescreve que o gerenciamento inicial é essencial para os novos equipamentos e projetos;

6. Manutenção da Qualidade: Busca obter um programa de zero defeitos e zero quebras;
7. TPM *office*: Estabelece um programa de TPM nas áreas administrativas, visando aumentar a eficiência delas dentro da organização;
8. Segurança: Institui um sistema de saúde, segurança e meio ambiente para todos os envolvidos no processo.

E com base em todos os tipos de manutenção abordados, podemos então entender como acompanhar os parâmetros da manutenção no tópico abaixo.

2.4 Técnicas de Acompanhamento da Manutenção

É de suma importância acompanhar os indicadores das atividades de manutenção para se obter ótimos resultados. Conforme Kardec e NASCIF (2012), pode-se abordar e destacar alguns pontos para o monitoramento dessas atividades, são elas:

- Gerar o mapa de gestão à vista;
- Controlar os indicadores para a atualização do mapa de gestão à vista;
- Alertar sobre os imprevistos acontecidos no acompanhamento dos indicadores;
- Coordenar as apropriações dos serviços realizados;
- Administrar os orçamentos das manutenções;
- Criar registros de manutenção dos serviços e das paradas de manutenção;
- Conservar atualizado os padrões e processos de tarefas do PCM;

- Verificar planos de ação e seus itens de comando, inspecionar os programas de estabilização de rotina e de implantação de melhorias do PCM.

2.5 Tempo Médio entre Falhas - MTBF

Segundo Kardec e Nascif (2009) o Tempo Médio entre Falhas (MTBF) é definido como “uma medida básica de confiabilidade de itens reparáveis e, em geral, se refere à vida média de uma população”, então leva-se em consideração a média entre o tempo e o número de falhas de uma peça ou equipamento.

2.6 Tempo Médio de Reparo - MTTR

O tempo médio de reparo (MTTR) é o calculo do tempo médio em que um equipamento fica paralisado para receber manutenção, e assim quanto menor esse indicador, melhor a gestão da manutenção.

Tais indicadores mencionados acima, são importantes para análise de todo estudo, sendo agregados a reparação do conjunto mencionado abaixo.

2.7 Cenário de Estudo

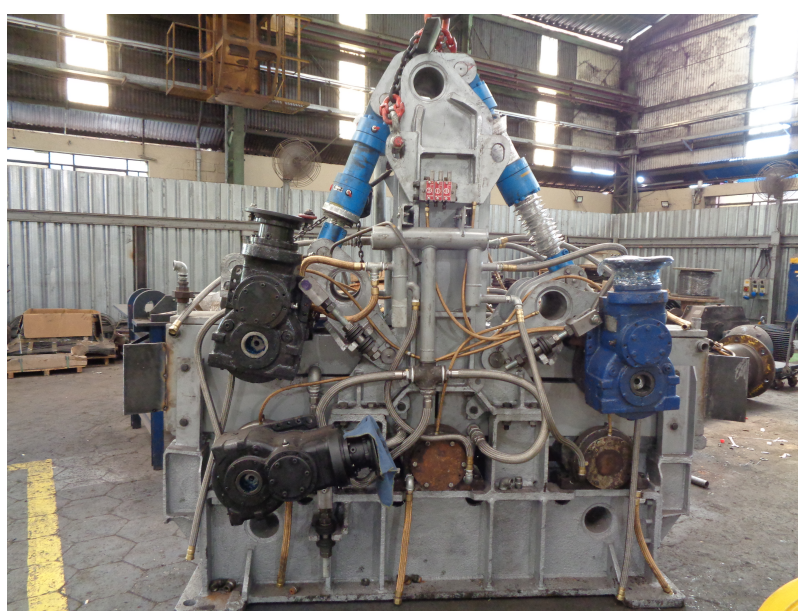
A unidade de extração e execução é responsável por extrair o *blank* a ser fundido e endireitá-lo na dobradeira. A máquina é conectada a um sistema de controle automático de nível de líquido ou conectado a um potenciômetro em uma máquina com controle manual de nível de líquido para definir a velocidade e assim, a quantidade de tarugo retirada em cada eixo. No processo de endireitamento do eixo, dependendo do raio e da curvatura da máquina e da fundição, são geradas tensões de tração e compressão em branco líquido/sólido na superfície e na interface (ALMEIDA, 2016).

De acordo com Almeida (2016), a função do rolo de estiramento é

apoiar a fundição. Sua velocidade depende do nível de aço no molde. A extração se deve ao controle automático do nível de aço no molde. Cada eixo possui uma unidade de extração, que consiste em um par de rolos de extração. É a fase inicial de fundição, e tem a função de endireitar a seção.

