



Universidade Federal de Ouro Preto  
Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas  
Colegiado do Curso de Engenharia de  
Produção - COEP  
Campus João Monlevade



## **Trabalho de Conclusão de Curso**

**Revisão de um plano de manutenção preventiva  
para minimização de intervenções corretivas  
emergenciais no setor de utilidades de uma  
siderúrgica de grande porte.**

**Igor Augusto Alves Reis**

**João Monlevade, MG  
2021**

**Igor Augusto Alves Reis**

**Revisão de um plano de manutenção preventiva  
para minimização de intervenções corretivas  
emergenciais no setor de utilidades de uma  
siderúrgica de grande porte.**

Trabalho de Conclusão de curso apresentado à Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para obtenção do Título de Engenheiro de Produção pelo Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas da Universidade Federal de Ouro Preto.

Orientador: Profa. Dra. Clarissa Barros da Cruz

**Universidade Federal de Ouro Preto  
João Monlevade  
2021**

## SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

R375r Reis, Igor Augusto Alves .  
Revisão de um plano de manutenção preventiva para minimização de intervenções corretivas emergenciais no setor de utilidades de uma siderúrgica de grande porte.. [manuscrito] / Igor Augusto Alves Reis. - 2021.  
45 f.: il.: color., gráf., tab..

Orientadora: Profa. Dra. Clarissa Barros da Cruz.  
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto.  
Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas. Graduação em Engenharia de Produção .

1. Siderurgia - Manutenção . 2. Indicadores - Manutenção. 3. Equipamento industrial - Manutenção e reparos. 4. Confiabilidade. 5. Indicadores - Desempenho. 6. Gestão - Indústrias - Processos de fabricação. I. Cruz, Clarissa Barros da. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 658.5

Bibliotecário(a) Responsável: Flavia Reis - CRB6-2431



## FOLHA DE APROVAÇÃO

Igor Augusto Alves Reis

**Revisão de um plano de manutenção preventiva para minimização de intervenções corretivas emergenciais no setor de utilidades de uma siderúrgica de grande porte**

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

Aprovada em 23 de abril de 2021

### Membros da banca

Dra. Clarissa Barros da Cruz - Orientadora (Universidade Federal de Ouro Preto)  
Dra. Alana Deusilan Sester Pereira (Universidade Federal de Ouro Preto)  
Dra. Taynara Geysa Silva do Lago (Universidade Federal da Paraíba)

Dra. Clarissa Barros da Cruz, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 06/05/2021



Documento assinado eletronicamente por **Clarissa Barros da Cruz, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 06/05/2021, às 19:21, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0168344** e o código CRC **7C0DF0B1**.

# Agradecimentos

Agradeço primeiramente ao poderoso Deus por ter colocado este curso em minha vida e me guiado ao êxito. À Ele gratidão por me mostrar o caminho.

Agradeço também à minha mãe e aos meus irmãos por terem me permitido e auxiliado constantemente na vivência desse sonho. Obrigado por todo amor, apoio e compreensão.

Agradeço a todos os meus amigos, em especial aos que se mantiveram próximos em todas as dificuldades presentes no cotidiano da graduação e da vida.

Agradeço a Associação Atlética Acadêmica UFOP JM - AAAUJM pelas experiências e por me ensinarem a trabalhar em equipe, são pessoas incríveis que levarei para vida toda.

À AMM e a Manserv minha gratidão por toda trajetória profissional e pelos grandes amigos que fiz lá em especial, Marcelo José de Souza, Hernane Silva, Gilson Silveira e Hayne Oliveira.

Agradeço aos professores do DEENP por contribuírem tanto para o meu aprendizado e desenvolvimento durante a graduação, em especial as minhas orientadoras Maressa Tavares e Clarissa Cruz, pela paciência, abertura e orientação dada durante o desenvolvimento do trabalho.

Por fim, um agradecimento especial à minha namorada Letícia Fernandes que esteve comigo em todos os momentos com o seu amor, me apoiando e dando forças para seguir em frente, você foi fundamental para que eu chegasse até aqui.

# Resumo

Dentre as diversas variáveis em um processo siderúrgico, a gestão da manutenção pode ser vista como uma parte em destaque, onde o modo de operação interfere diretamente na confiabilidade dos equipamentos. Diante do exposto, a contínua evolução das tecnologias e o desenvolvimento de equipamentos industriais criou-se um processo altamente complexo para ser gerenciado. A partir desse novo cenário, tornou-se necessário um aprimoramento nas matérias-primas e mão de obra envolvidas no processo e também a implementação de inovadoras rotinas de manutenção. Em relação à metodologia empregada neste trabalho, o método aplicado foi o de pesquisa científica, descritiva e qualitativa, com o intuito de analisar, descrever e avaliar dados numéricos gerados. Na pesquisa foi analisado o efeito da implantação de manutenções preventivas programadas nos 10 equipamentos críticos do setor de Utilidades de uma Indústria de Grande Porte com objetivo de identificar se a mudança do estigma da manutenção impacta no tempo de paradas corretivas não programadas, confrontando alguns indicadores de desempenho de manutenção, sendo eles o OEE - Eficácia geral do equipamento, MTBF - Período médio entre falhas, MTTR - Tempo médio para reparo, PM - Cumprimento de manutenção preventiva e Número de Paradas Emergenciais na Planta. Em síntese, para atingir o propósito final, de realizar um confronto entre dois momentos distintos da manutenção, foram comparados os resultados de desempenho dos indicadores de manutenção. Essa comparação dos indicadores comprova uma queda de 875% nas paradas para intervenções emergenciais no setor.

**Palavras-chave:** Manutenção, Siderurgia, Setor de Utilidades, Indicadores de Manutenção.

# Abstract

Among the several variables in a steelmaking process, maintenance management can be seen as a highlighted part, where the operation mode interferes directly in the equipment reliability. In view of the continuous evolution of technologies and the development of industrial equipment, a highly complex process to be managed was created. From this new scenario, it became necessary to improve the raw materials and labor involved in the process and also to implement innovative maintenance routines. Regarding the methodology employed in this work, the method applied was that of scientific, descriptive, and quantitative research, with the intention of analyzing, describing, and evaluating the numerical data generated. In the research, the effect of the implementation of scheduled preventive maintenance was analyzed in 10 critical pieces of equipment from the Utilities sector of a large industry, comparing some maintenance performance indicators, such as OEE - Overall Equipment Effectiveness, MTBF - Mean Time Between Failures, MTTR - Mean Time To Repair, PM - Preventive Maintenance Compliance and Number of Emergency Plant Shutdowns. In summary, to achieve the final purpose of making a comparison between two different moments of maintenance, the performance results of the maintenance indicators were compared. This comparison of indicators proves a decrease in 875% in the number of stops for emergency interventions in the sector.

**Keywords:** Maintenance, Steelmaking, Utilities Sector , Maintenance Indicators.

# Lista de ilustrações

Figura 1 – Esquema simplificado da cadeia siderúrgica . . . . .	4
Figura 2 – Sistema para cálculo do Indicador OEE . . . . .	11
Figura 3 – Operação dos Insumos Siderúrgicos - Setor de Utilidades . . . . .	13
Figura 4 – Comparativo dos três meses pré-manutenção preventiva versus pós-manutenção	18
Figura 5 – Plano de manutenção anterior a revisão . . . . .	18
Figura 6 – Plano de manutenção após a revisão . . . . .	19
Figura 7 – Performance do setor da Utilidades . . . . .	27



# Lista de tabelas

Tabela 1 – Linha do tempo da produção de aço no Brasil . . . . .	5
Tabela 2 – Função dos equipamentos estudados . . . . .	14
Tabela 3 – Ordens de serviço pré-manutenções preventivas . . . . .	15
Tabela 4 – Ordens de serviço pós-manutenções preventivas . . . . .	16
Tabela 5 – Nova periodicidade do plano de inspeção dos equipamentos críticos . . . . .	19
Tabela 6 – Cumprimento do plano pré manutenções preventivas . . . . .	20
Tabela 7 – Cumprimento do plano pós manutenções preventivas . . . . .	20
Tabela 8 – Comparativo do MTBF entre os períodos . . . . .	21
Tabela 9 – Comparativo do MTBF dos equipamentos 1 a 5 . . . . .	22
Tabela 10 – Comparativo do MTBF dos equipamentos 6 a 10 . . . . .	23
Tabela 11 – Comparativo do MTTR entre os períodos . . . . .	24
Tabela 12 – Comparativo do MTTR dos equipamentos 1 a 5 . . . . .	24
Tabela 13 – Comparativo do MTTR dos equipamentos 6 a 10 . . . . .	25
Tabela 14 – Comparativo do MP entre os períodos . . . . .	26
Tabela 15 – Comparativo do OEE entre os períodos . . . . .	27

# Lista de abreviaturas e siglas

UFOP	Universidade Federal de Ouro Preto
DEENP	Departamento de Engenharia de Produção
AAAUJM	Associação Atlética Acadêmica UFOP João Monlevade
OEE	Eficiência Geral de Equipamento - " <i>Overall Equipment Effectiveness</i> "
MTBF	Período Médio Entre Falhas - " <i>Mean Time Between Failures</i> "
MTTR	Tempo Médio para Reparo - " <i>Mean Time To Repair</i> "
MP	Cumprimento de Manutenção Preventiva
PIA	Pesquisa Industrial Anual Produto
IABr	Instituto de Aço Brasil
PIB	Produto Interno Bruto
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
PCM	Planejamento e Controle da Manutenção
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETAL	Estação de Tratamento de Lama
OS	Ordem de Serviço

# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivos</b>	<b>1</b>
1.1.1	Objetivo Geral	1
1.1.2	Objetivos Especificos	2
<b>1.2</b>	<b>Justificativa</b>	<b>2</b>
<b>1.3</b>	<b>Organização do Trabalho</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>4</b>
<b>2.1</b>	<b>Indústria Siderúrgica</b>	<b>4</b>
2.1.1	A Relevância da Siderurgia	4
<b>2.2</b>	<b>Manutenção</b>	<b>5</b>
2.2.1	Histórico da Manutenção	5
2.2.2	Atribuições da Manutenção	6
2.2.3	Planejamento e Controle da Manutenção	7
<b>2.3</b>	<b>Tipos de Manutenção</b>	<b>7</b>
2.3.1	Manutenção Corretiva não Planejada	8
2.3.2	Manutenção Corretiva Planejada	8
2.3.3	Manutenção Preventiva	8
2.3.4	Manutenção Preditiva	8
2.3.5	Manutenção Detectiva	9
<b>2.4</b>	<b>Indicadores de Manutenção</b>	<b>9</b>
2.4.1	MTBF - Tempo Médio Entre Falhas	9
2.4.2	MTTR - Tempo Médio para Reparo	10
2.4.3	OEE - Eficácia Geral do Equipamento	10
2.4.4	MP - Cumprimento de Manutenção Preventiva	11
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>12</b>
<b>3.1</b>	<b>Coleta de Dados</b>	<b>12</b>
3.1.1	Intervalo de Tempo da Pesquisa	12
3.1.2	Escolha do Objeto	12
3.1.2.1	Setor de Utilidades	12
3.1.2.2	Equipamentos	13
3.1.3	Desenvolvimento e execução do plano de manutenção	16
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>17</b>
<b>4.1</b>	<b>Histórico do Equipamento</b>	<b>17</b>

<b>4.2</b>	<b>Revisão do Plano de Manutenção Preventiva</b>	<b>18</b>
<b>4.3</b>	<b>Comparação dos Indicadores de Desempenho</b>	<b>20</b>
4.3.1	Comparação do MTBF	20
4.3.2	Comparação do MTTR	23
4.3.3	Comparação do MP	25
4.3.4	Comparação do OEE	26
<b>4.4</b>	<b>Resultados de Paradas Emergenciais</b>	<b>27</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS</b>	<b>29</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>31</b>

# 1 Introdução

Desde o fim do século XVIII, é notório o aumento na capacidade de produção de bens que a sociedade vem alcançando e com isso se torna imprescindível que os equipamentos acompanhem esse crescimento, sendo demandado equipamentos com maiores níveis de tecnologia e índices de disponibilidade e produtividades (VIANA, 2014).

Xenos (1998) reitera a importância da função estratégica da manutenção e produção para as organizações, onde possuem influência direta na qualidade dos produtos e serviços, e também na produtividade dos processos.

A gestão da manutenção necessita ser eficaz e não apenas eficiente, isso é, não se deve apenas pensar em reparar o equipamento de forma rápida, e sim, manter o equipamento disponível dentro de suas funcionalidades para a operação, evitando falhas repentinas e reduzindo as paradas de produção não planejadas (KARDEC & NASCIF, 2009).

Os gestores das organizações precisam entender o tipo de manutenção compatível com seu processo, de maneira a otimizar seus resultados com ganhos de qualidade, confiabilidade e disponibilidade dos ativos. Partindo desse cenário, Belhot e Campos (1995) enfatizam que grande parte dos grupos empresariais não realizam análises críticas sobre o tipo de manutenção a se aplicar, seguindo apenas recomendações dos fabricantes dos equipamentos.

Dessa maneira, a manutenção industrial se torna uma grande aliada do setor produtivo, sendo utilizada quando ocorre uma interrupção ou falha em um equipamento da linha de produção. Portanto as ferramentas de manutenção devem estar sempre acompanhando a evolução dos equipamentos, de modo a atender as expectativas técnicas dos mesmos quanto a disponibilidade de tempo necessária do processo produtivo.

Em virtude da complexidade do cenário, o trabalho foi elaborado visando analisar o impacto na redução de paradas emergenciais, considerando a implantação de manutenções preventivas em 10 equipamentos críticos do setor de Utilidades de uma siderúrgica de grande porte.

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho visa analisar os efeitos da implantação de manutenções preventivas em relação aos determinados Indicadores de Desempenho de Manutenção. Dessa forma, será possível saber se a mudança do estigma da manutenção impacta no tempo de paradas corretivas não programadas.

### 1.1.2 Objetivos Especificos

Para alcançar o objetivo geral desta pesquisa foram elencados os seguintes objetivos específicos:

- ✓ Calcular os indicadores OEE (Eficiência Geral de Equipamento - "*Overall Equipment Effectiveness*"), MTBF (Período Médio Entre Falhas - "*Mean Time Between Failures*"), MTTR (Tempo Médio para Reparo - "*Mean Time To Repair*") e MP (Cumprimento de Manutenção Preventiva) com o sistema de gestão da manutenção vigente;
- ✓ Calcular os indicadores OEE, MTBF, MTTR e MP com o sistema de gestão aplicando manutenções preventivas;
- ✓ Realizar a comparação dos indicadores OEE, MTBF, MTTR e MP posteriormente e anteriormente a implantação das manutenções;
- ✓ Realizar análise comparativa do número de paradas emergenciais na planta, de maneira global dos dois momentos, posteriormente e anteriormente a implantação das manutenções preventivas na rotina de manutenção;
- ✓ Comparar as diferentes formas de gestão da manutenção e analisar os resultados.

## 1.2 Justificativa

A complexidade do processo de produção associada à dinamicidade e à capacidade de rapidamente incorporar novas tecnologias aos seus produtos e processos, são as principais preocupações das organizações em busca dos retornos financeiros (VIANA, 2014). Assim, a capacidade de controlar o seu processo de produção e gerenciar as evoluções tecnológicas é um fator determinante para auxiliar nas tomadas de decisão a nível estratégico (OTANI & MACHADO, 2008).

A partir deste panorama, a preocupação das organizações com o próprio desempenho está atrelada às interações estratégicas da gestão da manutenção e baseiam mudanças de paradigma de modo que a manutenção preventiva passa ser ferramenta estratégica para produzir-se com maior qualidade, maior rastreabilidade do processo e redução de desperdícios (MOBLEY, 2014).

Diante do exposto, a gestão de um novo modo de manutenção permite transformar o processo de produção em um modelo ordenado, de forma que as paradas para manutenção sejam programadas estrategicamente, distanciando-se de um padrão imprevisível, onde a qualquer momento pode ocorrer uma parada de produção. A aplicação de um método de manutenção preventiva torna-se fundamental na busca da maximização dos ganhos e no desenvolvimento do controle da manutenção.

### 1.3 Organização do Trabalho

Este trabalho foi dividido da seguinte maneira: o Capítulo 1 traz uma breve introdução, de forma a contextualizar o trabalho como um todo, apresentando seus objetivos, justificativa e sua organização. O Capítulo 2 é referente à revisão bibliográfica, que traz a base teórica na qual este trabalho foi construído. No Capítulo 3, é explicitada a metodologia utilizada para a execução e sustentação do presente trabalho. Já o Capítulo 4, resultados e discussões, discorre sobre as análises efetuadas por meio da comparação dos resultados do cenário pós aplicação da manutenção preventiva nos 10 equipamentos críticos com o cenário que ocorria anteriormente a aplicação do novo modelo de manutenção, apresentando o impacto dos resultados sobre as paradas corretivas não programadas. Por fim, no capítulo 5 busca-se apresentar as conclusões que foram obtidas por meio do trabalho além de sugestões para os próximos passos que podem ser desenvolvidos a partir do mesmo.

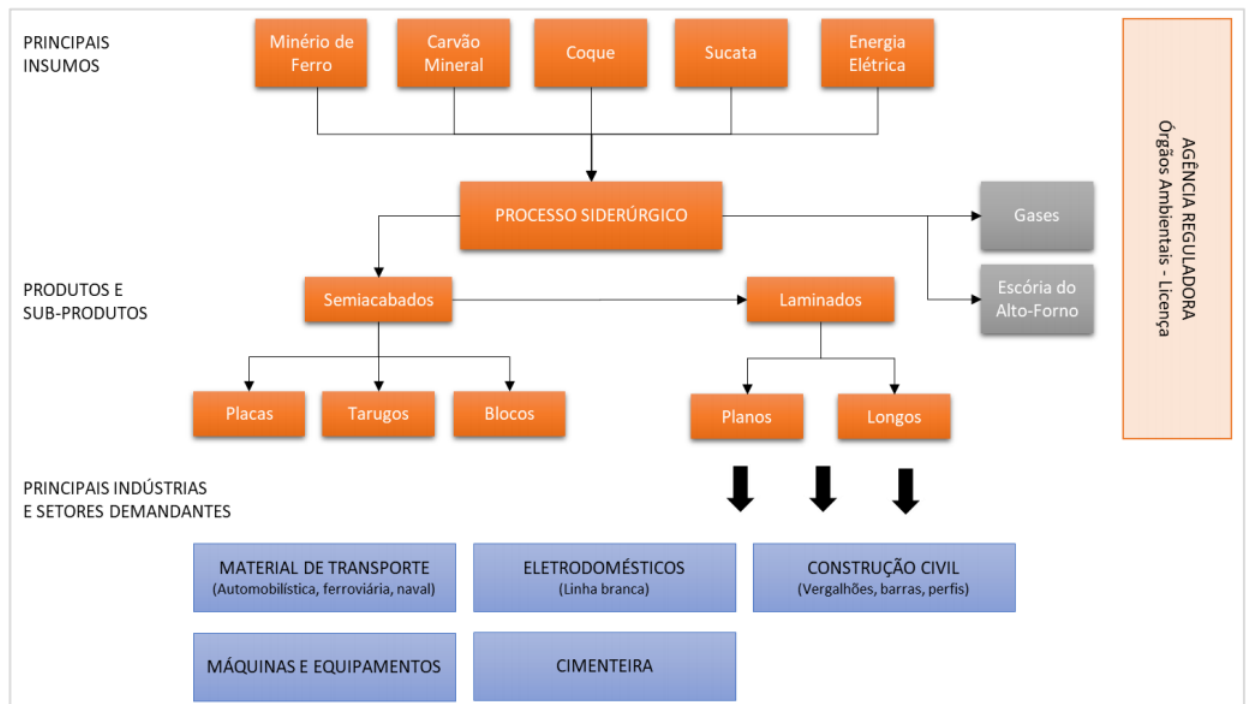
## 2 Referencial teórico

### 2.1 Indústria Siderúrgica

#### 2.1.1 A Relevância da Siderurgia

A siderurgia possui suma importância em diversos setores da construção civil e das indústrias de transformação, visto que é a principal fornecedora de insumos de produção (CARVALHO et al., 2015). A indústria siderúrgica é identificada pela atuação de grandes empresas, que operam nas variadas fases do processo produtivo, partindo da primeira fase que é a transformação do minério em ferro líquido (gusa), até a produção nos trem laminadores de bobinas laminadas a quente, a frio ou galvanizadas, para assim abastecerem de matéria-prima as indústrias automotivas, navais, de eletrodomésticos, entre outras. Os chamados laminados longos, que também são de produção da siderurgia, tendo como principal produtos os vergalhões e os perfis de aço, que são essenciais na construção civil (CARVALHO et al., 2015). Observa-se que por se tratar de uma organização intensiva em rotação de capital, necessita-se de altos investimentos em ativos, que implicam em alto índice de contribuição de recursos e fortes barreiras na entrada de concorrência. A interligação da siderurgia com outros setores pode ser visualizada na Figura 1:

Figura 1 – Esquema simplificado da cadeia siderúrgica



Fonte: Adaptado de Serasa Experian (2017)

A indústria siderúrgica, como anteriormente citado, possui gigantesca importância na



indústria de transformação. Além disso possui grande participação no PIB - Produto Interno Bruto, e na geração de empregos no país. De acordo com o Instituto de Aço Brasil, IABr (2020), a produção de aço bruto da indústria siderúrgica brasileira alcançou a marca de 32,6 milhões de toneladas em 2019, queda de 8,0% em relação a 2018. Já a produção de produtos siderúrgicos (laminados planos e longos, placas, lingotes, blocos e tarugos) chegou a 34,9 milhões de toneladas no mesmo ano, queda de 6,3% em relação ao ano anterior.

Trazendo à tona a produção de aço da indústria brasileira, os dados da pesquisa do Instituto Aço Brasil – IABr (2020) referentes ao período de 2015 – 2019 exibem uma queda de produção entre 2015 e 2016 devido a uma crise econômica que foi estabelecida no país, seguindo de retomada em 2017 e um contínuo crescimento até o fim de 2018, entrando em declínio novamente em 2019. Considerando as classes de aço podemos observar um crescimento de produção dos semiacabados, na qual pode ser explicada pela início de operação em 2016 da CSP – Companhia Siderúrgica do Pecém, onde toda sua produção é voltada para o mercado externo. A Tabela 1 ilustra que essa trepidação com crescimentos e quedas, gerou-se um crescimento de apenas 3,1% na produção entre os anos.

Tabela 1 – Linha do tempo da produção de aço no Brasil

Produto	2015	2016	2017	2018	2019
Aço bruto	33.258	31.642	34.778	35.407	32.569
Semi-acabados para venda (placas, lingotes, blocos e tarugos)	9.829	10.698	11.639	11.971	10.901
Laminados planos de aço	14.680	13.669	15.165	15.767	14.708
Laminados longos de aço	9.283	8.848	9.003	9.439	9.242
<b>Total semi-acabados e laminados</b>	<b>33.792</b>	<b>33.215</b>	<b>35.807</b>	<b>37.177</b>	<b>34.851</b>

Fonte: IAB (2020)

## 2.2 Manutenção

### 2.2.1 Histórico da Manutenção

A manutenção agrega o conjunto de atividades responsáveis por sustentar os equipamentos do processo, de maneira a manter as suas funcionalidades. Ferraz Júnior (2009), conceitua em latim, a palavra manutenção como "manter o que se tem em mãos".

A manutenção está implementada na sociedade há séculos, haja vista que, segundo Pascoli (2004), os primeiros registros acerca da manutenção são desde o século X, a época dos vikings, a fim de manter os barcos em boas condições para impedir possíveis naufrágios. No entanto, de acordo com Arcuri Filho (2005), as aparições pioneiras sobre o termo são do século XII.

Entretanto, a relevância do papel da manutenção na indústria só foi reconhecida após a revolução industrial do século XVIII acompanhado de um exponencial avanço tecnológico. Segundo Siqueira (2014), o desdobramento da manutenção industrial é segmentado em 3 gera-

ções. A primeira, denominada de mecanização, ocorre no espaço de tempo entre 1940 e 1950, época em que havia o uso de equipamentos superdimensionados, ou seja, o cenário mundial não precisava da maior performance da máquina, exigindo apenas que fossem reformados quando apresentassem alguma falha.

Ademais, a segunda geração, chamada de industrialização, inicia-se no período de 1950 e é finalizada em 1975. Durante esse espaço de tempo é consolidado na indústria o processo contínuo de produção, o qual incentiva a necessidade dos produtos e processos industriais, além da vida útil dos equipamentos se tornarem primazia. Assim, com o surgimento dessa nova demanda, surge a manutenção preventiva com a função de amenizar os impactos prejudiciais relacionados à capacidade produtiva e à receita da indústria.(SIQUEIRA, 2014).

Já a terceira geração, chamada de automação, se deu início em 1975 e nesse espaço de tempo a sociedade iniciou um consumo em grande escala, manifestando uma competição global de mercado. Dessa forma, é solicitado das máquinas, cada vez mais, sua demanda máxima e, conseqüentemente, há o aumento da carência de uma manutenção adequada. Adicionalmente, nessa fase é perceptível uma exigência maior dos consumidores com relação a qualidade dos produtos, tendo como principais requisitos a confiabilidade, o custo, a qualidade do produto e o serviço de prioridades para as organizações (SIQUEIRA, 2014).

Entretanto, de acordo com Arcuri Filho (2005) há ainda uma quarta geração, mais recente, que começou entre os anos 2000 e denominada como manutenção estratégica voltada para o negócio, na qual é implementada a engenharia de manutenção, tendo em vista seu âmbito profissional que é encarregado por evoluções recorrentes dos equipamentos e manutenção.

### 2.2.2 Atribuições da Manutenção

Tendo em vista um panorama de um mercado constantemente mais concorrido, é imprescindível que as empresas desfrutem o máximo de seus recursos tendo em vista a diminuição de custo. Nesse sentido, Nascif e Dorigo (2013), denominam à manutenção a responsabilidade de ofertar a disposição e a credulidade dos equipamentos e instalações, proporcionando benéficas conseqüências para as empresas que apresentam como prioridade as demandas e projeções de seus clientes. O objetivo da manutenção é: 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 (NASCIF & DORIGO, 2013).

De acordo com Branco Filho (2008), são atribuições necessárias à manutenção:

- Mapear as necessidades financeiras e demandas de materiais e mão de obra para desempenhar suas tarefas;
- Definir itens de controle do processo e criar um procedimento de controle;
- Definir os treinamentos específicos para execução das atividades;

- Identificar as competências necessárias da mão de obra de execução das atividades;
- Levantar a especialidade e a quantidade de mão de obra necessária para execução das atividades.

### 2.2.3 Planejamento e Controle da Manutenção

Após determinar o conceito de atribuições da manutenção como citado anteriormente, Nascif e Dorigo (2013) também definem como encargo do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) a melhora do uso das possíveis ferramentas dentro da organização. Branco Filho (2008) destaca como privilégio da inserção de um programador e um planejador para as tarefas de manutenção, sendo estas:

- Diminuição do tempo ocioso e superalocação de mão de obra através do mapeamento da atividade, listando o que, como, onde, quando e quais são os recursos necessários para fazer, além de minimizar interferências no decorrer da atividade;
- Expansão da eficácia da mão-de-obra direta e aumento da produtividade pela diminuição do tempo de parada dos equipamentos somente ao necessário;
- Padronização dos procedimentos de execução da tarefa a fim de documentar as atividades de rotina e acompanhar os resultados das equipes de forma idêntica e sistemática;
- Análise de desvios de metas e medidas de correção através do acompanhamento de metas e de indicadores de manutenção que permitem medir o desempenho das equipes e traçar medidas de melhoria e correção desejáveis.

Dorigo (2017) ressalta que o planejamento e controle da manutenção deve promover o domínio sobre as causas e efeitos, empregando para isso ferramentas de eficácia, como:

- Criar procedimentos das atividades do PCM, de maneira a promover a gestão da informação;
- Operar um Sistema integrado de gerenciamento das informações do setor de manutenção;
- Deter domínio das ferramentas de análise de falhas e gestão da qualidade.

## 2.3 Tipos de Manutenção

Existem vários tipos de manutenção citadas por diversos autores, muitas vezes sem existir um consenso entre os mesmos e cada tipo possui sua particularidade que os diferem, no modo que é realizada a intervenção no equipamento (KARDEC & NASCIF, 2009). Os quatro tipos de manutenção apresentados na pesquisa são: manutenção corretiva, manutenção preditiva, manutenção preventiva e a manutenção detectiva.

### 2.3.1 Manutenção Corretiva não Planejada

A manutenção corretiva não planejada é o modo mais arcaico de se realizar uma manutenção, pois a intervenção só será realizada após a falha ou a queda de rendimento do equipamento, sem auditoria preliminar. Consequentemente, há um aumento dos custos de manutenção e uma baixa confiabilidade no processo, visto que falhas podem levar a consequências irreversíveis na produção como exemplo desse problema, uma parada acidental ou um maior dano ao equipamento (OTANI & MACHADO, 2008).

### 2.3.2 Manutenção Corretiva Planejada

A manutenção corretiva planejada é definida pela gerência, que opta por acompanhar o equipamento até a falha. Esta manutenção como o nome já diz, é planejada, ela tende a ficar mais segura, mais barata e menos prejudicial que a não planejada. Pode-se concluir que esse tipo de manutenção é definida depois da análise do impacto da quebra do equipamento nos resultados da produção (OTANI & MACHADO, 2008).

### 2.3.3 Manutenção Preventiva

Segundo Slack *et al.* (2008), a manutenção preventiva tem por objetivo reduzir ou eliminar as possibilidades de um equipamento falhar, por meio da limpeza, lubrificação, verificação e alteração das instalações, equipamentos e máquinas em um período pré determinado.

