UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

BRYAN GOMES PEREIRA

IMPLEMENTAÇÃO E ESTRUTURAÇÃO DA GESTÃO DA MANUTENÇÃO EM UMA EMPRESA DO SUDESTE MINEIRO, PAUTADA NA GESTÃO DE ATIVOS E TEROTECNOLOGIA.

JUIZ DE FORA
2023

BRYAN GOMES PEREIRA

IMPLEMENTAÇÃO E ESTRUTURAÇÃO DA GESTÃO DA MANUTENÇÃO EM UMA EMPRESA DO SUDESTE MINEIRO, PAUTADA NA GESTÃO DE ATIVOS E TEROTECNOLOGIA.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Orientador: Dr. Eng. Luiz Henrique Dias Alves

JUIZ DE FORA

2023

(FICHA CATALOGRÁFICA - BIBLIOTECA UFJF)

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração
automática da Biblioteca Universitária da UFJF,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Pereira, Bryan Gomes.
Implementação e estruturação da gestão da manutenção em uma empresa do sudeste mineiro, pautada na gestão de ativos e terotecnologia. / Bryan Gomes Pereira. -- 2023.
93 f. : il.

Orientador: Luiz Henrique Dias Alves
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, 2023.

1. Gestão da Manutenção. 2. Gestão de Ativos. 3. Terotecnologia. 4. Preditiva. 5. Confiabilidade. I. Alves, Luiz Henrique Dias , orient. II. Título.

BRYAN GOMES PEREIRA

IMPLEMENTAÇÃO E ESTRUTURAÇÃO DA GESTÃO DA MANUTENÇÃO EM UMA EMPRESA DO SUDESTE MINEIRO, PAUTADA NA GESTÃO DE ATIVOS E TEROTECNOLOGIA.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Aprovado em 04 de Julho de 2023.

BANCA EXAMINADORA

Dr. Eng. Luiz Henrique Dias Alves
Universidade Federal de Juiz de Fora

D. Sc., Roberto Malheiros Moreira Filho
Universidade Federal de Juiz de Fora

D. Sc. Marcos Vinicius Rodrigues
Universidade Federal de Juiz de Fora

AGRADECIMENTOS

A trajetória até este momento tem sido uma jornada repleta de desafios e obstáculos, exigindo de mim uma perseverança incansável. No entanto, cada uma dessas batalhas enfrentadas foi fundamental para o meu amadurecimento tanto profissional quanto pessoal. Em primeiro lugar, gostaria de expressar minha profunda gratidão a Deus, pois sem sua orientação e fortaleza, jamais teria alcançado esse ponto da minha caminhada. Ele tem sido meu apoio, fortalecendo-me nos momentos mais difíceis.

Aos meus pais, Rosa e Paulo, devo um agradecimento especial. Seu amor incondicional, conselhos sábios e apoio incansável foram fundamentais para que eu pudesse seguir em frente, superar os desafios e conquistar cada vitória ao longo dessa trajetória.

Ao meu orientador, Luiz Henrique, sou imensamente grato por sua companhia e suporte durante todo o processo de produção deste trabalho. Sua sabedoria, orientação e dedicação foram essenciais para o meu crescimento acadêmico e profissional.

Não posso deixar de mencionar o corpo docente, que com suas orientações, ensinamentos e vasto conhecimento, contribuíram de forma significativa para a minha formação. Cada professor e professora desempenhou um papel importante na minha jornada, expandindo meus horizontes e aprimorando minhas habilidades.

À minha namorada, Amanda, e a todos os meus amigos, quero expressar minha imensa gratidão. Vocês estiveram ao meu lado, oferecendo apoio incondicional, compartilhando risadas, compreendendo minhas ausências e celebrando as conquistas comigo. Os momentos compartilhados com vocês ficarão eternamente guardados na memória, e sou grato por ter pessoas tão especiais em minha vida.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a minha jornada até aqui. Cada experiência, cada ensinamento e cada apoio recebido foram peças fundamentais nessa construção, e sou grato por cada uma delas.

RESUMO

Com a evolução dos setores industriais, o cuidado com as máquinas se tornou um dos principais requisitos para que se tenha um bom resultado financeiro dentro das empresas. E a manutenção que por muitas décadas trabalhavam apenas por demanda de falhas, agindo de forma corretiva, se vê em um panorama no qual precisa modificar e levar técnicas mais avançadas para o setor de manutenção. O presente estudo busca trazer e relatar como que de forma sustentável se faz uma boa gestão da manutenção, trabalhando sobre diversos aspectos, como indicadores, rotina, técnicas de análises, acompanhamento de gestão, cuidado financeiro. Deste modo, evidencia-se a importância de uma boa gestão dos ativos para que com eles, a terotecnologia (gestão do cuidar), sempre ande em consonância com a estratégia da empresa, assim garantindo um sucesso financeiro e de qualidade para as empresas.

Palavras-chave: Gestão de Ativos, Terotecnologia e Gestão da Manutenção.

ABSTRACT

With the evolution of industrial sectors, care for machines has become one of the main requirements for having a good financial result within companies. And the maintenance that for many decades worked only on demand for failures, acting in a corrective way, is seen in a scenario in which it needs to modify and bring more advanced techniques to the maintenance sector. The present study seeks to bring and report how a good maintenance management is done in a sustainable way, working on several aspects, such as indicators, routine, analysis techniques, management monitoring, financial care. In this way, the importance of good management of assets is evident so that with them, terotechnology (care management), always walks in line with the company's strategy, thus guaranteeing financial success and quality for companies.

Keywords: Asset Management, Terotechnology and Maintenance Management

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Classificação da metodologia 28
Figura 2 – Importância da Manutenção 32
Figura 3 – Modelos de Manutenção 33
Figura 4 – Curva da banheira 42
Figura 5 – Estrutura da manutenção centralizada 44
Figura 6 - Estrutura manutenção descentralizada 45
Figura 7- Estrutura da manutenção mista 45
Figura 8- Pirâmide da Gestão de manutenção 48
Figura 9 - Evolução da terotecnologia até os dias atuais 51
Figura 10 - Pilares da manutenção de classe mundial 53
Figura 11 - Pilares gerenciais da manutenção de classe mundial 54
Figura 12 – Estrutura de Manutenção antiga 56
Figura 13- Estrutura Organizacional da manutenção atual 58
Figura 14 – Etapas da Hierarquia dos ativos 63
Figura 15- Método de avaliação para definição de criticidade 65
Figura 16 - % de Criticidade dos equipamentos/sistemas 66
Figura 17- Estratégia adotada para ativos criticidade Classe A. 67
Figura 18 – Estratégia adotada para ativos com criticidade classe B. 67
Figura 19 – Estratégia adotada para ativos com criticidade classe C. 68
Figura 20 – Exemplos das telas do sistema e coordenação com o SIGA. 70
Figura 21 – Rituais de Gestão da Manutenção 71
Figura 22 – Matriz adaptada nemoto para o setor de manutenção 71
Figura 23 – Plano discricionário para inspeção, limpeza e Lubrificação. 75
Figura 24 – Pilares da Execução do Histórico de Equipamentos 76
Figura 25 – Tela de monitoramento das Caldeiras 78
Figura 26 – Pareto das ocorrências em horas das falhas em equipamentos. 79
Figura 27- Tipo de ocorrências no equipamento secaria. 80
Figura 28 – Secadores que tiveram ocorrências e manutenções não realizadas. 80
Figura 29 – Ocorrência de deslocamento e fuga de tela 81
Figura 30 – Matriz de Fases da implementação do siga 84
Figura 31 – Evolução dos indicadores por ano. 91
Figura 32 – Ranking dos grupos de melhoria, atrelados a margem 92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Listagem dos desdobramentos de equipamentos 64
Tabela 2 – Definição das Criticidades dos Equipamento e Sistemas 65
Tabela 3 – Plano de inspeção de rotas preventivas 75
Tabela 4 – Acompanhamento das falhas dos equipamentos. 77
Tabela 5 – Nova Planilha de Acompanhamento das falhas. 77
Tabela 6 – Treinamentos definidos para o primeiro semestre..... 78
Tabela 7 – Plano de Ação do grupo de melhoria da secaria..... 82
Tabela 8 – Situação de monitoramento das análises preditivas 84
Tabela 9 – Evolução dos indicadores Máquina 1..... 88
Tabela 10 – Evolução indicadores da máquina 2. 89
Tabela 11 – Evolução dos indicadores da Máquina 3 90
Tabela 12 – Acompanhamento e Resultado dos grupos de melhoria..... 91

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Atribuições e responsabilidades dos engenheiros.....72
Quadro 2- Atribuições e responsabilidades do analista de manutenção.....72
Quadro 3- Atribuições e responsabilidades do analista de PCM.....73
Quadro 4 - Atribuições e responsabilidades do programador de manutenção. 73
Quadro 5 - Atribuições e responsabilidades dos supervisores.....74

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABRAMAN – Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

CDM – Monitoramento das condições

ETA – Estação de tratamento de água

ETE – Estação de tratamento de efluentes

FMEA - *Failure Mode and Effect Analysis*

ISO- *International Organization for Standardization*

MCC – Manutenção centrada na confiabilidade

MCM- Manutenção de classe mundial

MTBF – *Mean Time Between Failures*

MTTR – *Mean Time to Repare*

NBR – Norma Brasileira

OEE- *Overall Equipment Effectiveness*

PCM- Planejamento e controle da produção

PDCA – *Plan – do – check - act*

RCM - *Reliability Centered Maintenance*

ROE - Retorno sobre patrimônio líquido

SIGA – Sistema integrado de gestão de ativos

TAG – Identificação industrial

TMPF – Tempo Médio para Falhar

TMPR – Tempo Médio para Reparo

TPM – *Total Productive Maintenance*

O.S.- Ordem de serviço

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 24

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS 24
1.2 JUSTIFICATIVA 25
1.3 ESCOPO DO TRABALHO 26
1.4 ELABORAÇÃO DOS OBJETIVOS 27
1.5 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA 28
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO 29

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 30

2.1 EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO 30
2.2 CONCEITUAÇÃO DE MANUTENÇÃO 32
2.2.1 ABORDAGENS DE MANUTENÇÃO 32
2.2.2 GESTÃO DA MANUTENÇÃO 40
2.2.3 INDICADORES DE MANUTENÇÃO 41
2.3 ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DA MANUTENÇÃO 43
2.4 GESTÃO DE ATIVOS 46
2.4.1 ISO 55000 46
2.4.2 METODOLOGIA SIGA (SISTEMA INTEGRADO DE GESTÃO DE ATIVOS). 48
2.5 TEROTECNOLOGIA 51
2.5.1 ORIGEM 51
2.5.2 MCC – MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE 52
2.5.3 MCM – MANUTENÇÃO CLASSE MUNDIAL 53

3. DESENVOLVIMENTO 55

3.1 DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DO PROJETO 55
3.2 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SIGA 55
3.3 MANUTENÇÃO PLANEJADA 56
3.3.1 ORGANIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO 56
3.3.2 PLANEJAMENTO DA MANUTENÇÃO 59
3.3.3 PRIORIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO 62

3.3.4 GESTÃO DE MATERIAIS E SERVIÇOS 68
3.3.5 SISTEMA INFORMATIZADO E SISTEMATIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO 70
3.3.6 MANUTENÇÃO PREVENTIVA 74
3.4 MANUTENÇÃO PROATIVA 76
3.4.1 HISTÓRICO DOS EQUIPAMENTOS 76
3.4.2 MELHORIA DAS HABILIDADES DAS EQUIPES 77
3.4.3 MONITORAMENTO DA CONDIÇÃO 78
3.4.4 ANÁLISE DE FALHAS 79
3.4.5 MANUTENÇÃO PREDITIVA 83
3.5 FASE 3 (EXCELÊNCIA ORGANIZACIONAL, ENGENHARIA DA CONFIABILIDADE E EXCELÊNCIA OPERACIONAL) 84

4. RESULTADOS 85

4.1 RESULTADOS ALCANÇADOS - QUALITATIVOS 85
4.1.1 RESULTADOS PELA ESTRUTURA 86
4.1.2 RESULTADOS DAS ROTINAS 86
4.2 RESULTADOS ALCANÇADOS – QUANTITATIVOS 87
4.2.1 EVOLUÇÃO DOS INDICADORES 87
4.2.2 GRUPOS DE MELHORIA 91
4.2.3 ANÁLISES PREDITIVAS 92

5. CONCLUSÕES 93

REFERÊNCIAS 95

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Entendendo-se a multinacionalização da economia nos atuais dias, e visto que a competição do mercado aumenta a ponto de que grandes estruturas fabris por meio da falta de gestão acabam se deteriorando a ponto de ter que fechar as portas, isso acaba destacando-se que a sobrevivência de empresas dependem de uma estrutura muito concisa, organizada, estruturada para que que se tenha uma rápida resposta aos problemas enfrentados na rotina e consiga agir de forma precisa no problema a ponto de que isso não impacte de forma direta no capital da empresa. (XENOS, 1998)

Como resposta a esses fatos, empresas vêm buscando meios de conseguir traduzir problemas em soluções de forma rápida, isso porque a busca por soluções de gerenciamento, refletem numa maior competitividade ao mercado, aumentando a produtividade e qualidade nos processos (KARDEC, 2004). Portanto o gerenciamento de uma estrutura organizacional, seja ela uma empresa como o todo, ou até mesmo setores fabris, se faz necessário, pois a partir de uma condição estrutural, gerencial e que tenha processos bem definidos, a tendência é de que se tenha um aumento de produtividade, logo aumentando os resultados da empresa.

Neste cenário, ao entender que o aumento de produtividade por meio de processos e escopos bem definidos é o principal fator para a sobrevivência das empresas, com isso a manutenção se faz necessária neste contexto, pois ao citar sobre aumento de produtividade, não existe produtividade se não tem disponibilidade de máquina/equipamento, e quem garante e é o responsável pelo indicador de disponibilidade é o setor de manutenção de qualquer empresa, logo por meio deste estudo a abordagem principal se ao ponto de que a garantia de uma boa gestão da manutenção por meio de diversos pontos que serão abordados, o resultado final que se espera alcançar é uma disponibilidade alta e um bom desempenho operacional.

Deste modo, diversas alternativas para aumento de produtividade dentro das gerências de manutenção vêm sendo implementada, entre elas duas visões que se baseia esse estudo que é a sistematização da gestão de ativos que é diretamente atrelada a ISO 55000, que é a norma internacional que guarnece uma visão sobre a gestão de ativos e também sobre o sistema de gestão de ativos e também a terotecnologia que por sua definição é a tecnologia da conservação, que tem como principal objetivo aumentar a confiabilidade e a manutenibilidade dos

equipamentos através da utilização das ferramentas atreladas a manutenção, com o foco em controle de custos.

Ao atrelar e fazer uma junção entre a norma ISO 55000 e a terotecnologia, vai trabalhar com uma intenção de proporcionar a sintonia entre processos do ciclo de vida da infraestrutura de produção (ABRAMAN, 2022) e com a terotecnologia, aplicando todas as suas ferramentas fundadas no método centrado na confiabilidade, traz para si, uma visão de maior comprometimento com o planejamento e controle da produção (IRANI, 2011), assim se comprometendo diretamente com a produtividade da instituição estudada e assim aumentando a capacidade financeira.

Corroborando com os pontos já tratados, uma fase de estudo são as próprias pessoas dentro da instituição, pois para implementação de tecnologias, metodologias e ideias, existe um cenário onde pessoas são parte estratégicas deste meio, por isso uma alta capacidade técnica, analítica e de liderança deve se fazer presença no ambiente de implementação das metodologias (XENOS, 1988).

Para Xenos (1998), têm-se com finalidade da manutenção não apenas de manter ou restaurar as condições físicas do equipamento, inclusive de garantir suas capacidades funcionais. Na verdade, a manutenção da condição física do equipamento tem por finalidade a manutenção da sua capacidade funcional, além da qualidade do produto, da integridade do meio ambiente e da segurança.

Analisando todo o cenário apresentado, é visto como necessário que para garantir que todos os equipamentos mantenham uma capacidade funcional normal e com base nisso, garantir um alto nível de performance e qualidade do produto, a manutenção da empresa precisa estar aportada de uma capacidade técnica, metodológica e também de liderança, para que com base nisso consiga atingir resultados esperados. Visto isso, garantir que a estrutura da manutenção esteja preparada para uma atuação de alta performance e com isso passos são necessários para que atinja estes resultados, como passo desse trabalho, a gestão dos ativos da empresa e a terotecnologia são passos estruturantes para que a performance seja alta.

1.2 JUSTIFICATIVA

Com o efeito da crescente competitividade entre empresas, há um maior enfoque nas áreas estratégicas da produção, uma dessas áreas é a manutenção, para que a partir dela consiga garantir um aumento de produtividade. Esta área é uma das quais que precisa estar mais voltada

para os resultados empresariais da organização, com objetivo não pode ser simplesmente reparar o equipamento ou instalação, mas manter sua função disponível para operação, reduzindo ao máximo a probabilidade de uma parada de produção não planejada (KARDEC e NASCIF, 2009).

Além disso, a manutenção vem ocupando cada vez mais um papel estratégico dentro das empresas. Ou seja, antes visto como apenas um setor de garantir o funcionamento, hoje é visto como área da empresa que garante qualidade, eficácia e eficiência para os processos de produção, portanto entende-se atualmente analisando os custos atrelados a manutenção, que a depender do ramo de atuação da empresa os gastos com manutenção podem ultrapassar 10% do faturamento bruto da empresa, como é o caso de empresas do setor de transporte (ABRAMAN, 2011).

Deste modo, ao verificar as evidências da importância de um setor de manutenção de empresas, sua gestão e grau de maturidade da área é algo que evidencia que pontos como planos de manutenção, priorização da manutenção, estrutura consiga para se adequar aos modos de falha da empresa e uma adequação a métodos de manutenção são pontos que devem ser alcançados para quaisquer empresas.

Portanto, a empresa que será objeto de estudo, evidencia pontos que não há controle e processos bem definidos por meio de metodologias, por este motivo a terotecnologia possui uma enorme relevância para o estudo, sendo que a “tecnologia do cuidar”, vai trazer aspectos metodológicos para o sistema de manutenção da empresa e a parte de estruturar a gestão de ativos vai muito além de entender os ativos e como cuidá-los e sim garantir métodos, colocar a parte de dados no ambiente da manutenção e pautada na ISO 55000, ser amparo por técnicas já relevantes no mundo.

1.3 ESCOPO DO TRABALHO

O estudo em questão foi realizado em uma empresa do setor de papel e celulose do sudeste mineiro, mais precisamente em uma indústria que produz papel, caixa e chapa. Este trabalho teve como base uma pesquisa bibliográfica, estudo da realidade da empresa e implementação de uma metodologia de gestão de ativos, de tal modo que buscou-se aplicar a metodologia tanto baseada em pesquisas bibliográficas, trazendo com base nos fundamentos teóricos para a prática da empresa em questão. Desta maneira foi definida métodos de

aplicabilidade da metodologia para a realidade da empresa, tratando tanto problemas específicos, quanto aplicando de maneira factível um modelo operante a ponto de garantir que a estrutura seja duradora e traga resultados a médio e longo prazo.

O setor de manutenção passou por uma mudança radical em seu escopo, desde a própria estrutura de trabalho, cargos e definições de funções e especificidades do trabalho de cada pessoa, além disso, pautada na gestão de ativos e terotecnologia, trouxe um método de trabalho baseado em conceitos acadêmicos, já provados no tempo, a ponto de modificar o modo de trabalho e criar um padrão de trabalho para todos os requisitos necessários dentro de uma manutenção dentro do setor de papel e celulose.

O escopo abrangente deste trabalho engloba dados e análises coletados durante o período de agosto de 2021 até maio de 2023.

1.4 ELABORAÇÃO DOS OBJETIVOS

De acordo com Monchy (1987, p. 9), a manutenção tem como responsabilidade em otimizar o funcionamento de equipamentos a partir de três fatores:

- Humano: este fator reflete em garantir as condições para que se exerça o trabalho de manutenção, além de garantir segurança, entre outros fatores que auxiliam na boa execução do serviço a ser realizado;
- Econômico: este fator reflete justamente no custo da manutenção, na tratativa de gastar o correto e no momento certo de acordo com cada necessidade, além de tratar sobre prestação de serviços e custos diretos e indiretos ligados a manutenção;
- Técnico: fator diretamente ligado ao método de trabalho, padrões estabelecidos, conceitos relacionados a manutenção;

Desta maneira, o objetivo deste estudo é propor e implementar um novo padrão de gestão da manutenção para a empresa com base nos processos identificados como fundamentais para o atingimento dos resultados de uma manutenção de classe mundial.

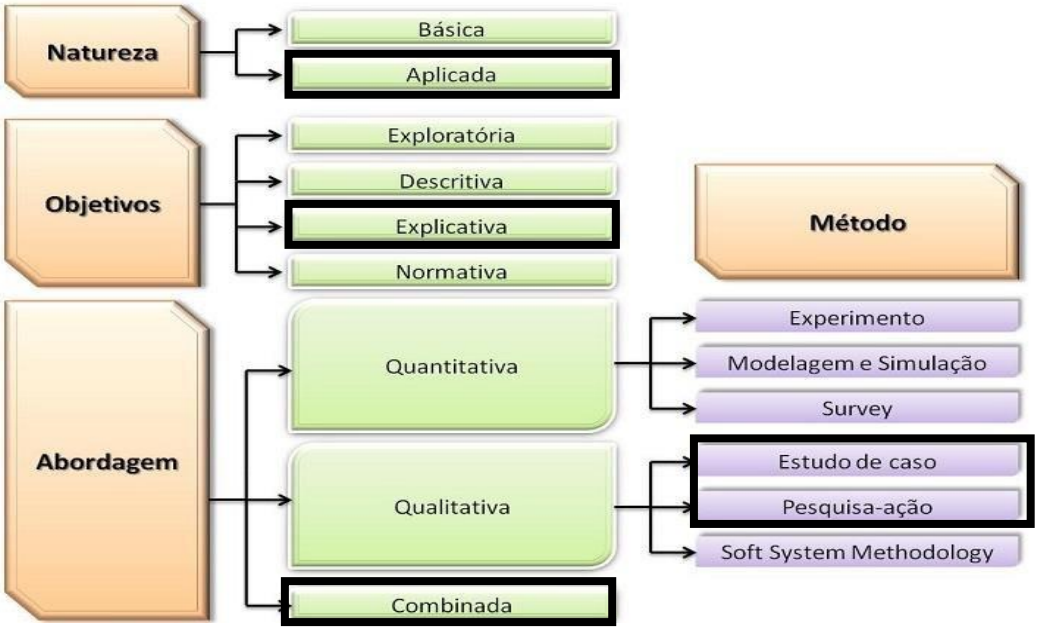
Com base nisso, o objetivo específico é com a aplicação da terotecnologia e gestão de ativos impactar os três fatores: técnico, humano e econômico dentro do setor e com isso atingir resultados nos indicadores de manutenção a ponto de atingir meta e garantir que a equipe de trabalho possua maturidade metodológica dentro dos padrões mundiais de manutenção.

Ademais, espera-se que atinja resultados nos cenários econômicos da empresa, ganho nos indicadores a longo prazo e uma gestão concisa e precisa dentro dos processos alinhados.

1.5 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA

O presente trabalho tem como principal objetivo abordar uma pesquisa aplicada, devido ao fato de ser um fato implicado na situação real de uma empresa que está em atuação no mercado. Conforme podemos ver na Figura 1, a metodologia que será utilizada neste trabalho.

Figura 1 – Classificação da metodologia



Fonte: Adaptado de Vergara, (2005).

A metodologia deste trabalho foi dividida em duas partes. A primeira delas, realizou-se uma pesquisa bibliográfica, em que foi traduzido uma visão geral da gestão da manutenção, como que a gestão de ativos e a terotecnologia, pode ser aplicada e como é vista em diversos aspectos apresentados dentro de uma metodologia de trabalho.

Na segunda parte realizou-se um estudo de caso, onde foi possível ver toda a aplicação da metodologia, e todos os conceitos que foram abordados na pesquisa bibliográfica em uma empresa do sudeste mineiro de papel e celulose.

O presente estudo, trata-se de uma abordagem combinada, pois será retratada ações de estudo quantitativo, onde será analisado por meio de indicadores e análises de falhas, como no

meio qualitativo, que será retratado um contexto por meio de abordagem sistemática de metodologias e conceitos aplicáveis em setores de manutenção.

Para seu desenvolvimento pretende-se seguir os seguintes passos, não necessariamente nessa ordem:

- Analisar quais são os padrões já estabelecidos dentro do setor;
- Identificar as dificuldades que acontecem na empresa por conta da falta de gestão da manutenção;
- Identificar e propor a melhor estrutura da gestão da manutenção;
- Tratar problemas que podem ser resolvidos com ações ver e agir;
- Propor modelo de planejamento e priorização da manutenção;
- Relatar etapas do modelo;
- Demonstrar resultados obtidos através do modelo;

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho foi dividido em cinco capítulos estruturados da seguinte forma:

Capítulo 1 – Introdução

É apresentado a problemática ao que diz a respeito sobre gestão da manutenção e como de fato a manutenção auxilia no atingimento dos resultados por meio de uma gestão mais efetiva e consistente para a melhoria organizacional, o objetivo principal deste trabalho, como de fato o tema será abordado delimitando nos aspectos gestão de ativos e terotecnologia, definição da metodologia e estrutura do trabalho.

Capítulo 2 – Revisão Bibliográfica

Neste capítulo é feito toda uma revisão bibliográfica no que se diz a respeito de manutenção, gestão da manutenção, estrutura organizacional, metodologia SIGA (Sistema Integrado de Gestão de Ativos), ISO 55000 e terotecnologia, possibilitando assim um bom embasamento teórico para as discussões que serão feitas a partir dos temas abordados pelo referencial teórico.

Capítulo 3 – Desenvolvimento da metodologia proposta

Será realizado o desenvolvimento do trabalho, com o estudo mais aprofundado da gestão de manutenção dentro da empresa em que está sendo feito o estudo, entendimento do contexto em que se encontrava e como foi aplicado cada uma das ideias propostas pelo referencial.

Capítulo 4 – Resultados alcançados

Serão apresentados os resultados da implementação de uma nova estrutura de gestão da manutenção e com isso entender como de fato a relevância da aplicação da teoria em um ambiente fabril.