Todas essas peças constituem o conjunto extrator (exemplificado na Figura 2.3 e 2.4) e são necessárias manutenções para não ocasionar paradas inesperadas e perda de produção.

Figura 2.3 – Conjunto Extrator - Vista Lateral



Fonte: (Autoria Própria, 2022)

Figura 2.4 – Conjunto Extrator - Vista Frontal



Fonte: (Autoria Própria, 2022)

3 METODOLOGIA

O presente trabalho trata-se de um estudo de viabilidade de manutenção, realizado em uma indústria de grande porte do ramo siderúrgico, localizada na cidade de Divinópolis, Minas Gerais, com objetivo de analisar a viabilidade econômica das realizações dos processos de manutenções internos e externos. Foram realizadas pesquisas sobre os conceitos de indústrias siderúrgicas e seus métodos de produção (para melhor entendimento sobre o ramo que a empresa atua), setor da Aciaria e seus equipamentos (para melhor entendimento da área e da máquina específica apontada para estudo), TPM e Gestão da Manutenção (com intuito de conhecer as técnicas e entender seus conceitos).

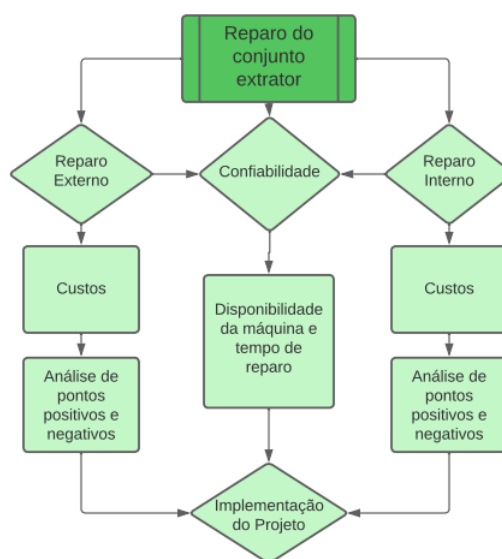
Conhecendo o assunto, foram adquiridos na empresa, através de colaboradores e gestores, informações como ordens de manutenção, regime de operação do conjunto, histórico de compras, catálogo de peças, para assim saber sobre como era realizada as manutenções internas e externas, os níveis de produção da Aciaria e documentos do fluxo produtivo da empresa. A partir dessas informações adquiridas, foi possível dividir o presente estudo em fases, a saber:

- A apresentação do processo produtivo na área da Aciaria na Indústria Siderúrgica;
- Problematização, tempo gasto para recuperar os equipamentos, perdas de produção caso os mesmos parem até a sua recuperação e volta a operação, a viabilidade econômica (custos de manutenção) do equipamento escolhido;
- Análise de manutenção focada no aumento as horas de trabalho da máquina, observados a partir de gráficos e valores quantitativos.

3.1 Caracterização das atividades

Para analisar a viabilidade da manutenção interna do conjunto extrator, foram coletados dados e valores atuais da recuperação externa para assim balizar os parâmetros da recuperação interna e identificar pontos de melhoria. Foi adotado o fluxo ilustrado na Figura 3.1 o fluxo referente a como analisar a implantação do projeto.

Figura 3.1 – Tempo de reparo



Fonte: (Autoria Própria, 2022)

Tornou-se necessário mapear os principais pontos de parada da máquina por falhas oriundas de manutenção e assim, criar priorizações de atividades para solucionar problemas repetitivos. Importante lembrar também que todas as atividades desenvolvidas dentro da manutenção central (área estudada e específica na recuperação do conjunto extrator) são realizadas por demandas de priorização e criação de ordens de serviço no sistema SAP. Todos trabalhos realizados são executados em dupla, para que não aconteça nenhum risco de acidente. Foram disponibilizados então os seguintes recursos:

- 02 mantenedores especializados;

- 01 torneiro;
- Ferramental específico;
- Peças sobressalentes necessárias.

3.2 Cálculo do MTBF e MTTR

Para calcular os indicadores de MTBF e MTTR, foi necessário saber o valor das horas de trabalho do equipamento e as quantidades de falhas. Foram utilizados os dados de todo o ano de 2022.

Segundo (DUTRA, 2017), para calcular o valor do MTBF, deve-se seguir a equação:

$$MTBF = \frac{HD}{NF} \quad (1)$$

- HD - Horas disponíveis;
- NF - Número de falhas.

Lembrando que quanto maior o resultado do MTBF, melhor serão os resultados do equipamento.