Almeida (2000), reitera que todas as gerências que utilizam esse método de manutenção assumem um quadro estatístico para cada equipamento, ou seja, eles degradam o equivalente a sua classificação de acordo com o tempo. Nesse tipo de manutenção, as empresas seguem linhas estatísticas e em boa parte das vezes, a partir destes dados criam a curva de tempo médio para falha de cada equipamento.

Vale salientar que a Manutenção Preventiva funciona como um complemento extremamente necessário da Manutenção Corretiva, e as organizações devem propor um equilíbrio entre os dois modelos, sem priorizar apenas um tipo. Segundo Slack *et al.* (2008), o equilíbrio entre a Manutenção Preventiva e a Manutenção Corretiva é estabelecido para minimizar o custo total das paradas.

### 2.3.4 Manutenção Preditiva

É a manutenção que realiza acompanhamento de variáveis e parâmetros de desempenho de máquinas e equipamentos, visando definir o instante correto da intervenção, com o máximo de aproveitamento do ativo (OTANI & MACHADO, 2008).

Diversos autores já trabalharam com esse tipo de manutenção, entre eles Kardec & Nascif (2001). Esses especialistas salientam que na década de 60 foi o início da manutenção preditiva, a qual busca chegar no objetivo geral que é quebra zero, através de um roteiro com os dados

obtidos durante as inspeções, e com isso predizer a evolução das condições dos equipamentos e as falhas inerentes ao processo.

A manutenção preditiva deve acompanhar o equipamento por meio do controle estatístico e por meio de medições que geram dados para a equipe ser capaz de estipular um intervalo de tempo no qual são realizadas as intervenções (SLACK *et al.*, 2008).

### 2.3.5 Manutenção Detectiva

Conforme salientam Slack *et al.* (2008), a manutenção detectiva surgiu atrelada às inovações produtivas, tais inovações começaram a ser usadas pelos japoneses a partir do século XX. A ideia da manutenção detectiva está ligada com a teoria de que erros humanos são toleráveis até determinado nível e que, antes de falhar, esses dispositivos dão sinais de alerta que podem ser captados por uma operação incorreta.

O objetivo desta prática de manutenção é o aumento da credibilidade dos equipamentos e sua intervenção é realizada ao se introduzirem sistemas de proteção como sensores de termografia, sensores de vibração, medidores de vazão, entre outros, a fim de detectar falhas não perceptíveis em primeiro plano pela operação do sistema (SOUZA, 2008).

Este tipo de manutenção se torna essencial em sistemas com nível de automação elevado e que não suporta nenhum tipo de falha.

## 2.4 Indicadores de Manutenção

### 2.4.1 MTBF - Tempo Médio Entre Falhas

O Tempo médio entre falhas (MTBF), de acordo com Kardec e Nascif (2001), é classificado como “uma medida básica de confiabilidade de itens reparáveis e, em geral, se refere à vida média de uma população”. No entanto, o MTBF, segundo Branco Filho (2006), é a média dos tempos de aproveitamento de máquinas, iniciando a contagem a partir da implantação da máquina em funcionamento próximo ao defeito.

Através deste indicador torna-se alcançável reconhecer grandes questões presentes na manutenção: a efetividade e se ocorre alguma imperfeição no projeto da manutenção (KARDEC & NASCIF, 2001).

O indicador é calculado pela equação 2.1 (KARDEC & NASCIF, 2001):

$$\frac{\sum \text{Tempo total de operação}}{\sum \text{Numero de falhas de um componente}} \quad (2.1)$$

### 2.4.2 MTTR - Tempo Médio para Reparo

Viana (2014) classifica o MTTR, como o indicador que mede o tempo ideal, em média, para a realização de ajustes de manutenção dos enfrentamentos descobertos, ponderando não somente as manutenções corretivas, como também as preventivas, entretanto os tempos de espera não são incluídos nos cálculos. Além disso, o MTTR é reconhecido como um indicador de eficácia da manutenção, haja vista que quanto maior o MTTR, menor o nível de eficiência para o reparo.

O indicador é calculado pela equação 2.2 (VIANA,2014):

$$\frac{\sum \text{Tempo para reparo de um componente}}{\sum \text{Numero de reparos ocorridos}} \quad (2.2)$$

### 2.4.3 OEE - Eficácia Geral do Equipamento

O *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), de acordo com Branco Filho (2006), é definido como um dos primordiais indicadores que dimensionam a eficácia das máquinas inspecionando seu uso durante o manuseio. Desse modo, essa ferramenta é capacitada para dimensionar e examinar as existentes condições de uso dos ativos através do reconhecimento de reais prejuízos nos indicadores de disponibilidade, qualidade e performance dos equipamentos (SANTOS & SANTOS, 2007). Nesse sentido, a "disponibilidade" do equipamento é definida como a interligação entre o intervalo que o equipamento teria que estar à disposição para a produção e o intervalo que, de fato, produziu. Os prejuízos ligados a esse indicador estão relacionados a quebras, *setup* e regulagens e perdas de engenharia.

A "performance" é também indicador que promove a mensuração da ligação entre a rapidez com que o equipamento realizou e a velocidade padrão que deve ocorrer em sua execução e, caso seja identificado a perda da performance, motivos como curtas paradas ou queda de velocidade (SANTOS & SANTOS, 2007). Além disso, de acordo com Lima (2002), através desse índice, é possível distinguir se há falhas no cálculo da disponibilidade, tendo em vista que, ele é capaz de discernir se houveram intervalos de estagnação que não foram apontados e que ciclos breves e pequenas variações, existentes em alguns equipamentos, dificultam a percepção manual ou visual de prejuízos provocados pela performance. Apesar disso, é imprescindível que o índice pode ser inconsistente, já que boa parte das indústrias usam o tempo padrão para fazer o valor de utensílios e a competência de cada máquina.

Em suma, o intervalo de fabricação de acordo com as condições determinadas pelo tempo total de produção é medido pelo índice "qualidade". Assim, é possível não somente reconhecer os prejuízos devido ao desperdício e retrabalhos, como também oferecer apuramento para os âmbitos de engenharia, qualidade, manutenção e estratégia.

A união desses três índices, disponibilidade, performance e qualidade, fornecem um

cenário acerca da realidade do equipamento estudado. A Figura 2 apresenta a sistemática do cálculo do OEE.

Figura 2 – Sistema para cálculo do Indicador OEE

<b>OEE = DISPONIBILIDADE x PERFORMANCE x QUALIDADE</b>	DISPONIBILIDADE = B/A	<b>A</b>	Tempo Programado	
		<b>B</b>	Tempo Produzido ( <i>Perdas de Disponibilidade</i> )	
	PERFORMANCE = D / C	<b>C</b>	Produção Teórica	
		<b>D</b>	Produção Real ( <i>Perdas de Performance</i> )	
	QUALIDADE = F / E	<b>E</b>	Boas + Ruins	
		<b>F</b>	Boas ( <i>Perdas Qualidade</i> )	<b>Perdas Totais</b>

Fonte: Adaptado de SANTOS & SANTOS, 2007

#### 2.4.4 MP - Cumprimento de Manutenção Preventiva

O indicador que mede o percentual de realização do plano de manutenção preventiva de um determinado equipamento, é o Cumprimento dos planos de manutenção preventiva (MP). Além disso, é desejável que o equipamento esteja sempre com o índice em 100%, onde valores menores devem ser estratificados e assim realizado uma análise criteriosa sobre as causas do não cumprimento (PETRILLI, 2011).

O indicador é calculado pela equação 2.3 (PETRILLI, 2011):

$$\frac{\sum \text{Tarefas realizadas no plano}}{\sum \text{Tarefas programadas no plano}} \quad (2.3)$$

## 3 Metodologia

O presente trabalho trata-se de um estudo de caso em uma siderúrgica de grande porte, que visa analisar o impacto da mudança do tipo de manutenção de 10 ativos críticos nos resultados de paradas corretivas do setor de Utilidades, o mesmo apresenta como natureza principal uma abordagem qualitativa. A metodologia empregada tem como objetivo fomentar um estudo introduzido com poucos objetos, de modo que gere um detalhado conhecimento sobre tal. Esse método de estudo está interligado ao uso de técnica de amostragem e tratamento de dados com fundamentação teórica. A abordagem empregada na pesquisa possui objetivo explicativo e descritivo, pois busca-se atrelar o conhecimento teórico na aplicação prática, sendo possível a resolução de problemas característicos (SILVA & MENEZES, 2001).

O universo da pesquisa está demarcado somente ao setor de Manutenção da área de Utilidades, e busca-se para o trabalho analisar os dados e investigar resultados com a forma de um estudo aprofundado do caso, utilizando como referências as informações e bases de dados fornecidas pela empresa.

### 3.1 Coleta de Dados

#### 3.1.1 Intervalo de Tempo da Pesquisa

A coleta dos dados foi realizada em um intervalo de tempo de seis meses, entre o período de agosto de 2020 e janeiro de 2021, dividindo-se entre dois tempos, onde os três primeiros meses a manutenção preventiva não havia sido implantada e os três últimos meses a manutenção já estava sendo aplicada nos equipamentos. Após finalizar da obtenção dos dados, foi realizado o comparativo dos indicadores de desempenho da manutenção e o tempo de parada corretiva de manutenção nos dois períodos da pesquisa.

#### 3.1.2 Escolha do Objeto

A definição dos ativos objetos de estudo foi através da criticidade previamente definida pela própria siderúrgica, onde a mesma possui 10 ativos críticos no Setor de Utilidades, portanto qualquer falha na operação do mesmo, gera-se um corte no abastecimento de um dos seus insumos em um processo de outro setor, gerando-se uma parada acidental.