Capítulo 5 – Conclusão

Será apresentada a conclusão do trabalho, orientada para a comparação entre o estudo teórico e o prático.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo norteia toda fundamentação teórica estudada para iniciar o trabalho. Todos os conceitos aqui apresentados, de alguma maneira transforma a teoria adaptada a prática e com isso entende-se toda discussão com base nos conceitos teóricos no qual serão apresentados.

2.1 EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO

O termo manutenção para (MONCHY, 1987), tem como origem militar, do qual a ideia principal é manter as unidades de combate o efetivo e o material em um nível de aceitação considerável.

Para Tavares (1998), a manutenção é diretamente relacionada com o desenvolvimento industrial do mundo, já que no final do século XIX, com a mecanização teve a necessidade dos primeiros reparos em máquina, surgindo assim a necessidade da manutenção.

A ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, em 1975, pela norma TB-116, teve como definição do termo manutenção como conjunto de ações necessárias para que um item seja conservado ou restaurado, após algum tempo, em 1994, a norma NBR-5482, trouxe uma revisão do tema já trazendo uma visão mais gerencial para o termo, sendo o termo manutenção como uma combinação de ações técnicas e administrativas, englobando as supervisão, destinando-as para manter e/ou recolocar um item no estado para desempenhar sua função requerida (ABNT, 1994).

Segundo o Engenheiro Eduardo de Santana Seixas, a definição diz a respeito sobre o ato de cuidar, manter ou restaurar um item para cumprir sua função, visto isso, o papel dos

mantenedores é aumentar a disponibilidade dos sistemas/equipamentos e reduzir os custos de manutenção, pela redução das ações de manutenção (14º Simpósio de Manutenção).

Kardec e Nascif (2009), traz um pensamento de fases da manutenção, e relata que nos últimos 30 anos, as mudanças foram grandes, isso devido a fatores como: aumento do número e diversidade de itens, projetos mais complexos, novas técnicas de manutenção, diferentes enfoques das organizações a respeito da manutenção, função estratégica da manutenção.

Nestas fases da manutenção, que são divididas em quatro, os pensamentos dos autores se referem-se a gerações existem norteado pelo contexto histórico, que são elas:

1° Fase – A manutenção era fundamentalmente corretiva e não planejada, é o período anterior a segunda guerra mundial, podendo ser retratado como movimento em que a indústria era pouco mecanizada, equipamentos simples e superdimensionados.

2° Fase – Entre 1950 e 1970, período pós segunda guerra, surge o conceito de manutenção preventiva, que na época era a manutenção/intervenções em equipamentos em intervalos fixos, esta nova fase está diretamente ligada ao aumento da mecanização das máquinas e complexidade maior nas instalações industriais.

3° Fase – A partir da década de 1970, iniciou-se com o conceito de manutenção preditiva, ao longo do período com o aumento das mudanças industriais, trouxe as novas vertentes de manutenção com o apoio tecnológico de softwares, que logo já permitiu uma melhoria na parte de planejamento, controle e acompanhamento dos serviços de manutenção. Com base nisso, entrou-se os conceitos de confiabilidade (MCC ou RCM).

4° Fase – Nos anos 2000, há uma maior correlação entre o papel da engenharia de manutenção para se tornar uma área de fato estratégica da empresa, sendo que a disponibilidade, confiabilidade e manutenibilidade, são as principais razões de sua existência. Com isso, havendo uma boa integração entre os conceitos das 3 primeiras fases, principalmente, ao utilizar com uma maior taxa a manutenção preditiva, reduzindo assim custos com preventiva (2° fase) e ainda mais com as manutenções corretivas (1° fase), com base nisso estas grandes mudanças de gerações foi o aprimoramento de cada uma das fases, buscando assim uma relação de parceria a longo prazo, sendo uma parceria entre: engenharia, operação e manutenção (KARDEC e NASCIF, 2009).

Visto isso entende-se a crescente importância da gestão de manutenção, isso representando de fato como um potencial e fundamental vetor para a economia das empresas, isso pode ser explicitado pelo esquema na figura 2.

Figura 2 – Importância da Manutenção

Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif, (2009).

2.2 CONCEITUAÇÃO DE MANUTENÇÃO

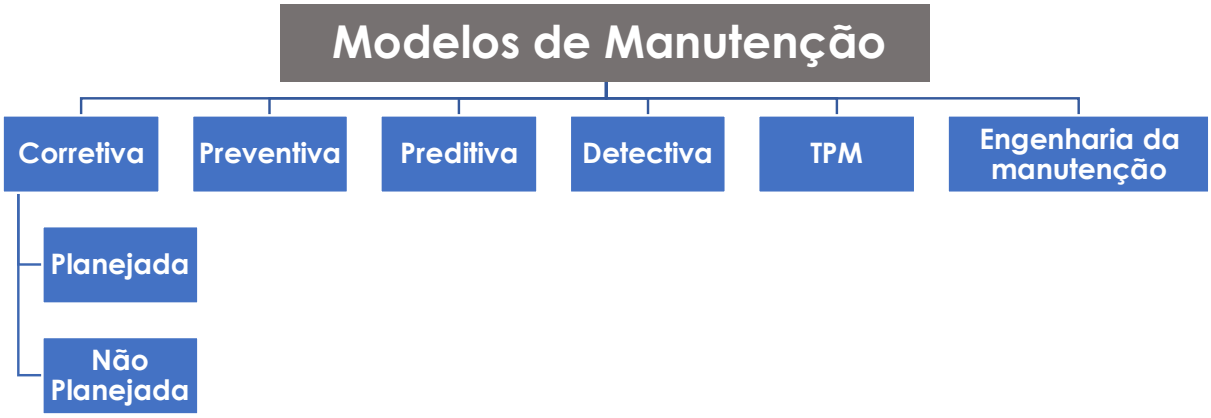
2.2.1 ABORDAGENS DE MANUTENÇÃO

Os métodos de manutenção como visto em literatura, para classificar manutenção o modo mais apropriado é entender como manutenção planejada e não planejada (Zaions,2003).

Os tipos de manutenção existentes para equipamentos industriais, é caracterizado pela forma com que é feita a intervenção que é feita nos equipamentos, sistemas ou instalações, porém com a gama enorme de classificar os tipos de manutenção, existe uma certa confusão para a caracterização de cada modelo de tratativa para manutenção (KARDEC & NASCIF, 2009).

No presente trabalho, será trabalhado 6 métodos para a classificação de uma manutenção em equipamentos e como ela se dá de diversas formas e aspectos dentro de uma organização. A figura 3, retrata as abordagens básicas de manutenção (KARDEC e NASCIF, 2009, adaptado)

Figura 3 – Modelos de Manutenção



Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif (2009).

2.2.1.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA

De acordo com a norma NBR 5462 (1994), é o modelo de manutenção que é efetuada após a falha do equipamento, sistema ou instalação, que no fato proposto após a falha trata-se de forma corretiva para colocar o item em condições normais de funcionamento para executar a função requerida. Neste caso não há planejamento prévio das ações.

O contraponto de se executar esse tipo de manutenção são os elevados custos para a organização, pois necessita de manter estoques de peças sobressalentes, custo de ociosidade e baixa produtividade da máquina (ALMEIDA, 2000).

Mirshawa (1991), relata pontos negativos de se agir de forma reativa dentro do contexto da manutenção de itens industriais, que são eles:

1. Redução da vida útil dos equipamentos
2. Paradas de equipamentos em momentos impróprios, o que gera um problema na estratégia e até mesmo problemas com clientes.

3. Quando a quebra de equipamentos neste contexto de falha corretiva, pode gerar falhas em outros equipamentos, sistemas, conjuntos e componentes das máquinas, devido as suas complexidades.

Conforme Branco Filho (2008), as manutenções corretivas podem ser classificadas de duas maneiras, as não planejadas e as planejadas.

As corretivas não planejadas é a correção da falha ou do desempenho abaixo do esperado é realizada após a ocorrência de fato, sem planejamento anterior, no caso é uma falha aleatória. Implica em altos custos, baixa confiabilidade do sistema produtivo, gerando assim ociosidade e danos maiores para equipamentos (OTANI & MACHADO, 2008). Segundo Branco Filho (2006), quando a manutenção da falha não pode ser adiada, quando é algo emergencial, é considerada manutenção corretiva não planejada, corroborando com essa ideia, Rezende (2008), determina uma filosofia para este modelo de manutenção: “equipamento parou, manutenção conserta imediatamente”.

As corretivas planejadas são consideradas manutenções de falhas em equipamentos, sistemas e instalações, que se baseia nas análises da manutenção preditiva, tem os mesmos moldes da manutenção corretiva não planejada, porém têm-se a dimensão que o item vai falhar, com isso a manutenção corretiva planejada gera algumas vantagens para a empresa, sendo elas (KARDEC e NASCIF, 2009):

1. Aumento da segurança – Já que se sabe que vai falhar, logo se tem um aumento efetivo na segurança sobre o equipamento.
2. Planejamento dos serviços.
3. Garante que vai ter peças sobressalentes em estoque.
4. Agendamento da manutenção em comum acordo com a produção.
5. Facilita na organização de equipes de trabalho, aquisição de novas tecnologias e demais recursos.

Como resumo da manutenção corretiva, é o modelo de manutenção de itens que deixa atuar até falhar, é atuar na falha somente após a quebra, sendo está a forma mais primária de manutenção, o que é tratado por Kardec e Nascif (2009), como a primeira fase da manutenção. E como ponto finalístico da manutenção corretiva é que a manutenção corretiva nunca pode ser programada, devido à natureza probabilística da falha e as incertezas que cercam a tomada de decisão gerencial (BELHOT e CAMPOS, 1995).

2.2.1.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Segundo Monchy (1989), a manutenção preventiva é uma intervenção de forma prevista, estudada, programada e preparada para antes da previsão do aparecimento de uma falha, tal fato corrobora com os conceitos de Silva (2004), que entende a manutenção preventiva como uma maneira utilizada para diminuir ou evitar a quebra de equipamentos, obedecendo um plano previamente elaborado.

De acordo com Xenos (1998), a preventiva é uma função fundamental, uma vez que atua em atividades como troca de peças, reformas, inspeção, lubrificação, entre outras. Visto que trocas e reformas, atuam antes de acabar o seu tempo de vida útil, acaba elevando o custo, pois não usa o equipamento durante todo o período de vida que teria, ao "esperar" quebrar. Para que este custo não seja tão elevado, é necessário com as técnicas utilizadas para determinação sejam mais precisas. Com isso, estabeleceu-se motivações com que a manutenção preventiva seja usada de forma adequada, sendo elas:

1. Troca de peças e/ou equipamentos que estão próximo ao tempo de vida útil determinado pelo fabricante.
2. Reformas periódicas, principalmente onde o desgaste ao efeito uso e tempo são mais rapidamente desgastados.
3. Inspeções periódicas, monitoramento constante de equipamentos críticos para que dessa forma detecte problemas ou condições fora do padrão estabelecido.

Entretanto Kardec e Nascif (2009) destacam, que por um lado a manutenção preventiva permite um bom gerenciamento de atividades, além da previsibilidade de consumo de materiais e sobressalente. Mas por outro lado retira o equipamento de operação para atividades programadas, por este ponto, deve-se pesar todos os fatores para que o uso da política de manutenção preventiva seja adequado ao ambiente organizacional. Fora que fabricantes e fornecedores, fornecem dados reais e precisos para a adoção nos planos de manutenção preventiva, além do que, questões ambientais são significativamente maiores para a degradação do equipamento, com isso precisa ter um controle estipulado pela própria equipe para trocas e reparos (KARDEC e NASCIF, 2009).

Resumindo, de acordo com Kardec e Nascif (1999), a adoção da prática de manutenção preventiva deve ser recomendada nos seguintes aspectos:

1. Manutenção preditiva é impossível.
2. Segurança está em risco.
3. Oferece riscos ao ambiente.

Logo, esse método é o melhor quando há maior simplicidade da reposição de equipamentos e os custos de parada forem muito altos e com isso as falhas prejudicarem a produção, tanto de aspectos de volume e qualidade (SILVA, 2014).

2.2.1.3 MANUTENÇÃO PREDITIVA

Para Otani e Machado (2008), manutenção preditiva é aquela manutenção que realiza acompanhamento de variáveis e parâmetros sobre as máquinas e equipamentos, têm-se como principal finalidade garantir por meio de análises o melhor e correto momento para a realização da intervenção nos equipamentos, para que desta forma, diferentemente da corretiva e preventiva, aproveitar o máximo do ativo.

O termo preditivo vem de predizer, no caso predizer as condições dos equipamentos, que por consonância trabalha para garantir a máxima disponibilidade dos equipamentos e/ou sistemas (KARDEC e NASCIF, 2009).

Silva (2012), traz uma reflexão de que este método de manutenção na planta, reduz de forma significativa os números de manutenções corretivas e preventivas, e com isso esclarece que os principais benefícios desta metodologia para manutenção é que vai diminuir ou até mesmo findar execução de atividades de preventiva desnecessárias, garantir que vai haver uma maior segurança operacional, diminuição de quebras e além disso a diminuição de custos.

E isso pode se refletir a partir de Brito (2002), que aponta que uma empresa que atua com a manutenção preditiva, vai resultar em reduções de 2/3 de paradas inesperadas do processo produtivo e 1/3 com os gastos de manutenção.

Por fim, a técnica de manutenção preditiva Kardec e Nascif (1999), para a adoção é necessários alguns pontos:

1. Quando peça ou equipamento permitir o monitoramento.
2. O custo do equipamento é muito elevado, fazendo com que sua manutenção compense.
3. Seja possível um planejamento de análises e diagnóstico.
4. As folhas dos equipamentos possam ser monitoradas.

Em Resumo, a manutenção preditiva vai trazer como benefício a redução de prazos e custos da manutenção, maior previsibilidade das falhas e com maior antecedência e como fator principal a melhoria nas condições de operação dos equipamentos (MIRSHAWKA, 1991).

2.2.1.4 MANUTENÇÃO DETECTIVA

A manutenção detectiva é o método de manutenção que atua em sistemas de proteção ou comando, que busca detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal da operação e manutenção. Á medida que os sistemas de automatização são aumentados nas operações fabris, o mais importante é garantir a confiabilidade dos sistemas (XAVIER, 2003).

Na década de 90, a manutenção detectiva começou a ser mencionada na literatura e é definida como: “atuação efetuada em sistemas de proteção, comando e controle, buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção” e com base nisso entende-se que este modelo consiste em verificações do sistema, fazendo isso por meio de especialistas preparados, que no caso, não tira nenhum equipamento de operação, que tem a capacidade de detectar falhas ocultas e podem corrigir a situação com o próprio equipamento/sistema operando, sem afetar a produtividade da organização (KARDEC e NASCIF, 2009).

Em resumo, a manutenção detectiva é especialmente importante para uma organização, quando a mesma tem um alto nível de automatização dos seus sistemas e o processo é crítico e não suporta falhas (COSTA, 2013).

2.2.1.5 TPM – MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL

A metodologia surgiu na década de 70, com o foco totalmente voltado para a qualidade e confiabilidade, sendo está a primeira vez que dentro da manutenção o termo qualidade entra no foco.

Neste método de trabalho de manutenção, já se encontra a 4° geração da manutenção, essa metodologia visa como principal aspecto aproximar os gestores e diretores na implementação e execução de uma boa gestão da manutenção (NAKAJIMA, 1989).

De acordo com Kardec e Nascif (2013), a TPM tem como objetivo a eficácia da empresa com a qualificação das pessoas e com isso melhorar o funcionamento e execução dos equipamentos. Isso no caso entendia como agregar atividades importantes na manutenção para operadores de máquina, sendo elas: limpeza, inspeção e autogestão.

Souza (2004), demonstra pontos cruciais para o desenvolvimento do método, sendo que a TPM, dirigiu-se o foco e atenção para reduzir custos durante todo o período de via, que fez de uma forma que culminou na combinação de técnicas preventivas com preditivas para que dessa forma trouxesse melhorias sustentáveis para os equipamentos, e também por finalidade para a organização.

Como base de entendimento, Nakajima (1989) e Moraes (2004), descrevem em oito pilares este método de forma fundamentada para que tenha um padrão em sua estruturação, sendo eles:

1. Pilar da melhoria focada – Através de métodos analíticos garantir que o processo conheça e elimine todas as suas perdas no processo.
2. Pilar da manutenção planejada – Redução de custos da manutenção, através de atividades de melhoria contínua e gerenciamento da manutenção.
3. Pilar da gestão antecipada – a partir dos conhecimentos adquiridos, antecipar o futuro, e assim introduzir novos projetos para melhorar requisitos que afetam a manutenção, como: velocidade, tempo, custo, qualidade, entre outros.
4. Pilar do treinamento e educação – desenvolver habilidades e conhecimentos para todos os envolvidos no meio produtivo, para que desta forma suporte todos os demais pilares.
5. Pilar da manutenção autônoma- Conseguir lidar prontamente com anomalias dentro do sistema, dessa forma agindo de forma rápida para manter as condições ideais de funcionamento.
6. Pilar da manutenção de qualidade – capacidade para garantir a qualidade do produto, equipamento com zero defeitos de qualidade, mantendo assim condições ideais de métodos, pessoas, equipamentos e materiais.
7. Pilar da melhoria de processos administrativos – Identificação e eliminação de perdas administrativas, geralmente reduz o tempo e aumenta a qualidade das informações necessárias para a manutenção atuar de forma correta.
8. Pilar da segurança, saúde e meio ambiente – Zero acidentes, sendo eles sem danos pessoais, ambientais e materiais, com isso é preciso garantir a partir de equipamentos confiáveis, prevenção do erro humano e sem agressão ao meio ambiente.

Visto estes aspectos relacionados aos pilares, Kardec e Nascif (2009), traduzem de forma concisa como e quais medidas devem estar atentos para obter a política real de “Quebra Zero”. Que foram traduzidas nos seguintes tópicos.

- Estruturação das condições básicas para operação
- Obediência as condições de uso
- Reestruturação aos envelhecimentos dos equipamentos.
- Corrigir anomalias do projeto inicial.

- Incrementar capacidade técnica na equipe.

Por fim, o foco da metodologia TPM, tem como ponto focal a capacitação dos meios para atingir o fim, em resumo entender o contexto do equipamento, a ponto de garantir que todos os stakeholders envolvidos para a entrega da capacidade requerida do equipamentos, esteja presente, para que dessa forma atinja o objetivo principal, que é a confiabilidade do sistema produtivo (COSTA, 2013).

2.2.1.6 ENGENHARIA DA MANUTENÇÃO

Segundo Kardec e Nascif (2009), a Engenharia de Manutenção busca por finalidade "buscar *benchmarks*", perseguir técnicas modernas, se nivelar com a manutenção de primeiro mundo. Como prática disso, o foco principal é em quatro pontos:

1. Aumentar a confiabilidade;
2. Aumentar a disponibilidade;
3. Garantir a segurança;
4. Garantir a capacidade de manutenibilidade;

Com estes pontos, uma série de fatores deve ser trabalhados pela equipe de engenharia dentro da manutenção, com isso eliminar problemas crônicos, solucionar desafios tecnológicos, melhoria na gestão do pessoal, materiais e sobressalente, realização de novos projetos e dar suporte à execução, realizar estudos de falhas e análises, elaborar planos de manutenção, analisar criticamente indicadores e acompanha-los, visto isso sempre prezando pela estratificação técnica e documentada. (KARDEC e NASCIF, 2009).

A Engenharia de Manutenção é a mudança cultural na empresa, está associada com a consolidação de uma rotina e principalmente por implantar melhorias. Como Kardec e Nascif (2009), retrata que a engenharia é a segunda quebra de paradigma dentro da manutenção, a primeira sendo a transição de manutenção preventiva para preditiva, e agora a tendência de visionar a manutenção de forma analítica, entendendo operações, estabelecendo parâmetros e, contudo, trazendo o contexto de gestão para o meio de trabalho.

A empresa que está trabalhando com engenharia de manutenção não está apenas estabelecendo padrões e garantindo disponibilidade para equipamentos, e sim está alimentando uma estrutura de dados e informações sobre manutenção e que irão permitir entender contextos diferentes no futuro, desta forma antecipando o futuro e agindo de forma mais coerente ao contexto necessário (KARDEC e NASCIF, 2009).

2.2.2 GESTÃO DA MANUTENÇÃO

A gestão da manutenção se inicia com o objetivo e em sua concepção na definição, que é um conjunto de ações coordenadas, decisões e definições estratégicas, sobre todos os aspectos que se devem possuir, utilizar, coordenar, controlar e executar com os recursos que de fato foram fornecidos e estão sobre a função de manutenir e fornecer serviços especializados no âmbito de manutenção (SOUZA, 2008).

Com base na visão de Nunes & Valladares (2008), a função de gerenciamento da manutenção deve-se atentar para três clientes, que são eles:

- Os proprietários dos ativos – Neste caso busca o retorno financeiro, ali empregado (ROE).

- Os usuários dos ativos, que a expectativa é que eles mantenham um padrão esperado de desempenho e funcionamento, garantindo assim a disponibilidade e logo em seguida a sua confiabilidade.

- A sociedade, neste ponto visa colocar o ponto de encontro na qualidade dos produtos, e ao mesmo modo, esperando que os ativos não falhem, garantindo assim um cenário de segurança e sem riscos para o meio ambiente.

A gestão dentro da manutenção ao se considerar atividades em um processo de produção, necessita de algumas ferramentas como: FMEA, Qualidade total, PDCA, sistema de informatização, no entanto são apenas métodos que auxiliam no controle, procedimentos e métodos analíticos para prevenção de falhas, com isso não afetam de forma direta o meio organizacional e sim são meios para atingir padrões elevados de manutenção (WANG; MAJID, 2000).

Tendo em vista que as técnicas e métodos de manutenção são um ambiente amplo de discussão, porém, nenhuma modalidade substitui a outra, eles se conversam e em alguns pontos até mesmo se convergem, porém não há substituição uma da outra, com isso, as metodologias devem ser associadas de modo que tragam melhorias significativas para dos equipamentos e não só melhoria e sim resultado. Neste panorama, entende-se que é papel da gestão da manutenção entender e garantir o exercício da função de gerir a manutenção, visto que a gestão, entende-se que buscar as causas, melhorar e estabelecer padrões e sistemáticas, modificação de situações de mau desempenho, desenvolvimento da manutenibilidade, na intervenção das compras e projetos (ARAÚJO E SANTOS, 2008 apud NETTO, 2008).

2.2.3 INDICADORES DE MANUTENÇÃO

Segundo Kardec e Nascif (2009), a missão da manutenção é garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações com o intuito de atender a produção e/ou serviço, com confiabilidade, segurança, preservação do meio e custo adequado.

Com isso Confiabilidade, disponibilidade e manutenibilidade são termos integrantes da gestão da manutenção.

Para entender o contexto de indicadores dentro da manutenção, estes três termos são pilares para entendimento dos demais indicadores.

2.2.3.1 INDICADORES DE DISPONIBILIDADE

Para a ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (1994), definiu a disponibilidade como "Capacidade do item estar em condições de executar certa função em dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado".

Viana (2006), elucida os indicadores e com isso entende-se a sua compreensão;

- Disponibilidade Operacional ou Geral: É a capacidade do item estar em condições de uso para executar sua função durante um intervalo de tempo determinado. Matematicamente é a relação entre o tempo que o equipamento ficou disponível para uso dividido pelas horas totais no período, sendo o cálculo: (Horas calendário – Horas manutenção)/Horas calendário.

- Disponibilidade Inerente: É a disponibilidade de estado estável quando se considera apenas o tempo de inatividade do equipamento por paradas para manutenção corretiva. Matematicamente o cálculo se dá por: MTBF / (MTBF + MTTR) X 100.

2.2.3.2 INDICADORES DE CONFIABILIDADE

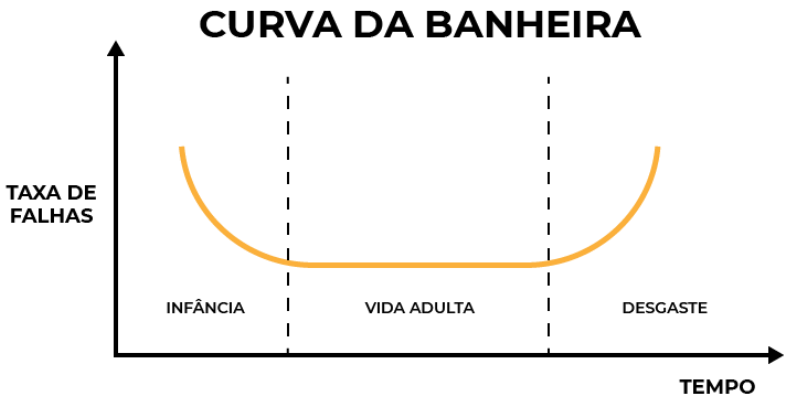
O termo confiabilidade é tratado nos meios de manutenção desde a década de 50, nos Estados Unidos, desde lá o termo está empregado no âmbito industrial e tem como característica primordial que é a capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas (NBR 5462, 1994).

Entendendo-se do contexto de relacionar os indicadores a confiabilidade do meio, é necessário entender, o contexto e a fase da vida do equipamento em estudo.

O gráfico da “curva da banheira”, é composta por três fases, é a representação da taxa de falhas de acordo com o tempo de vida do equipamento, instalação.

A primeira fase, é a fase da infância, onde está retratado as falhas de origem, muito delas relacionados a projeto. A segunda fase é a fase da vida adulta, onde as falhas acontecem de modo aleatório e com menor frequência. A terceira fase, é a fase do desgaste, em que o tempo de vida útil do item em questão está na iminência de parar, com isso sua taxa de falhas são altas (KARDEC & NASCIF, 2009), na Figura 4 encontra-se a representação da curva da banheira demonstrando como se dá o período de vida útil de um equipamento, instalação ou componente.

Figura 4 – Curva da banheira



Fonte: Revista da manutenção (2022)

Tratando este aspecto de confiabilidade os indicadores de manutenção que se relacionam diretamente com o termo são eles para Viana (2006):

- MTBF (*Mean Time Between Failures*) ou TMPF (Tempo Médio para Falhar): como o próprio nome já traduz, é o tempo em que um equipamento demora em média para falhar, matematicamente é a divisão da soma das horas disponíveis do equipamento pelo número de intervenções corretivas neste equipamento no período determinado. O MTBF é um indicador em que a gestão da manutenção busca aumentar o indicador, pois com o aumento, reflete que os equipamentos estão demorando mais para falhar, logo garantindo uma maior confiabilidade do sistema de manutenção. O cálculo é realizado por: Tempo total de equipamento disponível/número de falhas.