O MTTR calcula-se através da seguinte equação:

$$MTTR = \frac{TTR}{QF} \quad (2)$$

- TTR - Tempo total de reparo;
- QF - Quantidade de falhas.

Quanto menor for o indicador do MTTR, melhor a gestão da manutenção.

3.3 Disponibilidade

Segundo Beltrame et al. (2020) o indicador de disponibilidade mostra o tempo em que a máquina funcionou até sua parada. Esse indicador nos auxilia para comparar o tempo de funcionamento de uma máquina reparada externamente com uma reparada internamente.

$$Disponibilidade = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (3)$$

4 RESULTADOS

Foram coletados todos os dados necessários para a análise de viabilidade de manutenção em recuperações externas já realizadas anteriormente, mesmo em tempo de pandemia, como notas de serviço, orçamentos, dentre outros e assim realizar os cálculos necessários e apresentar os resultados.

4.1 Reparo Externo

É possível verificar na tabela 4.1, os valores importantes para análise do reparo externo. Tais valores foram retirados das ultimas manutenções realizada no conjunto extrator, realizado por uma empresa terceira, como também aumentos tributários e novos orçamentos.

Tabela 4.1 – Recuperação Externa

Recuperação Externa		
Tempo gasto para reparo	45	Dias
Custo	140.000	R\$
Vida útil após recuperação	9.500	Horas
Equipamentos em operação	4	Unidades
Equipamentos reservas	2	Unidades
Tempo de substituição	540	Minutos

4.2 Reparo Interno

Para análise do reparo interno, foi considerado o valor de HH (Homem/Hora) dos colaboradores responsáveis pela manutenção, os custos referente a compra de materiais e de peças além do ferramental necessário para realizar a manutenção.

Tabela 4.2 – Recuperação Interna

Recuperação Interna		
Tempo gasto para reparo	95	Dias
Custo	88.000	R\$
Vida útil após recuperação	11.500	Horas
Equipamentos em operação	4	Unidades
Equipamentos reservas	2	Unidades
Tempo de substituição	400	Minutos

4.3 Viabilidade Econômica

A seguir, são analisados os pontos positivos e negativos referente a manutenção interna, considerando os obstáculos durante o estudo.

4.3.1 Tempo para reparo

A unidade extratora é um equipamento que demanda de uma quantidade específica de componentes e uma montagem que requer mão de obra especializada. Conforme apresentado na Figura 4.1, nota-se uma necessidade de melhoria no processo de montagem para tornar a manutenção interna competitiva.

Figura 4.1 – Tempo de reparo



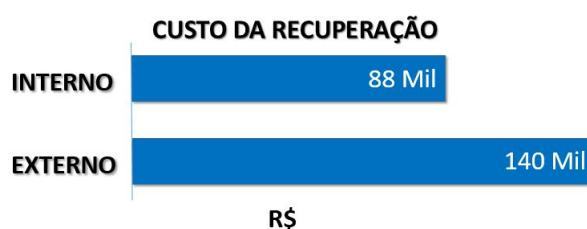
Fonte: (Autoria Própria, 2022)

O problema referente ao tempo de reparação não se torna um obstáculo crítico, pelo fato de existir 2 conjuntos extratores reservas, eliminando o risco de parada de produção por falta de equipamento.

4.3.2 Custos de manutenção

Tratando de custos oriundos do processo, internamente a recuperação se torna 37% menor (Figura 4.2), uma redução de R\$ 52.000,00. Esta redução no custo se torna possível devido as ações concentradas em componentes estratégicos do equipamento, com o conhecimento técnico da equipe atuante.

Figura 4.2 – Custo de reparo



Fonte: (Autoria Própria, 2022)

4.3.3 Parada de produção

Os dados que representam o tempo de parada para substituição do equipamento é o que impacta diretamente na produção, uma vez que tais operações só podem ser realizadas com a linha operacional totalmente parada.

Pode-se observar (Figura 4.3) a redução em mais de 1 hora no tempo de substituição do equipamento, sendo possível pela interação dos mantenedores que efetuaram a recuperação do equipamento, com os responsáveis pela montagem do mesmo na área.