##### 3.1.2.1 Setor de Utilidades

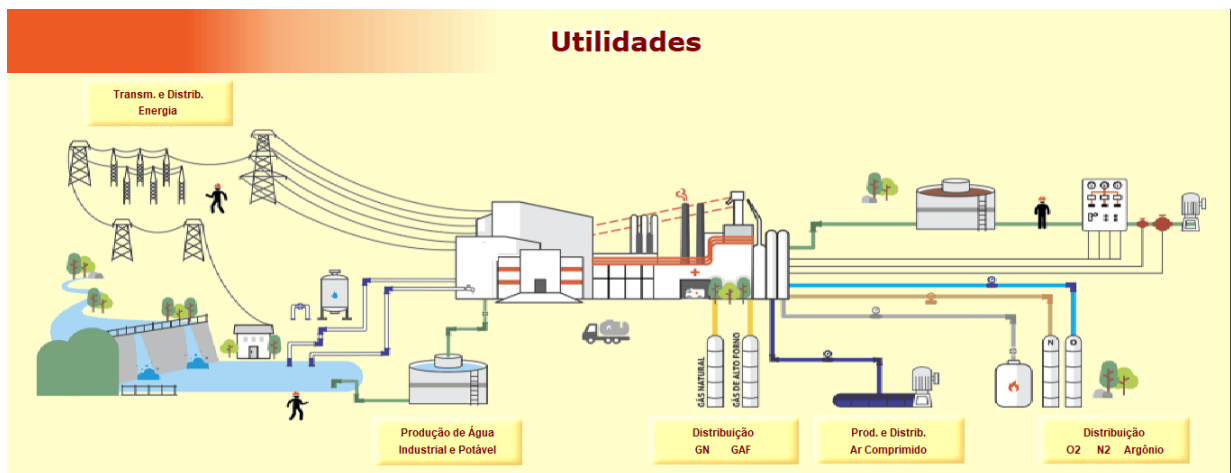
O setor de Utilidades tem como objetivo suprir os demais setores de indústria com o abastecimento dos seguintes insumos: água, energia elétrica, ar comprimido, gás natural, gás de



alto forno, oxigênio, nitrogênio e argônio, o suprimento é feito por meio de tubulações, compressores de ar, subestações de energia, barragem, estação de tratamento de água (ETA), estação de tratamento de lama (ETAL), caldeiras, entre outros. Esse setor possui como particularidade a sua manutenção, que o difere do restante dos setores da indústria siderúrgica, pois sua confiabilidade operacional impacta no desempenho todos os outros processos, onde a indisponibilidade de um dos seus insumos gera-se uma parada acidental em outra área.

A Figura 3 mostra o processo do Setor de Utilidades da indústria siderúrgica estudada:

Figura 3 – Operação dos Insumos Siderúrgicos - Setor de Utilidades



Fonte: Imagem cedida pela Empresa

### 3.1.2.2 Equipamentos

Os 10 equipamentos selecionados para o estudo são listados na Tabela 2, citando o tipo do equipamento, função dentro do processo e setor que o mesmo supre com o determinado insumo.

Tabela 2 – Função dos equipamentos estudados

TAG EQUIPAMENTO	TIPO DE EQUIPAMENTO	FUNÇÃO	PROCESSO
#EQ1	BOMBA CENTRÍFUGA	RESPONSÁVEL PELO RESFRIAMENTO DA CORREIA E9009 DA SINTERIZAÇÃO	SINTERIZAÇÃO
#EQ2	ESPESSADOR DE LAMA	RESPONSÁVEL POR SEPARAR A LAMA PROVENIENTE DO PROCESSO DO ALTO FORNO E RETORNA AGUA INDUSTRIAL PARA TODA OPERAÇÃO DE LINGOTAMENTO CONTÍNUO	ACIARIA
#EQ3	COMPRESSOR DE AR	RESPONSÁVEL POR DISTRIBUIR O AR COMPRIMIDO PARA REFRIAMENTO DAS CAIXAS DE MATERIAL DO LAMINADOR 1	LAMINADOR 1
#EQ4	TRANSFORMADOR DE ENERGIA	RESPONSÁVEL POR MULTIPLICAR CORRENTE PARA OS MOTORES DO EXAUSTOR IDF DA ACIARIA	ACIARIA
#EQ5	TRANSFORMADOR DE ENERGIA	RESPONSÁVEL POR MULTIPLICAR CORRENTE PARA OS MOTORES DOS CILÍNDROS DAS GAIOLAS DO LAMINADOR 2	LAMINADOR 2
#EQ6	BOMBA CENTRÍFUGA	RESPONSÁVEL PELO RESFRIAMENTO DOS PENDURAS DO MANUSEIO DAS BOBINAS DE FIO MÁQUINA	LOGÍSTICA
#EQ7	COMPRESSOR DE AR	RESPONSÁVEL POR DISTRIBUIR O AR COMPRIMIDO PARA REFRIAMENTO DAS CAIXAS DE MATERIAL DO LAMINADOR 2	LAMINADOR 2
#EQ8	TRANSFORMADOR DE ENERGIA	RESPONSÁVEL POR MULTIPLICAR CORRENTE PARA OS MOTORES DOS PRECIPITADORES ELETROSTÁTICOS DA SINTERIZAÇÃO	SINTERIZAÇÃO
#EQ9	CALDEIRA	RESPONSÁVEL POR PRODUIR O VAPOR NECESSÁRIO PARA OPERAÇÃO DO ALTO FORNO	ALTO FORNO
#EQ10	SOPRADOR DE AR	RESPONSÁVEL POR DISTRIBUIR O GÁS (GAF) NECESSÁRIO PARA OPERAÇÃO DO ALTO FORNO	ALTO FORNO

Fonte: Próprio Autor

Com a finalidade de produzir os dados da pesquisa, foram coletadas as informações sobre a situação dos equipamentos durante o período de 01 de agosto de 2020 até 31 de outubro de 2020, quando o tipo de manutenção aplicado não era a preventiva. A partir do dia 01 de novembro até 31 de janeiro de 2021 quando os equipamentos passaram a sofrer manutenções baseadas no plano de manutenção preventiva.

A Tabela 3 mostra os dados dos equipamentos pré-implantação da manutenção preventiva e a Tabela 4 apresenta o mesmo controle de ordens de serviço após a implementação das manutenções preventivas. Os dados foram coletados usando o *Software* SAP, onde foi possível levantar todas as ordens de manutenção corretiva abertas nos dois intervalos. Ressalta-se que esse tipo de ordem de serviço é aberta quando o equipamento está totalmente parado e somente é confirmada quando o equipamento volta à operação normal.

As Tabelas 3 e 4 evidenciam as ordens de serviço (OS) que foram realizadas a partir de um chamado corretivo emergencial, informadas a data de realização do serviço, o equipamento, horas de início e fim da atividade, tempo de duração e em qual processo essa manutenção

influencia. A partir dos dados coletados foi possível calcular os indicadores de desempenho de manutenção e realizar a comparação das paradas emergenciais da planta entre os dois períodos da manutenção.

Tabela 3 – Ordens de serviço pré-manutenções preventivas

OS	TAG EQUIPAMETO	DATA	INICIO	FIM	TEMPO DE INTERVENÇÃO	PROCESSO
900006761309	#EQ3	05/08/2020	15:31	18:28	02:57	LAMINADOR 1
900006761312	#EQ8	11/08/2020	07:36	08:19	00:43	SINTERIZAÇÃO
900006761314	#EQ4	14/08/2020	12:10	13:50	01:40	ACIARIA
900006761461	#EQ3	17/08/2020	14:41	16:15	01:34	LAMINADOR 1
900006761463	#EQ2	21/08/2020	08:00	14:15	06:15	ACIARIA
900006761465	#EQ2	21/08/2020	16:10	23:42	07:32	ACIARIA
900004163652	#EQ5	26/08/2020	08:32	13:27	04:55	LAMINADOR 2
900006315442	#EQ10	06/09/2020	08:42	11:15	02:33	ALTO FORNO
900006315441	#EQ7	14/09/2020	09:34	12:09	02:35	LAMINADOR 2
900005694278	#EQ9	19/09/2020	13:43	14:55	01:12	ALTO FORNO
900005754882	#EQ7	22/09/2020	15:43	17:24	01:41	LAMINADOR 2
900005754755	#EQ2	26/09/2020	20:15	23:58	03:43	ACIARIA
900005754757	#EQ1	04/10/2020	12:00	12:44	00:44	SINTERIZAÇÃO
900005754920	#EQ8	13/10/2020	07:37	22:31	14:54	SINTERIZAÇÃO
900005754922	#EQ3	16/10/2020	07:00	11:16	04:16	LAMINADOR 1
900005754924	#EQ6	19/10/2020	08:12	09:30	01:18	LOGÍSTICA
900005754885	#EQ1	23/10/2020	14:16	16:30	02:14	SINTERIZAÇÃO
900006725665	#EQ9	29/10/2020	17:15	20:00	02:45	ALTO FORNO

Fonte: Próprio Autor

Tabela 4 – Ordens de serviço pós-manutenções preventivas

OS	TAG EQUIPAMENTO	DATA	INICIO	FIM	TEMPO DE INTERVENÇÃO	PROCESSO
900006642768	#EQ2	19/11/2020	08:33	11:15	02:42	ACIARIA
900006642762	#EQ6	29/11/2020	09:15	10:30	01:15	LOGÍSTICA
900006642764	#EQ8	07/01/2021	14:18	15:54	01:36	SINTERIZAÇÃO
900006642765	#EQ10	22/01/2021	22:12	23:55	01:43	ALTO FORNO

Fonte: Próprio Autor

### 3.1.3 Desenvolvimento e execução do plano de manutenção

A manutenção preventiva foi aplicada por etapas, a primeira etapa foi realizar uma revisão nos planos de inspeção dos equipamentos e definir os tempos para manutenção. Essa atividade foi atribuída a um técnico de manutenção com 8 anos de experiência da área. A revisão dos componentes e periodicidade do plano de manutenção foi embasada em um levantamento das causas das Últimas corretivas dos equipamentos, manuais de fabricação e a experiência do técnico dentro do processo.

A segunda etapa foi criar a rotina de aplicação e cumprimento do plano de manutenção preventiva, com isso a execução do plano foi atribuída a um mecânico, e o mesmo passou a ser inspetor de manutenção da área. Todas as etapas foram acompanhadas em campo com os responsáveis de maneira a obter o maior nível de informação para elaboração da pesquisa.

## 4 Resultados e discussões

O pressuposto trabalho foi elaborado para avaliar o efeito da implementação das manutenções preventivas em 10 equipamentos críticos no setor da Utilidades em uma siderúrgica de grande porte, realizando um comparativo dos indicadores de desempenho sendo eles o OEE, MTBF, MTTR, PM e Número de Paradas Emergenciais na Planta relacionado ao desempenho dos equipamentos estudados.