- MTTR (*Mean Time To Repair)* ou TMPR (Tempo Médio para Reparo): da mesma maneira do anterior, o nome já é traduzido, é o tempo médio em que um determinado equipamento demora para ser reparado. O cálculo matemático é a divisão entre a soma das horas indisponíveis do equipamento devido a manutenção, pelo número de intervenções corretivas no período. O MTTR é um indicador que a busca pela melhoria é diminuir com o passar do tempo, diminuindo o MTTR, é um sinal positivo para a manutenção. O cálculo é feito por: tempo gasto realizando manutenção/número de falhas.

- OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) – é o indicador que mede a eficiência global dos equipamentos e linhas de produção, o cálculo do OEE, se dá pela fórmula de: Disponibilidade x Qualidade x Produtividade.

2.2.3.3 INDICADORES DE MANUTENIBILIDADE

Segundo Monchy (1989), a manutenibilidade é a probabilidade do equipamento se reestabelecer as condições especificas a um sistema, em limites de tempo de desejado. Com base nisso alguns indicadores traduzem bem o conceito de manutenibilidade.

Viana (2006), traz pontos como:

- *Backlog* – é a relação entre demanda de serviços e a capacidade de atendimento aos serviços prestados, este indicador, além de mostrar como está a capacidade de manter os equipamentos, pode refletir em problemas também de ociosidade com o superdimensionamento da equipe ou também a falta de mão de obra.

- Índice de retrabalho: é o percentual de horas que foram trabalhadas em ordens encerradas, reabertas, em relação ao total trabalhado no período.

- Custo de Manutenção – O ponto focal da discussão ao traduzir o custo como um indicador de manutenibilidade é que é como a estratégia da manutenção se adequa ao que é exigido para manutenção em reparos. É a relação simples entre gastos totais com a manutenção e o faturamento da companhia.

2.3 ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DA MANUTENÇÃO

Definir a estrutura organizacional da manutenção não ser uma padronização é algo relativamente fácil de se entender, devido ao fato de que as organizações são distintas e a manutenção é praticada nas mais diferentes empresas e atividades. Todavia a construção da

filosofia básica é a mesma e algumas relações estruturais e/ou organizacionais permanecem semelhantes entre elas (Kardec e Nascif, 2009).

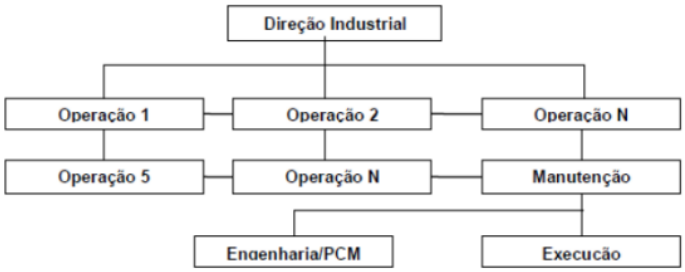
Ao definir uma forma de atuação da manutenção, as organizações podem se distinguir em três diferentes tipos: Centralizada, descentralizada e mista (SOUZA, 2008). As organizações além distinguir na forma de atuação também é orientada por meio de decisões e de planejamento, que são entendidos como níveis: estratégico, tático e operacional (TAJRA, 2008).

Ao entender que as manutenções de empresas atuam em consonância a estratégia, ao entender os tipos de organizações vemos uma mudança relativamente no nível de decisão.

- Manutenção centralizada, é composta de um único órgão de manutenção, sendo composto por apenas por órgãos com níveis operativos idênticos e que atenda a qualquer tipo de intervenção, para qualquer setor demandado (SOUZA, 2008). Corroborando com isso, a manutenção centralizada é em sua grande maioria vivenciada por pequenas e médias empresas e também indústrias que por suas características de *layout*, concentra uma boa parcela dos seus equipamentos em uma área relativamente pequena, é o exemplo de empresas que tenham o foco em produção em massa e que há pouca variedade e grande volume, exemplos como petroquímicas, cimento, papel e celulose, entre outros (KARDEC e NASCIF, 2009).

Na figura 5, encontra-se esquematizado como se processa uma estrutura de manutenção centralizada.

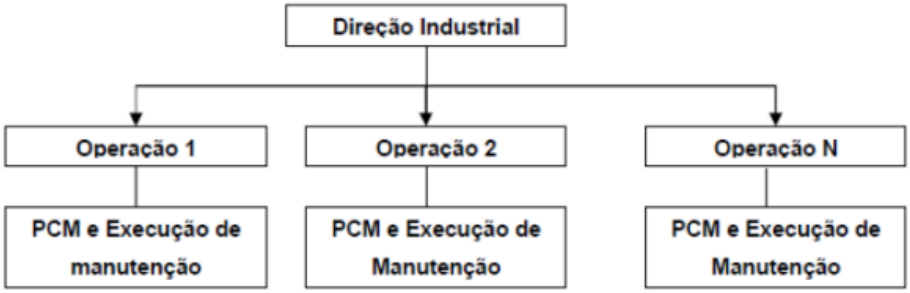
Figura 5 – Estrutura da manutenção centralizada



Fonte: Souza (2008).

- Manutenção descentralizada como apresentada na figura 6, apresenta um modelo com que cada parte do processo ou área da empresa tenha uma equipe de manutenção que seja responsável pelo planejamento e execução de todas as atividades correlacionadas (SOUZA, 2008), esta predomina empresas de grande porte, devido as distâncias entre áreas e processos, pode-se ver o modelo para a manutenção descentralizadas.

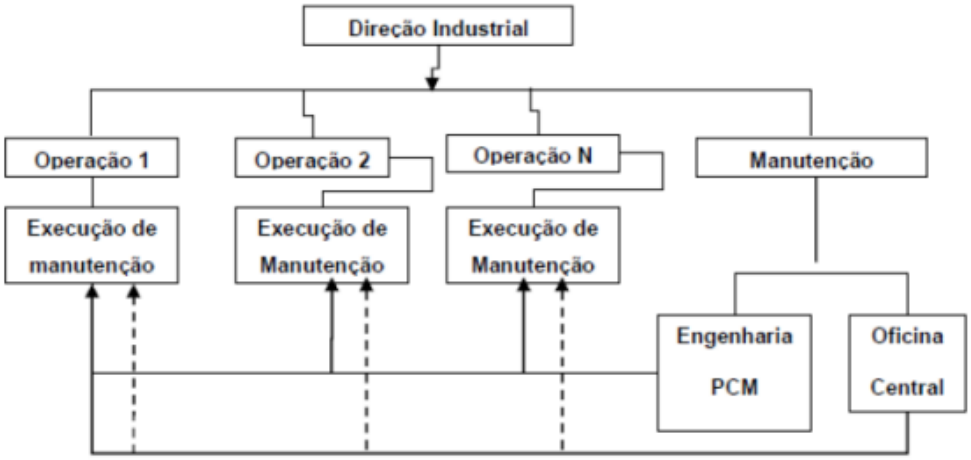
Figura 6 - Estrutura manutenção descentralizada



Fonte: Souza (2008).

- Manutenção Mista, combina as duas especificações de estrutura organizacional de manutenção anteriores, é um modelo que oferece autonomia para cada área do processo para realizações cotidianas e ao mesmo tempo é gerida por um mesmo órgão, isso atua de forma positiva trazendo uma padronização do planejamento e métodos de controle (SOUZA, 2008). Sua aplicação se dá de forma positiva em plantas grandes e muito grandes, pois traz as vantagens da estrutura centralizada e descentralizada (Kardec e Nascif, 2009). A figura 7 relata a estrutura de manutenção mista.

Figura 7- Estrutura da manutenção mista



Fonte: SOUZA (2008).

Considerando os exemplos de estrutura de manutenção, existe uma tendência de migração para estruturas organizacionais mistas, pois com o contexto cada dia maior de globalização, automatização, a flexibilidade passa a ser um fator decisório multicritério dentro de organizações, pois com essa estrutura é adequada para grandes indústrias, além de garantir vantagens competitivas (ABRAMAN, 2013).

2.4 GESTÃO DE ATIVOS

Como a manutenção têm se tornado uma parcela importante de cada organização, quando se vê os dados com custos de manutenção o aumento a cada ano, e além disso a tendência de aumento ainda maior (ABRAMAN, 2015).

As empresas mais desenvolvidas quando se trata do assunto de gerir uma manutenção, tratam o ato de manutenir equipamentos, não como atividades paralelas e sim como atividades correlatas ao processo produtivo, e suas ações são provenientes da Gestão de ativos, que se baseia em metodologias que se baseia em confiabilidade de sistemas (GUEDES, 2017).

O IAM – *Institute of Asset Management* (2011), defini gestão de ativos como a ciência de tomar decisões corretas e garantir com que os processos sejam aperfeiçoados para que ganhe com a minimização dos custos dos ativos, durante todo o período de vida útil do equipamento.

Kardec e Nascif (2012), apontam que o gerenciamento dos ativos físicos é um problema complexo e de abordagem sistematizada, pois tem como finalidade de otimizar as decisões de manutenção alinhadas com os objetivos da empresa é necessária, ponto que vem de encontro a estar contemplado pelo planejamento estratégico da organização.

Com base em aspectos metódicos, para que gestores possam conseguir otimizar o valor de ciclo de vida dos ativos, quatro aspectos decisórios devem ser levados em consideração (TSANG, 2006):

- Substituição de componentes;
- Substituição de equipamentos;
- Procedimentos de inspeção;
- Necessidade de recursos;

> Para que organizações de manutenção desempenhem um papel fundamental na cadeia de resultados de uma organização, a busca das empresas deve ser retratada no alto nível de qualidade, entrega em tempos adequados, eliminação de riscos e contaminação (WAGNER, 2014).

2.4.1 ISO 55000

Segundo a norma ABNT NBR 55000, do ano de 2014, a gestão de ativos envolve uma série de fatores, como o equilíbrio dos custos, riscos e oportunidades a respeito do desempenho

desejado para os equipamentos e instalações. Para isso tem se a necessidade de determinar de forma apropriada quais ativos físicos adquirir ou criar, saber operá-los da forma correta, e mantê-los da melhor maneira, além disso, adotar opções de renovações, descarte e restauração (ABNT, 2014).

Visto que a gestão de ativos é uma atividade disposta com uma organização para qual é capaz obter valor através dos ativos (ABNT, 2014). O trabalho para que se estabeleça valor a partir de ativos é complexa e demanda de uma disciplina multidisciplinar, pois é necessário ter processos bem estabelecidos e controlados, recursos humanos bem treinados, gerenciamento eficaz da informação, integração entre áreas técnicas e gerenciais, e por fim uma liderança comprometida (LIMA e COSTA, 2019).

A ISO 55000, estabelece uma normativa onde que para obter a certificação é necessário atender a diferentes critérios estabelecidos, que são: informações básicas dos ativos, plano de gestão de risco, plano operacional, plano de manutenção de equipamentos, plano de recapitalização, plano de capital e plano de descarte (LIMA e COSTA, 2019).

Para se construir um plano de gestão de ativos eficientes com embasamento na normativa ISO, é preciso uma série de fatores dentro das organizações para que com base nos critérios citados acima possa atingir um contexto de eficiência para obter o certificado, pois precisa equilíbrio de desempenho em todos os ativos, custos dimensionados e acompanhados e riscos medidos e trabalhados (COELHO, 2015).

Á partir dessa discussão, o sistema de gestão de ativos tem uma importância para que os objetivos estratégicos sejam atingindo, existem como forma de regulamentação nacional, três normas distintas ABNT NBR ISO 55000, ABNT NBR ISO 55001, ABNT NBR ISO 55002.

Essas normas para atuação no gerenciamento de ativos se comportam da seguinte maneira:

ISO 55000 – Introduzir a visão geral das gestões de ativos e as terminologias que devem ser trabalhadas.

ISO 55001 – Apresenta os requisitos necessários em um sistema de gestão de ativos.

ISO 55002 – Apresenta uma maneira mais prática de abordagem de como as organizações podem se adequar aos requisitos necessários.

2.4.2 METODOLOGIA SIGA (SISTEMA INTEGRADO DE GESTÃO DE ATIVOS).

Esta metodologia é baseada nos estágios de um sistema de gestão da manutenção, que são divididos em camadas em uma pirâmide e traz consigo a forma que uma organização pode crescer de forma ordenada, buscando melhoria contínua e com foco no resultado (WIREMAN, 2003).

Segundo Wireman (2003), para entendimento do método é necessário compreender os *input* e *output* do processo. Os *inputs* são os ativos que necessitam de manutenção e os *outputs* são ferramentas gerenciais a partir da determinação do processo, para que desta forma atua de maneira organizada em demais processos, como será retrata a cada estágio da pirâmide que se encontra na figura 8:

Figura 8- Pirâmide da Gestão de manutenção

Fonte: Adaptado de Drumond (2004).

2.4.2.1 MANUTENÇÃO PLANEJADA

Manutenção planejada é a estruturação da manutenção do dia-a-dia, tudo o que envolve planejamento, programação, padronização, gestão de materiais e serviços (WIREMAN, 2003).

Conforme abordado na pirâmide, os conceitos na base da pirâmide são eles:

- Organização da manutenção– Nesta parte busca construir uma estratégia corporativa de manutenção que leve em consideração a importância de cada equipamento dentro do processo produtivo.
- Planejamento estratégico – Construção das estratégias de planejamento e programação das tarefas de manutenção, pensando na maneira de garantir a maior disponibilidade e aumento da confiabilidade dos ativos.
- Priorização da manutenção – Busca entender os procedimentos, construir normas e treinar. É a fase que busca executar e revisar os trabalhos dentro da manutenção.
- Manutenção preventiva – Série de tarefas técnicas que devem ser executadas nos equipamentos, como forma de reduzir a probabilidade de falhas e avarias.
- Planejamento – Planejar o contexto estratégico, analisando assim, como se dar o planejamento semanal, mensal e anual, a fim de verificar programação de serviços, integrar com o plano de produção e até mesmo garantir reformas e projetos de melhoria.
- Gestão de materiais e serviços – Estabelecimento de um processo de gestão de materiais que estejam diretamente ligados com a estratégia de manutenção por classe de ativos de acordo com criticidade dos equipamentos e itens.
- Engenharia da manutenção – Organização dos papeis e responsabilidades da equipe, ritos de gestão e monitoramento dos itens de controle de performance.
- Gerenciamento das informações – Entendimento das informações, dados de parada, sistema de gerenciamento de ordens de serviço, acompanhamento de metas e indicadores.
- Análise de desempenho – É o processo de monitorar parâmetros de condições em máquina com a finalidade de identificar falhas em desenvolvimento.

2.4.2.2 MANUTENÇÃO PROATIVA

Manutenção proativa são técnicas preventivas e preditivas, com o intuito de otimizar o processo de manutenção e redução nos eventos de falhas, é usar a previsibilidade de falhas de acordo com o histórico (DRUMOND, 2004).

Conforme abordado na pirâmide, os conceitos de manutenção proativa da pirâmide são eles:

- Desenvolvimento de habilidades técnicas – É a gestão do conhecimento e conhecer as competências desejadas e necessárias para o desenvolvimento das atividades de manutenção, com base nisso atuar com plano de treinamentos para abranger habilidades técnicas, gestão e habilidades comportamentais.
- Manutenção preditiva – É o conjunto de técnicas de inspeção de equipamentos que possibilita a identificação de falhas e defeitos.
- Melhoria contínua – É o monitoramento da manutenção e identificação dos problemas com maior rapidez e atuar de forma precisa, muita das vezes, realizando ações ver e agir nos equipamentos.
- Análise de confiabilidade – É a maneira de verificar a possibilidade de haver falhas, entender o contexto de cada equipamento e traçar plano a partir das análises para diminuir o risco de falhas.

2.4.2.3 EXCELÊNCIA ORGANIZACIONAL

A excelência organizacional é o atingimento de um controle adequado de processos, e assim tem um controle do trabalho de forma estruturada e com isso ocorre uma descentralização de atividades (DRUMOND, 2004).

Conforme abordado na pirâmide, os conceitos no terceiro nível da pirâmide são eles:

- Gestão de aquisições – é a estratégia de ativos, é a manutenção atuando baseando-se em análises de risco, e assim fazendo e controlando aquisições de forma estratégica, buscando a melhor performance e menor custo.
- Integração manutenção e operação – Panorama que reflete
- Manutenção autônoma – Nível em que os próprios operadores, se sintam responsáveis pela conservação e performance dos equipamentos e instalações.

2.4.2.4 ENGENHARIA DE CONFIABILIDADE

A engenharia da confiabilidade é o trabalho feito para garantir o foco no aumento de confiabilidade dos equipamentos e analisar ciclo de vida dos ativos (DRUMOND, 2004).

Conforme abordado na pirâmide, os conceitos na penúltima etapa da pirâmide são eles:

- Engenharia de confiabilidade – A engenharia de confiabilidade busca por meio de técnicas e métodos, como por exemplo: RCM, MCC, CDM, trazer para a gestão da manutenção uma confiabilidade intrínseca ao projeto e assim garantir o desempenho, disponibilidade e qualidade do processo produtivo.

- Gestão de riscos operacionais – É o trabalho feito para garantir a padronização dos equipamentos nos quesitos performance e qualidade, os pontos de apoio focal dessa gestão é analisar o ciclo de vida útil e assim entender como priorizar e dar criticidade a ativos.

2.4.2.5 EXCELÊNCIA OPERACIONAL

É a coordenação inerente de atividades do SIGA, com foco principal no resultado da organização, fazendo integração com os ciclos de planejamento estratégico. Essa fase se torna dependente de forma direta da confiabilidade dos equipamentos, pessoas e sistemas (WIREMAN, 2003).

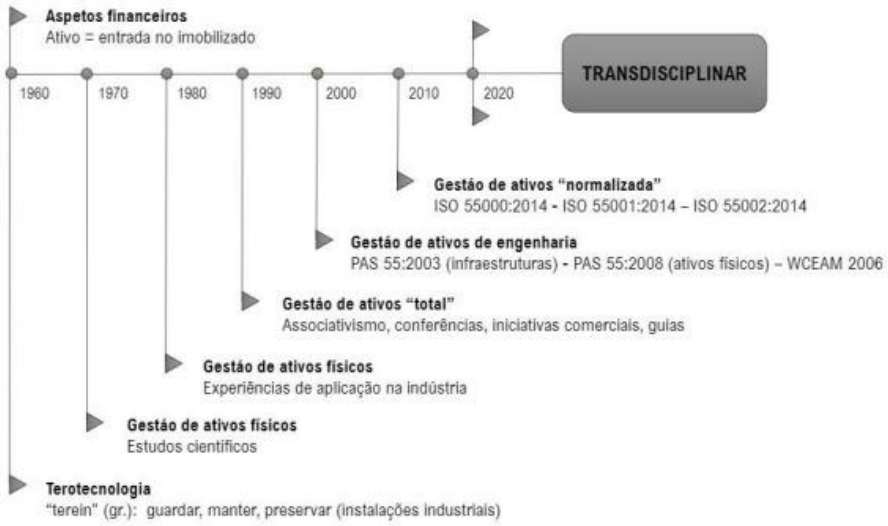
2.5 TEROTECNOLOGIA

2.5.1 ORIGEM

A terotecnologia, tem como definição a tecnologia do "cuidar", os conceitos que envolve esse método começaram a ser introduzidos na década de 70, pela *British Standards Institute*. O termo em si vem como uma possibilidade de abranger todo o valor associado a um ativo durante todo o seu período de vida útil, com o foco principal em redução de custos.

A figura 9, retrata como foi o desenvolvimento do método a partir dos anos após a difusão da terotecnologia como uma prática de manutenção.

Figura 9 - Evolução da terotecnologia até os dias atuais



Fonte: ABRAMAN (2021).

O Conceito principal dentro da terotecnologia é englobar a gerência econômica com a gerencia de tecnologia, para demonstrar a finalidade e importância do custo de vida dos equipamentos para a organização (BRANCO FILHO, 1996).

O principal ponto da terotecnologia, é demonstrar com uma base de fatos e dados que a manutenção das empresas deve transcender o ciclo de focar apenas na eficiência e fazer como que as gestões de manutenção se tornem eficazes, mudando este paradigma que é enraizado no contexto de manutenção (KARDEC e NASCIF, 2009).

2.5.2 MCC – MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE

A manutenção centrada na confiabilidade (MCC), ou também conhecida como RCM (*Reliability Centered Maintence*), é descrita como uma estratégia de manutenção que engloba diversas áreas e técnicas de engenharia, com a finalidade de manter o desempenho de ativos, realizando o que sua função é especificada (OLIVEIRA e CAVALCANTE, 2020). As vantagens da aplicação do MCC na estratégia de manutenção são redução de custos em reparos, substituições, diminuição de paradas produtivas, porém uma vantagem que ressalta o olhar de gestores é a facilidade de implementação, pois é um método que se baseia em normas já definidas (PINTO, 2009).

O MCC, é sustentado através de 7 pilares, que são eles:

I. Ações que podem ser realizadas para prevenir e impedir cada falha;
II. Consequências geradas para cada eventual falha;
III. Formas as quais cada falha interessa;
IV. Modos em que os equipamentos podem falhar no comprimento de suas funções;
V. Motivos para cada falha funcional;
VI. Medidas que podem ser tomadas na ausência de uma ação preventiva apropriada;
VII. Funções e padrões de desempenho esperados para os equipamentos da organização;

De acordo com Pinto (2009) para a implementação do MCC, é necessário que 9 procedimentos sejam cumpridos, sendo eles: Seleção de comitê e equipes de trabalho, capacitação em MCC, estabelecimento de critérios de confiabilidade, estabelecimento de base de dados, aplicação da FMEA e classificação dos componentes, seleção de atividades

manutenção pertinentes, documentação de atividades de manutenção, criação de metas e indicadores e concluindo a revisão do programa de MCC.

2.5.3 MCM – MANUTENÇÃO CLASSE MUNDIAL

A manutenção classe mundial (MCM) ou *World Class Maintenance* (WCM), traduz a intenção de aumentar o nível da qualidade da empresa no que se refere de manutenção (LAMEIRINHAS, 2022).

A manutenção classe mundial além de ser o conceito que aborda a qualidade como motivação para garantir o desempenho, pontos relevantes de se ressaltar é a proposta de elevação dos níveis de produtividade e eficácia, buscando trazer a melhoria contínua como pilar para a boa estratégia (KARDEC e NASCIF, 2002).

Esta abordagem é um pensamento com a visão de futuro, com isso o uso de indicadores é essencial, devido ao fato de que conceitos se tornam números e neste modelo acaba sendo possível mensurar e analisar oportunidades (KUPFER, 1992).

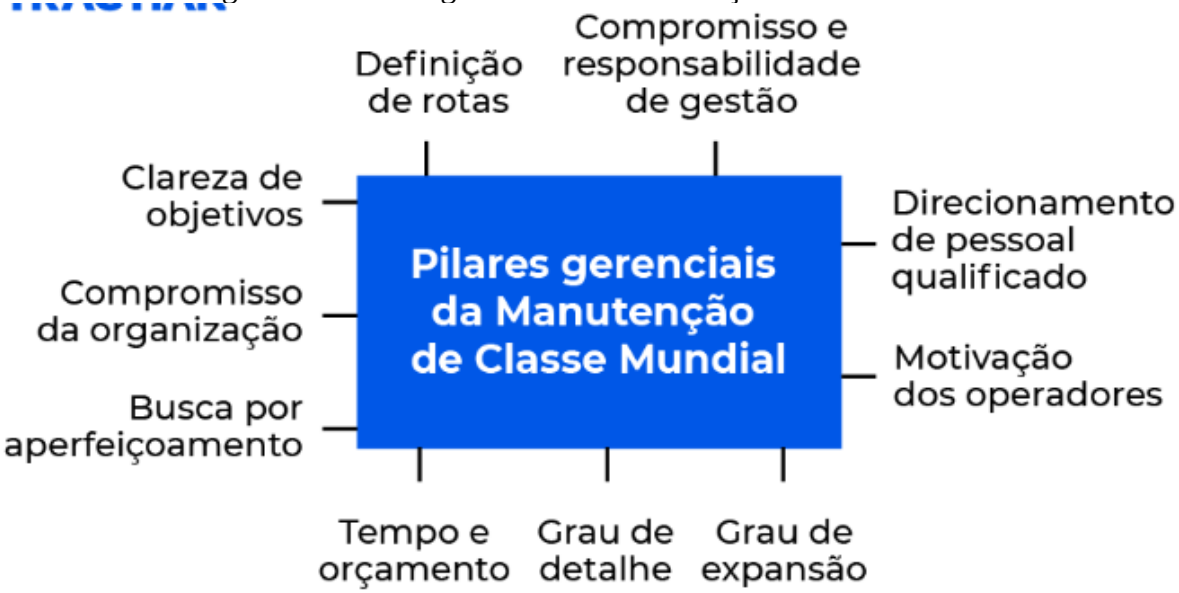
A parte chave do MCM, é a liderança, as ações são trabalhadas por meio da liderança ao desenvolver a equipe para que desta maneira atinja a qualidade do produto, por este motivo, pilares técnicos foram estabelecidos para uma boa implementação de uma manutenção de classe mundial, que são eles como relatado na figura 10.

Figura 10 - Pilares da manutenção de classe mundial

Fonte: Tractian, (2022).

Além dos pilares técnicos, pilares gerenciais precisaram ser definidos e determinados, como é identificado na figura 11.

Figura 11 - Pilares gerenciais da manutenção de classe mundial



Fonte: Tractian (2022).

Recapitulando, a manutenção de classe mundial busca trazer processos já evidenciados por meio da busca de entrega de qualidade para os produtos e processos, como é corroborado que a mudança da manutenção é constante, contudo, são pensamentos e paradigmas diferentes, os métodos estão ali para ser trabalhado em conjunto e assim traduzir a manutenção em performance, qualidade e eficácia (KARDEC e NASCIF, 2002).

3. DESENVOLVIMENTO

Este capítulo tem como objetivo principal apresentar e demonstrar a gestão da manutenção adotada pela empresa em estudo. Além disso, busca-se, por meio dos tópicos abordados no referencial teórico, evidenciar o esforço realizado para aprimorar a gestão da manutenção, tornando-a um meio mais eficaz para garantir resultados gerenciais adequados.

O presente estudo foi estruturado com base na metodologia SIGA, onde conseguimos evidenciar algumas tratativas para os diversos processos que envolve um setor de manutenção.