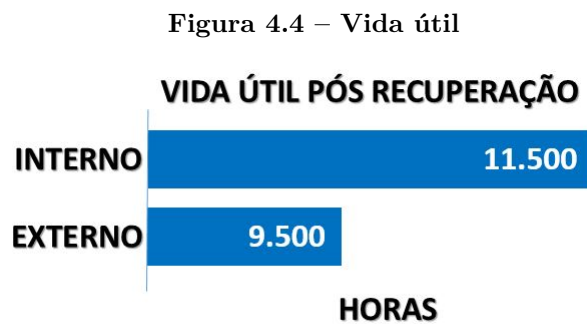
Figura 4.3 – Tempo de substituição



Fonte: (Autoria Própria, 2022)

4.3.4 Disponibilidade do equipamento

Com relação ao aumento de disponibilidade, o ganho foi considerável, representando 17,4% na unidade extratora (Figura 4.4). Esse ganho se tornou possível devido a interação dos profissionais responsável pela operação do equipamento da própria empresa e também ao conhecimento agregado pela equipe, adquiridos pelo apoio da engenharia com fornecimento de desenhos técnicos, ferramental adequado e compra de peças atualizadas.



Fonte: (Autoria Própria, 2022)

5 CONCLUSÃO

Nem todas as empresas possuem a condição de possuir uma área de manutenção para apoio do restante da mesma, como suporte em reparos de peças e equipamentos. A empresa referenciada possui uma área da manutenção centralizada, e a mesma existe para atender a produção e diminuir a utilização de reparações externas, assim gerando motivos para sua existência. O estudo de viabilidade da recuperação interna do conjunto extrator entra como justificativa real na redução de R\$ 52.000,00 em cada reparação.

O presente trabalho confirmou a viabilidade de manutenção dentro da própria empresa em qualquer situação, pois foram analisados diferentes pontos e ocasiões adversas, e assim pode abrir oportunidades para inúmeras reparações e prestação de serviços internos, podendo se tornar referência para outras unidades. Foram apresentados gráficos de comparação entre uma recuperação externa e uma interna, onde os mesmos são muito utilizados nas gestões de manutenção, como também os indicadores de MTBF que nesse caso teve um aumento de 17,4%, e a disponibilidade do equipamento 21% maior. Já o MTTR teve um aumento de 52%, o que mostra uma perda considerável no tempo de reparação, mostrando que existem sim pontos de melhoria, mas não inviabilizando o processo.

Todas as reduções de custo na reparação viabilizam investimentos dentro da própria mecânica, tornando cada vez mais rentável sua existência e assim otimizando a realização de manutenções mais complexas e com maior confiabilidade. Importante apontar também que, a manutenção dentro da própria empresa, justifica a existência de possíveis vagas e promoções, gerando renda dentro da própria comunidade.

As maiores limitações do estudo foram obstáculos referente a manu-

tenção em si, pois a organização do processo e os dados dos equipamentos estavam defazados, sendo necessário a atualização de vários documentos, onde no final gerou uma melhoria em todo sistema de dados da empresa.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C. **Curso Básico de Lingotamento Contínuo**. [S.l.]: SlideShare, 2016.
- BELTRAME, J. O.; GUZZO, M. V. P.; SILVA, R. B.; MARTINS, D. de S. Análise da eficiência da manutenção através de indicadores chave de desempenho. 2020.
- DUTRA, J. T. Planejamento e controle de manutenção. **Brasília-DF**, 2017.
- FOGLIATO, F.; RIBEIRO, J. L. D. **Confiabilidade e manutenção industrial**. [S.l.]: Elsevier Brasil, 2009.
- ILIOT, T. **História da manutenção**. 2014. Disponível em: <<https://iliot.tech/historia-da-manutencao-como-assim/>>. Acesso em: 28 de abril de 2021.
- KARDEC, A.; NASCIF, J. Manutenção: Função estratégica–3. ed, ver. e ampl. **Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobras**, 2009.
- KARDEC, A.; NASCIF, J. Manutenção: Função estratégica–5. ed, ver. e ampl. **Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobras**, 2012.
- LAI, K.-h.; CHENG, T. E. **Just-in-time logistics**. [S.l.]: Routledge, 2016.
- NBR, A. 5462 confiabilidade e manutenibilidade–terminologia. **Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas**, 1994.
- NETO, J. A. Reestruturação industrial, terceirização e redes de subcontratação. **Revista de Administração de Empresas**, SciELO Brasil, v. 35, p. 33–42, 1995.
- RIBEIRO, H. Total productive maintenance–manutenção produtiva total. **Banas Report, EPSE, São Paulo**, 2004.
- SANTOS, H. C. d. Estudo de viabilidade e implantação de gestão de manutenção de acordo com a nbr 5462/1994. Fundação de Ensino e Pesquisa do Sul de Minas, 2013.

SOUZA, V. C. de. **Organização e gerência da manutenção: planejamento, programação e controle de manutenção.** [S.l.]: All Print, 2009.

VIANA, H. R. G. **PCM-Planejamento e Controle da manutenção.** [S.l.]: Qualitymark Editora Ltda, 2002.