Após baixo desempenho dos equipamentos críticos do setor, foi feita uma observação e coletado dados da manutenção durante três meses. Após uma investigação na rotina, notou-se uma necessidade de manutenção preventiva de maior qualidade pelo fato de apresentar excesso de manutenções emergenciais, baixo índice no cumprimento do plano de manutenção preventiva e grande número de paradas da planta relacionadas ao setor.

Dessa forma, o desenvolvimento da pesquisa foi embasado nas implantações das manutenções preventivas adequadamente, diminuindo número de chamados, número de paradas emergenciais e MTTR e aumentando o índice do cumprimento do plano de manutenções preventiva, disponibilidade inerente e o MTBF.

### 4.1 Histórico do Equipamento

Os componentes estudados apresentaram uma gigantesca evolução nos tempos de paradas não programadas, como revela a Figura 4. Esses resultados foram alcançados após a revisão dos planos onde ele passou a contemplar realmente a necessidade do equipamento e com a sua periodicidade sendo cumprida as falhas passaram a ser corrigidas com o equipamento em operação.

Figura 4 – Comparativo dos três meses pré-manutenção preventiva versus pós-manutenção



Fonte: Próprio Autor

Pode-se observar que todos os ativos reduziram o tempo de parada e conseqüentemente o processo se tornou confiável, apesar de ainda ocorrer paradas não programadas, elas são em pequenas escalas em comparação ao período anterior a adequação do plano de inspeção. Os ativos 6 e 10 foram os menos impactados com o plano de manutenção preventiva, visto que esses equipamentos possuem uma menor complexidade de manutenção e já possuíam menores tempos de parada, mas todos os outros 8 ativos foram amplamente impactados pela inserção da manutenção preventiva semanal e focada nos componentes que geravam falhas anteriores.

## 4.2 Revisão do Plano de Manutenção Preventiva

O setor de Utilidades já possuía um plano de manutenção preventiva, onde as OS são geradas automaticamente uma vez por mês, porém as ordens geradas eram pouco robustas em relação à importância e complexidade dos equipamentos como mostra a Figura 5. A partir dessa ineficiência do plano, a revisão foi baseada nos manuais dos equipamentos, mas também no conhecimento empírico dos mecânicos responsáveis pelas manutenções corretivas, visto que os mesmos possuíam conhecimento sobre as falhas recorrentes dos equipamentos. O plano de manutenção não possuía uma frequência, sendo realizado dentro da disponibilidade do inspetor da área.

Figura 5 – Plano de manutenção anterior a revisão

0010	VERIFICAR TEMPERATURA	Num: 1	Dur: 1,0MIN	1,0HMIN	PMID-000	1	Pac: 08 Bimensal (8 Semanas)
0020	VERIFICAR VIBRAÇÃO	Num: 1	Dur: 1,0MIN	1,0HMIN	PMID-000	1	
0030	RUÍDO ANORMAL	Num: 1	Dur: 1,0MIN	1,0HMIN	PMID-000	1	
0040	FIXAÇÃO DO CONJUNTO	Num: 1	Dur: 1,0MIN	1,0HMIN	PMID-000	1	

Fonte: Imagem cedida pela Empresa

Em conjunto a revisão dos componentes a se inspecionar como mostra a Figura 6 no plano de manutenção preventiva realizado pelo técnico de manutenção da empresa, foi implementado

uma frequência ilustrada na Tabela 5 que se tornou obrigatória nos planos de manutenção a partir da data de 01 de novembro de 2020.

Figura 6 – Plano de manutenção após a revisão

0010	VERIFICAR TEMPERATURA MANCAL LA <=75 °C	Num: 1	Dur: 2,0MIN	2,0HMIN	PMID-000	1	Pac: 01	Semanal
0020	VERIFICAR TEMPERATURA MANCAL LNA <=75 °C	Num: 1	Dur: 2,0MIN	2,0HMIN	PMID-000	1	Pac: 01	Semanal
0030	VERIFICAR VIBRAÇÃO LA <=7MM/S	Num: 1	Dur: 2,0MIN	2,0HMIN	PMID-000	1	Pac: 01	Semanal
0040	VERIFICAR VIBRAÇÃO LNA <=7MM/S	Num: 1	Dur: 2,0MIN	2,0HMIN	PMID-000	1	Pac: 01	Semanal
0050	RUÍDO ANORMAL	Num: 1	Dur: 2,0MIN	2,0HMIN	PMID-000	1	Pac: 01	Semanal
0060	CONFERÊNCIA DO NÍVEL DE ÓLEO	Num: 1	Dur: 2,0MIN	2,0HMIN	PMID-000	1	Pac: 01	Semanal
0070	VERIFICAR VAZAMENTOS	Num: 1	Dur: 2,0MIN	2,0HMIN	PMID-000	1	Pac: 01	Semanal
0080	VERIFICAR PRESSÃO	Num: 1	Dur: 2,0MIN	2,0HMIN	PMID-000	1	Pac: 01	Semanal
0090	VERIFICAR GOTEJAMENTO DAS GAXETAS	Num: 1	Dur: 2,0MIN	2,0HMIN	PMID-000	1	Pac: 01	Semanal
0100	FIXAÇÃO DO CONJUNTO	Num: 1	Dur: 2,0MIN	2,0HMIN	PMID-000	1	Pac: 01	Semanal

Fonte: Imagem cedida pela Empresa

Tabela 5 – Nova periodicidade do plano de inspeção dos equipamentos críticos

TAG EQUIPAMETO	DIÁRIA	SEMANAL	MENSAL	45 DIAS	SEMESTRAL
#EQ1		X		X	
#EQ2		X		X	
#EQ3		X		X	
#EQ4		X		X	
#EQ5		X		X	
#EQ6		X		X	
#EQ7		X		X	
#EQ8		X		X	
#EQ9		X		X	
#EQ10		X		X	

Fonte: Próprio Autor

As ordens preventivas semanais contem todos componentes que podem ser inspecionados com o equipamento em operação, logo as ordens preventivas a cada 45 dias são as ordens que possuem componentes que serão inspecionados com equipamento fora de operação, devido aos fatores de segurança do trabalho.

Após a aplicação da nova periodicidade de liberação das OS do plano preventivo e a obrigatoriedade do cumprimento das mesmas, foram levantados os dados de realização do plano. As Tabelas 6 e 7 apresentam o cumprimento do plano preventivo dentro dos períodos pré e pós implantação do novo modelo de manutenção, as tabelas possuem o equipamento, o período da ordem e o cumprimento da mesma, se marcada com X a mesma foi cumprida, se não cumprida, está marcada com um 0 em vermelho. A partir dos dados coletados é possível calcular o indicador de desempenho MP.

Tabela 6 – Cumprimento do plano pré manutenções preventivas

TAG EQUIPAMETO	DIÁRIA	SEMANAL	MENSAL	45 DIAS	SEMESTRAL
#EQ1			X00		
#EQ2			00X		
#EQ3			XXX		
#EQ4			XXX		
#EQ5			00X		
#EQ6			X00		
#EQ7			000		
#EQ8			XXX		
#EQ9			0X0		
#EQ10			00X		

Fonte: Próprio Autor

Tabela 7 – Cumprimento do plano pós manutenções preventivas

TAG EQUIPAMETO	DIÁRIA	SEMANAL	MENSAL	45 DIAS	SEMESTRAL
#EQ1		X X X X X 0 X X X X X X		XX	
#EQ2		X X X X X X X X X X X		XX	
#EQ3		X X X X X 0 X X X X X		XX	
#EQ4		X X X X X X X X X X X		X0	
#EQ5		X X X X X X X X X X X		XX	
#EQ6		X X X X X X X X X X X		0X	
#EQ7		X X X X X X X X X X X		XX	
#EQ8		X 0 X X X X X X X X X		XX	
#EQ9		X X X X X X X X X X X		XX	
#EQ10		X X X X X X X X X X X		XX	

Fonte: Próprio Autor

### 4.3 Comparação dos Indicadores de Desempenho

A partir do levantamento de dados das Tabelas 3, 4, 6 e 7 foram calculados e comparados os indicadores de desempenho da manutenção entre os dois períodos, pré e pós implantação do novo modelo de gestão da manutenção voltado a manutenção preventiva. Os indicadores que foram comparados são o MTBF, MTTR, MP e OEE e foram escolhidos de acordo com as características das máquinas e de necessitar-se de um resultado sobre a taxa de falhas do equipamento. Os dados gerados foram usados para alcançar o objetivo final do trabalho, onde foi comparado o tempo de paradas corretivas não programadas que houveram na planta siderúrgica.

#### 4.3.1 Comparação do MTBF

Para realizar o cálculo do MTBF, usou-se os dados das horas que o equipamento está em funcionamento, visto isso soma-se todo o tempo que o equipamento está em operação e divide pelo número de chamados corretivos que o equipamento deteve no período de tempo definido, sendo calculado para os dois períodos de implantação da manutenção preventiva.



O MTBF do período pré implementação da manutenção preventiva foi calculado utilizando-se das horas dos equipamentos em funcionamento durante os 92 dias do período, ressalta-se que os equipamentos funcionam 24 horas por dia, resultando em um total de 22.080 horas, e o somatório de manutenções corretivas não programadas realizadas no período é de 18 intervenções como identificado na Tabela 3. Realizando o cálculo do indicador, foi encontrado o valor de 123 horas ou 5 dias, visto isso, conclui-se que, a cada 5 dias necessitava de uma intervenção corretiva em um dos 10 equipamentos.

Já para o período pós-implementação utilizaram-se os mesmos parâmetros para o cálculo do período anterior. O somatório do tempo de funcionamento dos equipamentos também equivale ao período de 92 dias, resultando em um total de 22.080 horas de funcionamento e o número de manutenções corretivas foi de 4, como compreendido na Tabela 4. Dessa forma, o MTBF do intervalo pós mudança na manutenção foi de 552 horas ou 23 dias, informando que, em média, a cada 23 dias os equipamentos necessitaram de uma intervenção corretiva não programada.