3.1 DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DO PROJETO

O princípio fundamental deste projeto foi pautado na Metodologia SIGA, onde a cada passo que se dava na estrutura da pirâmide da gestão da manutenção, são etapas que a medida que são feitas, evidencia problemas que em cada fase são sanadas e à medida que a pirâmide é concluída a fase principal que é o controle total da gestão dos ativos é realizada de forma automatizada, e com isso erros humanos e de gestão são cada vez menores dentro de um setor de manutenção da empresa, o intuito é mostrar os problemas enfrentados, os padrões estabelecidos (critérios, normas a serem seguidas, recursos a serem utilizados) e por fim os resultados alcançados.

3.2 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SIGA

Como visualizado na pirâmide da gestão de manutenção esclarecido anteriormente na parte de referencial teórico, o método segue 5 fases: Manutenção planejada, Manutenção Proativa, Excelência organizacional, Engenharia de confiabilidade e Excelência operacional, e dentro dessas fases será realizado as ações de melhoria especificadas, identificada para cada uma das etapas do SIGA.

3.3 MANUTENÇÃO PLANEJADA

Na fase de manutenção planejada será identificado e trabalhado em cima do planejamento do setor, como está se comportando, como são os indicadores e quais são analisados, como se dá a priorização na manutenção da indústria, a execução das manutenções preventivas, a estrutura e alinhamento de estratégia.

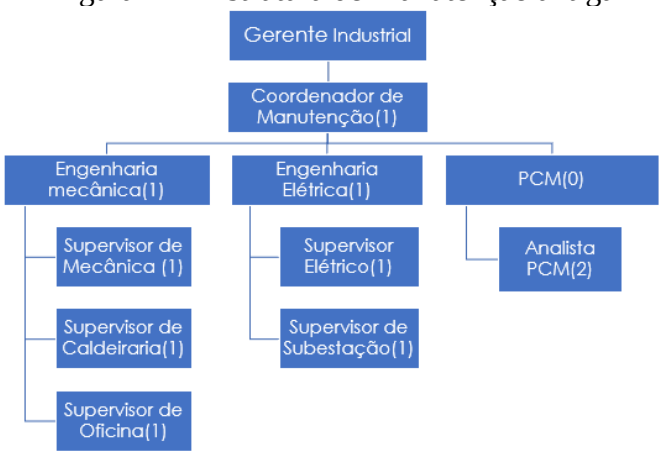
3.3.1 ORGANIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO

Conforme Hamel (1995), os principais intuitos da estrutura organizacional é fazer com que as pessoas colaborem efetivamente, comuniquem-se facilmente e tomem decisões de maneira ágil.

Visto isso, ao analisar a estrutura organizacional que havia no setor de manutenção quando se iniciou o processo de mudança e implementação da gestão de ativos e terotecnologia dentro do setor, notou-se que esses três pontos principais que foi citado não ocorria. Os colaboradores não conseguiam colaborar efetivamente pois não havia um processo bem definido, não existia uma comunicação harmoniosa devido ao fato de estar em uma estrutura centraliza, onde quem se toma as decisões não estava sempre presente e nem poderia colaborar efetivamente para que o processo ocorresse e por este motivo da estrutura ser centralizada, as decisões o mais simples que seja, dependia de muito desprendimento de tempo para que fosse tomada decisões e por conta disso gerava demora e muitas decisões quando deviam ser tomadas era por caráter de urgência o que influencia diretamente que as manutenções sejam corretivas.

Como dito anteriormente, era uma estrutura altamente centralizada. A figura 12 representa a estrutura no momento da implementação.

Figura 12 – Estrutura de Manutenção antiga



Fonte: Elaborado pelo autor.

Consonante ao mencionado anteriormente, a estrutura que estava em fluxo, não havia nenhuma ligação direta entre elas, acabava que o fluxo de informações e planejamento, não existia norte. Além disso alguns pontos foram observados, que culminaram para que realmente fosse definido que se alterasse a estrutura organizacional do setor, que são eles:

- Existia um baixo nível de liderança dentro do setor, isso devido ao fato de que todas as decisões dentro do setor deveriam ser passadas pelo gerente industrial.
- O gerente industrial, cuidava de outras quatro equipes, sendo elas: Produção, Qualidade, Utilidades e Projetos industrias, esses quatro além do setor de manutenção, logo não conseguia se dedicar ao ponto de garantir uma qualidade para que o setor funcionasse para obter-se resultados gerenciais positivos.
- A estrutura era pautada apenas para que se assumisse manutenções corretivas.
- O setor de Planejamento (PCM), não havia liderança, logo os dois analistas que atuavam na frente, tinham ordens de todos sem passar por um filtro.
- O setor de PCM, não havia um fluxo contínuo para realização de funções, logo faziam tudo, mas sem nenhum planejamento inerente.
- Não eram tratadas falhas na causa raiz, os problemas sempre persistiam em acontecer novamente, pois o tratamento era corretivo e não preventivo.
- Como o setor de manutenção era o segundo maior setor da empresa e além disso os custos da manutenção representavam quase 17% de todo o orçamento da empresa, deveria ser tratado com maior cuidado, necessitando de uma liderança ativa nos problemas e que ajudasse a minimizar os custos inerentes ao mal planejamento e cuidado com a gestão do setor.

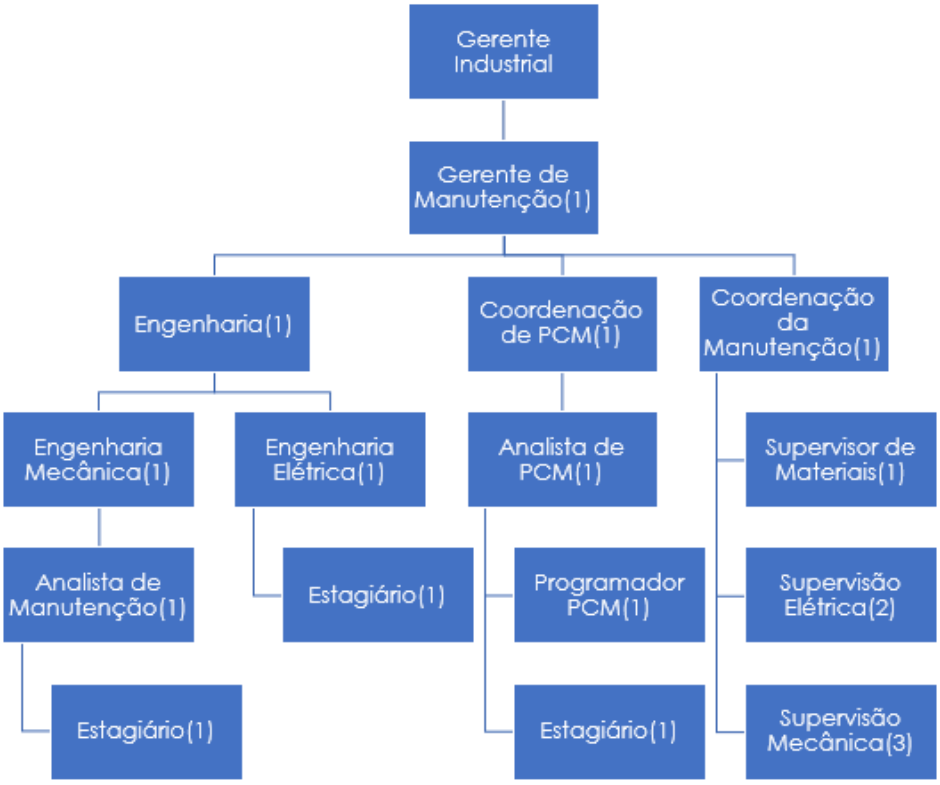
Desta forma, tomando como base os problemas identificados que foram identificados acima, para criar o modelo estrutural mais adequado para a realidade do setor, usou-se duas premissas fundamentais, que o setor de planejamento é fundamental para que melhore o desempenho do setor e que se deve definir funções baseadas para diminuir as manutenções corretivas e que aumente correções preventivas e preditivas.

Seguindo as premissas, a priorização foi: Lideranças dentro do setor, estrutura funcional para que haja foco em melhoria e manutenções preditivas e por fim que todos os setores dentro da manutenção sejam conectados, desta forma tornando uma manutenção de estrutura mista.

Deste modo a estrutura idealizada para o setor e que entrou em funcionamento e segue seu curso até o atual momento foi enraizado além de mudanças estruturais e também conceitual

dentro do setor, o que gerou algumas demissões para os que se mostraram desde o início que não estavam empenhados a fazer do setor, uma manutenção mais profissional. A figura 13 retrata a nova estrutura organizacional da manutenção.

Figura 13- Estrutura Organizacional da manutenção atual



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Como é possível identificar, o setor aumentou em 9 cargos, sendo eles 3 novas funções de liderança (Gerente de Manutenção, engenheiro e Coordenação de PCM). A nova estrutura organizacional auxiliou diretamente na implementação do método SIGA, pois com a nova estrutura, a responsabilidade mais operacional passou a ser apenas de uma liderança que é o coordenador de manutenção que já estava habituado com a função operação, deste modo trazendo consigo os supervisores para sua liderança, e tirando essa função dos engenheiros, que nessa nova estrutura ficariam mais direcionados a parte técnica, e com isso ajudariam na frente de melhoria, trazendo mais tratativas para os problemas e assim aumentando o fluxo de preventivas e preditivas e culminando na diminuição de manutenções corretivas.

O setor de planejamento da manutenção, mudou toda a sua estrutura, fazendo com que tenha uma liderança para priorizar, identificar e planejar os próximos passos, e conversando diretamente com outros líderes fazendo com que o setor de planejamento tenha hierarquia para o sistema funcionar corretamente.

E o cargo de gerente de manutenção, foi criado para tirar essa carga em cima do gerente industrial e assim fazer com que tenha alguém que olhe com mais precisão para todas as frentes e que consigam melhorar os resultados gerenciais com base nos indicadores e também fazer com o custo que não era visto antes seja um dos pilares para a melhoria da manutenção.

3.3.2 PLANEJAMENTO DA MANUTENÇÃO

O intuito do planejamento da manutenção é garantir e permitir a construção de uma estratégia de planejamento e programação das tarefas, com a finalidade de garantir o menor impacto na disponibilidade das linhas de produção e o aumento da fiabilidade dos ativos. E com isso garantindo uma boa organização dos recursos, garantindo uma boa qualidade técnica nos serviços realizados.

Visando essa construção de um bom planejamento, ao analisar a perspectivas de planejamento semanal, mensal e anual, muitos pontos não eram conexos e não faziam sentido visto que para uma gestão de ativos correta, é necessária uma boa relação entre planejamento e execução, segue os pontos desconexos:

- No planejamento anual, ao entender o histórico de paradas, vê-se um descuido com os números, pois o planejamento de parada preventiva de apenas 12 horas em cada mês para cada uma das três máquinas, não era coerente com o histórico, sendo que nunca foi cumprido esse tempo em nenhum mês, para nenhuma máquina.
- Não tinha planejamento de grandes paradas para reforma ou até mesmo um grande plano de execução de preventiva.
- Cumprimento do orçamento, os custos além de elevados para a rotina, quase que dobrava o orçamento das paradas mensais com o que acontecia de fato, isso pela falta de planejamento, pois sempre precisava de mão de obra ou peças quando ia realizar a manutenção, isso gerava um custo maior, pois sempre tinham que comprar em caráter de urgência.
- A programação semanal era estabelecida com base em critérios de priorização pouco estruturados, onde predominava a ênfase dada à assertividade das demandas, sem considerar efetivamente sua relevância ou importância.
- Os mantenedores eram mal geridos pelos supervisores, e deste modo acabavam ficando muito ociosos durante o tempo de trabalho.

A partir dos pontos verificados, criou-se uma série de ações para que se melhorasse a programação e planejamento da manutenção no setor, além de gerir regras para todos os gestores, visando a melhoria e também o maior critério para priorização do planejamento.

No planejamento anual, a mudança mais drástica é o entendimento que a preventiva deve ter atuação mais forte no próximo exercício (2023), e com isso ficou definido que para o próximo ano, as duas máquinas principais e que tem maior volume de produção e que tem os maiores índices de parada, ao invés de continuar tendo uma programação de 12 horas no mês de parada preventiva, será feita duas paradas preventivas no mês cada uma de 10 horas cada, alinhado isso ao plano de produção, essa mudança foi baseada por três motivos principais diminuir a contratação de terceiros nas paradas programadas e deste modo acarretando em um custo menor de parada, o segundo é conseguir programar com melhor eficiência as atividades baseada nos tempos de reparo e com isso não selecionar diversas atividades para as paradas e não cumpri-las e o terceiro ponto foi o tempo baseado anteriormente para as paradas de 12 horas nunca foi cumprido no histórico, muita das vezes ultrapassando 18 horas de parada programada, com base nisso visando melhorar a qualidade, planejamento e programação das paradas decidiu-se por realizar paradas em momentos diversos com 10 horas de duração.

E a máquina que tem o menor volume de produção e menores índices de quebra, terá uma redução para 8 horas de paradas preventivas no mês, isso devido ao baixo índice de quebra, e também a baixa representatividade dela para a produção total que é apenas de 8% do total.

No planejamento mensal, a mudança mais visível é a criação do acompanhamento de Ordens de serviços e análises semanais para entender o papel da equipe e criar um histórico robusto para conseguir fazer planejamentos mais assertivos, pois como não se tinha históricos é necessário gerar essa informação para que nos meses, as manutenções sejam melhores distribuídas por meio de uma análise de desempenho e entendimentos dos principais gargalos nas equipes.

No planejamento a curto prazo, foi o que teve maiores mudanças. Primeiramente, criou-se uma rotina de reuniões com foco em planejamento da manutenção, onde os principais envolvidos eram: O setor de PCM, analista de manutenção, supervisores e coordenador de produção, e cada um desses tem um papel para esta reunião, o analista de manutenção leva todas as demandas baseadas em melhorias e preventivas para a equipe de planejamento e prioridades para manutenção de melhoria e preventiva. Os supervisores estavam ali para mostrar problemas de rotina dos mantenedores, estimar tempo para manutenção de cada problema enfrentado e reivindicar algumas manutenções que os mecânicos relataram em O.S.

E o coordenador de produção está ali para garantir que o planejamento também não interfira no planejamento de produção, sendo que deve estar alinhado estrategicamente produção e manutenção visando o bem comum da empresa, e o setor de PCM, está para planejar e controlar as demandas.

No segundo ponto a curto prazo, está a criação de um grupo de melhoria com o setor de PCM, coordenado pelo gerente de manutenção, e neste grupo de melhoria é traçado estratégia, plano de ação e verificação de resultados semanais, com base no planejamento. O intuito é entender o andamento do planejamento e gerar novos desafios, estas reuniões são sempre as quintas-feiras, para que na sexta já seja planejada a próxima semana e assim ir evoluindo.

O terceiro e último ponto tratado no planejamento semanal, é o alinhamento de prazos, pois para um bom planejamento os prazos com fornecedores, prazos de manutenção e foco nas prioridades, são essenciais. Ao começar a pensar nesse alinhamento de prazos notou-se um descontrole sobre as peças que foram compradas ou até mesmo levadas para manutenção externa, pois em boa parte dessas compras ou manutenções externas de peças que tinham sido feitas, ao analisar uma a uma, cerca de 69% dessas peças não tinham mais necessidade para a empresa, e se chegasse ficaria estocado e visto que tinha peças que foram compradas e enviadas para manutenção a mais de um ano e meio e não tinha chegado.

A primeira ação consistiu em estabelecer contato com todos os fornecedores responsáveis pela manutenção externa das peças, a fim de negociar novos prazos de recebimento e redefinir os termos contratuais, inclusive considerando a inclusão de cláusulas que preveem penalidades financeiras por atraso. Além disso, foi crucial implementar um controle semanal abrangente para monitorar todas as entregas pendentes. Quanto às peças adquiridas e que não eram mais necessárias em estoque, foi necessário iniciar novas negociações, visando converter a aquisição em crédito para futuras compras, ao mesmo tempo em que se estabeleciam novos prazos de entrega com os fornecedores, cujos compromissos anteriores não foram cumpridos.

No âmbito dos serviços executados, foi atribuída à engenharia a tarefa de supervisionar minuciosamente e estabelecer, para cada tipo de serviço realizado internamente na área de manutenção, um prazo de execução adequado. Além disso, a engenharia assumiu a responsabilidade de inserir essas informações no sistema de geração de Ordem de Serviço (O.S.), garantindo uma gestão eficiente e precisa do tempo de execução de cada serviço.

Uma análise mais detalhada sobre as prioridades será apresentada nos próximos tópicos, nos quais um estudo minucioso foi realizado para estabelecer prioridades específicas para cada ativo em cada máquina. A fim de lidar com a questão da priorização de forma eficaz, adotou-se uma abordagem classificatória, dividindo os ativos em classes A, B e C. Essa classificação proporcionou uma estrutura clara para determinar a importância relativa de cada ativo, auxiliando no gerenciamento mais eficiente das atividades de manutenção.

3.3.3 PRIORIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO

A priorização da manutenção vai ao encontro com a estratégia que a empresa definiu adotar como padrão para a manutenção, e com isso a definição de estratégia de manutenção mais adequada a uma instalação industrial é uma tarefa complexa, no qual aspectos aparentemente antagônicos devem ser conciliados, que neste caso pode ser traduzido para “os mais baixos custos com a maior disponibilidade possível e o menor risco.

Por este motivo ser faz em três tópicos a priorização da manutenção.

1°- Definir a estratégia de manutenção adotada.

2°- Criar a matriz de criticidade dos ativos.

3° - Documentar todas as criticidades do ativo no sistema e criar o planejamento em cima da criticidade.

A estratégia é a primeira fase para a priorização, deve-se definir missão, visão e ambição para o setor de manutenção de acordo com o planejamento estratégico da empresa com um todo.

Foi feito diversas rodadas com os gestores da área e também da empresa, com o alinhamento da superintendente, e ficou definida as diretrizes estratégicas da seguinte forma:

Ambição

A gestão de Ativos é prioridade para a unidade de Juiz de Fora. Deve estar em linha com as boas práticas do SIGA (Sistema Integrado de Gestão de Ativos) e ser referência para a empresa.

Visão

Ser reconhecida pela excelência em gestão de ativos.

Missão

Implementar gestão de ativos que garanta a máxima disponibilidade dos ativos da unidade de Juiz de Fora, com segurança para toda a equipe e rigorosa gestão do custo-benefício.

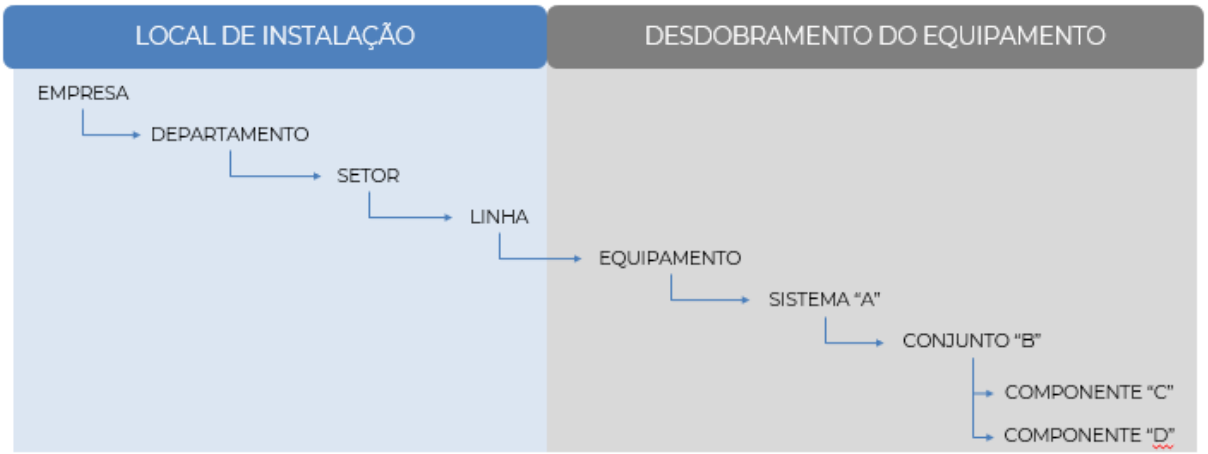
A segunda fase é criar a matriz de criticidade, a matriz de criticidade é a forma de se gerir recursos e o planejamento das intervenções e isso deve ser feito com base em uma análise prévia do grau de importância dos equipamentos, identificados pela classe de criticidade, e com base na criticidade, seja conferido um tratamento diferenciado a cada caso.

Para criar a matriz foi necessário entender a cadeia produtiva, depois visualizar e identificar os equipamentos e a partir disso definir uma estratégia para cada ativo.

Na parte de cadeia produtiva é entender como se dá o processo produtivo, verificar se existe redundâncias entre linhas ou processos, equipamentos de apoio não interligados a linha de produção.

Na parte de equipamentos, é necessário desdobrar cada equipamento nas suas partes, conhecido como hierarquia do equipamento ou ativo, e isso permite a clara visualização das diferentes funções que cada equipamento possui. A construção da hierarquia do ativo se desenvolve por duas etapas, entender o local de instalação e realizar o desdobramento do equipamento. É possível visualizar melhor na matriz de etapas da construção da hierarquia do equipamento na Figura 14.

Figura 14 – Etapas da Hierarquia dos ativos



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na definição equipamento é uma unidade complexa, constituída de subconjuntos, componentes e peças, agrupados para desempenhar um conjunto de funções. Sistema é parte integrante do equipamento destinado a realizar o cumprimento de uma função. Conjunto é um módulo independente que compõe um equipamento e, por sua vez, é composto por componentes, são partes físicas que permitem ao sistema o desempenho da função destinada. E por fim, conjunto é unidade pertencente ao conjunto, geralmente não funcional por si mesma.

Foi realizada a catalogação de toda a hierarquia dos ativos dentro do sistema produtivo e foram constatados, na parte de local de instalação, são 1 empresa, 1 departamento, 1 setor e 8 linhas e para as 8 linhas chegamos ao número conforme tabela 1.

Tabela 1- Listagem dos desdobramentos de equipamentos

TOTAL		
HIRARQUIA	QTD	REP. %
EQUIPAMENTO	50	3%
SISTEMA	144	8%
CONJUNTO	1.099	61%
COMPONENTE	500	28%
TOTAL	1.793	100%

Ao criar a hierarquia dos ativos a próxima fase é definir para cada ativo a sua criticidade, devido ao número exacerbado de ativos dentro da planta industrial, definiu-se que a matriz de criticidade seria definida até o nível de sistema, pois seria inviável e pouco necessário definir criticidade até o nível de componente, já que existe diversos componentes redundantes dentro da linha produtiva. Para definir a criticidade é importante ressaltar que trabalharemos com 5 fatores preponderantes para analisar definir a criticidade dos ativos, que são eles:

- Qualidade – Efeito das falhas sobre a qualidade do produto.
- Disponibilidade – Efeitos da falha sobre o processo produtivo.
- Segurança – Riscos potenciais para as pessoas e o meio ambiente.
- Custos – Valores envolvidos no reparo.
- Complexidade tecnológica – Efeitos sobre o tempo de reparação e especialização.

A definição da criticidade deve ser feita por meio de uma equipe multidisciplinar e não somente manutenção, com isso a equipe deve ser formada para avaliação com pessoas da manutenção, produção, segurança e qualidade.

Cada pessoa envolvida na avaliação deve responder para os cinco critérios e colocando em qual nível está cada ativo. A figura 15 apresenta o quadro de avaliação de criticidade.

Figura 15- Método de avaliação para definição de criticidade

Fator de Avaliação	Graduação		
	Nível 1	Nível 2	Nível 3
S – SEGURANÇA, SAÚDE E AMBIENTE Riscos potenciais para as pessoas, instalações e o meio ambiente	**ALTO RISCO** **Elevada probabilidade** de avaria causando problemas de **elevada gravidade** em segurança de pessoas, instalações e ambiente	**MÉDIO RISCO** **Elevada probabilidade** de avaria com **médio impacto** em segurança OU **Média probabilidade** de avaria com **alto impacto** em segurança de pessoas, instalações e ambiente	**BAIXO RISCO** **Baixa probabilidade** de avaria causando problemas de **baixa gravidade** (incidente) ou **não afeta** a segurança de pessoas, instalações e ambiente
D – DISPONIBILIDADE Efeitos da falha sobre a operação de loja • Impacto em serviços de loja • Existência de duplicidade de equipamentos	Falha no equipamento afeta serviços que impedem a abertura/funcionamento de loja E **NÃO existe** duplicidade de equipamentos	Falha no equipamento afeta serviços, mas que não impedem a abertura/funcionamento de loja E **NÃO existe** duplicidade de equipamentos	Falha no equipamento não afeta serviços OU **Existe** duplicidade de equipamentos
Q – QUALIDADE Efeitos da falha sobre a qualidade dos produtos em loja e impacto em vendas	A avaria afetará a qualidade, inviabilizando a venda de grande quantidade de produtos	A avaria afetará a qualidade, inviabilizando a venda de alguns produtos	A avaria não afetará a qualidade de produtos
T - COMPLEXIDADE TECNOLÓGICA Especialização técnica necessária e efeitos sobre o tempo de reparação	Requer alto nível de especialização ou certificação	Requer conhecimento técnico	Conhecimento indiferenciado
C – CUSTOS Valores envolvidos nas reparações	Elevados	Moderados	Baixos

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir dessa definição de critérios definiu-se os critérios que seriam decisórios e os critérios secundários, sendo no máximo 2 critérios decisórios, e ficou definido pelos gestores que os critérios decisórios seriam segurança e disponibilidade e os demais como critérios secundários.

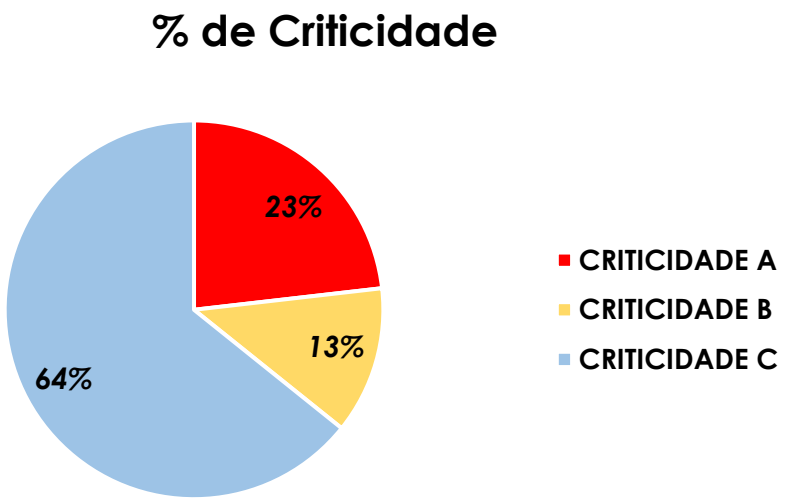
Após isso foi votado cada ativo dentro do sistema de hierarquia de equipamentos e o resultado para a empresa ficou a seguinte. Na tabela 2, identifica-se o resultado geral dos ativos pela matriz de criticidade.

Tabela 2 – Definição das Criticidades dos Equipamento e Sistemas

EQUIPAMENTO	CRITICIDADE A	CRITICIDADE B	CRITICIDADE C	TOTAL AVALIADO
MÁQUINA DE PAPEL 1	12	1	29	42
MÁQUINA DE PAPEL 2	12	1	30	43
MÁQUINA DE PAPEL 3	5	2	16	23
PREPARO DE MASSA	5	0	7	12
ETE 1 e 2/ETA	1	1	12	14
CALDEIRAS	0	14	3	17
% de Criticidade	23%	13%	64%	151

Desta forma contando Equipamentos que foram sete (ETE 1 e ETE 2, foi estabelecido como apenas um equipamento) e mais 144 sistemas analisados, e na figura 16 é apresentado a porcentagem que cada criticidade representa dentro do ecossistema da planta industrial.

Figura 16 - % de Criticidade dos equipamentos/sistemas



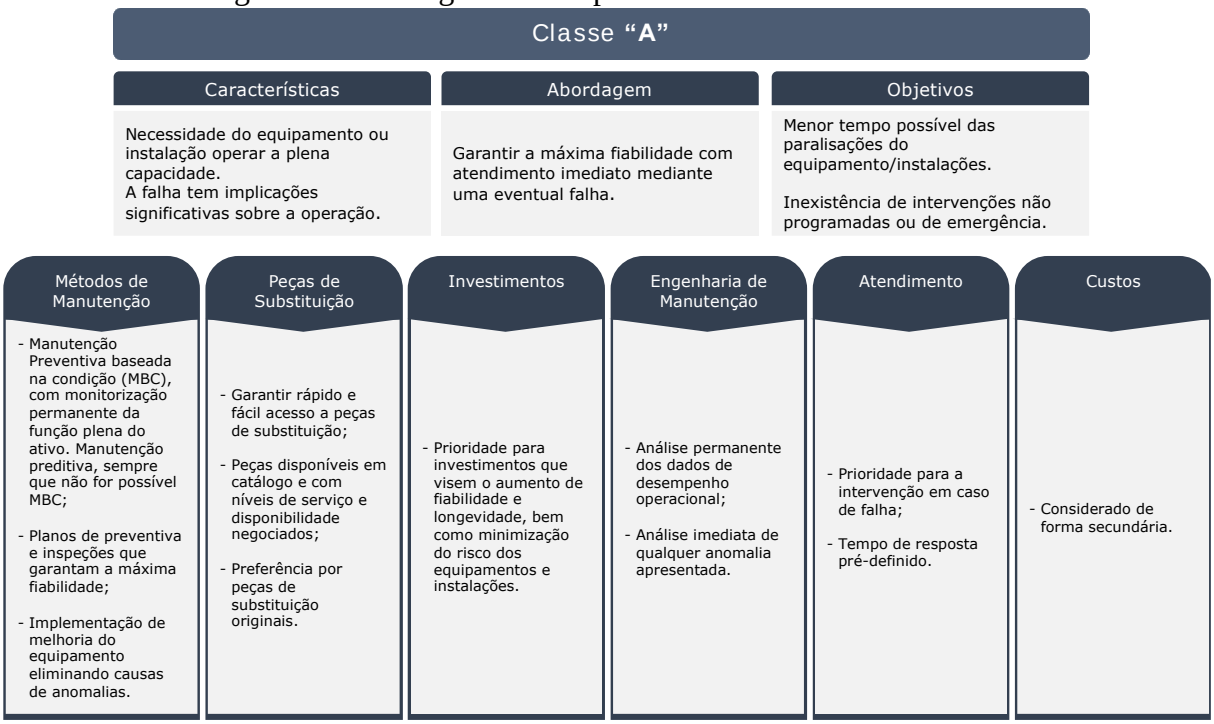
Fonte: Elaborado pelo autor.

Após essa definição, a ação é vincular cada sistema e equipamento dentro do sistema informatizado do setor, para que sempre que ocorrer de receber qualquer O.S.S. o sistema já cria um alerta para os equipamentos e sistemas com criticidade A.

Para cada classe de criticidade, existe formas diferentes de tratativas, levando em consideração: caraterística, abordagem, objetivos, métodos de manutenção, peças de substituição, investimentos, engenharia da manutenção, atendimento e custos.

Na figura 17 é apresentada a estratégia para ativos com criticidade classe A.

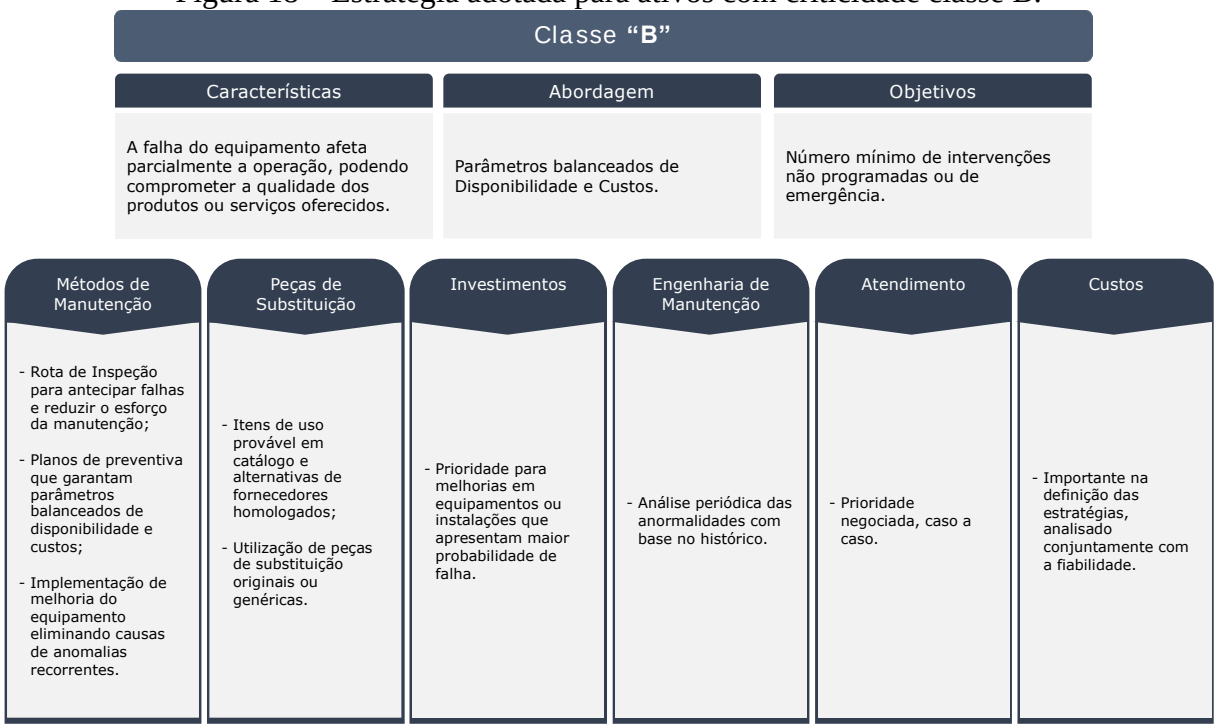
Figura 17- Estratégia adotada para ativos criticidade Classe A.



Fonte: Adaptado de Manutenção (2018).

Para ativos com criticidade classe B, segue a seguinte estratégia na figura 18.

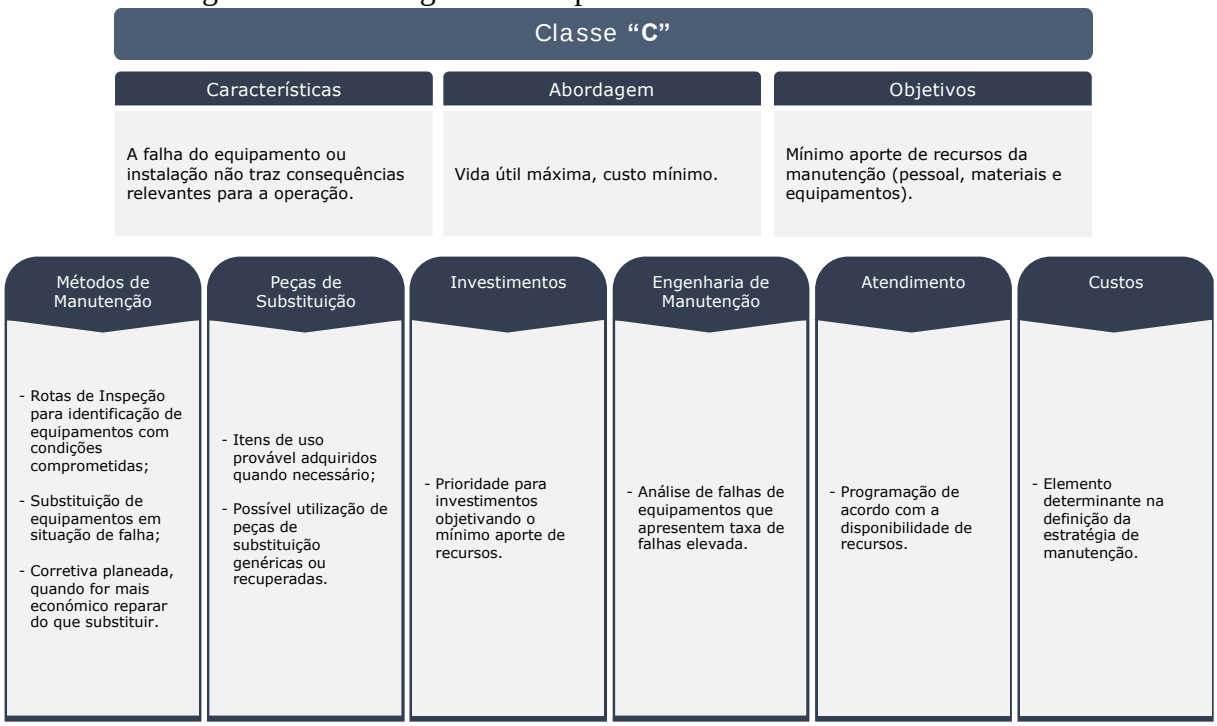
Figura 18 – Estratégia adotada para ativos com criticidade classe B.



Fonte: Adaptado de Manutenção (2018).

Para ativos com criticidade classe C, segue a seguinte estratégia na figura 19.

Figura 19 – Estratégia adotada para ativos com criticidade classe C.



Fonte: Adaptado de Manutenção (2018).

3.3.4 GESTÃO DE MATERIAIS E SERVIÇOS

A gestão de materiais e serviços tem como seu principal propósito, adequar as estratégias de manutenção evidenciadas pela criticidade dos ativos e a partir desta estratégia, estabelecer padrões para controles de fluxo de entrada e saídas de estoques, armazenamento e condições de serviços. E esta fase é o processo que tem maior impacto no processo de planejamento, pois o controle correto de estoque e condicionamento de serviços, a gestão dos estoques suportará o processo para uma efetiva execução dos trabalhos.

Ao verificar os problemas que acometiam os estoques para o funcionamento do bom planejamento, identificou-se alguns problemas que geravam um descontrole no fluxo de materiais dentro do setor. Foram eles:

1. Existia 5 pontos de estoques dentro da empresa, o que gerava uma perda agressiva de tempo dos colaboradores, um descontrole em entrada e saída.
2. Não existia nenhum líder responsável para gerir os estoques da manutenção, todos tinham acesso.
3. Nível alto de materiais obsoletos, que não faziam mais parte do uso integrante das máquinas.
4. Não existia um plano de reposição de estoque.

5. Atendimento falho das demandas, muita das vezes ocasionado por falta de peças em estoques.
6. É retirado muitos materiais do almoxarifado, porém muitos não são usados de imediato ao fazer a manutenção e esses itens não voltam para o estoque.

Para fazer com que a gestão de materiais funcione de forma autônoma e que se conduza de acordo com a estratégia e política da manutenção, para cada um dos pontos que foram evidenciados como um problema, tiveram ações para corrigir o erro. Que são as seguintes ações, numeradas de acordo com a numeração do problema identificado.

1. De cinco pontos de estoques evidenciados, a tratativa foi com que dos cinco ponto de estoques (Almoxarifado central, estoque externo, instrumentação, estoque elétrica e estoque manutenção), destes a instrumentação, estoque elétrica e estoque manutenção viraram apenas um, pois eles eram próximos um ao outro e tinha a mesma gestão que é do setor de manutenção. Logo de 5 pontos de estoque, reduziu a três pontos, o que facilitaria o processo de requisição de materiais.
2. Conforme foi visto na nova estrutura de manutenção, um novo cargo foi criado de supervisor de materiais, essa função foi criada com a intenção de ser o gestor responsável por toda a estrutura, melhoria e coordenação dos estoques dentro do setor de manutenção, com esse fator alguns processos começaram a rodar de forma mais propositiva, como a diminuição das perdas de ferramentas de mecânicos, organização por *kanban* dos estoques, e implementação do 5s para todos os estoques.
3. Com a realização do 5s, verificou-se um alto nível de sucatas e materiais obsoletos dentro dos estoques. Com isso realizou-se a separação de todo esse material, as sucatas foram vendidas, e só nesta venda teve um ganho de caixa em cerca de $250 mil reais, só nas vendas das sucatas. E os materiais obsoletos para a empresa, foram colocados à venda e também entraram em negociação com fornecedores para a devolução desses itens, gerando crédito para compras futuras.
4. Consoante a estratégia baseada na matriz de criticidade, identificaram todas as peças com criticidade A que estavam em falta no estoque, e foi feito a solicitação para reposição, pois mesmo ofendendo o resultado de custo da manutenção no mês, isso garantiria uma rápida reposição quando surgisse quebras, e desta maneira não prejudicando a produção.

5. Identificou-se todas as O.S., aquelas que não foram cumpridas por falta de material, verificaram se o problema ainda estava em curso e se não tivesse sido resolvido, fez a solicitação das peças necessárias para a execução dos serviços e assim agindo de forma corretiva nos problemas evidenciados.
6. Regra imposta para devolução de material para almoxarifado e estoques, em caso de não uso no reparo. Ao fim do dia, não deveria ter materiais de uso de reparo nas bancadas e se caso o serviço já tiver sido finalizado e continuar com materiais na bancada, geraria advertência.

3.3.5 SISTEMA INFORMATIZADO E SISTEMATIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO

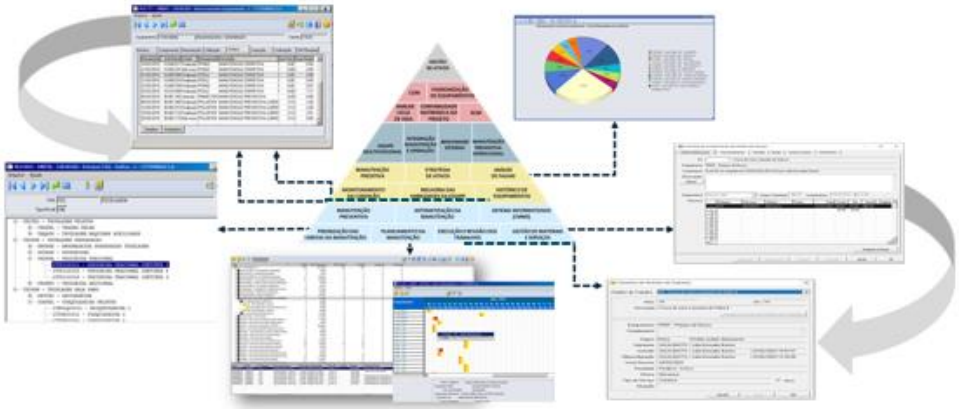
O sistema e a sistematização da manutenção andam em conjunto, porém baseado em vertentes convexas, no sentido de sistema, a indústria já tinha um sistema bem formalizado e pronto para fazer com que todos os princípios do SIGA, fosse instaurado, o real problema identificado é que não era usado corretamente, logo foi feito alguns ajustes de rotina que ampliaram o uso do sistema na empresa.

Ajustes principais realizados no sistema.

- Cadastro dos equipamentos, sistemas, conjuntos e componentes por meio da hierarquia de ativos.
- Adoção da liberação de O.S., por meio do sistema e não pelo sistema antigo.
- Cadastro de tempo de reparo para cada tipo de serviço, deste modo avaliando a efetividade de cada mantenedor.
- Cadastro de todas as peças que fazem parte dos conjuntos e componentes.

A figura 19, exemplifica telas do sistema e como faz parte cada um, do processo do Sistema integrado de gestão de ativos.

Figura 20 – Exemplos das telas do sistema e coordenação com o SIGA.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Já na parte de sistematização da manutenção, o principal ponto é definir as rotinas e também estabelecer papeis e responsabilidades para cada autor principal no processo.

Na parte de rotina, o setor de manutenção tem como principais focos, priorizando o planejamento o alinhamento de rituais de gestão, com base nisso, ficou definido pela pirâmide de rituais de gestão o seguinte padrão na figura 21.

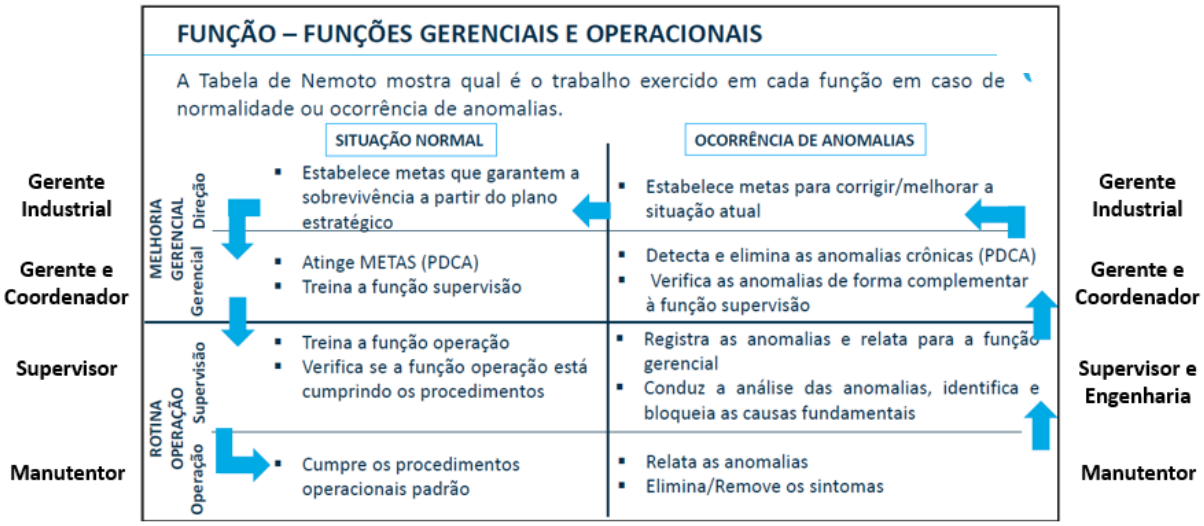
Figura 21 – Rituais de Gestão da Manutenção

Fonte: Elaborado pelo autor.

E além da rotina, estabeleceu-se papeis e responsabilidades para cada função dentro da gestão de manutenção e cada função é pré-estabelecida através da matriz nemoto, onde identifica-se as funções de rotina e melhoria a partir de cada ator no sistema.

Na figura 22, apresenta-se a matriz nemoto adaptada.

Figura 22 – Matriz adaptada nemoto para o setor de manutenção



Fonte: Adaptado de Bartlett e Ghoshal (1992).

A partir da elaboração da matriz Nemoto de forma adaptada, vai ser apresentado as atribuições e responsabilidades definidas para cada função.

Para os engenheiros seguem as respectivas funções no quadro 1.

Quadro 1 – Atribuições e responsabilidades dos engenheiros

Rotina

- Acompanhamento do desempenho dos equipamentos e comparação com as especificações originais
- Aplicação de estratégia de gestão de ativos em função da Classe de Criticidade dos equipamentos
- Criação de hierarquia e classificação de criticidade para equipamentos novos
- Atualização da documentação técnica dos equipamentos
- Elaboração de Planos de Manutenção Preventiva (PMs)
- Criação de Instruções de Trabalho (ITs) para apoio e orientação da equipe
- Acompanhamento dos apontamentos realizados pela preditiva

Parada Programada

- Identificação e auxílio na priorização das atividades a serem realizadas
- Indicação dos recursos (materiais + mão de obra) necessários

Análise de Falhas

- Elaboração dos Relatórios de Análise de Falha
- Eliminação das causas raízes das anomalias crônicas do processo

Execução dos serviços

- Orientação dos manutentores e supervisores na formação *on the job* com o intuito de capacitação

Fonte: Elaborado pelo autor

Para o analista de manutenção seguem as respectivas funções na Quadro 2.

Quadro 2- Atribuições e responsabilidades do analista de manutenção

Rotina

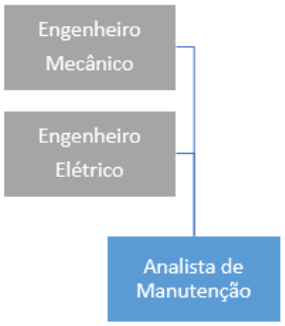
- Atualização das bases de dados relacionadas as despesas de manutenção e a disponibilidade das máquinas e periféricos
- Estruturação do histórico dos principais indicadores da manutenção
- Realização dos desdobramentos dos indicadores e das metas
- Identificação de anomalias e oportunidades de melhoria através dos indicadores
- Disponibilização das informações para demais membros da equipe de manutenção
- Construção dos materiais a serem apresentados do nível operacional ao executivo

Análise de Falhas

- Suporte a engenharia na elaboração dos Relatórios de Análise de Falha
- Suporte a engenharia na identificação das causas raízes das anomalias crônicas do processo
- Suporte a engenharia na elaboração / revisão de Planos de Manutenção e Instruções de Trabalho

Execução dos serviços

- Validar os dados apurados e análises realizadas acompanhando ocasionalmente os serviços realizados na área



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para o Planejador – Analista de PCM, segue as respectivas funções no quadro 3.

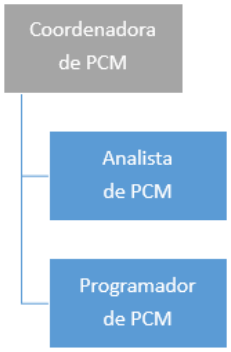
Quadro 3- Atribuições e responsabilidades do analista de PCM

Programação Semanal

- Controle do backlog de Pedidos de Trabalho e Ordens de Serviço pendentes
- Priorização das atividades não dependentes de parada programada
- Realização do Ritual de Programação Semanal das atividades
- Entrega das Ordens de Serviço para os Supervisores
- Realização do Ritual de Acompanhamento da Programação Semanal
- Recebimento das Ordens de Serviço realizadas
- Atualização do status das atividades realizadas no sistema

Parada Programada

- Identificação das atividades da manutenção pendentes de execução
- Priorização das atividades que serão realizadas
- Controle do cronograma de atividades
- Realização das reuniões de pré e pós parada validando atividades que serão executadas
- Dimensionar recursos (materiais + mão de obra) necessários
- Estabelecer contato com as empresas terceirizadas que serão necessárias para realização dos serviços



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para o programador de manutenção, segue as respectivas funções no quadro 4.

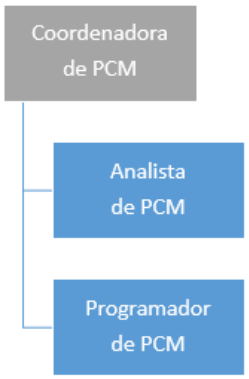
Quadro 4 - Atribuições e responsabilidades do programador de manutenção.

Programação Semanal

- Controle do backlog de Pedidos de Trabalho e Ordens de Serviço pendentes
- Priorização das atividades não dependentes de parada programada
- Realização do Ritual de Programação Semanal das atividades
- Entrega das Ordens de Serviço para os Supervisores
- Realização do Ritual de Acompanhamento da Programação Semanal
- Recebimento das Ordens de Serviço realizadas
- Atualização do status das atividades realizadas no sistema

Parada Programada

- Identificação das atividades da manutenção pendentes de execução
- Priorização das atividades que serão realizadas
- Controle do cronograma de atividades
- Realização das reuniões de pré e pós parada validando atividades que serão executadas
- Dimensionar recursos (materiais + mão de obra) necessários
- Estabelecer contato com as empresas terceirizadas que serão necessárias para realização dos serviços



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para os supervisores, segue as respectivas funções no quadro 5.

Quadro 5 - Atribuições e responsabilidades dos supervisores.

Rotina

- Recebimento das Ordens de Serviço
- Distribuição das Ordens de Serviço para a equipe de manutentores
- Acompanhamento execução dos serviços (preventivas e corretivas) na área
- Treinamento e/ou solicitação de treinamento para manutentores
- Retorno das ordem de serviço para PCM

Parada Programada

- Follow up parada
- Reunião de pré e pós parada

Análise de Falhas

- Suporte a engenharia elaboração dos Relatórios de Análise de Falha
- Suporte a engenharia para elaboração dos planos preventivos

Solicitação de serviços pelos manutentores

- Abrir pedidos de trabalho no MANTec para programação

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3.6 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Conforme seção 2.4.2.1, a manutenção preventiva é o conjunto de tarefas técnicas operacionais a serem realizadas nos equipamentos, de forma a reduzir a probabilidade de falhas e avarias nos mesmos e deste modo proporcionando maior fiabilidade na produção, menores custos devido a diminuição de intervenções corretivas.

A manutenção preventiva é aquela que é baseada no tempo, realizada em intervalos pré-determinados. As principais forma de aplicação são as rotas de inspeção, lubrificação, manutenção periódica e limpezas.

Algumas situações foram notadas e com base nelas foram feitos os seguintes ajustes.

1. Não existiam rotas de inspeção em fluxo e nem cadastradas no sistema. Primeiramente orientou aos engenheiros responsável pelo planejamento dos fluxos de rotas de inspeção, criar de acordo com as criticidades dos equipamentos e a partir disso cadastrar no sistema. Na tabela 3 é apresentado um exemplo de como ficou o direcionamento para atuação nas rotas preventivas, onde é apresentado o nome do plano, equipamento, criticidade do ativo, ponto de atuação, o que verificar, a tarefa a se executar e a identificação da TAG do equipamento.