A Tabela 8 revela o aumento da disponibilidade dos equipamentos para o processo.

Tabela 8 – Comparativo do MTBF entre os períodos

	Período pré implementação	Período pós implementação
<b>Horas de Funcionamento</b>	22080	22080
<b>Número de Intervenções</b>	18	4
<b>MTBF (Horas)</b>	123	552
<b>MTBF (Dias)</b>	5	23

Fonte: Próprio Autor

O aumento da disponibilidade dos equipamentos pode ser visualizadas também de forma separada por ativos, como mostra as tabelas 9 e 10, esse aumento do MTBF dos equipamentos do setor de Utilidades está impactando positivamente nos resultados da siderúrgica, pois a organização consegue cumprir seu plano de paradas programadas sem a necessidade de alteração devido a paradas emergências.

Tabela 9 – Comparativo do MTBF dos equipamentos 1 a 5

#EQ01	Período pré implementação	Período pós implementação
Horas de funcionamento	2208	2208
Número de intervenções	2	0
MTBF(Horas)	1104	0
MTBF(Dias)	46	0
#EQ02	Período pré implementação	Período pós implementação
Horas de funcionamento	2208	2208
Número de intervenções	3	1
MTBF(Horas)	736	2208
MTBF(Dias)	31	92
#EQ03	Período pré implementação	Período pós implementação
Horas de funcionamento	2208	2208
Número de intervenções	3	0
MTBF(Horas)	736	0
MTBF(Dias)	31	0
#EQ04	Período pré implementação	Período pós implementação
Horas de funcionamento	2208	2208
Número de intervenções	1	0
MTBF(Horas)	2208	0
MTBF(Dias)	92	0
#EQ05	Período pré implementação	Período pós implementação
Horas de funcionamento	2208	2208
Número de intervenções	1	0
MTBF(Horas)	2208	0
MTBF(Dias)	92	0

Fonte: Próprio Autor

Tabela 10 – Comparativo do MTBF dos equipamentos 6 a 10

#EQ06	Período pré implementação	Período pós implementação
Horas de funcionamento	2208	2208
Número de intervenções	1	1
MTBF(Horas)	2208	2208
MTBF(Dias)	92	92
#EQ07	Período pré implementação	Período pós implementação
Horas de funcionamento	2208	2208
Número de intervenções	2	0
MTBF(Horas)	1104	0
MTBF(Dias)	46	0
#EQ08	Período pré implementação	Período pós implementação
Horas de funcionamento	2208	2208
Número de intervenções	2	1
MTBF(Horas)	1104	2208
MTBF(Dias)	46	92
#EQ09	Período pré implementação	Período pós implementação
Horas de funcionamento	2208	2208
Número de intervenções	2	0
MTBF(Horas)	1104	0
MTBF(Dias)	46	0
#EQ10	Período pré implementação	Período pós implementação
Horas de funcionamento	2208	2208
Número de intervenções	1	1
MTBF(Horas)	2208	2208
MTBF(Dias)	92	92

Fonte: Próprio Autor

Os ativos 2 e 3 que apresentavam o pior MTBF - 31 dias (1 mês) reduziram consideravelmente suas falhas, atingindo números de equipamentos confiáveis. Pode-se dizer que o novo MTBF dos ativos está influenciando a melhoria da qualidade do produto, o aumento da confiabilidade do processo e uma melhoria no seu faturamento, devido a menores custos de manutenção e maior produção final.

#### 4.3.2 Comparação do MTTR

O indicador MTTR é revelado utilizando o tempo de realização das intervenções nos equipamentos. As informações são obtidas usando a soma de todos os tempos das manutenções corretivas, dividindo-se pela quantidade de intervenções.

No período anterior a implementação da manutenção preventiva, foi calculado o MTTR utilizando-se o somatório dos tempos de manutenção e o número de intervenções, utilizando-se os dados obtidos na Tabela 3. Os equipamentos apresentaram um somatório de 63 horas e 31 minutos e um número de intervenções de 18, atingindo um MTTR de 212 minutos por intervenção.

Após realizado a análise dos dados encontrados na Tabela 4, o período pós implementação da manutenção foi encontrado um somatório de 7 horas e 16 minutos, sendo um total de 4 ordens de intervenção corretiva não programada, desse forma, alcançou-se um valor de MTTR de 109 minutos por intervenção.

Na Tabela 11 é apresentado os dados do MTTR dos 2 períodos analisados, demonstrando uma grande diminuição do tempo de intervenção no equipamento.

Tabela 11 – Comparativo do MTTR entre os períodos

	Período pré implementação	Período pós implementação
<b>Horas: Minutos de Corretiva</b>	63:31:00	7:16:00
<b>Número de Intervenções</b>	18	4
<b>MTTR(Minutos)</b>	212	109

Fonte: Próprio Autor

Pode-se observar nas tabelas 12 e 13 que todos os 10 equipamentos estudados tiveram uma diminuição no MTTR, podendo por meio disso que concluir que as intervenções se tornaram mais rápidas após a revisão no plano de manutenção preventiva. O grande motivo do impacto diretamente no MTTR dos equipamentos é o fato do inspetor estar semanalmente conferindo os componentes dos equipamentos de tal forma a deter grande quantidade dos problemas e dessa maneira quando o equipamento entra em manutenção emergencial o inspetor possui conhecimento das necessidades.

Podemos considerar uma grande diminuição no custo das intervenções devido a diminuição do tempo das manutenções, o primeiro fator crucial para diminuição do custo é equivalente a diminuição do *time* para retomada do processo e o segundo fator é em consequência da demanda dos componentes do equipamento para manutenções corretivas que se tornaram cada vez menos robustas e com menor demanda de recurso.

Tabela 12 – Comparativo do MTTR dos equipamentos 1 a 5

#EQ01	Período pré implementação	Período pós implementação
Minutos de Corretiva	178	0
Número de intervenções	2	0
MTTR (Minutos)	89	0
#EQ02	Período pré implementação	Período pós implementação
Minutos de Corretiva	834	162
Número de intervenções	3	1
MTTR (Minutos)	278	162
#EQ03	Período pré implementação	Período pós implementação
Minutos de Corretiva	527	0
Número de intervenções	3	0
MTTR (Minutos)	175,6666667	0
#EQ04	Período pré implementação	Período pós implementação
Minutos de Corretiva	100	0
Número de intervenções	1	0
MTTR (Minutos)	100	0
#EQ05	Período pré implementação	Período pós implementação
Minutos de Corretiva	295	0
Número de intervenções	1	0
MTTR (Minutos)	295	0

Fonte: Próprio Autor

Tabela 13 – Comparativo do MTTR dos equipamentos 6 a 10

#EQ06	Período pré implementação	Período pós implementação
Minutos de Corretiva	78	75
Número de intervenções	1	1
MTTR (Minutos)	78	75
#EQ07	Período pré implementação	Período pós implementação
Minutos de Corretiva	155	0
Número de intervenções	2	0
MTTR (Minutos)	77,5	0
#EQ08	Período pré implementação	Período pós implementação
Minutos de Corretiva	937	96
Número de intervenções	2	1
MTTR (Minutos)	468,5	278
#EQ09	Período pré implementação	Período pós implementação
Minutos de Corretiva	237	0
Número de intervenções	2	0
MTTR (Minutos)	118,5	0
#EQ10	Período pré implementação	Período pós implementação
Minutos de Corretiva	153	103
Número de intervenções	1	1
MTTR (Minutos)	153	103

Fonte: Próprio Autor

Os ativos 5 e 8 que apresentavam o pior MTTR reduziram consideravelmente seu tempo de intervenção, atingindo números de equipamentos confiáveis, o equipamento 5 reduziu seu tempo de intervenção de 295 para 0 minutos e o equipamento 8 reduziu de 468 para 278. Podemos dizer que o novo MTTR dos ativos citados está tendo um notável impacto na confiabilidade operacional do setor de Utilidades e impactando diretamente no resultado operacional dos processos do Laminador 02 e da Sinterização.

#### 4.3.3 Comparação do MP

O MP é utilizado para calcular o percentual de realização das ordens de manutenções preventivas programadas. Para exploração desse indicador de desempenho na pesquisa foram usadas as informações do plano de manutenção encontradas nas Tabelas 6 e 7.

No período entre agosto de 2020 até outubro de 2020, quando os equipamentos ainda não possuíam um plano de manutenção robusto e com periodicidade de cumprimento das OS com obrigatoriedade de cumprimento, os mesmos atingiram um somatório de 15 ordens preventivas realizadas, com um total de 30 programadas como exibida na Tabela 6.

Já para o período pós implementação do plano com periodicidade de cumprimento obrigatório e robustez de componentes inspecionados, os mesmos atingiram um somatório de 135 ordens preventivas realizadas, com um total de 140 programadas como evidenciado na Tabela 7.

A Tabela 14 ilustra que mesmo havendo um aumento do número de ordens preventivas programadas advindas da melhoria dos planos de inspeção, a porcentagem de cumprimento do plano de inspeção alcançou um valor próximo a 100%

Alcançar esse índice próximo a 100% foi de grande valia para o resultado operacional positivo das paradas emergenciais e este foi alcançado devido a mudança da periodicidade das inspeções e a obrigatoriedade do cumprimento dele. O cumprimento do plano de inspeção passou a ser controlado como KPI mensal do inspetor de manutenção, onde o responsável tem seu resultado de desempenho focado completamente na execução do plano. A diferença positiva no indicador é explicada completamente pela definição dos componentes corretos, adequação da periodicidade, definição de um inspetor de manutenção e mudança para a preventiva o tipo de manutenção predominante no setor.