Tabela 3 – Plano de inspeção de rotas preventivas

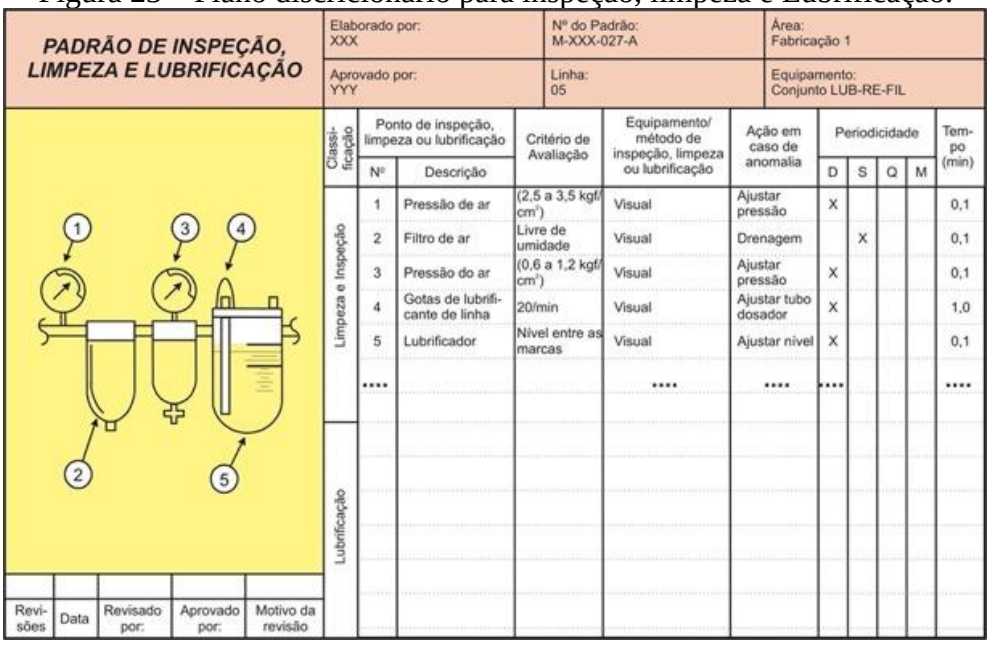
Nome do plano	Equipamento	criticidade	Ponto - onde atuar	Set	Tarefa	Identificação
1 - PL. MP07 Inspeção Motores Piso Inferior- Quinzenal	Acion 100 Agitador 07 Tanque de Soda	A	Motor	Identificação	Verificar	MP07 TQ AC100
1 - PL. MP07 Inspeção Motores Piso Inferior- Quinzenal	Acion 100 Agitador 07 Tanque de Soda	A	Cabos Elétricos	Estado Geral, Organização	Verificar	MP07 TQ AC100
1 - PL. MP07 Inspeção Motores Piso Inferior- Quinzenal	Acion 100 Agitador 07 Tanque de Soda	A	Motor	Limpeza	Efetuar	MP07 TQ AC100
1 - PL. MP07 Inspeção Motores Piso Inferior- Quinzenal	Acion 100 Agitador 07 Tanque de Soda	A	Motor	Ventilação	Verificar	MP07 TQ AC100
1 - PL. MP07 Inspeção Motores Piso Inferior- Quinzenal	Acion 100 Agitador 07 Tanque de Soda	A	Motor	Temperatura	Medir	MP07 TQ AC100
1 - PL. MP07 Inspeção Motores Piso Inferior- Quinzenal	Acion 49 Bomba 04 Vácuo Mesa Plana Sup	A	Motor	Identificação	Verificar	MP07 SV AC049
1 - PL. MP07 Inspeção Motores Piso Inferior- Quinzenal	Acion 49 Bomba 04 Vácuo Mesa Plana Sup	A	Cabos Elétricos	Estado Geral, Organização	Verificar	MP07 SV AC049
1 - PL. MP07 Inspeção Motores Piso Inferior- Quinzenal	Acion 49 Bomba 04 Vácuo Mesa Plana Sup	A	Motor	Limpeza	Efetuar	MP07 SV AC049
1 - PL. MP07 Inspeção Motores Piso Inferior- Quinzenal	Acion 49 Bomba 04 Vácuo Mesa Plana Sup	A	Motor	Ventilação	Verificar	MP07 SV AC049
1 - PL. MP07 Inspeção Motores Piso Inferior- Quinzenal	Acion 49 Bomba 04 Vácuo Mesa Plana Sup	A	Motor	Temperatura	Medir	MP07 SV AC049
1 - PL. MP07 Inspeção Motores Piso Inferior- Quinzenal	Acion 50 Bomba 12 Vácuo Mesa Plana Inf	A	Motor	Identificação	Verificar	MP07 SV AC050
1 - PL. MP07 Inspeção Motores Piso Inferior- Quinzenal	Acion 50 Bomba 12 Vácuo Mesa Plana Inf	A	Cabos Elétricos	Estado Geral, Organização	Verificar	MP07 SV AC050
1 - PL. MP07 Inspeção Motores Piso Inferior- Quinzenal	Acion 50 Bomba 12 Vácuo Mesa Plana Inf	A	Motor	Limpeza	Efetuar	MP07 SV AC050

2. Outro ponto que foi observado é na lubrificação, que representava cerca de 15% de todo o custo orçado da manutenção. O que foi verificado que pelos padrões normais e habituais de indústrias de papel, esse valor era de aproximadamente 9%, corroborando com isso, analisou funcionários da terceirizada que fazia a lubrificação sem entendimento do funcionamento das máquinas, onde não havia padrão e nem regras para lubrificação de nenhum componente.

Com isso foi feito uma inspeção sobre o fluxo de lubrificação das máquinas e analisaram diversos pontos de vazamento, o que culminava em realizar a lubrificação com maior quantidade e maior periodicidade. Visto isso resultou em duas ações pontuais: A primeira a troca da empresa de lubrificação e a segunda ação foi refazer a linha de lubrificação da máquina para que diminuísse o número de vazamento de óleo.

Porém a curto prazo isso era necessário, ação ver e agir, porém, para que se crie uma gestão de ativos consistentes, foi necessário identificar todos os componentes que necessitavam de lubrificação, garantindo a periodicidade da lubrificação, a qualidade e determinando o tipo de lubrificante a ser usado e também a quantidade a ser utilizada. Na figura 23, segue o exemplo utilizado para realizar o padrão.

Figura 23 – Plano discricionário para inspeção, limpeza e Lubrificação.



PADRÃO DE INSPEÇÃO, LIMPEZA E LUBRIFICAÇÃO	Elaborado por: XXX	Nº do Padrão: M-XXX-027-A	Área: Fabricação 1
	Aprovado por: YYY	Linha: 05	Equipamento: Conjunto LUB-RE-FIL

Classificação	Ponto de inspeção, limpeza ou lubrificação		Critério de Avaliação	Equipamento/ método de inspeção, limpeza ou lubrificação	Ação em caso de anomalia	Periodicidade				Tempo (min)
	Nº	Descrição				D	S	Q	M	
Limpeza e Inspeção	1	Pressão de ar	(2,5 a 3,5 kgf/cm²)	Visual	Ajustar pressão	X				0,1
	2	Filtro de ar	Livre de umidade	Visual	Drenagem		X			0,1
	3	Pressão do ar	(0,6 a 1,2 kgf/cm²)	Visual	Ajustar pressão	X				0,1
	4	Gotas de lubrificante de linha	20/min	Visual	Ajustar tubo dosador	X				1,0
	5	Lubrificador	Nível entre as marcas	Visual	Ajustar nível	X				0,1
	....			....	....	....				....
Lubrificação										

Revisões	Data	Revisado por:	Aprovado por:	Motivo da revisão

Fonte: Elaborado pela equipe de Engenheiros.

3.4 MANUTENÇÃO PROATIVA

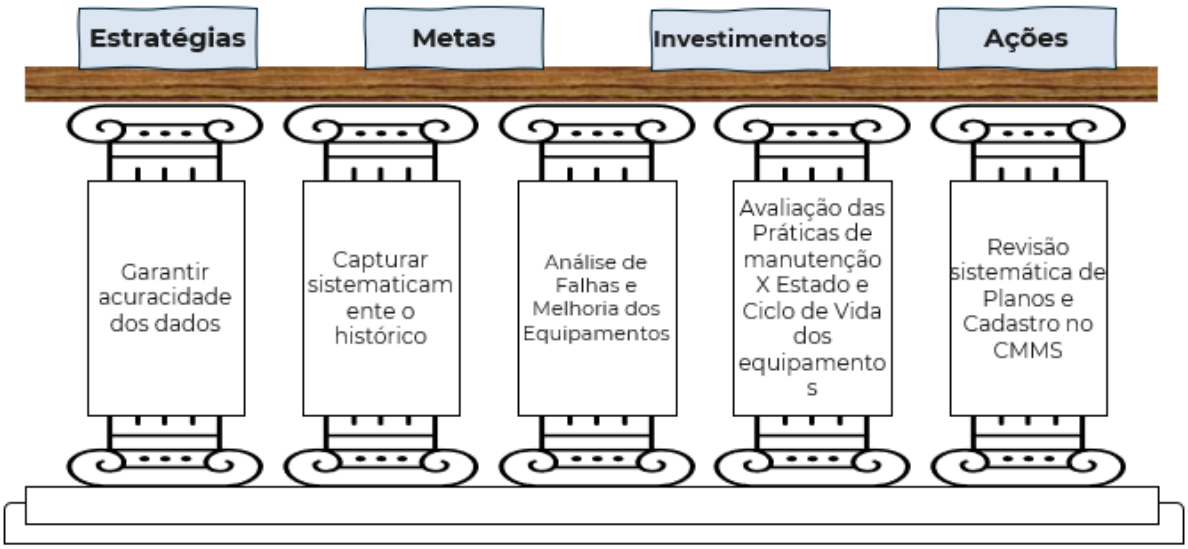
A manutenção proativa como o próprio nome diz, é a manutenção avaliada para ação, muito se refere a proatividade em resolver problemas, para que esta fase do método seja implementação, alguns pontos devem ser abordados, como a identificação dos históricos dos equipamentos, quais habilidades a equipe deveria melhorar, qual as condições dos equipamentos, o estudo das falhas, estratégia dos ativos, até chegar ao ponto de garantir uma manutenção preditiva bem feita.

3.4.1 HISTÓRICO DOS EQUIPAMENTOS

Na visão sistema integrado de gestão, o histórico dos equipamentos tem como missão suportar a tomada de decisão das ações da manutenção, fornecer dados para os processos de análise de falhas.

Com base nisso existe um padrão estabelecidos por pilares para que se tenha um sucesso do histórico dos equipamentos para frente, e o que depende deste processo na pirâmide de gestão da manutenção é refletido pelos pilares apresentados na figura 24.

Figura 24 – Pilares da Execução do Histórico de Equipamentos



Fonte: Adaptado de Stark (2007).

Ao verificar os pilares, os dois primeiros já eram realizados pelo setor de manutenção, logo só precisaria aprimorar os processos feitos em cima da garantia da acuracidade e captura do histórico. Porém não foi teve nenhum feito especifico baseado nos dois primeiros pilares, a grande diferença foi trazer para dentro do monitoramento histórico, o desdobramento por hierarquia de ativos.

Antes do processo, o acompanhamento era feito através da seguinte forma, apresentado na tabela 4.

Tabela 4 – Acompanhamento das falhas dos equipamentos.

Início	Fim	Dur.(min)	Turma	**MÁQUINA**	**Classificação Parada**	Grupo Causa de Parada Descrição	Causa de Parada| Código	Causa de Parada|Descrição	Obs
25/09/2021 05:45	25/09/2021 05:52	7	C	7	Corretiva	Operacional	48	Pichaço	Vazamento na mangueira do pichaço.
25/06/2021 23:00	25/06/2021 23:05	5	B	4	Corretiva	Engenharia mecânica	30030	Bomba de vácuo 01	Vazamento de massa na gaxeta da bv.01
26/06/2021 00:10	26/06/2021 00:15	5	B	4	Corretiva	Engenharia mecânica	30030	Bomba de vácuo 01	Vazamento de massa na gaxeta da bv.01
31/08/2021 01:40	31/08/2021 02:20	40	C	7	Externas	Externas	178	Depurador T4	Vários desarmes do depurador T4 (mesa plana superio).
21/06/2021 15:30	21/06/2021 18:07	157	D	7	Corretiva	Engenharia elétrica	40041	Falha no PLC	vários desarmes devido a falha de segurança no supervisório.
17/05/2021 14:35	17/05/2021 14:40	5	B	4	Corretiva	Operacional	10001	Quebra rolo de sucção	Variação de passe.

Fonte: Arquivo da própria empresa.

Visualizando esta tabela é possível ver que é claro identificar o problema, mas não o local que de fato teve a falha, com isso foi necessário acrescentar para cada desdobramento de falha no sistema, colocar a hierarquia de cada ativos, e desta forma conseguir identificar por meio de análise de falhas onde e qual equipamento, sistema, conjunto e componente são os mais defeituosos, quais devem ter mais atenção. E desta maneira a tabela 5 retrata como está a planilha de acompanhamento das falhas.

Tabela 5 – Nova Planilha de Acompanhamento das falhas.

Causa de Parada|Descriçã	EQUIPAMENTO	SISTEMA	CONJUNTO	COMPONENTE
Size Press	Sistema de Colagem MP08	Size Press MP08	Size Press	Size Press Superior
Hidra Voith	Desagregação PM01	Desagregação 2	Hidrapulper 04 Voith PM01	Rotor do Desagregador
Hidra Voith	Desagregação PM01	Desagregação 2	Hidrapulper 04 Voith PM01	Rotor do Desagregador
Size Press	Sistema de Colagem MP08	Size Press MP08	Size Press	Roldana de Desvio Size
Esticador 1° Grupo	Secaria MP08	Primeiro Grupo Superior Secaria MP08	Primeiro Grupo Sueperior Secaria MP08	Esticador

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com isso, além de todas as informações anteriores, agora foi acrescentado onde de fato aconteceu a falha. Auxiliando assim, para fazer as análises que nos próximos tópicos será abordado.

3.4.2 MELHORIA DAS HABILIDADES DAS EQUIPES

Em conjunto com o RH, este trabalho de identificação de melhorias aparentes e especificas nas habilidades das equipes de manutenção. E com este trabalho entre Recursos Humanos, Manutenção e consultoria, definiu o PDI (Plano de desenvolvimento individual) da

manutenção para o próximo semestre. E definiu em 3 aspectos o plano (Conhecimentos de gestão, Conhecimentos técnicos e conhecimentos comportamentais). A tabela 6 apresenta a relação do que foi estabelecido como prioridade para melhoria e reciclagem das equipes.

Tabela 6 – Treinamentos definidos para o primeiro semestre

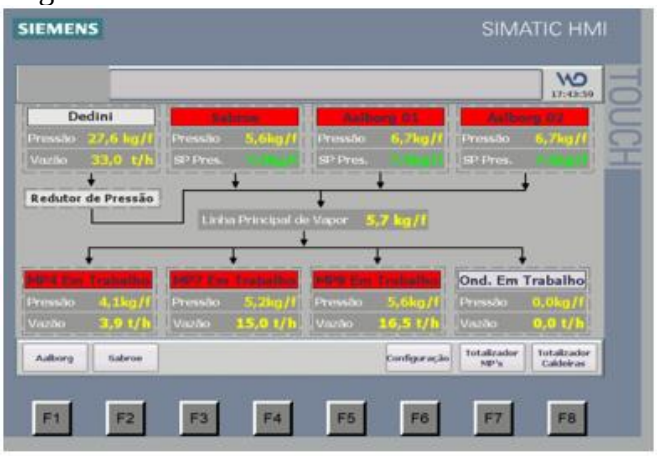
CONHECIMENTO	TREINAMENTO	QUEM?
TÉCNICO	REPARO DE BOMBAS	MECÂNICOS - OFICINA
TÉCNICO	INSTRUMENTAÇÃO	ELETRICISTAS
GESTÃO	PDCA	SUPERVISORES E ANALISTAS
COMPORTAMENTAL	RECICLAGEM DE SEGURANÇA	TODOS
TÉCNICO	SEGURANÇA EM CALDEIRARIA	MECÂNICOS DE ÁREA
GESTÃO	EXCEL	ANALISTAS
TÉCNICO	ANÁLISE DE FALHAS	GESTORES, ANALISTAS E SUPERVISORES
TÉCNICO	TORNEARIA DE ROLDANAS	TORNEIROS MECÂNICOS
TÉCNICO	RECICLAGEM DE SOLDAGEM EM ÁREA	SOLDADORES
GESTÃO	GESTÃO DE PESSOAS	GESTORES
TÉCNICO	SISTEMA DE MANUTENÇÃO	EQUIPE PCM
TÉCNICO	ANÁLISES DE TERMOGRAFIA	SUPERVISORES E ANALISTAS
COMPORTAMENTAL	LIDERANÇA	GESTORES E SUPERVISORES

Fonte: Arquivo de treinamentos do RH.

3.4.3 MONITORAMENTO DA CONDIÇÃO

O monitoramento da condição é o processo de monitorização de parâmetros e neste requisito não existiu trabalho a ser feito e nem melhorado, pois já existe um sistema adequado onde o engenheiro elétrico monitora constantemente todos os parâmetros dos mais variados sistemas através de sensores de fuga e também monitoramento por requisitos. Na figura 25, mostra uma das diversas telas onde o engenheiro consegue controlar as condições.

Figura 25 – Tela de monitoramento das Caldeiras



Fonte: Arquivo do sistema industrial.

3.4.4 ANÁLISE DE FALHAS

A análise de falha é um processo dentro do SIGA, dentre os mais importantes, pois nele que se consegue analisar, entender e caracterizar as falhas dos ativos e assim gerar ações e correções para que as falhas não voltem a acontecer.

No processo de análise de falha é além de identificar, vai determinar as contramedidas para os problemas crônicos, estabelecidos para a solução de problemas. No processo de análise de falhas, o principal processo adotado foi o trabalho com o ciclo PDCA. E desta forma atingir o resultado que se espera para cada ativo.

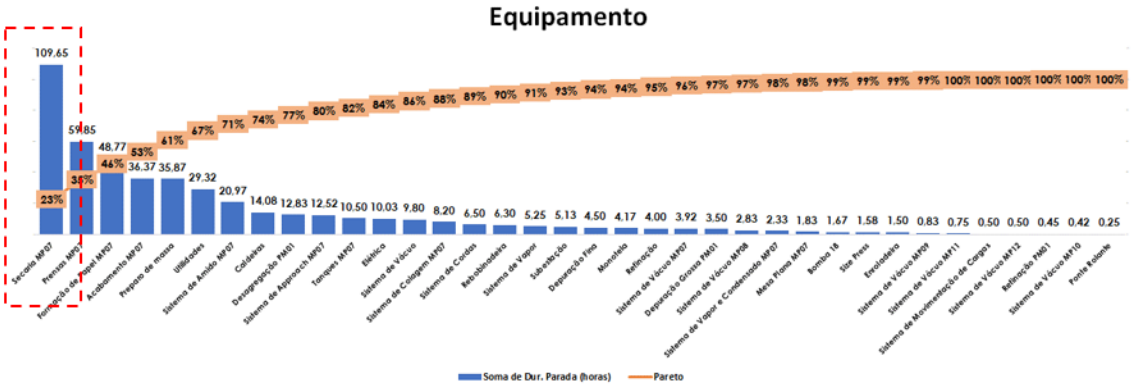
Desde o início da implementação do projeto em agosto de 2021 até o dado momento, os primeiros passos sempre trabalharam com a perspectiva de tratativas das falhas e melhoria dos sistemas integrados.

Com base nisto, foram criado grupos de melhoria, que se pautaram sempre em resolver problemas específicos. Neste tempo em geral teve grupos para tratar de problemas específicos de falhas que acarretaram em grandes paradas e causaram grande perda de produtividade, como: motor da 1° prensa, mesa plana, depurador T4, consumo de gás, bomba 05 e secaria.

Será apresentado a seguir o passo a passo na construção de um plano que gerou resultados ao analisar as falhas da Secaria e deste modo criando um grupo de melhoria para este tema, atacando diretamente na causa fundamental e assim perpetuando o uso do ativo por mais tempo, gerando menores perdas produtivas e aumento de eficiência e ganho de capital.

O primeiro ponto é identificação do problema, neste passo é analisar o histórico de todos os equipamentos e ver *outliers* dentro da hierarquia de ativos. Ao realizar a análise do início do ano de 2022 até o dia 17/07/2022 por meio do Pareto dos equipamentos que tiveram maior ocorrência de falhas, analisou-se uma discrepância entre o primeiro com mais ocorrências em horas, para o segundo. Conforme é possível ver na figura 26.

Figura 26 – Pareto das ocorrências em horas das falhas em equipamentos.

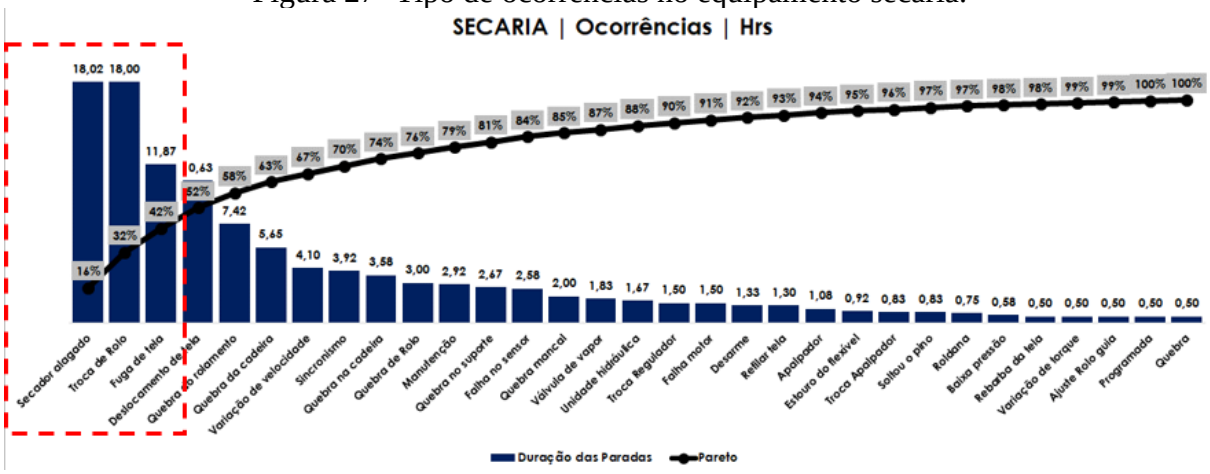


Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao verificar essa situação, que no caso já tínhamos essa sensação que estaria um número muito grande, porém ao analisa e ver que apenas um equipamento foi capaz de parar a produção em 4,56 dias até aquele momento no ano.

Ao analisar com maior exatidão o problema, foi identificado que que 42% das ocorrências estavam atreladas a apenas 3 tipos de falhas, conforme figura 27.

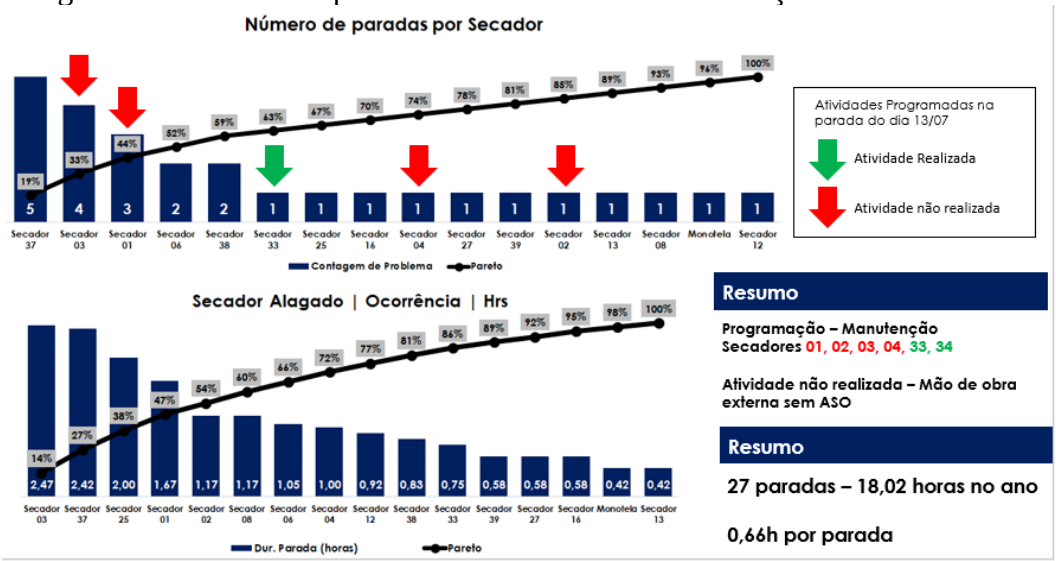
Figura 27- Tipo de ocorrências no equipamento secaria.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao entender que as principais falhas eram de secadores alagados, troca de rolos e fuga de tela, a tratativa foi entender se tinha alguma programação a ser executada para esses rolos secadores, pois grande parte das ocorrências se concentrava em alagamento de secadores, e ao verificar que na parada programada do dia 13/07/2022, alguns dias antes dessa análise, alguns rolos tinham programação para manutenção, porém as atividades não foram realizadas, conforme figura 28.

Figura 28 – Secadores que tiveram ocorrências e manutenções não realizadas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com base nessa análise de fatos e dados, decidiu-se em criar o grupo de melhoria para tratar as falhas e criar um plano de ação coerente para tratativa das ocorrências nos rolos secadores e criar um acompanhamento semanal para verificar as ações e resultados do grupo.

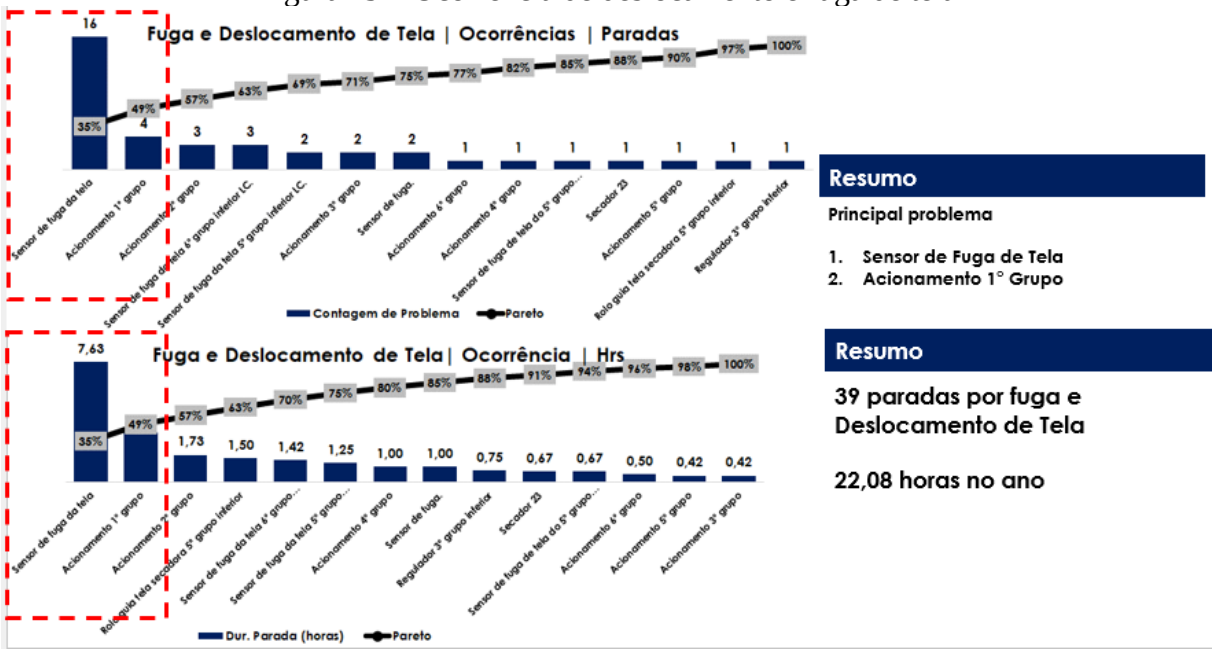
O grupo de melhoria foi composto como líder o gerente de engenharia, os engenheiros elétricos e mecânicos, analista de manutenção, analista de PCM e também o coordenador da manutenção.

Ao realizar o diagrama de Ishikawa, definiu-se como a causa fundamental da maioria das ocorrências, que é a falta de um plano de preventiva para os rolos secadores, com isso mostrou-se que os rolos eram apenas verificados quando havia algum problema, por este motivo aconteceu 18,02 horas até o dia 17/07/2022, o alagamento dos secadores.

Com base nisso, as trocas de rolos também aconteciam somente corretivamente quando quebrava, já que não havia um acompanhamento do ciclo de vida dos ativos.

Na figura 29, outro tipo de ocorrência grande que aconteceu foi a de fuga e deslocamento de tela, onde resultou em mais de 22 horas e 39 paradas por este motivo.

Figura 29 – Ocorrência de deslocamento e fuga de tela



Fonte: Elaborado pelo autor.

O plano de ação inicial para o andamento do grupo foi definido da seguinte maneira, é ilustrado na tabela 7.

Tabela 7 – Plano de Ação do grupo de melhoria da secaria.

Equipamento	FATO	Causa	Ação
Secaria MP07	Definição de Rotas Preventivas	Quebra de Rolos Quebra de Rolamentos Falhas Prematuras	Implementar gestão de vida útil dos rolos da secaria da MP07
Secaria MP07	Rolo Guia	Rolo guia sem preventiva	Criar controle dos Rolos guias da Secaria da MP07
Secaria MP07	Deslocamento e fuga de tela	Telas úmidas	Trocar vedação na pós secagem, para impedir vazamento e contaminação de óleo
Secaria MP07	Deslocamento e fuga de tela	Telas úmidas	Refazer tubulação de lubrificação
Secaria MP07	Definição de Rotas Preventivas	Quebra de Rolos Quebra de Rolamentos Falhas Prematuras	Implementar e validar rota de inspeção dos rolos da secaria
Secaria MP07	Definição de Rotas Preventivas	Quebra de Rolos Quebra de Rolamentos Falhas Prematuras	Definir inspetor dos rolos da secaria
Secaria MP07	Tratar causas recorrentes ao longo do ano	Alagamento de Cilindros Secadores	Consolidar problemas encontrados na inspeção dos secadores (pareto mostrando principais problemas, causas e ações para previnir que aconteça)
Secaria MP07	Tratar causas recorrentes ao longo do ano	Alagamento de Cilindros Secadores	Realizar relatório para entendimento da causa do alagamento/ avarias nos cilindros secadores
Secaria MP07	Lubrificação da Secaria	Vazamento de óleo excessivo nos mancais dos cilindros secadores	Verificar Vedações corretas para os secadores Projetar mancais adequados para o uso das vedações corretas para o tipo de operação Identificar pontos de vazamento da máquina e realizar correções pontuais
Secaria MP07	Vapor Secaria		Colocar em rota checkList de Vapor da MP07
Secaria MP07		Trocar rolos que estão com tempo de vida útil atingido	Trocar 4 rolos guias durante a parada programada
Secaria MP07		Cilindros secadores que mais tiveram horas parada da MP07	Inspecionar cilindro secadores 37, 03, 01. 06 e 38
Secaria MP07	Rolo Guia	Quebra do rolo guia 128 em agosto por problemas de montagem realizada por terceiro (se houvesse o acompanhamento interno o erro poderia ser evitado)	Estabelecer como padrão de liderança a mesclagem de serviços de terceiros com funcionários da paraibuna
Secaria MP07	Rolo Guia	Quebra do rolo guia 128 em agosto por problemas de montagem realizada por terceiro (se houvesse o acompanhamento interno o erro poderia ser evitado)	Efetuar decreto que terceiros não podem realizar serviços sem acompanhamento interno
Secaria MP07	Rolo Guia	Causa não identificada	Criar pareto dos problemas nos rolos (Classificar os problemas por lubrificação, fadiga, rolamento).

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após esse trabalho no grupo de melhoria o processo está muito mais alinhado para o equipamento secaria, já que com as ações criou o histórico do equipamento, levantou os problemas por fadiga, lubrificação, rolamento, falta de inspeção, estabeleceu critérios para o serviço de terceiros em cima do equipamento, onde não poderia mais apenas terceiros realizar manutenção, sempre deveria estar acompanhado por um mecânico interno, entre outras melhorias.

Por fim, para todos os casos, ficaram as seguintes diretrizes e direcionamento para que seja um processo contínuo e perene dentro do setor.

- Cada ocorrência de falhas que tenha 2 horas ou mais, deve ser feito pelos engenheiros uma RAF (relatório de análise de falhas).
- Problemas identificados como crônicos, devem ser abertos grupos de melhoria para tratativa dos problemas.
- Todos resultados dos grupos de melhoria devem ser apresentados nos rituais de gestão mensal com os gerentes.

3.4.5 MANUTENÇÃO PREDITIVA

No último tópico de manutenção proativa, chega-se a manutenção preditiva, e a preditiva preconiza a identificação de sintomas e defeitos, por meio de um conjunto de técnicas de inspeção de equipamentos.

É uma variação da manutenção preventiva, porém busca otimizar a troca de peças ou a reforma de componentes, através da extensão dos intervalos de manutenção. O principal problema detectado nesta fase é que existia uma empresa que realmente realizava todas as medições e análises preditivas necessárias. Porém ninguém do setor de manutenção olhava para as medições.

Existia as análises e acompanhamento de acordo as necessidades das rotas, porém não existia execução por parte do setor. Por isso analisou, a quantidade de medições e alarmes que foram identificados através das análises, e com isso chegou ao número apresentado na tabela 8.

Tabela 8 – Situação de monitoramento das análises preditivas

Equipamento	Alarme 1	Alarme 2	Bom Estado	Não Monitorado	Total de Medições
ETA1	0	0	6	0	6
ETE1	0	1	18	4	23
MP04	0	12	167	6	185
MP07	27	13	385	53	478
MP08	5	0	402	48	455
PM01	10	0	65	15	90
Utilidades	1	0	28	8	37
% do total	3%	2%	84%	11%	1.274

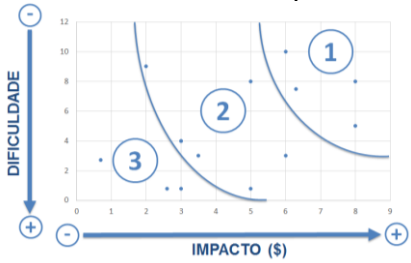
Fonte: Elaborado pelo autor.

O padrão de referência é que o alarme 2, são equipamentos que já estão críticos e que a qualquer momento vai falhar, e mesmo considerando que é um número baixo com alarmes, nada era feito. Deste modo, com a consultoria evidenciando este problema para o gerente industrial e para superintendente, causou um certo choque, pois o valor pago a empresa de preditiva era alto e nada estava sendo feito com aquilo. Após isso, ficou como responsabilidade diária do PCM, analisar todas as medições com alarme, para que eles passem as demandas para os engenheiros responsáveis para gerar uma tratativa, e se for alarme 2, a tratativa deve ser feita no mesmo momento, para que a produção não seja prejudicada com uma falha repentina.

3.5 FASE 3 (EXCELÊNCIA ORGANIZACIONAL, ENGENHARIA DA CONFIABILIDADE E EXCELÊNCIA OPERACIONAL)

O presente estudo está em continuidade e em execução, neste caso a fase 3, que é composto por excelência organizacional, confiabilidade e excelência operacional, estão em curso. Foi apresentado a fase 1 e 2 nos dois últimos capítulos, e o motivo deste estudo ser apresentado até a fase dois, é motivo pela matriz de fases, que demonstra que o foco principal da empresa no momento, é gerar impacto financeiro pela melhoria da rotina e processos. A figura 30, demonstra a matriz de fases, definido pelo impacto ($) e dificuldade.

Figura 30 – Matriz de Fases da implementação do siga.



Fonte: Metodologia siga – Consultoria.

As fases contam com os seguintes objetivos.

Fase 1 - Consolidação das atividades que compõem a manutenção do dia-a-dia.

Fase 2 - Desenvolvimento da Engenharia de Fiabilidade, procurando estabilização de resultados e análises de oportunidades de melhorias incrementais.

Fase 3 - Ccoordenação de todas as atividades inerentes ao SIGA com foco no resultado do negócio, integradas através de ciclos de planeamento estratégico do negócio.

Com base nisso, o foco do estudo se limita a fase 2, onde causa maior impacto financeiro.

4. RESULTADOS

O presente trabalho tem uma duração de coleta de dados e trabalho em cima de ocorrências aplicando a metodologia siga, que é totalmente concebida através das regras da ISO55000 e terotecnologia, desde agosto de 2021, até maio de 2023. Como consequência deste presente estudo, muitos resultados foram obtidos ao longo do tempo. Será separado em resultados que se basearam em melhorias qualitativas para o setor de manutenção, e outros resultados quantitativos, nos quais se referem a melhoria dos indicadores, melhoria na disponibilidade de equipamentos e aplicação de ações a partir de técnicas preditivas e a partir deste momento, obteve-se um ganho financeiro, por meio da melhoria dos equipamentos, deste modo aumentando a disponibilidade dos mesmo e assim aumentando a produtividade da indústria.

4.1 RESULTADOS ALCANÇADOS - QUALITATIVOS

A compreensão dos resultados qualitativos está estreitamente relacionada a dois fatores-chave: a transformação da estrutura organizacional do setor e a otimização das rotinas dos colaboradores. A mudança na estrutura organizacional, seja por meio de reorganizações internas, adoção de novas práticas ou implementação de tecnologias, pode impactar significativamente a qualidade dos resultados alcançados. Uma estrutura organizacional bem alinhada e adaptada às necessidades atuais possibilita uma maior eficiência, comunicação mais fluida e uma melhor coordenação de esforços, refletindo positivamente nos resultados qualitativos.

Além disso, a melhoria da rotina dos colaboradores desempenha um papel crucial. Quando os processos internos são otimizados, fornecendo recursos adequados, treinamento

adequado e apoio necessário, os colaboradores são capazes de desempenhar suas tarefas com mais eficácia e qualidade. Uma rotina bem estabelecida, que valoriza o equilíbrio entre o trabalho e a vida pessoal, estimula a motivação e o engajamento dos colaboradores, o que se traduz em resultados qualitativos superiores.

4.1.1 RESULTADOS PELA ESTRUTURA

Como evidenciado no desenvolvimento, o processo de mudança de estrutura organizacional foi bastante complexo onde determinou um aumento de equipe, foi estruturado os papeis e responsabilidades de cada cargo e também os indicadores que cada função era responsável dentro do setor, deste modo, o planejamento da equipe ficou mais equilibrado, acabou com as disfunções dentro do setor, sendo que sempre, tinha coordenador fazendo papel de supervisor, estagiário fazendo função de analista, entre outras desconexões.

Além de acabar com as desconexões dos cargos, os gestores saíram da função operação, onde um problema crônico que existia era gestores sempre indo na máquina para acompanhamento das equipes, sendo que é um papel de supervisor, enquanto os supervisores faziam o papel de operadores, nesse quesito, o setor de manutenção se equilibrou no pensamento estratégico/tático/operacional, entre as funções, e deste modo a dedicação aos cargos passaram a ser mais inerentes a função que deveriam de fato ser exercidas.

4.1.2 RESULTADOS DAS ROTINAS

Com o avanço do projeto de consultoria, e com algumas fases já concluídas, foi possível notar melhoras significativas na rotina, muitas dessas rotinas melhoram apenas pelo simples fato de implementá-las.

Mas o que ficou mais nítido na melhoria da rotina, foi com que ao estabelecer rituais de gestão, a equipe melhorou significa mente a entrega de resultados e discussão dos problemas. Antes as reuniões eram muito pautadas em achismos e impressões da vivência industrial mesmo, porém com a cobrança de resultados, plano de ação criados para todas as frentes, melhorias evidentes no controle e planejamento da produção.

A equipe passou a trabalhar com mais análise de fatos e dados, mesmo não entregando alguns resultados como de indicadores, sempre havia um estudo porque não bateu a meta e qual motivo, deste modo mostrando que a caracterização das rotinas prévias para dentro dos setores dentro da manutenção foi um ajuste acertado para que as equipes começassem a entregar de fato resultado e não apenas justificativas.

Por fim, nas rotinas estabelecidas, um fato que chamou muito a atenção foi uma frase do gerente industrial que ele disse, “Estou precisando ficar apenas 11 horas dentro da empresa atualmente, graças essa mudança de rotina e estrutura”, e isso é um reflexo, pois já teve casos deste mesmo gerente industrial relatar que estava a 2 dias dentro da empresa sem sair, pois precisava entregar a máquina para a produção, porém ele não tinha confiança que não iria entregar com qualidade o serviço sem nenhuma quebra de máquina. E isso não foi só pra ele, teve uma diminuição brusca de horas extras que a equipe de manutenção fazia, pelo o que faz atualmente, pois não existia controle em cima disso, e como o planejamento não era feito da forma adequada, o mal dimensionamento tempo fazia com que houvesse muita hora extra dentro da empresa.

4.2 RESULTADOS ALCANÇADOS – QUANTITATIVOS

Neste tópico, onde será abordado os resultados quantitativos, está relacionado a ganhos financeiros e também ganhos de gestão, como melhora nos indicadores, contenção de custos, entre outros fatores.

4.2.1 EVOLUÇÃO DOS INDICADORES

Os principais indicadores que estavam sob responsabilidade do setor, e que eram acompanhados diariamente, são disponibilidade geral e disponibilidade inerente, MTBF que calcula o tempo em horas entre falhas, MTTR que calcula o tempo de reparo médio e OEE que mede a eficiência da instalação, que no contexto são as máquinas, e como o setor de planejamento e controle da manutenção, não tinha um planejamento muito assertivo, os valores de *backlog* não era calculados até o momento.

Deste modo, alguns dados fora do padrão habitual ocorreu ao longo dos meses, como por exemplo nos meses de Dezembro de 2022 todas as 3 máquinas analisadas tiveram 100% de disponibilidade, algo fora do padrão, porém é justificado pelo fato de não ocorrer paradas de manutenção nessas máquinas nesse mês, pelo motivo que visava independente do produto, a necessidade de produção era mais estratégico naquele momento, logo não parou nenhuma das máquinas para reparo neste tempo, seja paradas corretivas ou programadas

Conforme tabela 9 é possível ver a evolução dos indicadores principais desde agosto de 2021, até maio de 2023.

Tabela 9 – Evolução dos indicadores Máquina 4

Máquina 1					
Mês	Disponibilidade Geral↑	MTBF ↑	MTTR↓	Disponibilidade Inerente↑	OEE↑
ago/21	84%	12,9	2,3	85%	65%
set/21	82%	16,3	3,7	82%	61%
out/21	75%	11,7	3,8	75%	47%
nov/21	88%	14,5	1,7	90%	73%
dez/21	84%	17,3	3,1	85%	65%
jan/22	86%	11,5	1,8	86%	69%
fev/22	89%	17,0	1,7	91%	75%
mar/22	84%	9,7	1,6	86%	65%
abr/22	86%	9,4	1,3	88%	69%
mai/22	93%	12,8	1,0	93%	83%
jun/22	89%	21,3	2,0	91%	75%
jul/22	89%	20,0	2,2	90%	75%
ago/22	87%	21,7	2,6	89%	71%
set/22	95%	34,2	1,2	97%	87%
out/22	93%	27,6	1,7	94%	83%
nov/22	100%	0	0,0	100%	97%
dez/22	100%	0	0,0	100%	97%
jan/23	96%	29,7	1,2	96%	89%
fev/23	96%	31,3	1,1	97%	89%
mar/23	98%	39,5	0,8	98%	93%
abr/23	94%	43,2	1,6	96%	85%
mai/23	97%	37,4	0,9	98%	91%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na tabela 10, segue indicadores da máquina 7.

Tabela 10 – Evolução indicadores da máquina 2.

Máquina 2					
Mês	Disponibilidade Geral↑	MTBF ↑	MTTR↓	Disponibilidade Inerente↑	OEE↑
ago/21	88%	8,4	1,1	88%	77%
set/21	87%	8,8	1,3	87%	75%
out/21	81%	14,3	3,2	82%	63%
nov/21	89%	9,3	1,1	90%	79%
dez/21	85%	7,4	1,3	85%	71%
jan/22	90%	13,1	1,5	90%	81%
fev/22	85%	12,0	1,1	91%	72%
mar/22	85%	7,7	1,1	88%	72%
abr/22	89%	10,0	1,0	91%	79%
mai/22	85%	9,9	1,4	88%	72%
jun/22	86%	10,4	1,3	89%	74%
jul/22	86%	9,7	1,2	89%	73%
ago/22	83%	12,4	2,0	86%	68%
set/22	88%	9,7	1,2	89%	77%
out/22	88%	11,9	1,6	88%	77%
nov/22	91%	18,4	1,7	92%	83%
dez/22	100%	0,0	0,0	100%	101%
jan/23	87%	13,7	1,8	88%	75%
fev/23	93%	19,5	1,6	92%	87%
mar/23	92%	19,4	1,8	92%	85%
abr/23	91%	21,5	2,0	91%	83%
mai/23	94%	23,4	1,4	94%	89%

Fonte: Elaborado pelo autor

Na tabela 11, segue indicadores da máquina 8, esta máquina diferente das outras é uma máquina nova na linha de produção, por este motivo o histórico é a partir de fevereiro de 2022.

Tabela 11 – Evolução dos indicadores da Máquina 3

Máquina 3					
Mês	Disponibilidade Geral↑	MTBF ↑	MTTR↓	Disponibilidade Inerente↑	OEE↑
fev/22	74%	11,87	3,70	76%	53%
mar/22	88%	14,54	1,98	88%	81%
abr/22	79%	7,304	1,84	80%	63%
mai/22	68%	7,84	2,12	79%	41%
jun/22	84%	11,05	2,03	84%	74%
jul/22	81%	11,59	2,236	84%	67%
ago/22	87%	15,06	2,2	87%	79%
set/22	84%	11,94	2,17	85%	74%
out/22	86%	11,48	1,80	86%	78%
nov/22	86%	12,74	1,94	87%	77%
dez/22	100%	0	0	100%	100%
jan/23	87%	16,76	2,04	89%	79%
fev/23	89%	15,98	1,98	89%	83%
mar/23	93%	20,75	1,53	93%	92%
abr/23	91%	24,35	2,05	92%	87%
mai/23	91%	29,56	2,47	92%	87%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quando observamos os resultados dos indicadores, percebe-se uma nítida melhora nos indicadores mês a mês, essa visão mensal da evolução é possível identificar nos anexos I, II, III, IV e V.

Os indicadores de OEE, Disponibilidade e Disponibilidade inerente, tiveram em todos os anos evolução por máquina, e isso se deve a prerrogativa de melhoria nas ações preventivas e preditivas, além disso, uma melhora na qualidade do serviço prestado, mesmo piorando o indicador de MTTR, que é o tempo de reparo, onde na máquina 2 e 3 aumentou, vê-se uma correlação existente como MTBF, que é o tempo entre falhas, que esse tempo aumentou explicitamente, de um ano para outro, deste modo vê-se que a qualidade dos reparos aumentou, logo está demorando mais tempo para falhar. Essas evoluções são possíveis ver na Figura 31.

Figura 31 – Evolução dos indicadores por ano.

OEE↑

Ano	MQ 1	MQ 2	MQ 3
2021	62%	73%	-
2022	79%	77%	72%
2023	89%	84%	86%

Disponibilidade Geral↑

Ano	MQ 1	MQ 2	MQ 3
2021	83%	86%	-
2022	91%	88%	84%
2023	96%	91%	90%

Disponibilidade Inerente↑

Ano	MQ 1	MQ 2	MQ 3
2021	83%	86%	-
2022	92%	90%	85%
2023	97%	92%	91%

MTBF↑

Ano	MQ 1	MQ 2	MQ 3
2021	14,5	9,6	-
2022	15,4	10,4	10,5
2023	36,2	19,5	21,5

MTTR↓

Ano	MQ 1	MQ 2	MQ 3
2021	2,9	1,6	-
2022	1,4	1,3	2,0
2023	1,1	1,7	2,0

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.2 GRUPOS DE MELHORIA

Os grupos de melhoria conforme explicado no capítulo 3, foi um dos pontos chaves para aumento de disponibilidade das máquinas, pois o intuito dos grupos era resolver problemas específicos atingindo a causa fundamental e com isso fazer com que não ocorresse mais falhas para que fosse tratada de forma corretiva.

Desta maneira cada um dos grupos foi acompanhado da seguinte forma:

1- Identificou-se o baseline, ponto onde começou o grupo definiu uma base de cálculo para cada um no qual se tornou o parâmetro do grupo.

2- Definiu em conjunto com a controladoria, pelo fechamento a produtividade, faturamento (r$/ton) e também a margem a ser o parâmetro para o cálculo de ganho dos grupos de melhoria.

3- O cálculo da disponibilidade atual é a média do período que começou o grupo de melhoria até o atual momento.

E desta maneira, identificou-se qual o ganho em produção (ton), faturamento e margem, em cima de cada grupo de melhoria.

Todos os cálculos foram feitos em cima da premissa de aumento de disponibilidade, com a diminuição de quebra de equipamento e desta forma aumentando assim a produtividade.

Na tabela 12, segue todo o acompanhamento e resultado dos grupos de melhoria.

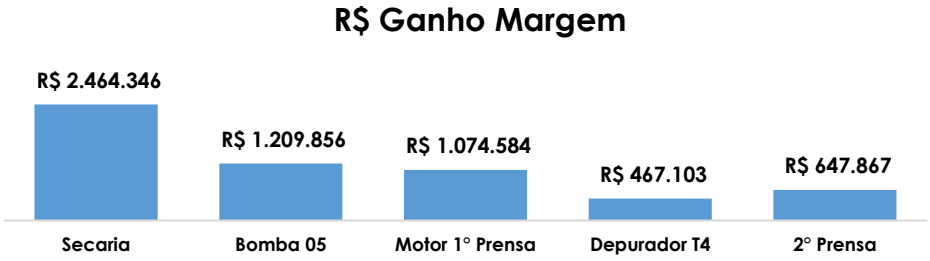
Tabela 12 – Acompanhamento e Resultado dos grupos de melhoria

Grupos de Melhoria | % Indisponibilidade											
Problemas Tratados	Premissa Baseline	Baseline	Premissa Patamar atual	Patamar atual	Ganho no indicador	Ganho anualizado em Horas	Produção(ton)	Faturamento	Margem	Status Grupo
Depurador T4	$\bar{x}$ 2021	0,63%	$\bar{x}$ Jan/22 até Mai/23	0,23%	0,40%	34,64	311	R$ 1.369.804,12	R$ 467.103,21	●
2° Prensa	$\bar{x}$ Jan/21 à Jan/22	1,34%	$\bar{x}$ Fev/22 à Mai/23	0,78%	0,56%	48,04	431	R$ 1.899.902,39	R$ 647.866,71	●
Motor 1° Prensa	$\bar{x}$ Jan/22 à Mar/22	0,93%	$\bar{x}$ Abr/22 à Mai/23	0,00%	0,93%	79,68	716	R$ 3.151.273,18	R$ 1.074.584,15	●
Bomba 05	$\bar{x}$ Fev/22	1,13%	$\bar{x}$ Mar/22 à Mai/23	0,08%	1,05%	89,71	806	R$ 3.547.965,44	R$ 1.209.856,21	●
Secaria	$\bar{x}$ Abr/22 à Jun/22	3,30%	$\bar{x}$ Jul/22 à Maio/23	1,17%	2,13%	182,74	1.641	R$ 7.226.822,31	R$ 2.464.346,41	●
						435	3.905	R$ 17.195.767	R$ 5.863.757	

Fonte: Elaborado pelo autor

Corroborando com isso o gráfico na figura 32 a seguir mostra o impacto($), organizado por grupo de melhoria.

Figura 32 – Ranking dos grupos de melhoria, atrelados a margem



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.3 ANÁLISES PREDITIVAS

Conforme ilustrado no capítulo 3, as análises preditivas eram feitas e não havia nenhuma ação em cima dos alarmes apontados. Com base nisso, foi feito o trabalho de atuar em cima de todas as anomalias apontadas no mês de agosto, conforme foi feito as ações em cima dos potenciais falhas de equipamento, foi notório que os alarmes foram diminuindo.

Deste modo, foi feito um estudo em outubro, fazendo as análises preditivas novamente nos 58 pontos de alarmes que foram apontados em agosto. Visto isso, dos 58 pontos de alarme passaram para apenas 14 alarmes na atual medição, com isso com as ações pontuais nas latentes falhas de equipamento, reduziu em 44 pontos de alarmes.