O resultado do indicador MP foi completamente positivo para o setor de Utilidades, onde foi comprovado que o plano de manutenção preventiva deve ser controlado periodicamente, e se bem aplicado levando em consideração todos os componentes e períodos, ele se torna uma ferramenta essencial para o setor de manutenção e eficiente para os resultados do setor de operação

Tabela 14 – Comparativo do MP entre os períodos

	Período pré implementação	Período pós implementação
<b>Ordens Preventivas</b>	30	140
<b>Execução de Ordens Preventivas</b>	15	135
<b>MP(%)</b>	50%	96,50%

Fonte: Próprio Autor

#### 4.3.4 Comparação do OEE

Para o cálculo da efetividade global do equipamento, utilizou-se o esquema indicado na Figura 2, com isso foi considerado 22.080 horas de tempo programado para produzir e conseqüentemente como o setor de Utilidades produz insumos, a sua produção teórica equivale ao tempo programado para produzir, em contrapartida os valores de tempo produzido e produção real também se equivalem, possuindo o mesmo resultado para disponibilidade e performance. Em relação ao quesito qualidade, foram considerados como boas + ruins os 92 dias de produção e como boas somente os dias que não ocorreram falhas nos equipamentos.

Como a usina siderúrgica possui produção de 24 horas por dia e o setor não produz peças e sim insumos, as falhas da produção não foram tão visíveis nos indicadores do OEE como expressado na Tabela 15, mas podemos identificar uma diferença entre os dois períodos, sendo o segundo período alcançando um índice próximo de 100%

Tabela 15 – Comparativo do OEE entre os períodos

	Período pré implementação	Período pós implementação
Disponibilidade	99,70%	99,96%
Performance	99,70%	99,96%
Qualidade	99,23%	99,56%
OEE	99,54%	99,83%

Fonte: Próprio Autor

#### 4.4 Resultados de Paradas Emergenciais

Após a realização da análise da quantidade de intervenções corretivas não programadas dos dois períodos do estudo (Tabelas 3 e 4) foi possível identificar uma notória redução na quantidade e nos tempos das intervenções após a aplicação de um novo modelo de manutenção, a preventiva. A Figura 7 apresenta a grande redução nos tempos que a área da Utilidades, indisponibilizando insumos necessários para a produção de algum processo da indústria siderúrgica.

Figura 7 – Performance do setor da Utilidades

PERFORMANCE DE PARADAS SETOR UTILIDADES	
MÊS	TEMPO DE PARADA
META MENSAL	06:00:00
AGOSTO	25:36:00
SETEMBRO:	11:44:00
OUTUBRO:	26:11:00
NOVEMBRO	03:57:00
DEZEMBRO	00:00:00
JANEIRO	03:19:00

Fonte: Imagem cedida pela Empresa

A meta mensal do tempo de parada é de até 6 horas de acordo com a definição interna da organização e durante os três meses de estudo da aplicação da manutenção preventiva foi possível trabalhar abaixo dessa meta, e até mesmo atingir a marca de nenhuma parada emergencial no mês de dezembro. Essa meta de processo parado entra no planejamento de custo da manutenção e quando o setor extrapola o tempo, o processo deixa de ser rentável economicamente e produtivamente, de outro modo, quando a manutenção consegue trabalhar abaixo dessa margem, ela passa ser economicamente rentável e produtiva.



## 5 Conclusão e Trabalhos Futuros

A contribuição deste trabalho vem da importância em levantar e estabelecer, por meio dos conceitos estudados, uma metodologia capaz de aumentar a confiabilidade da manutenção do processo de Utilidades em uma indústria siderúrgica, de modo a reduzir suas paradas de operação não programadas.

Apesar da dificuldade em estudar um processo com diversas variáveis como a manutenção, a pesquisa tinha por objetivo principal a comparação entre dois tipos de manutenção, a corretiva e a preventiva, por meio de indicadores de manutenção. A comparação dos indicadores entre os dois períodos de implantação do projeto mostra que, apesar de uma mudança simples na rotina de manutenção, houve um aumento de 460% na disponibilidade dos equipamentos, uma redução de mais de 100 minutos por tempo de cada manutenção nos equipamentos, um aumento de 46,50% no cumprimento do plano de manutenção preventiva e a partir disso houve um reflexo positivo com relação à redução do tempo de paradas corretivas não programadas.

Com os resultados apresentados, foi possível concluir que, um plano de manutenção preventivo adequado com frequência e parâmetros bem definidos e a mudança no tipo de manutenção empregada na rotina gera-se vários resultados positivos na confiabilidade do processo de manutenção, justifica-se isso pela redução de 875% no tempo de paradas corretivas não programadas, e em todos períodos pós implementação da manutenção corretiva o setor esteve dentro da meta mensal de paradas, algo que não havia acontecido nos três primeiros meses de observações do processo. Essa mudança trouxe confiabilidade ao processo de manutenção, visto que, a área possuía um índice alto de paradas corretivas não programadas e como citado no referencial teórico, o setor de Utilidades é o responsável pelos insumos de todos os processos da Usina Siderúrgica, gerando assim uma baixa confiabilidade em todo processo de manutenção industrial.

Os indicadores foram de suma importância para explicação quantitativa dos resultados das melhorias com a mudança da manutenção, exceto o indicador OEE que não se mostrou tão eficiente ao cenário, devido ao fato de possuímos um alto índice de horas de produção, um grupo de equipamentos e equipamentos que produzem horas/insumos e não peças. O indicador de efetividade do equipamento trouxe a sensação que o processo estava controlado com somente as manutenções corretivas, embora os demais resultados dos indicadores e análises expunham a baixa performance.

O presente trabalho, de modo geral, mostrou que as alterações nas manutenções realizadas não só foram eficientes, como superaram as expectativas do autor e do setor, trazendo resultados surpreendentes na confiabilidade do processo e reduzindo de forma significativa as paradas emergenciais.

Como sugestão para trabalhos futuros, propõe-se realizar uma melhoria na própria pesquisa, utilizando-se a gestão de custos de manutenção para assim ilustrar quanto a organização

economizou com a redução do seu tempo de paradas corretivas não programadas. Ademais, vale destacar que as metodologias utilizadas no desenvolvimento do trabalho têm aplicação para outras manutenções como a preditiva e a detectiva.

# Referências

ALMEIDA, Mario Tadeu de. **Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade**. 2000. 5 f. Artigo Científico - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2000. 18

ARCURI FILHO, Rogério; CARVALHO, Nelson Cabral de. **Medicina de Sistemas: o futuro conceito de Manutenção**. Revista de Ensino de Engenharia, Rio de Janeiro Brasil, n.12 p.11- 17, 2005. 12

BELHOT, Renato Vairo; CAMPOS, Fernando Celso de. **Relações entre manutenção e engenharia de produção: uma reflexão**. *Production*, vol. 5, n. 2, p. 125-134, 1995. 4

BRANCO FILHO, Gil. **Indicadores e Índices de Manutenção**. Rio de Janeiro: Ciência moderna Ltda. 2006. 15

CARVALHO, Pedro Sérgio Landim de.; MESQUITA, Pedro Paulo Dias.; ARAÚJO, Elizio Damião G. de. **Sustentabilidade da siderurgia brasileira: eficiência energética, emissões e competitividade**. BNDES Setorial, vol. 41, p. 181-236, 2015. 7

DORIGO, Luiz Carlos. **Planejamento e Controle da Manutenção (PCM)**. Belo Horizonte, 2013. Disponível em: <<http://www.drb-m.org/automacao/>>. Acesso em: 20 fev. 2021. 16

FERRAZ JUNIOR, João Evany. **Mapeamento das percepções de desempenho da gestão da manutenção de sistemas de climatização prediais – O caso do INMETRO**. Dissertação apresentada ao programa de mestrado da Universidade Federal Fluminense (UFF), 2009. 10

INSTITUTO AÇO BRASIL - IAB. **Anuário Estatístico 2020**. Rio de Janeiro: IAB, 2020. 8

KARDEC, Alan; NASCIF, Julio. **Manutenção Função Estratégica**. 3.ed. Petrópolis: Qualitymark, 2001. 19

KARDEC, Alan; NASCIF, Julio **Manutenção: Função estratégica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009. 384 p. 3

LIMA, Luiz Costa. **Intervenções**. Edusp, 2002. 22

MOBLEY, R. K., HIGGINS, L. R., WIKOFF, D. J. **Manual de Engenharia de Manuten-**

**ção, McGrawhill.** 8 ed. Nova Iorque, Chicago, São Francisco, Lisboa, Londres, Madrid, Cidade do México, Milão, Nova Deli, San Juan, Seul, Singapura, Sydney e Toronto. Impresso pelos EUA, 2014. 6

NASCIF, Julio.; DORIGO, Luiz Carlos. **Manutenção Orientada Para Resultados.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2013. 14

OTANI, Mario.; MACHADO, Waltair Vieira. **A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial.** Revista Gestão Industrial. Vol.4, n.2, 2008. 5

PASCOLI, José A.; SILVA, Romeu Paulo da. **Gerenciamento do setor de manutenção.** Trabalho de conclusão do curso para obtenção do certificado de especialização em gestão Industrial do departamento de economia, contabilidade, Administração da Universidade de Taubaté, 2004. 11

PETRILLI, Eric Lenon.**INDICADORES DE MANUTENÇÃO,** 2011. 23

SANTOS, Ana Carolina Oliveira.; SANTOS, Marcos José. **Utilização do indicador de eficácia global de equipamentos (OEE) na gestão de melhoria contínua do sistema de manufatura – um estudo de caso.** XXVII ENEGEP. Foz do Iguaçu, 2007. 10p. 21

SIQUEIRA, Iony Patriota de. **Manutenção Centrada na Confiabilidade: Manual de Implementação.** ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2014. 13

SERASA EXPERIAN. **Setorise Siderurgia Março 2015.** 2017. Disponível em: <<http://d001wwv06/ambestudospesqaval/analissessoriais/docs/setorise/brasil/Siderurgia.pdf>>. Acesso em 30 jan. 2021.(Acesso Restrito). 9

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat.**Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação.** 2001. 121 p. Dissertação (Pós-Graduação), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, 2001. 24

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção.** 5.ed. São Paulo: Atlas, 2008. 17

SOUZA, José Barrozo. **Alinhamento das estratégias do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) com as finalidades e função do Planejamento e Controle da Produção (PCP): Uma abordagem Analítica.** 2008. 169 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2008. 20

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM, Planejamento e Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2014. 192 p. 1

XENOS, Harilaus G. **Gerenciando a Manutenção Preventiva: o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade**. Belo Horizonte. Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998. 302 p. 2