Corroborando com isso, fez um estudo qual foi o impacto ($) dessa diminuição de pontos de alarmes. Os 44 alarmes que foram tratados, identificamos quantas horas cada um dos equipamentos faria com que parasse a produção, e identificamos que os 44 pontos de alarmes somados, parariam a máquina em 168 horas, visto isso foi feito o cálculo para identificar qual a quantidade de capital que deixaria de ser ganho no futuro se não fosse tratado essas falhas de maneira preventiva.

O cálculo foi:

$$Horas\ de\ máquina\ parada(h) x\ produtividade\ média\ das\ máquinas\left(\frac{ton}{h}\right) x\ faturamento\left(\frac{R\$}{Ton}\right)$$

Após isso tendo o valor bruto multiplicou-se pela margem atual da empresa.

Deste modo o Cálculo foi:

$$168\ h\ x\ 8{,}98\frac{ton}{h} x\ 4.404\frac{R\$}{ton} x\ 34{,}1\% = R\$2.265.621{,}24$$

Ao adotar essa estratégia de intervenção nos alarmes preditivos, a empresa não apenas conseguirá um acréscimo significativo de mais de 2 milhões de reais em seu fluxo de caixa a

longo prazo, mas também estabelecerá um sólido alicerce para seu crescimento contínuo. Ao agir de forma preventiva em relação aos pontos de alarme, a organização demonstra sua capacidade de antecipar e solucionar problemas potenciais antes mesmo que eles se tornem emergências. Essa abordagem proativa não apenas minimiza os custos associados a falhas no sistema e atrasos na produção, mas também protege a empresa contra perdas financeiras decorrentes de paralisações inesperadas.

Essa abordagem estratégica de intervenção nos alarmes preditivos é um investimento inteligente que visa não apenas o aumento imediato do caixa, mas também a criação de uma base sólida para o crescimento sustentável da empresa. Ao adotar essa postura preventiva, a empresa estará melhor posicionada para enfrentar desafios futuros, manter a eficiência operacional e consolidar sua posição como líder em seu setor de atuação.

5. CONCLUSÕES

Esse trabalho teve como objetivo o uso das metodologias de gestão de ativos e da terotecnologia para aplicação no setor de manutenção de uma indústria do sudeste mineiro. Corroborado pelos resultados apresentados, identifica-se um no mesmo estudo abordagens alinhadas a engenharia de produção, evidenciando assim, a necessidade de um conjunto de técnicas para que se alcance resultados positivos dentro de um setor de manutenção.

Deste modo, mostra o quanto pode ganhar em impacto financeiro, trabalhando a estrutura, organização, rotina, técnicas preventivas e preditivas. Alinhado a isso tudo, uma equipe de pessoas qualificadas para desempenhar o melhor de sua função e conseguir garantir a maior produtividade por meio da maior disponibilidade de máquinas.

Ficou evidenciado que a capacitação gerencial e técnica da equipe tem que estar em consonância com o que é proposto pela ISO 55000 e metodologia SIGA. Pois requer uma série de esforços técnicos para tratativa de falhas e assim conseguir com que de fase alcance a excelência operacional por meio da gestão de ativos,

Com base neste estudo, é possível concluir que a aplicação de técnicas corretas, a adoção de um método adequado para a gestão de ativos e a utilização da tecnologia podem desempenhar um papel fundamental na otimização da gestão da manutenção. Essas abordagens permitem identificar e solucionar de forma eficiente os pontos falhos, transformando problemas em resultados efetivos para a empresa.

No entanto, é importante destacar que este trabalho não tem a intenção de abordar exaustivamente todas as facetas da metodologia SIGA. Embora o processo seja composto por várias fases, a ênfase recai na fase 3, que envolve um acompanhamento mais técnico e tem como objetivo alcançar a excelência em gestão de ativos, conforme definido pela ISO 55000. Nesse sentido, o foco não está em aprofundar-se em questões extremamente específicas relacionadas a equipamentos e problemas particulares, mas sim em atingir os princípios e objetivos gerais do SIGA e promover uma cultura organizacional que apoie efetivamente a gestão de ativos.

O propósito principal é demonstrar o enredo geral do processo de trabalho, destacando como é possível alcançar impacto no menor tempo possível dentro de um setor de manutenção industrial.

Ao adotar as técnicas adequadas, estabelecer um método sólido de gestão de ativos e aproveitar os recursos da tecnologia, as empresas podem aprimorar sua capacidade de identificar falhas, solucionar problemas de maneira eficaz e obter resultados positivos. Dessa forma, é possível maximizar a eficiência operacional, reduzir custos desnecessários e garantir a disponibilidade dos ativos, contribuindo para o sucesso geral da organização.

Com base nas análises realizadas ao longo deste trabalho, fica claro que a implementação de uma gestão eficiente da manutenção não só traz resultados tangíveis, mas também promove uma mudança cultural significativa. Um aspecto crucial dessa transformação cultural é o envolvimento dos funcionários do setor, que se alinham à proposta geral do Sistema Integrado de Gestão da Manutenção (SIGA). Essa abordagem cria um ambiente propício para mudanças como a redução de demissões, realocação de cargos e, especialmente, a cooperação entre as capacidades técnicas e operacionais do setor. No entanto, é importante ressaltar que o modelo de trabalho atual ainda requer ajustes para garantir a sustentabilidade a longo prazo. Nesse sentido, é fundamental a implementação de análises preditivas para evitar problemas futuros, como alarmes em equipamentos, sistemas, conjuntos e componentes. Além disso, é necessário estabelecer uma estrutura técnica robusta, com especialistas em manutenção focados em melhorias, além da operação, a fim de aumentar a disponibilidade das máquinas, otimizar a eficiência operacional e manter os custos sob controle em todo o setor.

REFERÊNCIAS

ABRAMAN – Associação Brasileira de Manutenção de Gestão de Ativos. Disponível em: http://www.abraman.org.br/. Acesso em: 09 de janeiro de 2023.

ABNT. **ABNT NBR 5462, Confiabilidade e mantenabilidade.** 1, ed. Rio de Janeiro, RJ: Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 1994.

ALMEIDA, M. T. **Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade.** 2000. Disponível em: http://www.mtarv.com.br/download/mnt1.pdf. Acesso em 13 de dez. 2022.

BARTLETT, Cristopher A.; GHOSHAL; Sumantra. **Gerenciando empresas no exterior: a solução transnacional.** São Paulo: Makron Books, 1992.

BELHOT, Renato Vairo; CAMPOS, Fernando Celso de. **Relações entre manutenção e engenharia de produção: uma reflexão.** Revista Produção. v. 5, n. 2. São Paulo: ABEPRO, 1995.

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

BRITISH STANDARD INSTITUTE. PAS 55. **Especificação para a gestão otimizada dos ativos físicos.** Tradução de ABRAMAN, Rio de Janeiro, 2008.

DRUMOND, Mauricio Rocha. **Manual do sistema de gerenciamento da manutenção: Companhia Vale do Rio Doce.** Minas Gerais, 2004.

HAMEL, Gary; PRAHALAD, Coimbatore K. **Competindo pelo futuro.** Rio de Janeiro: Campus, v.301, 1995.

MIRSHAWKA, V.; **Manutenção Preditiva: Caminho para Zero Defeitos**, 1 ed. São Paulo: Makron Books, McGrawHill, 1991.

KARDEC, Alan; NASCIF, Julio. **Manutenção Função Estratégica**, 2ª edição, 1ª Reimpressão 2004. Editora Quality Mark, Rio de Janeiro, Coleção Manutenção, Abraman.

KARDEC, Alan; NASCIF Júlio. **Manutenção: função estratégica.** 3.ed. Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 2009.

LAMEIRINHAS, Gabriel. **WCM: o que é, os principais pilares e a metodologia aplicada.** 2022. Disponível em: < http:// https://tractian.com/blog/como-alcancar-a-manutencao-de-classe-mundial-na-sua-planta-wcm.> Acesso em 10 de jan. 2022.

LIMA, Eliana Sangreman; COSTA, Ana Paula Cabral Seixas. **Improving Asset Management under a regulatory view. Reliability Engineering & System Safety,** v. 190, p. 106523, 2019.

MANUTENCAO. **Manutenção em Foco. Classificação ABC de Máquinas e Equipamentos.** Disponível em < https://www.manutencaoemfoco.com.br/classificacaoabc/>. Acesso em: Acesso em: Maio de 2023.

MONCHY, François. **A Função Manutenção: Formação para a gerência da Manutenção Industrial**. 1.ed. São Paulo: Ed. Durban, 1987.

NAKAJIMA, Seiichi. **Introdução ao TPM - Total Productive Maintenance.** São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos Ltda., 1989. NASCIMENTO, Rodrigo Coutinho. Manutenção Produtiva Total – Uma abordagem teórica. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora) - Juiz de Fora: UFJF, 2006.

NUNES, E. N; VALLADARES, A. **Gestão da Manutenção com Estratégia na Instalação de unidades Geradoras de Energia Elétrica.** Disponível em: Acesso em 07 jan. 2023.

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

PINTO, A.K; XAVIER, J.A.N. **Manutenção: Função estratégica.** 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

SILVA, Taíse Pinto da. **Uma abordagem da manutenção de motores de indução trifásicos.** Campos dos Goytacazes: IFECT, 2014. Disponível em: < http://bd.centro.iff.edu.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/787/Documento.pdf?sequence=3&isAllowed=y>. Acesso em 02 jan. 2023.

STARK, J. **Decision Engineering.** Genebra, Suíça: Springer, 2007.

SOUZA, J. B. **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 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa.

TAJRA, Sanmya Feitosa. **Gestão Estratégica na Saúde: Reflexões e práticas para uma administração voltada para excelência.** 2. Ed. São Paulo: Látria, 2008.

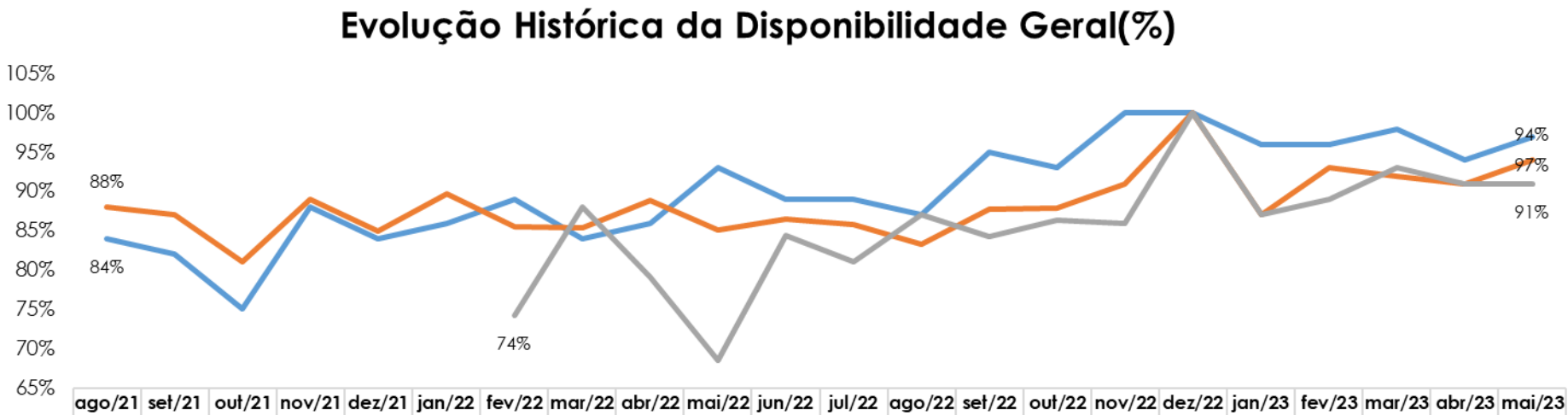
VIANA, Hebert Ricardo Garcia. **Planejamento e Controle da Manutenção.** 1.ed. Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 2006.

XENOS, Harilaus G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva: O Caminho para Eliminar Falhas nos Equipamentos e Aumentar a Produtividade.** 1.ed. Rio de Janeiro: EDG, 1998.

WIREMAN, Terry. **Maintenance management and regulatory compliance strategies**. Industrial Press Inc., 2003.

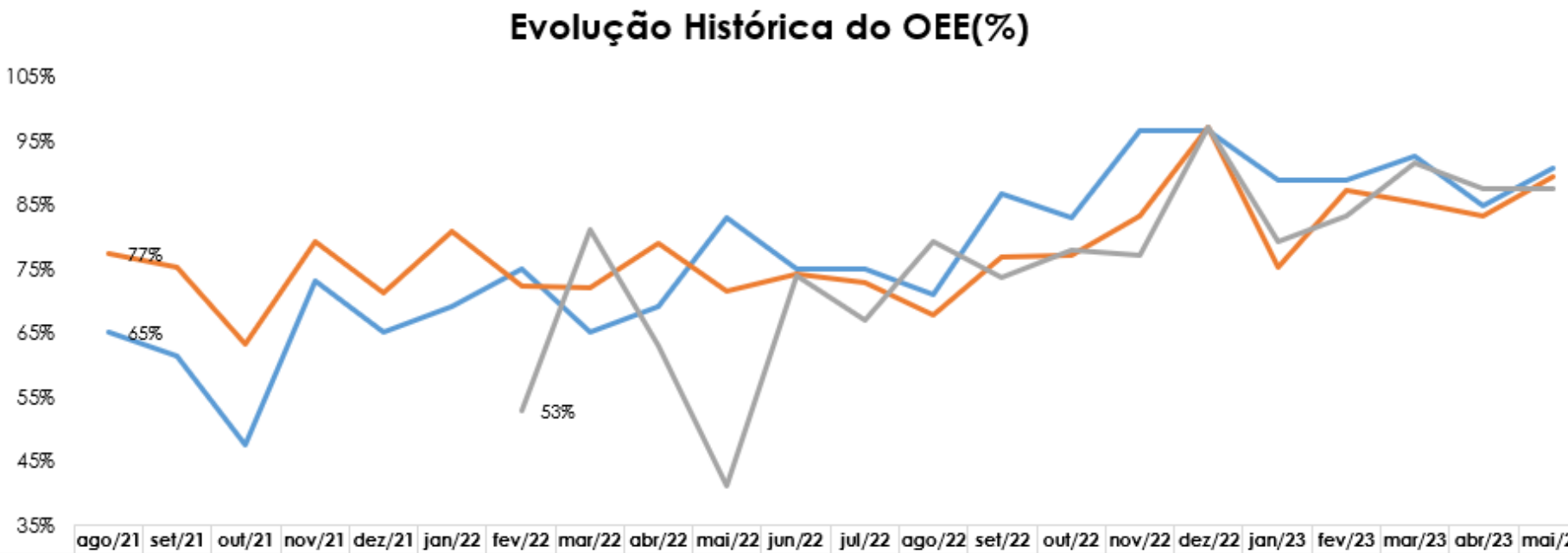
ZAIONS, Douglas Roberto. **Consolidação da metodologia de Manutenção Centrada em Confiabilidade em uma planta de Celulose e Papel.** 2003.

ANEXO I – EVOLUÇÃO HISTÓRICA DISPONIBILIDADE GERAL



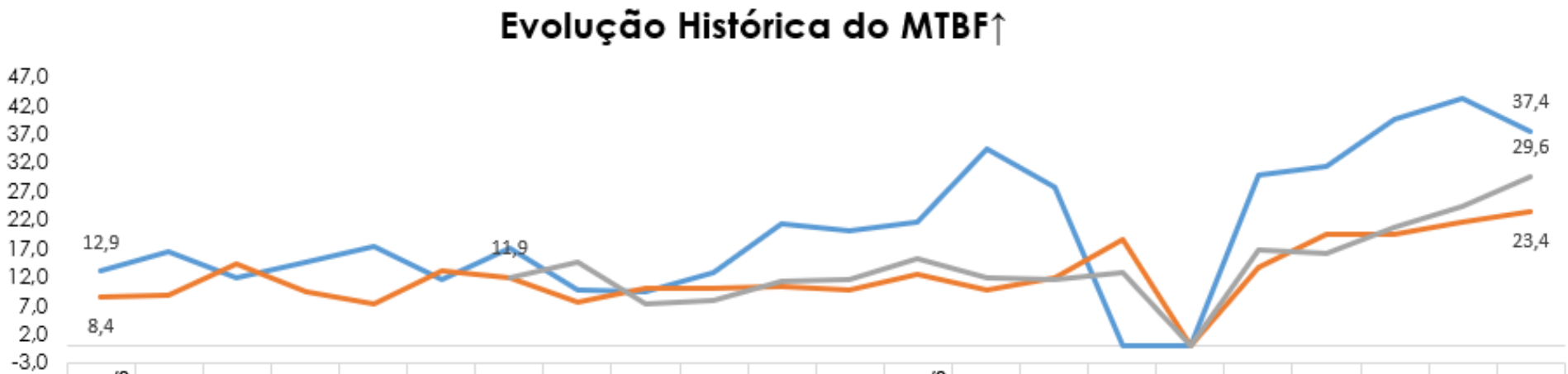
	ago/21	set/21	out/21	nov/21	dez/21	jan/22	fev/22	mar/22	abr/22	mai/22	jun/22	jul/22	ago/22	set/22	out/22	nov/22	dez/22	jan/23	fev/23	mar/23	abr/23	mai/23
MP04	84%	82%	75%	88%	84%	86%	89%	84%	86%	93%	89%	89%	87%	95%	93%	100%	100%	96%	96%	98%	94%	97%
MP07	88%	87%	81%	89%	85%	90%	85%	85%	89%	85%	86%	86%	83%	88%	88%	91%	100%	87%	93%	92%	91%	94%
MP08							74%	88%	79%	68%	84%	81%	87%	84%	86%	86%	100%	87%	89%	93%	91%	91%

ANEXO II – EVOLUÇÃO HISTÓRICA DO OEE



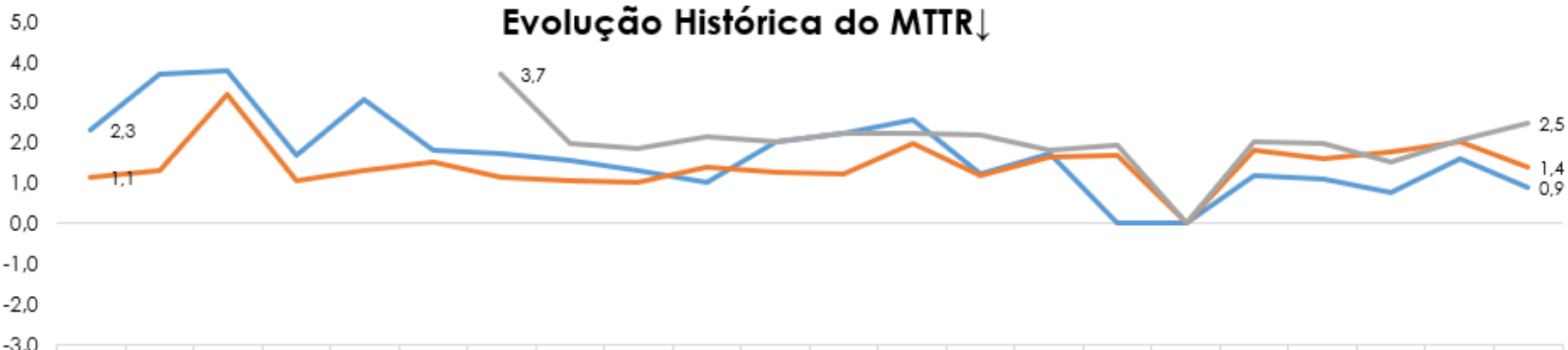
	ago/21	set/21	out/21	nov/21	dez/21	jan/22	fev/22	mar/22	abr/22	mai/22	jun/22	jul/22	ago/22	set/22	out/22	nov/22	dez/22	jan/23	fev/23	mar/23	abr/23	mai/23
MP04	65%	61%	47%	73%	65%	69%	75%	65%	69%	83%	75%	75%	71%	87%	83%	97%	97%	89%	89%	93%	85%	91%
MP07	77%	75%	63%	79%	71%	81%	72%	72%	79%	72%	74%	73%	68%	77%	77%	83%	97%	75%	87%	85%	83%	89%
MP08							53%	81%	63%	41%	74%	67%	79%	74%	78%	77%	97%	79%	83%	92%	87%	87%

ANEXO III – EVOLUÇÃO HISTÓRICA MTBF



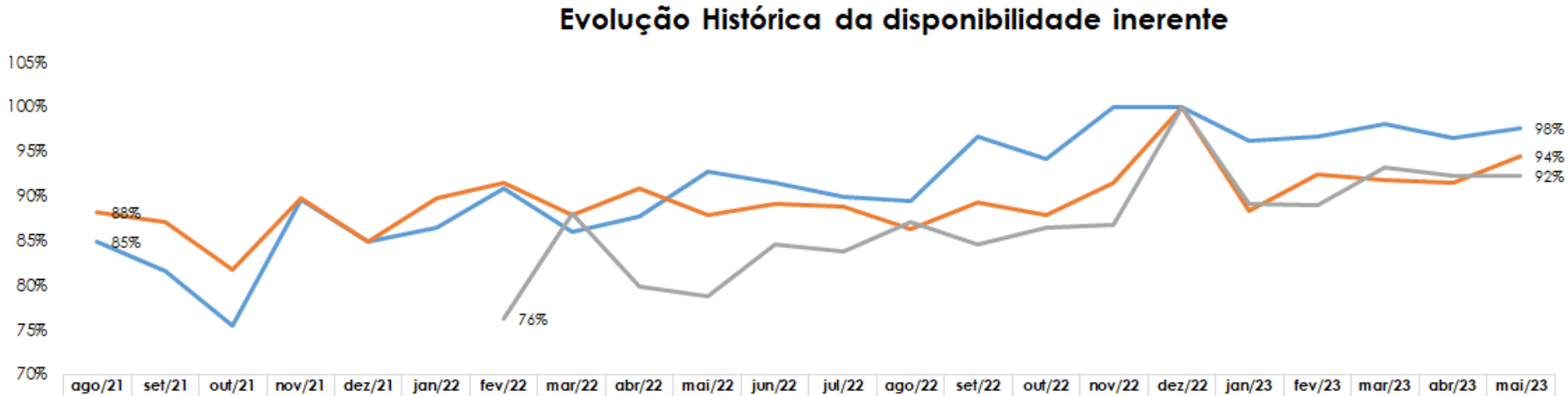
	ago/21	set/21	out/21	nov/21	dez/21	jan/22	fev/22	mar/22	abr/22	mai/22	jun/22	jul/22	ago/22	set/22	out/22	nov/22	dez/22	jan/23	fev/23	mar/23	abr/23	mai/23
MP04	12,9	16,3	11,7	14,5	17,3	11,5	17,0	9,7	9,4	12,8	21,3	20,0	21,7	34,2	27,6	0,0	0,0	29,7	31,3	39,5	43,2	37,4
MP07	8,4	8,8	14,3	9,3	7,4	13,1	12,0	7,7	10,0	9,9	10,4	9,7	12,4	9,7	11,9	18,4	0,0	13,7	19,5	19,4	21,5	23,4
MP08							11,9	14,5	7,3	7,8	11,1	11,6	15,1	11,9	11,5	12,7	0,0	16,8	16,0	20,8	24,3	29,6

ANEXO IV- EVOLUÇÃO HISTÓRICA MTTR



	ago/21	set/21	out/21	nov/21	dez/21	jan/22	fev/22	mar/22	abr/22	mai/22	jun/22	jul/22	ago/22	set/22	out/22	nov/22	dez/22	jan/23	fev/23	mar/23	abr/23	mai/23
MP04	2,3	3,7	3,8	1,7	3,1	1,8	1,7	1,6	1,3	1,0	2,0	2,2	2,6	1,2	1,7	0,0	0,0	1,2	1,1	0,8	1,6	0,9
MP07	1,1	1,3	3,2	1,1	1,3	1,5	1,1	1,1	1,0	1,4	1,3	1,2	2,0	1,2	1,6	1,7	0,0	1,8	1,6	1,8	2,0	1,4
MP08							3,7	2,0	1,8	2,1	2,0	2,2	2,2	2,2	1,8	1,9	0,0	2,0	2,0	1,5	2,1	2,5

ANEXO V – EVOLUÇÃO HISTÓRICA DISPONIBILIDADE INERENTE



	ago/21	set/21	out/21	nov/21	dez/21	jan/22	fev/22	mar/22	abr/22	mai/22	jun/22	jul/22	ago/22	set/22	out/22	nov/22	dez/22	jan/23	fev/23	mar/23	abr/23	mai/23
MP04	85%	82%	75%	90%	85%	86%	91%	86%	88%	93%	91%	90%	89%	97%	94%	100%	100%	96%	97%	98%	96%	98%
MP07	88%	87%	82%	90%	85%	90%	91%	88%	91%	88%	89%	89%	86%	89%	88%	92%	100%	88%	92%	92%	91%	94%
MP08							76%	88%	80%	79%	84%	84%	87%	85%	86%	87%	100%	89%	89%	93%	92%	92%

ANEXO E – TERMO DE AUTENTICIDADE

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ENGENHARIA

Termo de Declaração de Autenticidade de Autoria

Declaro, sob as penas da lei e para os devidos fins, junto à Universidade Federal de Juiz de Fora, que meu Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Graduação em Engenharia de Produção é original, de minha única e exclusiva autoria. E não se trata de cópia integral ou parcial de textos e trabalhos de autoria de outrem, seja em formato de papel, eletrônico, digital, áudio-visual ou qualquer outro meio.
Declaro ainda ter total conhecimento e compreensão do que é considerado plágio, não apenas a cópia integral do trabalho, mas também de parte dele, inclusive de artigos e/ou parágrafos, sem citação do autor ou de sua fonte.
Declaro, por fim, ter total conhecimento e compreensão das punições decorrentes da prática de plágio, através das sanções civis previstas na lei do direito autoral[1] e criminais previstas no Código Penal[2], além das cominações administrativas e acadêmicas que poderão resultar em reprovação no Trabalho de Conclusão de Curso.

Juiz de Fora, 04 de Julho de 2023.

Bryan Gomes Pereira
NOME LEGÍVEL DO ALUNO (A)

201849054
Matrícula

Bryan G. Pereira
ASSINATURA

115.927.526-24
CPF

[1] LEI Nº 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998. Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências.
[2] Art. 184. Violar direitos de autor e os que lhe são conexos: Pena - detenção, de 3 (três) meses a 1 (um) ano, ou multa.